



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y  
Automática**

# **Monitorización de un vehículo eléctrico**

**Autor:**

**Castrillo García, César**

**Tutor:**

**González de la Fuente, José  
Manuel**

**Departamento Tecnología  
Electrónica**

**Valladolid, febrero de 2018.**

## Contenido

1.	Objetivos del TFG .....	4
2.	Estructura de la memoria.....	5
3.	Vehículo eléctrico.....	6
3.1	Ventajas .....	6
3.2	Inconvenientes.....	7
3.3	Clasificación de los vehículos eléctricos.....	7
3.4	Mercado de los vehículos eléctricos .....	8
3.5	Baterías de los vehículos eléctricos .....	11
3.5.1	Baterías de plomo-ácido .....	11
3.5.2	Baterías de ion-Litio .....	11
3.5.3	Baterías de LiFePo .....	12
3.5.4	Ultracondensadores.....	12
3.5.5	Baterías de grafeno.....	12
3.6	Variación en la descarga de las baterías .....	12
3.6.1	Frente a la profundidad de descarga .....	13
3.6.2	Frente a la temperatura.....	14
3.6.3	Variación en función del tipo de batería.....	14
3.6.4	Variación en función del tiempo de vida de la batería .....	15
3.6.5	Efecto de pasivación .....	15
4.	Sistemas incorporados en los vehículos eléctricos .....	16
4.1	ABS .....	16
4.1.1	Tipos de ABS.....	16
4.1.2	ABSCM (Módulo de Control).....	17
4.2	TCS (Sistema de Control de Tracción).....	20
4.2.1	Seguridad .....	21
4.2.2	Control del TCS.....	22
4.3	ESP.....	23
4.3.1	Funciones básicas del ESP .....	25
4.4	Airbag .....	28
4.5	Sensores ultrasónicos .....	29
4.6	Control de Crucero Adaptativo .....	31

4.7	Freno Regenerativo.....	31
5	Pruebas para conocer la autonomía de los vehículos eléctricos .....	34
5.1	Ciclo NEDC (New European Driving Cycle).....	34
5.1.1	Ciclo urbano .....	34
5.1.2	Ciclo extraurbano .....	34
5.2	Ciclo 10-15 japonés .....	35
5.2.1	Ciclo 10 (Urbano) .....	35
5.2.2	Ciclo 15 (No urbano) .....	35
5.2.3	Ciclo 10-15 (Combinado).....	35
5.3	Ciclo FTP-75.....	35
6	Variables a visualizar .....	37
7	Aplicación LabView .....	38
7.1	Simulación.....	51
8	Conclusiones .....	54
9	Figuras.....	55
10	Gráficos .....	56
11	Tablas .....	56
12	Bibliografía .....	57

## 1. Objetivos del TFG

El Trabajo de Fin de Grado titulado “Monitorización de un vehículo eléctrico mediante LabView”, tendrá como objetivo el estudio teórico del vehículo eléctrico, así como de diferentes elementos que intervienen en la monitorización del mismo y el desarrollo, mediante el programa LabView, de un interfaz de un ordenador de a bordo para este tipo de vehículos, donde se pueda observar esa monitorización.

## 2. Estructura de la memoria

La memoria del Trabajo está estructurada de manera que cuenta con los siguientes puntos:

**Vehículo eléctrico:** en este capítulo se abordarán temas que engloban al vehículo eléctrico, como su situación actual dentro del mercado y aspectos del mismo, como son, por ejemplo, las baterías.

**Sistemas incorporados en los vehículos eléctricos:** se hablará de distintos sistemas que se encargan de monitorizar una serie de variables, cómo esos sistemas son capaces de interpretar esa información y cómo actúan a partir de esos datos. Entre otros, se hablará de sistemas como el ABS, o el airbag.

**Pruebas para conocer la autonomía de los vehículos eléctricos:** hablaremos de las distintas formas de calcular los consumos de los vehículos según distintas pruebas, debido a que luego se implementará el modelo europeo para una simulación dentro de la aplicación LabView, para ver el comportamiento de nuestro vehículo.

**Variables a visualizar:** hablaremos de las distintas variables que nos será necesario calcular para el desarrollo de la aplicación LabView, para la creación de la interfaz del ordenador de a bordo.

**Aplicación LabView:** se desarrollarán todos los cálculos de las distintas variables especificadas en el apartado anterior, así como de los cálculos previos para obtener estas variables y cómo todo ello es implementado, mediante el programa LabView, para crear la aplicación.

### 3. Vehículo eléctrico

El funcionamiento de un vehículo eléctrico es muy sencillo, gracias al alto par de empuje de los motores eléctricos, son fáciles de conducir, ya sea tanto en zonas urbanas, como interurbanas.

Como contrapartida, los vehículos puramente eléctricos pueden tener autonomías limitadas, hecho que se ve agravado normalmente a bajas temperaturas, debido a que la capacidad de las baterías en frío es normalmente mucho menor, aunque esta capacidad depende del tipo concreto de batería.

Las características de conducción de los vehículos eléctricos suelen ser, por tanto, muy buenas. Los vehículos disponen de buena aceleración y potencia, y además no producen la mayoría de muchos de los ruidos y vibraciones típicos de los motores de combustión interna.

Por otro lado, los sistemas eléctricos modernos prácticamente no requieren mantenimiento, a excepción de las baterías, las cuales deben ser revisadas periódicamente y el sistema de refrigeración limpiado regularmente.

Además de las ventajas e inconvenientes que poseen los vehículos puramente eléctricos, muchas de las cuales son extensibles a los híbridos, donde podemos destacar las más significativas para tener una idea más clara y concisa del beneficio indiscutible que traen sobre la salud y el planeta.

#### 3.1 Ventajas

- Motores más eficientes que los de combustión interna.
- Costes de mantenimiento menores, debido a que el sistema es más simple.
- Menos sistemas que los de combustión interna.
- Más par a la rueda que un motor convencional.
- Respuesta más inmediata.
- Coste por kilómetro menor que el de un vehículo de combustión.
- Más respetuoso con el medio ambiente.
- Menor carga de impuestos, utilización de determinados carriles, posibilidad de circulación en días y zonas de restricción.

### 3.2 Inconvenientes

- El coste inicial es alto comparado con los de combustión interna, debido al coste extra de las baterías, el cual, dependiendo de la tecnología elegida, puede llegar a ser muy elevado.
- Generalmente su autonomía es reducida, y como se ha dicho antes se encuentra limitada por la capacidad de las baterías.
- Se requieren instalaciones para la recarga de las baterías, y actualmente hay una escasa infraestructura de suministro de electricidad en las carreteras.
- Se requiere también formación especializada de los mecánicos para su mantenimiento.
- Escasa oferta de vehículos.
- Si el exceso de producción de energía eléctrica usado para cargar estos vehículos proviene de energías no renovables, también provoca contaminación.
- Escasa producción de materiales usados en estos vehículos (litio, cobalto y grafito).

### 3.3 Clasificación de los vehículos eléctricos

Si atendemos a sus dimensiones, estos se clasifican en:

- **Vehículos Eléctricos Ligeros (VEL):** son generalmente vehículos pequeños de dos plazas, hechos de fibra de vidrio, termoplásticos o materiales compuestos, de más o menos 2,5 m de longitud y con un peso de 290 – 600 kg.
- **Vehículos eléctricos con carrocería convencional:** dentro de este tipo de vehículos podemos distinguir dos clases de vehículos: los convertidos a partir de vehículos de combustión interna y los diseñados desde su origen como vehículo eléctrico.
- **Automóviles solares:** son los vehículos provistos de células solares y una pequeña batería. Estos vehículos no han probado ser todavía realmente prácticos, debido a que requieren de una gran superficie para las células solares de entre 8 y 10m<sup>2</sup>.

Si atendemos a su abastecimiento energético, estos se clasifican en:

- **Vehículos Eléctricos de Baterías (BEV)** (Battery Electric Vehicles): son vehículos eléctricos que utilizan la energía química almacenada en paquetes de baterías recargables.

- **Vehículos Eléctricos Híbridos (HEV)** (Hybrid Electric Vehicles): son vehículos que poseen dos motores, uno eléctrico y otro de combustión interna, que son capaces de impulsar al vehículo de manera independiente, ya sea utilizando uno u otro.
- **Vehículos Eléctricos Híbridos Recargables o Enchufables (PHEV)** (Plug-in Hybrid Electric Vehicles): son vehículos similares a los anteriores, pero con la posibilidad de recargar las baterías por medios externos, es decir, conectándolos a la red.
- **Vehículos Eléctricos de Pilas de Combustibles (FCEV)** (Fuel Cell Electric Vehicles): son vehículos de accionamiento eléctrico que disponen de una pila de combustible de hidrógeno que genera la electricidad a partir de ese gas almacenado en un depósito.

### 3.4 Mercado de los vehículos eléctricos

La llegada del **vehículo eléctrico** a las carreteras es inminente y real, y se espera que para la década de 2020-2030, sea una industria plenamente desarrollada.

Para ello es necesario que se consigan diferentes situaciones:

- **Mejora de la tecnología actual:** la autonomía de este tipo de vehículos es inferior a la que proporciona un vehículo de combustión. Los vehículos eléctricos, a día de hoy, tienen una autonomía real que oscila en general (excepto en algunos casos) entre los 200 y 400 km, mientras que los térmicos tienen una autonomía media, hoy en día, de unos 600-800 km.
- **Reducción del coste:** actualmente, la adquisición de este tipo de vehículos es mucho más costosa que la de un vehículo de combustión.

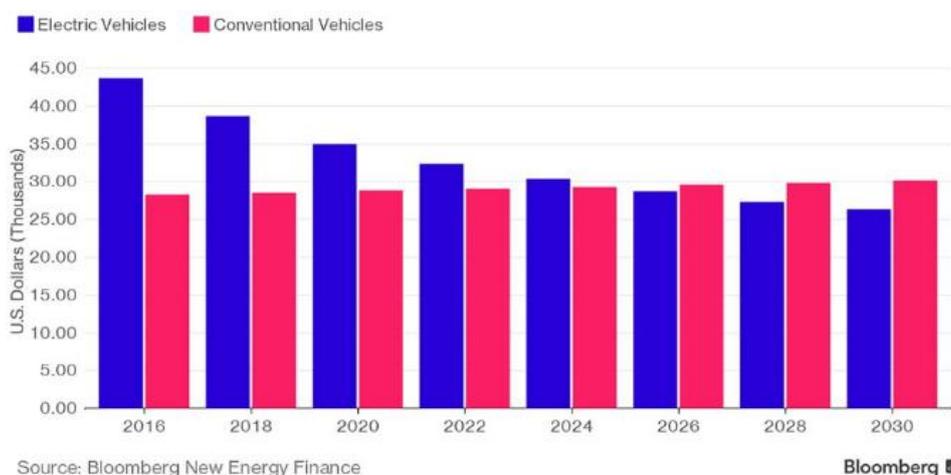


Gráfico 1. Posible evolución del coste de los vehículos eléctricos y convencionales



## MONITORIZACIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

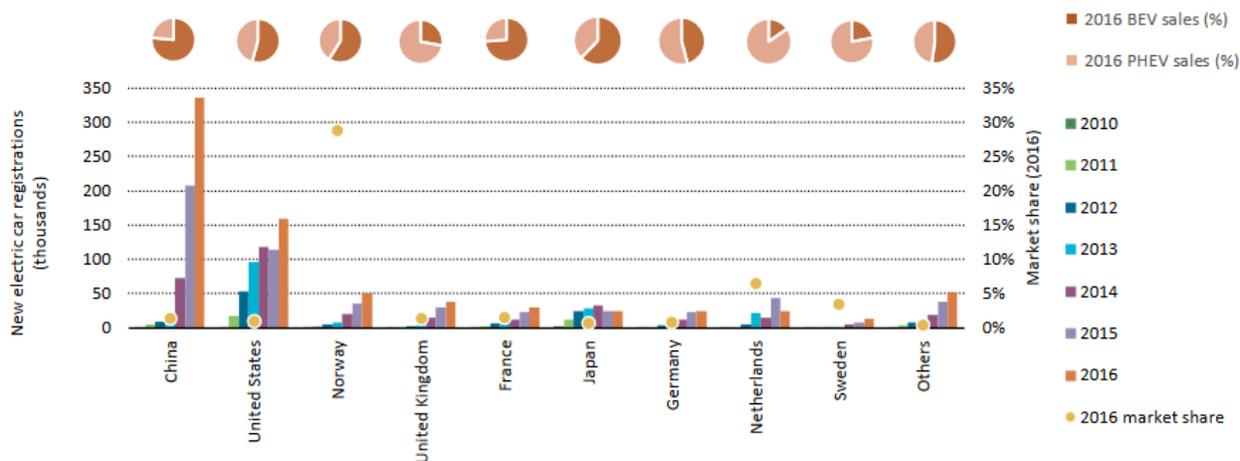


Gráfico 2. Evolución de las ventas de vehículos eléctricos en diferentes países

El caso de China es destacable, ya que, al tener un problema de contaminación, la venta de este tipo de vehículos ha ido creciendo exponencialmente, hasta llegar en el año 2016 a alcanzar la cifra de casi 350.000 unidades vendidas.

En el caso de nuestro país, la venta de vehículos eléctricos solamente supone un 0,603% de la cuota anual del mercado español (enero-diciembre de 2017), como se puede ver en la siguiente imagen.

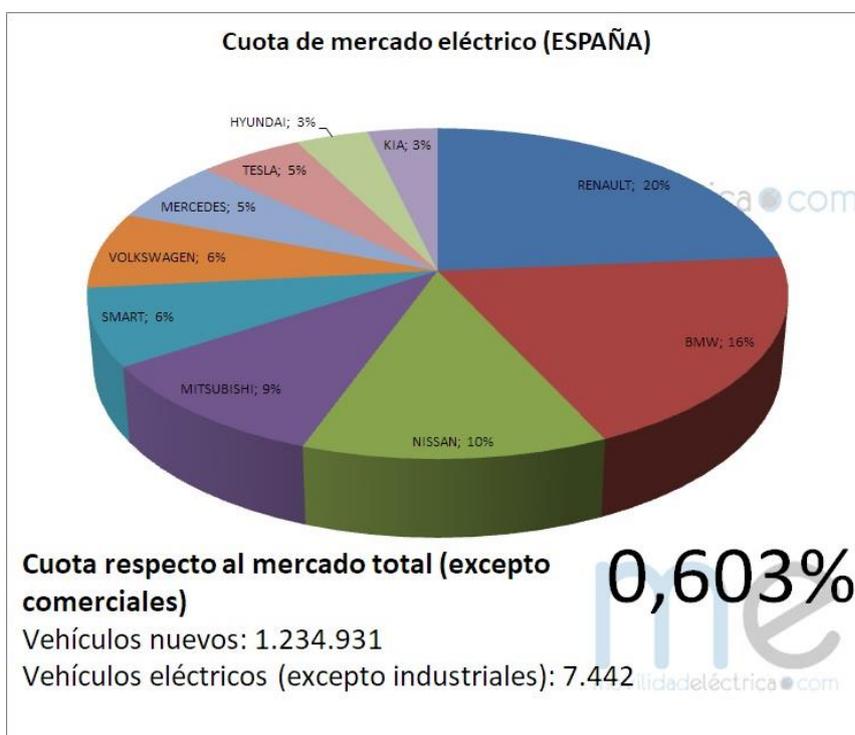


Gráfico 3. Cuota del mercado eléctrico en España

Dentro del estudio de los vehículos eléctricos, ahora vamos a hablar de los distintos tipos de recarga de los mismos, los cuales los podemos comparar en la siguiente tabla:

Tipo	Carga	Tiempo
Super-lenta	2,3kW	10-12h
Convencional	3,68kW	8h
Semi-rápida	7,36-12,8kW	2-4h
Rápida	50kW	65-70% en 15-30min
Super-rápida	90-120kW	20min
Ultra-rápida	>130kW	5-10min

Tabla 1. Tipos de carga de un vehículo eléctrico

### 3.5 Baterías de los vehículos eléctricos

Dentro de las baterías que puede incorporar un vehículo eléctrico, hay diferentes tipos, de los cuales haremos una breve descripción de cada uno:

#### 3.5.1 Baterías de plomo-ácido

- Son las baterías más baratas en relación a la capacidad nominal.
- Gran oferta de las mismas en todos los mercados.
- Posibilidad de reciclado de las baterías usadas (menos problemas ambientales).
- Corta vida relativa.
- Capaces de entregar altas corrientes durante períodos cortos de tiempo, así es más fácil arrancar un vehículo a bajas temperaturas y recargarlo rápidamente.
- Poco adaptadas para suministrar corrientes bajas durante largos períodos de tiempo.
- Las aleaciones de plomo y antimonio en las rejillas, deben ser frecuentemente rellenadas con agua destilada.

#### 3.5.2 Baterías de ion-Litio

- Muy buena relación peso/potencia.
- Número de ciclos de vida elevado.
- Poca autodescarga.
- No tienen efecto memoria. Pueden ser cargadas en cualquier momento o estado de carga.

- Tensión de descarga gradual y constante.
- Alta tensión de trabajo por celda.

### 3.5.3 Baterías de LiFePo

- Son las más seguras y respetuosas con el medio ambiente.
- Tolerancia a la sobrecarga.
- Gran densidad de energía.
- Ciclo de vida útil más largo.
- Poseen un buen rendimiento a altas temperaturas.

### 3.5.4 Ultracondensadores

- Elevada densidad de energía.
- Peso muy bajo.
- Alta ciclabilidad (500.000).
- Amplio rango de temperaturas de trabajo.
- Amplia variedad de uso.
- Se pueden utilizar como sustituto de baterías en aplicaciones tipo arranque.

### 3.5.5 Baterías de grafeno

- Desperdician muy poca energía durante su funcionamiento y ofrecen una densidad tres veces mayor que las de litio.
- Poseen un comportamiento muy estable ante a las variaciones de temperatura. No se calientan al cortocircuitarse, y después son capaces de volver a funcionar y recargarse hasta el 60-70% de su capacidad, debido a su alta densidad energética.
- Poseen el doble de vida que una batería de litio y hasta cuatro veces que las de hidruro metálico.
- Estas baterías, para la misma densidad de energía, permiten reducir el peso un 75% respecto a las habituales, ocupando entre un 20 y un 30% menos.

## 3.6 Variación en la descarga de las baterías

La descarga de las baterías puede variar en función de una serie de variables:

### 3.6.1 Frente a la profundidad de descarga

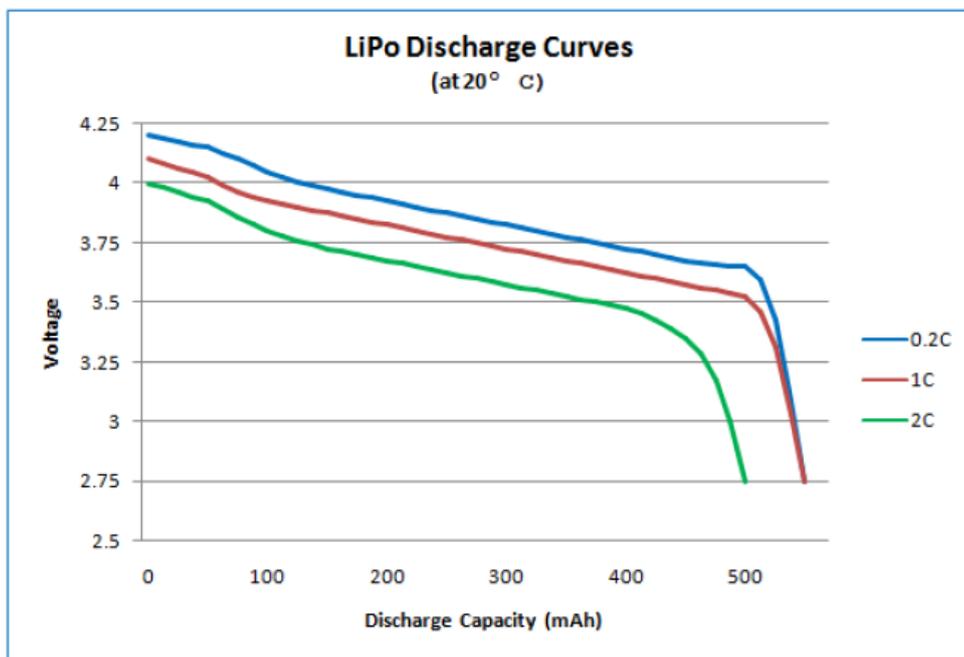


Gráfico 4. Descarga de las baterías en función de la profundidad de descarga

La profundidad de descarga se refiere a la corriente aplicada a la batería para restablecer/extraer la capacidad disponible. Este régimen está generalmente normalizado para la capacidad de la batería. Por ejemplo, el régimen de descarga de 10 horas de una batería de 300Ah es: Capacidad Nominal/Tiempo de descarga = 300Ah/10h = 30 A (régimen C/10).

En la figura anterior se puede ver que a una misma batería con unas descargas constantes, la primera (azul) de 0,2C es posible sacar el 100% de la capacidad nominal; en una descarga a 1C (roja) es posible sacar el 100%, pero con menor tensión y a 2C (verde) un 90% de su capacidad.

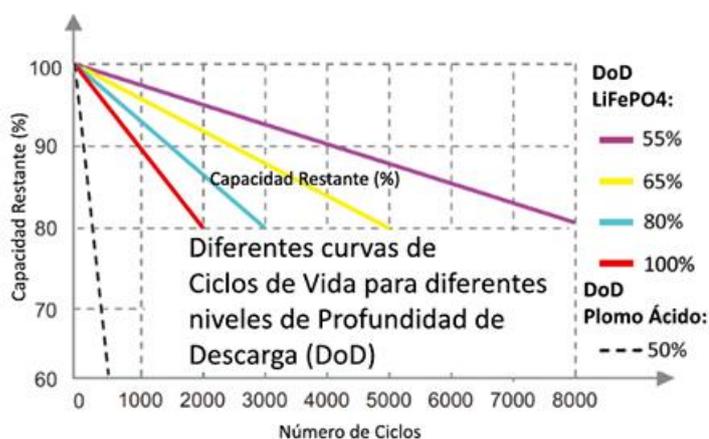


Gráfico 5. Variación del número de ciclos de vida de la batería en función de la profundidad de descarga

También se puede observar que cuanto mayor es la profundidad de descarga en una batería, el número de ciclos de vida de la misma se reduce.

### 3.6.2 Frente a la temperatura

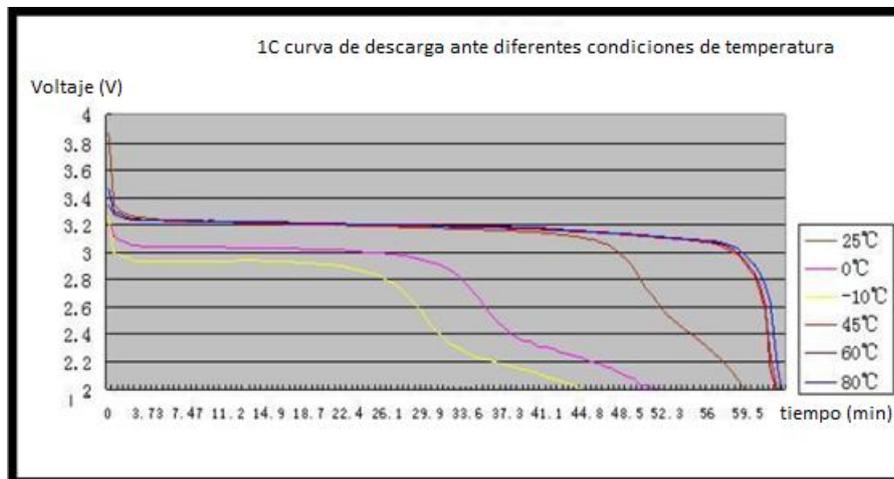


Gráfico 6. Descarga de las baterías en función de la temperatura

Podemos observar que la descarga a altas temperaturas es más lenta que a temperaturas relativamente bajas.

### 3.6.3 Variación en función del tipo de batería

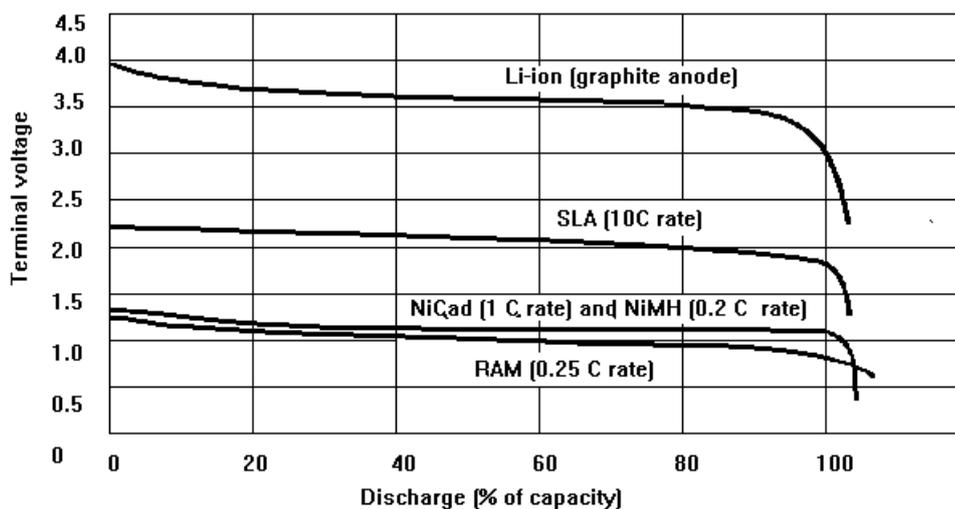


Gráfico 7. Descarga de las baterías en función del tipo de batería

Se puede observar cómo varía esa descarga de la batería en función de la batería que estamos usando, y se ve como la batería de ion-litio ofrece siempre mayor voltaje que las demás, independientemente del estado de carga de la misma.

### 3.6.4 Variación en función del tiempo de vida de la batería

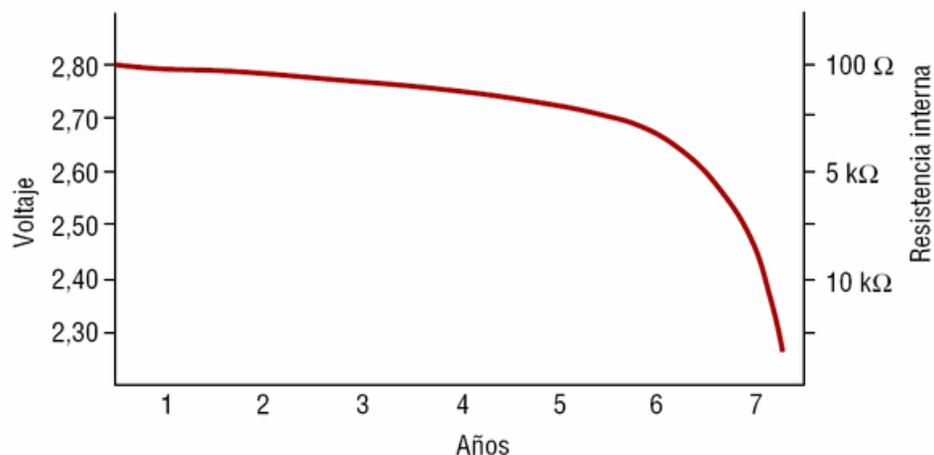


Gráfico 8. Descarga de las baterías en función del tiempo de vida

Podemos ver que, a medida que va pasando el tiempo, la resistencia interna de las baterías va creciendo, lo que implica, que el voltaje que podemos extraer de la batería vaya siendo cada vez menor.

### 3.6.5 Efecto de pasivación

La pasivación consiste en la formación de una película de cloruro de litio (LiCl) en la superficie del ánodo, y puede producir una caída de tensión total al inicio de su funcionamiento, como se ve en esta figura:

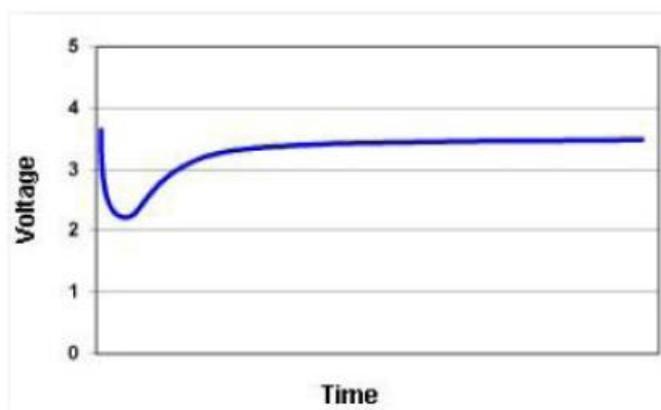


Gráfico 9. Efecto de pasivación en una batería

Para eliminar la pasivación, se puede someter a la batería a varios ciclos de carga y descarga, cuando la batería es nueva, o lleva un largo periodo en reposo. Solo será necesario si se va a utilizar la batería a sus máximas prestaciones.

## 4. Sistemas incorporados en los vehículos eléctricos

A continuación vamos a hablar de una serie de sistemas que incorporan los vehículos eléctricos, aunque la mayoría también están incorporados dentro de los vehículos de combustión.

### 4.1 ABS

El ABS (cuyas siglas corresponden a Anti-lock Braking System, o Sistema de frenado anti-bloqueo) se encarga de evitar el bloqueo de las ruedas cuando se está frenando sobre cualquier tipo de superficie.

Durante un frenado severo, el conductor podrá mantener la estabilidad y el control del vehículo en todo momento.

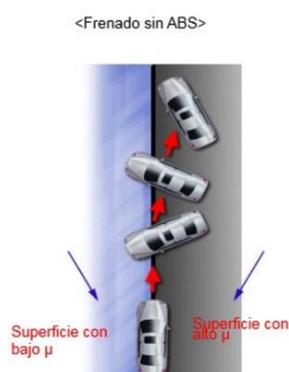


Figura 3. Efecto del ABS en diferentes superficies

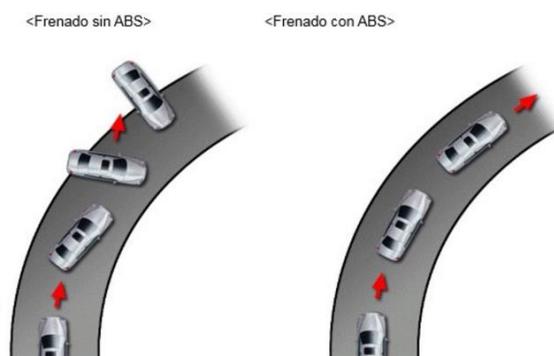
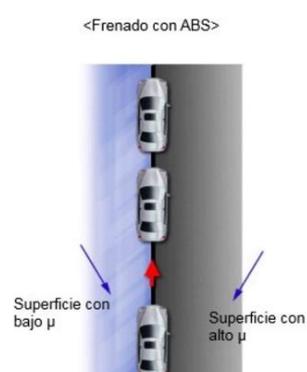


Figura 2. Efecto del ABS en una curva

Si un vehículo frena en superficies con poca adherencia, las ruedas pueden llegar a bloquearse y el vehículo puede perder el control. Ahí actuaría el ABS evitando que esto ocurra.

#### 4.1.1 Tipos de ABS

Podemos encontrar diferentes tipos de ABS en función del número de canales y sensores que incorporen, de esta manera tenemos:

##### TIPO 4 CANALES – 4 SENSORES

En este tipo de ABS, las ruedas delanteras se controlan de manera independiente, y para el control de las ruedas traseras, se sigue una lógica de selección baja. Se utiliza fundamentalmente en vehículos de motor y tracción delanteros.

**TIPO 4 CANALES – 3 SENSORES**

Este tipo se usa generalmente en vehículos con motor delantero y tracción trasera. Al igual que en el caso anterior, las ruedas delanteras son controladas de manera independiente, y las traseras, controladas en conjunto con una cañería de freno sobre la base de una lógica de selección baja. Se utiliza fundamentalmente en vehículos con tracción trasera y motor delantero.

**TIPO 3 CANALES – 3 SENSORES**

Las ruedas traseras se controlan mediante un sensor de velocidad, las delanteras se controlan de manera independiente.

**TIPO 1 CANAL – 1 SENSOR**

Con un sensor se controla la presión de las ruedas traseras.

Tipo de sistema	Línea de freno	Control Lógico	Item de Evaluación		
			Control de Dirección	Estabilidad	Distancia de detención
4 Sensores 4 Canales	Línea X	Control independiente de todas las ruedas	Bueno	Regular	Buena
		Delantera: Control independiente Trasera: Selección baja	Bueno	Bueno	Regular
4 Sensores 3 Canales	Línea H	Delantera: Control independiente	Bueno	Bueno	Regular
		Trasera: Selección baja			
3 Sensores 3 Canales	Línea H	Delantera: Control independiente	Bueno	Bueno	Regular
		Trasera: Selección baja			
1 Sensor – 1 Canal	Línea H	Trasera: Selección baja	No	Regular	No

Tabla 2. Tipos de ABS

El ABS consta de sensores de velocidad de rueda que detectan la posibilidad de un bloqueo de las ruedas, sobre la base de la señal del sensor de velocidad de la rueda, un ABSCM (Módulo de Control), que proporciona las señales de control y la HCU (Unidad de Control Hidráulica), que suministra la presión de frenado a cada rueda, de acuerdo a las señales de salida del ABSCM.

**4.1.2 ABSCM (Módulo de Control)**

Con las señales del sensor de velocidad de rueda, el ABSCM calcula la aceleración, la desaceleración y la relación de deslizamiento. Controla las válvulas solenoides y las

bombas de retorno para evitar el bloqueo. Además, el ABSCM administra un circuito de monitoreo del sistema, y también se desactiva para protección, al detectar una falla en el sistema.

El ABSCM está formado por los siguientes circuitos básicos:

### **1) Circuito de Amplificación de la Señal de Entrada del Sensor de Velocidad de Rueda**

Los sensores de velocidad de las ruedas se encargan de generar una forma de onda proporcional a la velocidad del vehículo. El circuito de amplificación se encarga de amplificar esas ondas, convertirlas en formas de onda cuadradas y enviarlas al microcontrolador. Como existen varios tipos de ABS en función del número de sensores que incorporen, el número de circuitos de amplificación también varía.

### **2) Microcontrolador**

Con los datos que le llegan de los sensores, el microcontrolador se encarga de calcular: la velocidad de referencia, la relación de deslizamiento y la relación de aceleración/deceleración. También el microcontrolador se encarga de realizar el control de la válvula solenoide. Con esa velocidad de referencia calculada y la velocidad instantánea de la rueda, el microcontrolador compara ambas velocidades y con ello puede estimar la relación de deslizamiento, y las relaciones de aceleración/deceleración.

### **3) Circuito de activación de la Válvula Solenoide**

Este circuito se encarga de controlar la corriente de la válvula solenoide y la energiza, o no, en función de la información que le llega del microcontrolador.

Este circuito, además, se encarga de proporcionar las señales de descarga, retención y aumento de presión de los solenoides de bloqueo de las ruedas, en función de las estimaciones de la relación de deslizamiento y de la relación de aceleración/deceleración.

### **4) Circuito de Comunicación, Circuito de Luz del Conductor, Regulador de Voltaje, Circuito del Relé del Motor & Relé a Prueba de Fallas**

Se encarga de controlar que el suministro de voltaje del ABSCM esté estable dentro del rango de voltaje de umbral. También es capaz de detectar fallas en el sistema, y activar el relé de las válvulas y el relé del motor. Si se detecta una falla en el sistema, el relé de la válvula/motor se desactiva, se enciende la luz de aviso del ABS, y el ABS entra en modo de reserva. Mientras sigan existiendo fallas en el ABS, estará habilitado el frenado normal.

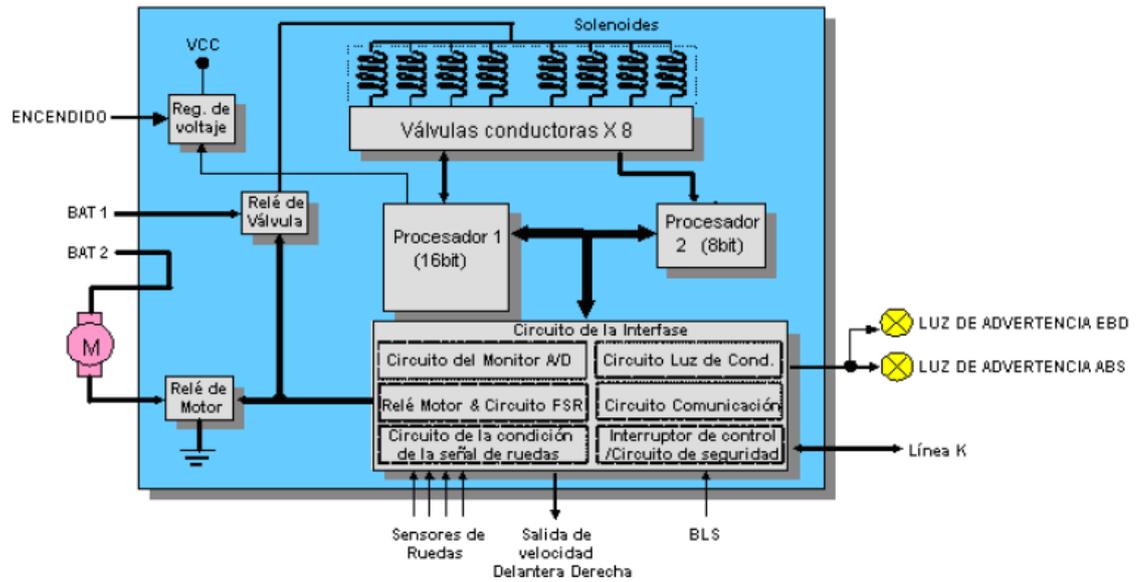
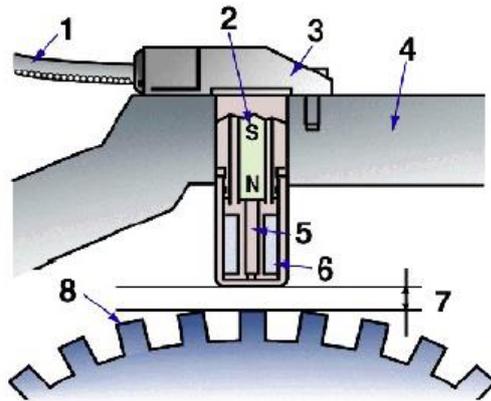
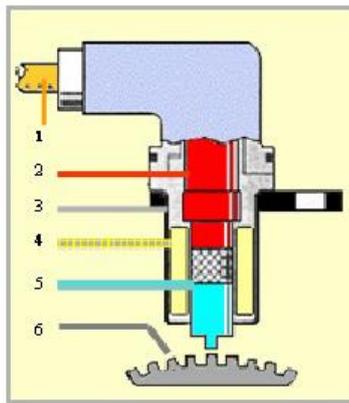


Figura 4. Esquema del ABS

**Circuito de Seguridad**

Si se detecta una falla en el sistema, la función ABS se detiene y se enciende la luz de advertencia del ABS, informando de esta situación. Aunque se detecte la falla en el sistema ABS, el freno convencional sigue disponible. Si una vez activado el interruptor de encendido, no se detecta desperfecto en el sistema, se apaga la luz de advertencia y el sistema vuelve a su estado normal.

**SISTEMA**



- 1. Cable Electrónico
- 2. Imán Permanente
- 3. Cuerpo

- 4. Bobina
- 5. Polo
- 6. Rueda Dentada

- 1. Cable Electrónico
- 2. Imán Permanente
- 3. Cuerpo
- 4. Cubo de la Rueda

- 5. Polo
- 6. Bobina
- 7. Horgura
- 8. Rueda Dentada

Figura 5. Componentes del ABS

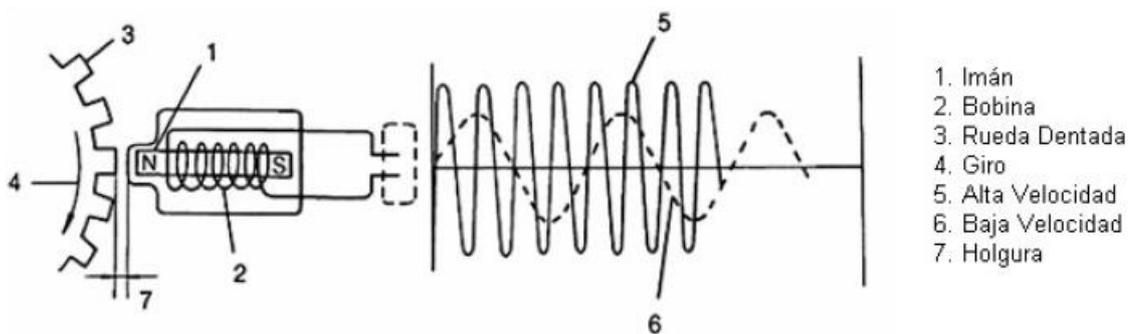


Figura 6. Generación de ondas del ABS

Cuando la rueda dentada gira, el campo magnético cambia, e induce un voltaje en el embobinado. Cuanto mayor es la velocidad, mayor es la frecuencia y viceversa.

#### 4.2 TCS (Sistema de Control de Tracción)

Se trata de un sistema de seguridad que previene la pérdida de adherencia de las ruedas y evita que patinen al acelerar o circular por superficies deslizantes (hielo, nieve, ...).

El TCS, mediante la información que le llega de los sensores, detecta si hay un excesivo deslizamiento de las ruedas, lo que provoca la pérdida de tracción y de estabilidad. Si se da este caso, el TCS reduce el par de giro, controlando la relación de deslizamiento de las ruedas motrices, y recupera la estabilidad.

En el siguiente gráfico podemos ver la relación de deslizamiento:

$$(V_w - V_v) / V_w \times 100 (\%), (V_w: \text{Velocidad de la rueda}, V_v: \text{Velocidad del vehículo})$$

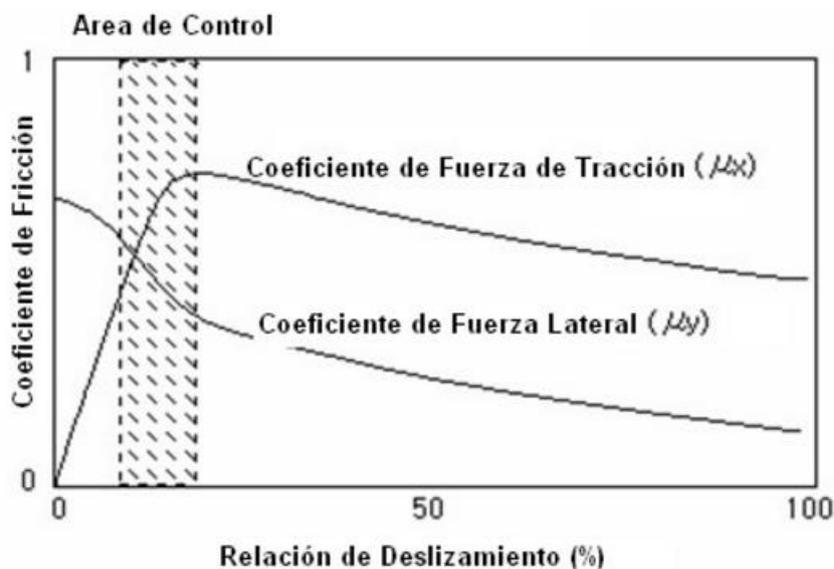


Gráfico 10. Relación entre el deslizamiento y la fricción

Si una rueda motriz empieza a girar de manera excesiva mientras se está acelerando, debido a un excesivo par, los sensores de velocidad son capaces de observar esa tendencia, y cuando se da esta circunstancia, se aumenta la presión en el cilindro de la rueda, para evitar el giro.

Este aumento de presión se consigue cerrando la válvula solenoide TC y, en ese momento, la bomba comienza a funcionar. Esta bomba, se encarga de succionar el líquido desde el acumulador y bombearlo a través de la válvula solenoide hacia el cáliper. Así conseguimos presurizar el cáliper de la rueda que está deslizando, lo que permite evitar el giro de las ruedas, haciendo así que el vehículo tenga la máxima tracción y estabilidad.

#### 4.2.1 Seguridad

El módulo de control se encarga de monitorizar todas las señales que le llegan de los diferentes componentes del ABS y del TC.

El sistema permite siempre disponer del frenado de las ruedas conducidas, debido a que las válvulas TCS han sido incorporadas de manera que esté siempre disponible.

La temperatura de los frenos es regulada en todo momento, desactivando el TCS si se detecta una temperatura excesiva en los mismos.

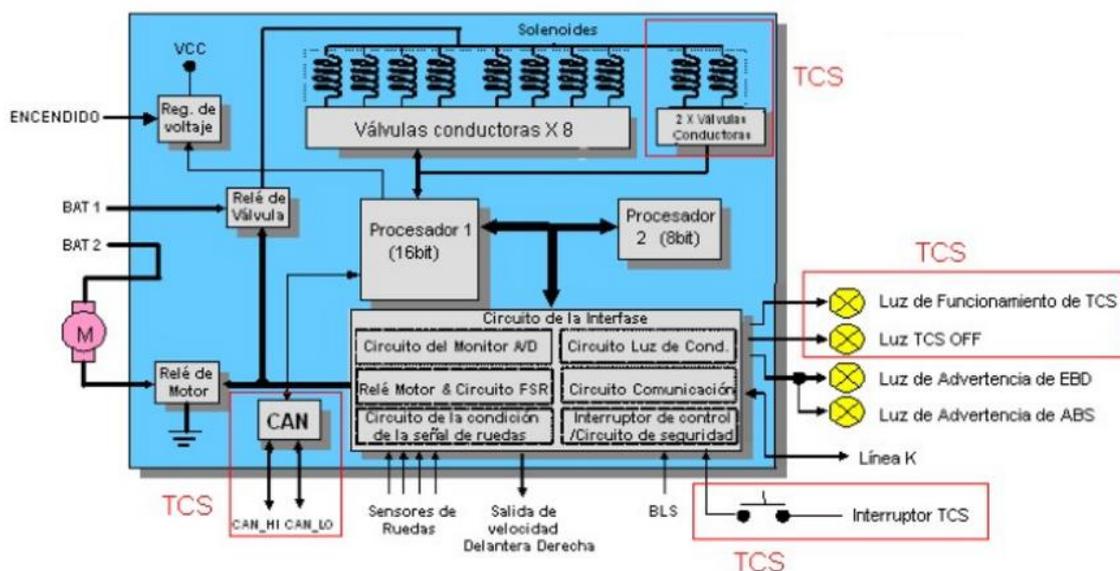


Figura 7. Módulo TCS

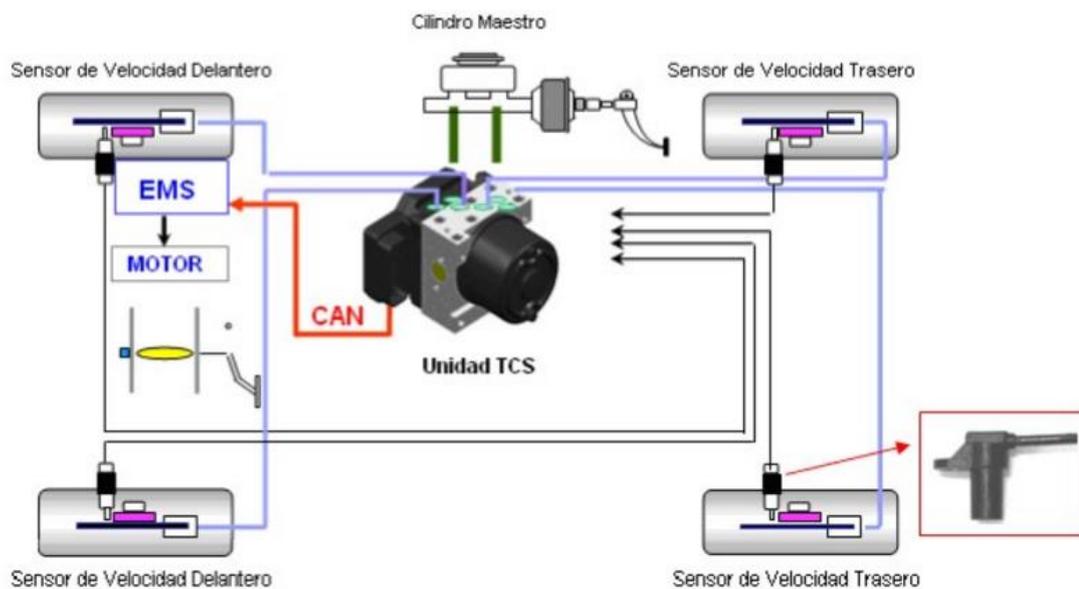


Figura 8. Esquema global del TCS

#### 4.2.2 Control del TCS

Para el control de este sistema, existen una serie de métodos que se encargan de reducir el deslizamiento de las ruedas. A continuación vamos a hablar de 3:

##### 1) ECTS (Control del par del motor):

Este tipo de control se divide a su vez en dos subtipos:

- De tipo directo: controla la válvula de mariposa.
- De tipo indirecto: controla el tiempo de encendido y de inyección del combustible.

**2) BTCS (Control de presión de frenado):**

Consiste en que cada rueda motriz es controlada de manera independiente.

**3) FTCS: ETCS + BTCS**

Actualmente es el sistema del que más se está incrementando su uso. Consiste en una combinación de los dos anteriores. El BTCS, haciendo un control independiente de cada rueda para controlar el deslizamiento, es capaz de disminuir la fuerza motriz con la aplicación del freno. Aunque solamente se utiliza cuando la velocidad no supera los 50km/h.

A través de una comunicación CAN, el FTCS se encarga del control de frenado y del control de par del motor. Cuando los sensores detectan el deslizamiento de una o ambas ruedas, el módulo de control se encarga de reducir el par de ambas ruedas motrices.

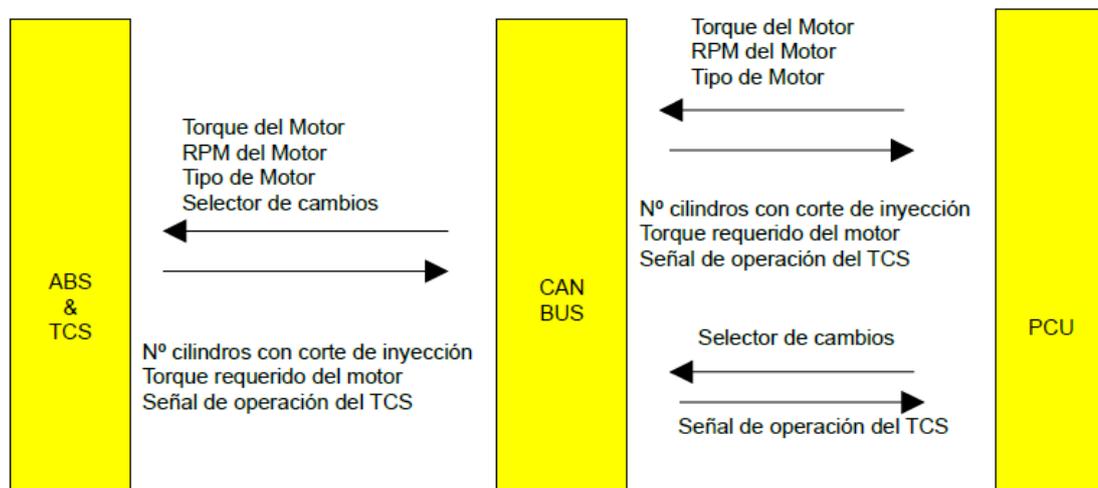


Figura 9. Intercambio de información entre el TCS y la PCU

**4.3 ESP**

Se trata de un sistema que se encarga de estabilizar el vehículo mediante el frenado independiente de cada rueda y la intervención en el control del motor, sin necesidad de accionar el pedal de freno o acelerador.

Además, este sistema incorpora una función que se encarga de controlar que las ruedas no patinen cuando se está acelerando o frenando, con esto se logra estabilizar el vehículo alrededor de su eje vertical. Esto se consigue mediante el frenado independiente de cada rueda, y la adaptación del par sin necesidad de que el conductor intervenga.

El sistema ESP está compuesto principalmente por tres conjuntos de elementos: sensores, actuadores y la Unidad de Control Electrónico.

Los sensores se encargan de detectar cuatro variables: la posición del volante de dirección, la presión en el cilindro maestro, la velocidad de derrape de la rueda y la aceleración transversal del vehículo. Esto permite que, en caso de que la seguridad se vea comprometida, la unidad de control electrónico pueda realizar acciones correctivas, al compararse el comportamiento del vehículo con la intención del conductor.

Por cuestiones de seguridad, el ESP puede funcionar bajo todo tipo de condiciones, pudiendo ser activada, en ciertas condiciones, junto con los sistemas ABS y TCS. Si el ESP falla, el ABS se mantiene operativo.

### **Condición de operación**

El módulo de control del ESP se encarga de monitorizar la velocidad aplicada al pedal de freno, calculando la relación de aumento de presión de los sensores en el cilindro maestro.

El módulo de control del ESP opera el motor durante la operación del Sistema de Asistencia de Frenos (BAS, correspondiente a brake assist system), y aumenta rápidamente la presión de frenado para obtener la fuerza máxima en los frenos.

Para operar el BAS, se deben cumplir simultáneamente las 3 condiciones siguientes:

La presión de frenado debe exceder los 20 bares, la relación de aumento de presión debe ser mayor a 1100 bares por segundo y la velocidad del vehículo, mayor de 7km/h.

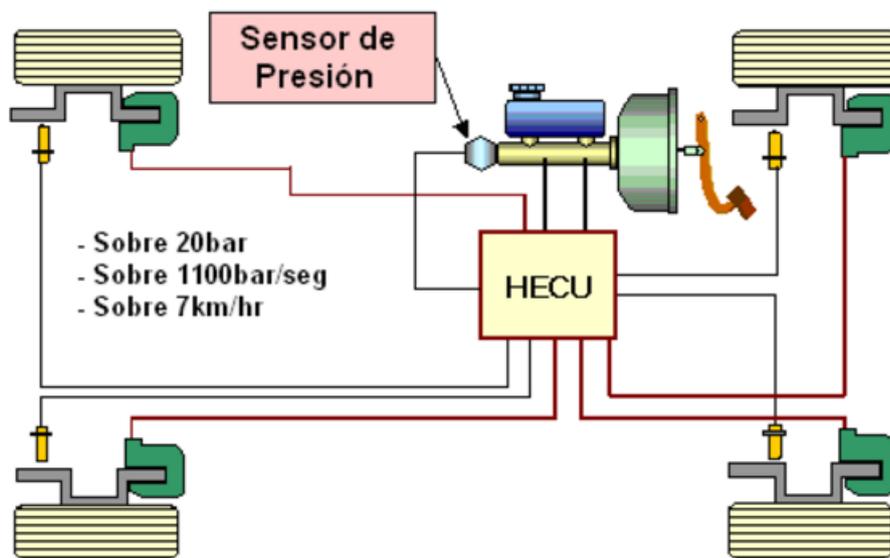


Figura 10. Esquema del ESP

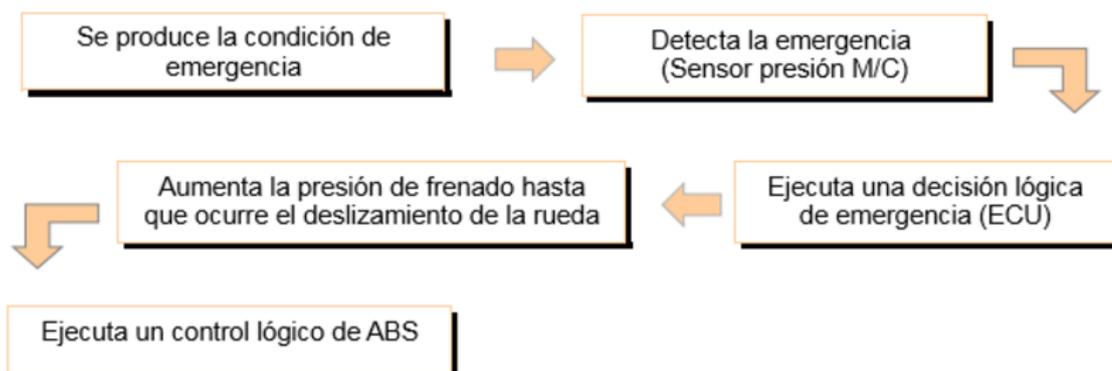


Figura 11. Ciclo del ESP

### 4.3.1 Funciones básicas del ESP

Para que el sistema ESP entre en funcionamiento, se debe detectar una desviación de al menos  $4^\circ/s$  respecto a la trazada indicada por el conductor (este valor varía con la velocidad). Si se da esa desviación, el sistema ESP empieza a funcionar para corregir el sobre-viraje o sub-viraje del vehículo.

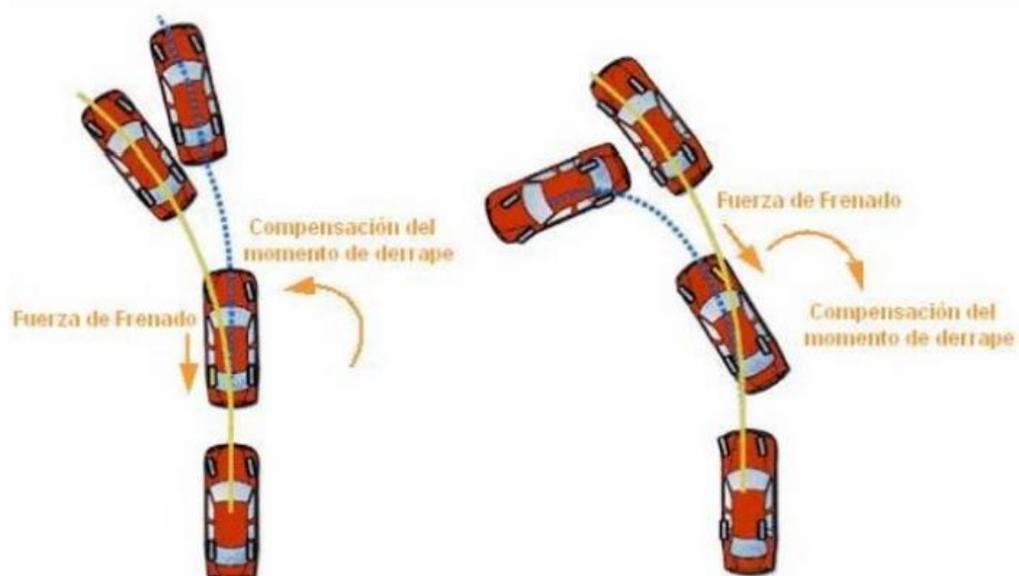


Figura 12. Sub-viraje y sobre-viraje

### En el caso de Sobre-viraje

Se trata de una situación en la que el eje trasero del vehículo pierde tracción, tratando de adelantarnos, provocando que el vehículo gire mucho más de lo debido. La deriva del tren trasero es mayor que la del delantero, y provoca que la trazada del vehículo sea más cerrada. Para estabilizar el vehículo, la lógica ABS es reemplazada por el ESP, para el control de frenado de las ruedas. Esta situación, es más común en vehículos de propulsión trasera.

### En el caso de Sub-viraje

Es una situación en la que el eje delantero del vehículo pierde tracción, con un ángulo de giro inferior al dictado por el volante. Técnicamente, la deriva del eje delantero es mayor que la del eje trasero, y el resultado es que nuestra trazada en la curva se abre. Al igual que en el caso anterior, la lógica ABS es reemplazada por el ESP para el control de frenado de las ruedas. El sub-viraje, se produce más comúnmente en vehículos de tracción delantera y motor delantero.

Ubicación de los componentes

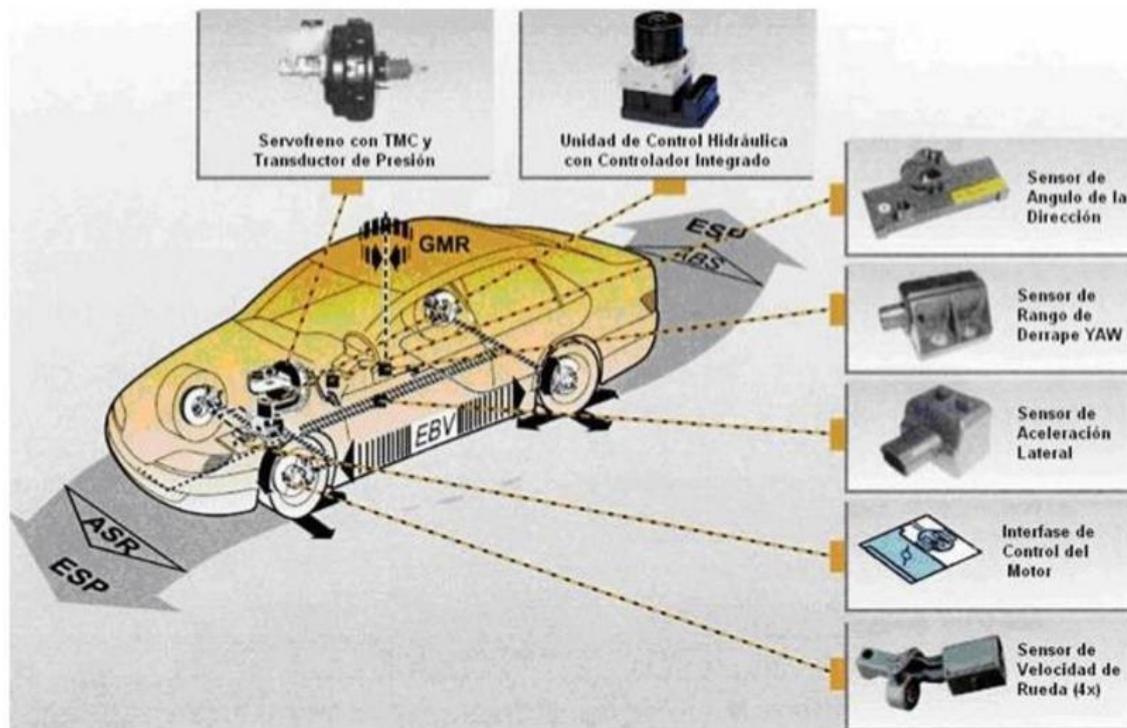


Figura 13. Ubicación de los componentes del ESP

Entradas y salidas



Figura 14. Entradas y salidas del ESP

Diagrama de Cableado del ESP

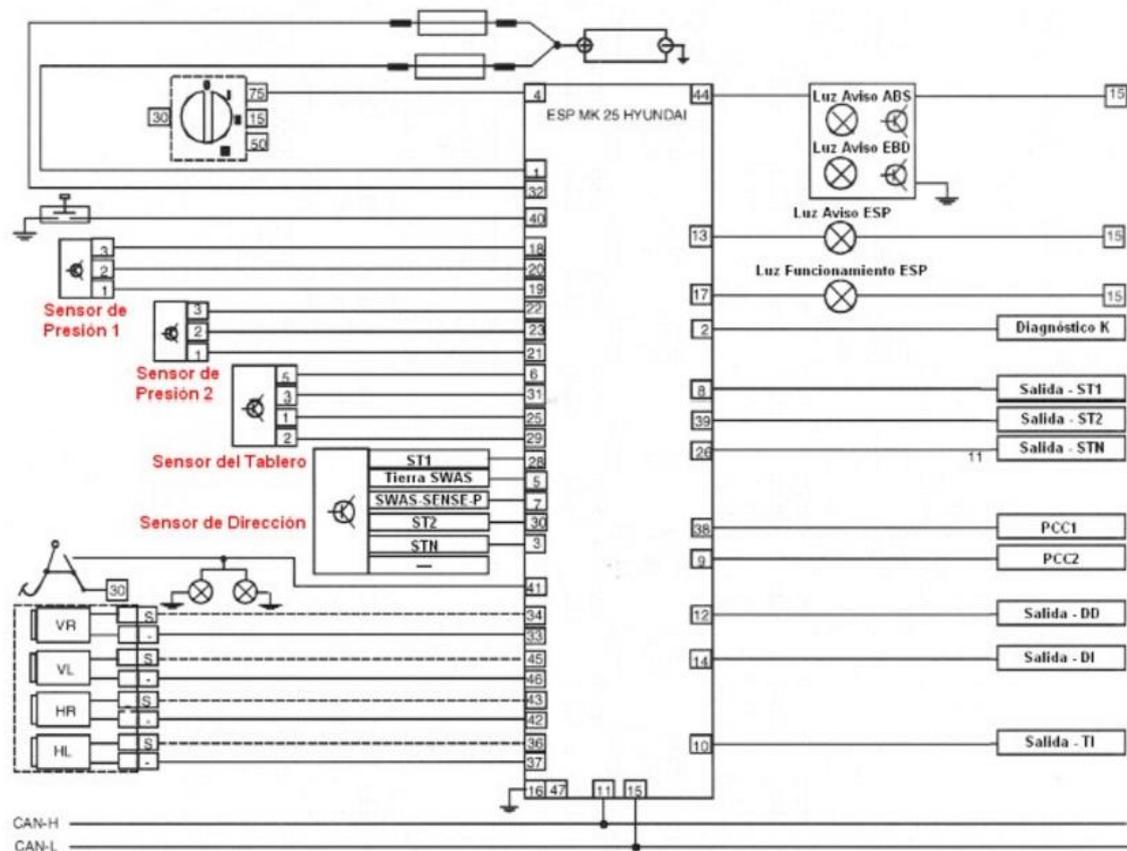


Figura 15. Cableado del ESP

4.4 Airbag

Se trata de un sistema de seguridad pasiva, el cual contribuye a reducir posibles lesiones en caso de accidente, y consiste en una bolsa de aire que se hincha cuando el vehículo choca, ocupando el espacio entre la persona y el volante, el salpicadero o los diferentes puntos donde esté colocado.

El módulo que controla el funcionamiento de este sistema es el siguiente:

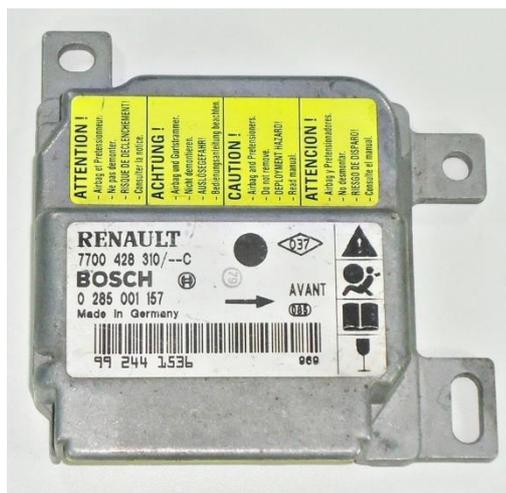


Figura 16. Módulo de control del airbag

Este módulo de control posee dos sensores que controlan la colisión, uno está encargado de detectar esa colisión y el otro es un sensor de seguridad. Si ambos sensores detectan una deceleración que sobrepase los límites determinados, la unidad de control activará los airbag.

El módulo está formado por los siguientes elementos:

**Sensor de seguridad:** es un interruptor electromecánico encargado de evitar que el sistema se dispare si la deceleración no sobrepasa los límites (mayor a 2G).

**Almacenador de energía:** sirve para que el sistema siga funcionando en caso de fallo, está formado por varios condensadores conectados en paralelo.

**Microprocesador:** es el encargado de controlar el sistema y procesar las señales que llegan de los distintos sensores.

**ASIC:** sirve para amplificar y filtrar las señales generada por los sensores, para que el microprocesador pueda trabajar más fácilmente con ellas.

#### 4.5 Sensores ultrasónicos

Este tipo de sensores se utilizan para conocer la distancia existente entre el vehículo y un obstáculo. Se encuentran integrados en los parachoques de los vehículos, y se utilizan fundamentalmente como ayuda para la maniobra de aparcamiento. Se basa en el uso de una serie de sensores en la parte delantera y trasera del vehículo, entre cuatro y seis, y cuatro, respectivamente, lo que permite triangular la posición del obstáculo respecto al vehículo. Este sistema puede llegar a detectar obstáculos que se encuentren a 1,5m de distancia.

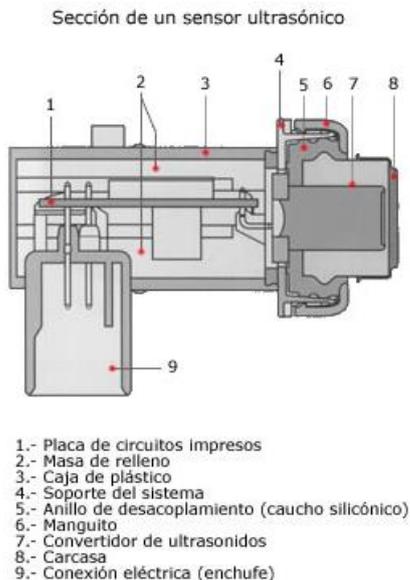


Figura 17. Estructura de un sensor ultrasónico

Está compuesto de una caja de plástico, un convertidor de ultrasonidos y una placa de circuitos impresos.

El funcionamiento de este sistema consiste en la emisión de una serie de impulsos mediante la excitación de una membrana de aluminio, lo que genera ondas ultrasónicas, que en el momento de encontrarse con el obstáculo, son reflejadas y llegan de nuevo a la membrana.

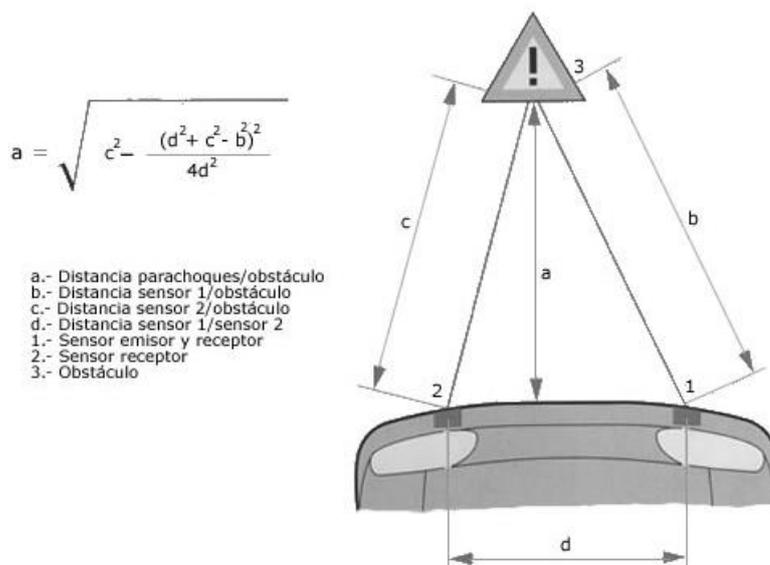


Figura 18. Cálculo de la distancia del obstáculo

### 4.6 Control de Crucero Adaptativo

Su función principal es la de regular la velocidad del vehículo con un valor indicado por el propio conductor, salvo que el vehículo se encuentre un obstáculo, como puede ser otro vehículo, que hace que este sistema regule la velocidad para equipararla con el vehículo que le precede. Dependiendo de si la diferencia de velocidad con el vehículo de delante es grande o no, será necesaria la acción de los frenos, o únicamente haría falta una reducción en la admisión de gas, respectivamente.

Cuando la velocidad se ha equiparado, el vehículo con este tipo de sistema, mantiene un intervalo de tiempo constante con el otro vehículo, lo cual permite que, cuanto mayor sea la velocidad del vehículo de delante, mayor será la distancia de seguridad que deje este sistema.

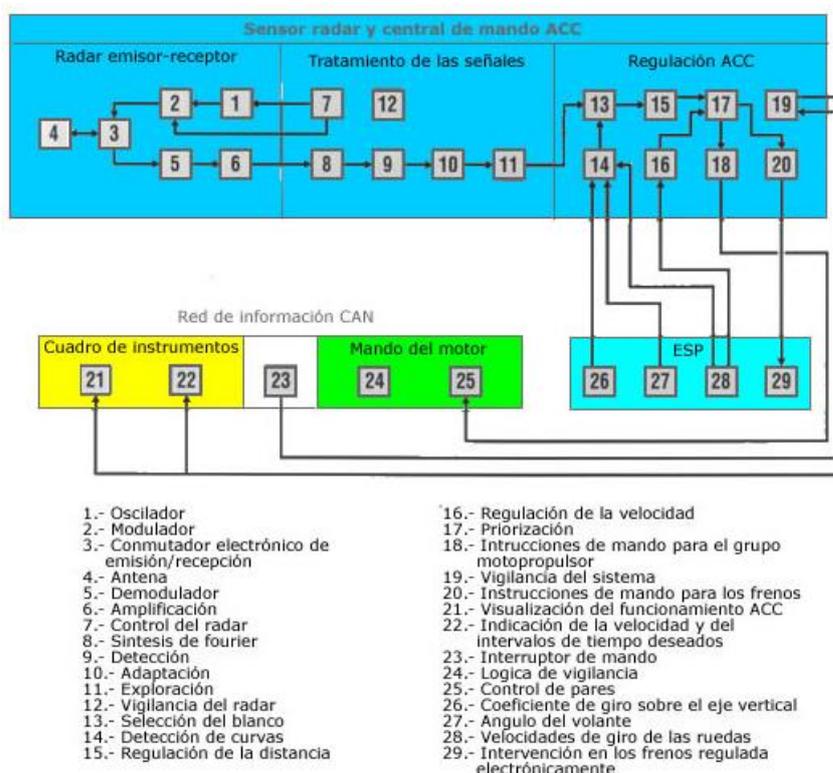


Figura 19. Diagrama del conjunto ACC

### 4.7 Freno Regenerativo

Se trata de un sistema por el cual, una parte de la energía cinética del vehículo es recuperada por algún mecanismo durante las deceleraciones. Dicha energía puede ser almacenada en dispositivos de diferente funcionamiento, como pueden ser baterías, volantes de inercia, celdas de combustible regenerativas o acumuladores hidroneumáticos, entre otros, con el propósito de ser usada más tarde en la

alimentación de los sistemas de propulsión del vehículo o en la alimentación de otros accesorios del mismo.

Ahora iremos viendo una descripción de cada uno:

### **Volante de Inercia**

Este sistema se encarga de transferir parte de la energía cinética al volante de inercia (el cual ha sido conectado a la transmisión), para un rango de velocidad, fuera de ese rango, se desconecta de la transmisión y permanece girando. Esa energía se puede utilizar para hacer funcionar un generador y así recuperar la energía.

Este sistema es capaz de almacenar energía, con periodos de aceleraciones y deceleraciones, y se puede usar para vehículos con pasajeros, sin que la fricción genere muchas pérdidas.

### **Sistemas Hidroneumáticos**

Está compuesto por una bomba-motor hidráulica y un tanque hidroneumático. Es capaz de comprimir un fluido en el tanque cuando se está frenando, almacenando la energía, para que luego pueda ser utilizada para generar energía cinética, y así propulsar al vehículo.

### **Recarga de Baterías**

Es el método más usado actualmente en vehículos, tanto eléctricos, como híbridos. Consiste en hacer que el motor se comporte como un generador cuando el vehículo está frenando, o bien se puede disponer de un generador para esta tarea. De este modo, parte de la energía cinética del vehículo es usada para recargar las baterías del mismo.

### **Ventajas del frenado regenerativo**

- A diferencia de los vehículos tradicionales, este sistema es capaz de minimizar las pérdidas de potencia, lo que hace que sea mucho más eficiente.
- Puede dimensionarse un motor con menos potencia, debido a que los picos de potencia pueden ser proporcionados por la energía alternativa, además, permite que el motor trabaje en el punto óptimo, o muy cerca de él. Haciendo que el motor pueda ser más ligero y menos voluminoso.
- En caso de no necesitarse, el motor puede desactivarse durante la marcha.
- Se reducen las emisiones debido a que aumenta la eficiencia en el consumo.
- Permite incrementar la autonomía.
- Ofrece un buen rendimiento incluso a bajas temperaturas.

- Una vez se han agotado las baterías, no hace falta recargarlas.

### **Desventajas**

- El peso es mayor que el de un coche convencional, debido a que hay que sumar tanto el motor eléctrico como las baterías. Lo que hace que se necesite una mayor cantidad de energía para moverse.
- Es más complejo, lo que provoca una mayor dificultad en las revisiones y reparaciones del mismo.
- El precio de un vehículo con este sistema es, a día de hoy, mucho más elevado que uno convencional.

## 5 Pruebas para conocer la autonomía de los vehículos eléctricos

Debido a que existen diferentes marcas que fabrican vehículos eléctricos, así como diversos modelos dentro de las marcas, a la hora de comparar la autonomía de estos vehículos sería muy complicado, por lo que a todos estos vehículos se les realiza un serie de pruebas estándar, para así poder compararlos de una manera más homogénea, debido a que todos se someten a las mismas pruebas.

A continuación hablaremos de algunas de esas pruebas que están estandarizadas para diferentes regiones.

### 5.1 Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

Se trata del ciclo de homologación obligatorio para todos los coches que se quieran comercializar en Europa. Para que la pruebas se realicen se necesitan vehículos con, al menos, 3000km de rodaje. Se realizan por laboratorios independientes de las marcas.

Esta prueba se realiza bajo una serie de condiciones como son:

- Temperatura entre 20º y 24º.
- Para simular el peso de las personas, sobre el coche se montan unos rodillos.
- El vehículo debe arrancar con el motor en frío, para ello tiene que haber estado seis horas y media sin funcionar.

El ciclo NEDC, se divide en dos pruebas: ciclo urbano y extraurbano.

#### 5.1.1 Ciclo urbano

Este ciclo consta de una serie de periodos de velocidad constante, alternados con aceleraciones y deceleraciones, para intentar representar fielmente la conducción por ciudad, los vehículos recorren 4 kilómetros con una velocidad máxima de 50km/h, y una media de velocidad de 19km/h. Un ciclo dura 3 minutos y 15 segundos, y se debe repetir 4 veces.

#### 5.1.2 Ciclo extraurbano

Se realiza inmediatamente después del ciclo anterior y consta de una serie de periodos de velocidad constante. Se recorren 7 kilómetros con una velocidad máxima de 120km/h, y una media de velocidad de 63km/h.

Los resultados del ciclo completo, se obtienen al realizar una media entre todos los ciclos, en función de la distancia que se ha recorrido en cada parte.

## 5.2 Ciclo 10-15 japonés

Se trata del ciclo de homologación estándar japonés y, al igual que en el caso del NEDC, consta de dos ciclos: el ciclo 10, que vendría a ser el equivalente al circuito urbano en el NEDC, y el ciclo 15, equivalente al extraurbano. Ambos ciclos se pueden combinar formando el ciclo 10-15.

En este ciclo, al igual que pasaba con el NEDC, se controlan toda una serie de factores, como son la temperatura, el peso, etc.

### 5.2.1 Ciclo 10 (Urbano)

Muy parecido al NEDC, ya que también cuenta con una serie de periodos de velocidad constante, alternados con aceleraciones y deceleraciones, para reflejar una conducción urbana. Pero, a diferencia del NEDC, éste solamente dura 2 minutos y 15 segundos y se llega a una velocidad máxima de 40km/h, con una media de velocidad de 17,7km/h.

### 5.2.2 Ciclo 15 (No urbano)

En este ciclo se circula a mayores velocidades que el anterior, con periodos de velocidad constante y aceleraciones y deceleraciones, aunque nunca se llega a bajar de 40km/h (salvo al ralentí), ni superando los 70km/h. Dura 4 minutos y 11 segundos, con una media de velocidad de 33,88km/h.

### 5.2.3 Ciclo 10-15 (Combinado)

Se trata de una combinación de los ciclos anteriores, para llegar a obtener los datos homologados. Con el motor caliente (después de haber realizado un ciclo 15, aunque no se contabilice, y dejado un corto tiempo al ralentí), se realizan tres ciclos 10 y finalmente un ciclo 15. Una vez obtenidos los datos de los diferentes ciclos, se obtiene el consumo de energía del vehículo.

## 5.3 Ciclo FTP-75

Par el caso de la homologación de los vehículos en EE.UU., es la EPA el organismo encargado de regular esta homologación.

El FTP-75 sustituyó al FTP-72, pero añadiendo una tercera fase, muy parecida a la primera, aunque a diferencia de esta, la tercera fase, se realiza con el motor caliente.

Ademas, a partir del año 2000, los vehículos de EE.UU. se tienen que someter a otras pruebas complementarias al FTP-75 para solventar las carencias de ésta: la conducción agresiva (US06) y el uso del aire acondicionado (SC03).

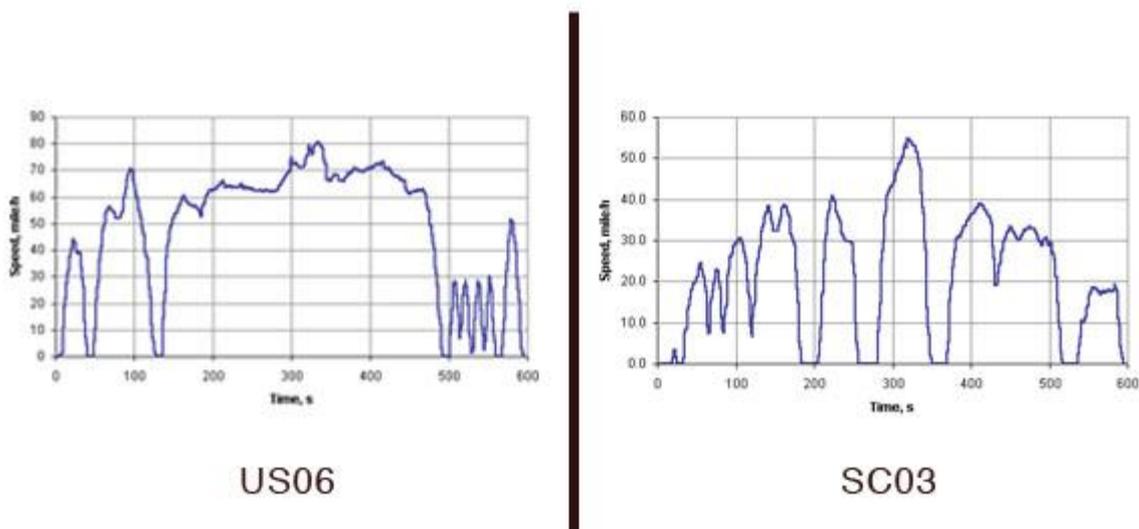


Gráfico 11. Pruebas complementarias al FTP-75

El ciclo FTP-75 consta de dos partes similares a los ciclos europeo y japonés: la medición urbana y extraurbana.

La medición urbana se divide en 3 fases: arranque en frío, fase transitoria y arranque en caliente. Entre la fase transitoria y la final, se deja el motor al ralentí durante 10 minutos.

El recorrido total son 11,044 millas (17,77km), con una velocidad máxima de 55mph (88,5km/h) y una media de velocidad de 21,2mph (34,1km/h).

La fase extraurbana se inicia con el motor caliente, y durante 12 minutos y 56 segundos se realizan aceleraciones, deceleraciones y periodos de velocidad constante, nunca superando las 60mph (95km/h).

## 6 Variables a visualizar

Para la monitorización de nuestro vehículo eléctrico, debemos controlar una serie de variables, como son:

- Porcentaje de carga de las baterías
- Autonomía
- Velocidad
- Estado de las baterías
- Consumo de energía
- Espacio y tiempo recorrido en un mismo viaje
- Kilómetros recorridos totales
- Ciclos de carga

Todas estas variables las podremos visualizar en nuestra aplicación, y la forma en la que se obtienen se puede observar en el siguiente apartado, en el que se detallará todo el desarrollo de la aplicación.

Además, se realizará otra serie de cálculos previos, necesarios para el cálculo de estas variables.

## 7 Aplicación LabView

En este apartado se va a desarrollar cómo se han calculado todas las variables anteriormente descritas, y cómo la aplicación es capaz de producir una respuesta cuando le llega una determinada señal exterior.



Figura 20. Panel de la aplicación

Para los distintos valores de dimensiones del vehículo y baterías, se ha tomado como modelo el vehículo Tesla Model S P85D.

Tesla Model S P85D			
Peso	2188 kg	Batería	85 kWh
Anchura	1963 mm	Potencia máxima	422 CV
Altura	1435 mm	Par máximo	660 Nm/rpm
Longitud	4976 mm	Tensión nominal	400 V

Tabla 3. Tabla de características del vehículo de referencia

Ahora vamos a ir viendo cómo se van realizando cada uno de los cálculos:

### Resistencias que se oponen al movimiento

Existen cuatro fuerzas que oponen al movimiento del vehículo cuando está circulando. Estas cuatro resistencias son:

#### Resistencia aerodinámica

Es la fuerza que se opone al movimiento cuando se circula a través de un fluido, en nuestro caso, el aire. Se calcula multiplicando la superficie frontal del vehículo (ancho por alto del vehículo, incluyendo ruedas y retrovisores), por el cuadrado de la

velocidad, por 0.6125 (1/2 de la densidad del aire) y por el coeficiente de penetración (cx), el cual se trata de una variable adimensional, que depende de las formas del vehículo, y se calcula por comparación con una referencia, la cual sería la resistencia que opondría una plancha metálica al aire y a la que se le asigna un valor de 1. En nuestro caso es de 0.24.

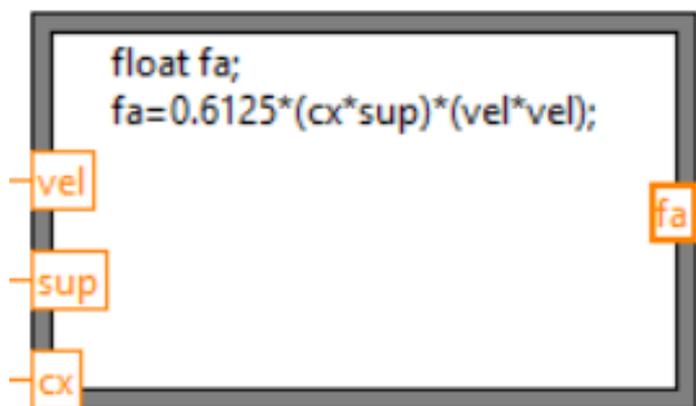


Figura 21. Cálculo de la resistencia aerodinámica

### Resistencia por rodadura

Es debida a la ligera deformación del neumático cuando circula por una superficie. Se calcula multiplicado la constante de aceleración de la gravedad ( $9,8\text{m/s}^2$ ) por el peso total del vehículo y por el coeficiente de rozamiento (variable adimensional que depende del pavimento, del tipo de neumático y de su presión de inflado).

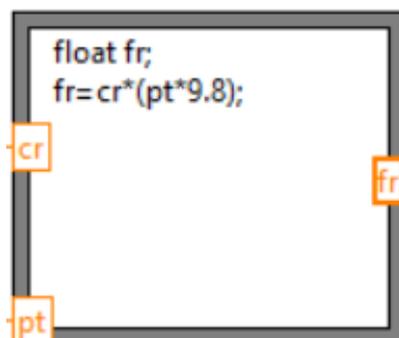
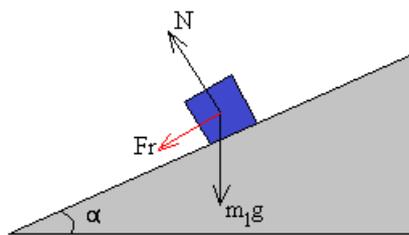


Figura 22. Cálculo de la resistencia por rodadura

### Resistencia por pendiente

Es debida al efecto del peso del vehículo cuando estamos circulando por una pendiente. Si estamos subiendo, esta resistencia tendrá un valor positivo, pero si estamos descendiendo, su valor ahora es negativo. Se calcula de la siguiente forma:



$$F_p = m_1 \cdot g \cdot \text{sen } \alpha$$

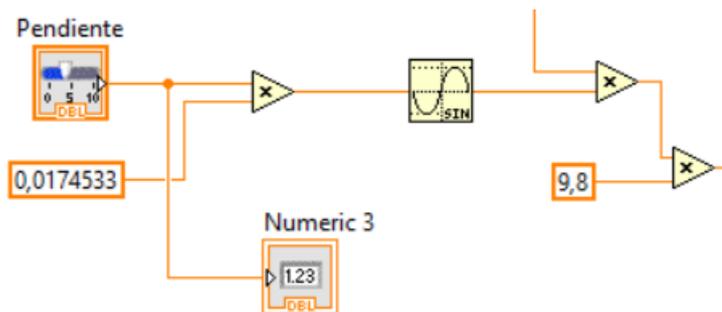


Figura 23. Cálculo de la resistencia por pendiente

### Resistencia por aceleración

Está relacionada con la 2ª Ley de Newton, y se calcula como el producto de la masa por la aceleración. Si estamos acelerando, tiene un valor positivo, y en el caso contrario, si deceleramos, tendrá un valor negativo.

En el siguiente gráfico podemos ver cómo va evolucionando, tanto el valor de resistencia aerodinámica, como de rozamiento en función de la velocidad.

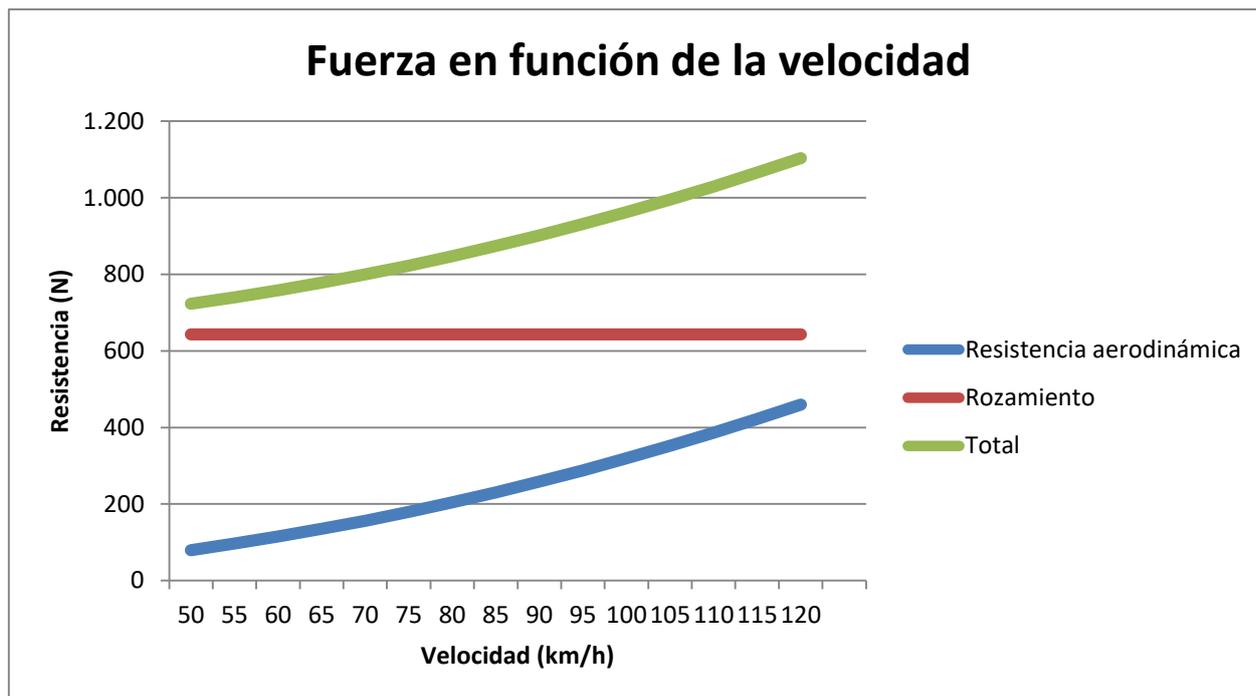


Gráfico 12. Evolución de la Resistencia en función de la velocidad

El valor de la resistencia aerodinámica, al depender del cuadrado de la velocidad, crece rápidamente a medida que la velocidad es mayor, no así con la resistencia debida al rozamiento, ya que al no depender de la velocidad, tiene un valor constante. También podemos observar que, al tratarse de un vehículo pesado y con un buen coeficiente de penetración (0,24), la resistencia de rozamiento es mayor que la aerodinámica incluso a altas velocidades.

#### Cálculo de la potencia consumida

Una vez tenemos calculadas esas resistencias que se oponen al movimiento, podemos calcular ya la potencia consumida por nuestro vehículo, la cual se calcularía como la suma de esas resistencias por la velocidad:

```
float pot;
pot=(fa+fr+fp)*vel;
```

Figura 24. Cálculo de la potencia consumida

En el siguiente gráfico podemos observar cómo varía la potencia consumida debido a la resistencia aerodinámica y a la de rozamiento, en función de la velocidad.

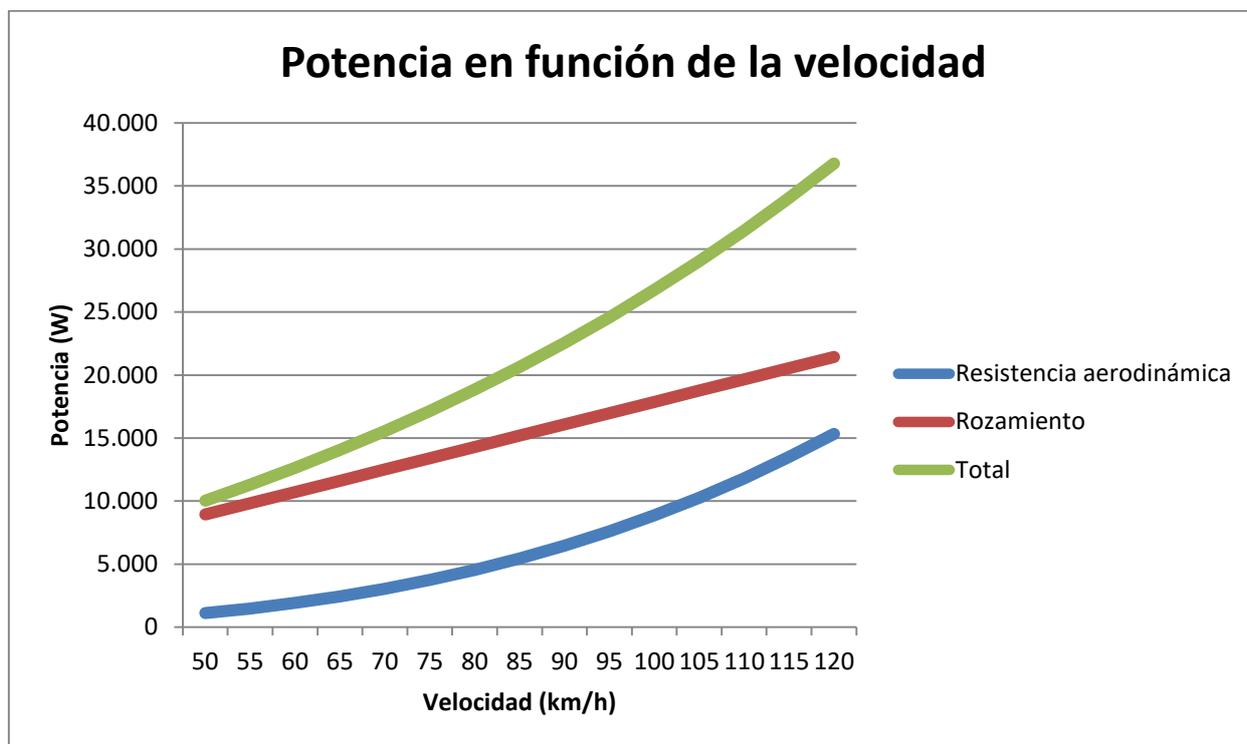


Gráfico 13. Evolución de la potencia consumida en función de la velocidad

Observamos que ahora sí, como esa potencia debida al rozamiento depende de la velocidad, su valor aumenta linealmente, a medida que la velocidad es mayor. Y en el caso de la potencia debida a la resistencia aerodinámica, como depende de la velocidad al cubo, su valor se incrementa rápidamente.

### Cálculo de la autonomía

Una vez calculada la potencia consumida, podemos calcular la autonomía que le resta a nuestro vehículo, la cual calculamos de la siguiente forma:

$$SOC = 1 - \frac{W_{descarga}}{W_{inicial}}$$

Dónde:

$W_{descarga}$  = potencia descargada.

$W_{inicial}$  = potencia inicial de la batería.

Otro método para calcular la autonomía, es con la ecuación de Peukert, la cual calcula la autonomía de la siguiente manera:

$$t = \frac{H}{\left(\frac{IH}{C}\right)^k}$$

Dónde:

- T = tiempo de autonomía.
- C = capacidad de la batería en AH durante un tiempo de consumo determinado.
- H = tiempo en horas indicado por el fabricante.
- I = intensidad de corriente que estamos extrayendo de la batería.
- K = exponente de Peukert (que describe como decrece la capacidad de una batería en función de la descarga). El valor ideal es 1, aunque lo normal es que varíe entre 1,25 e 1,5.

Otra forma de calcular la autonomía es con el Modelo Shepherd mejorado, el cual nos permite calcular el estado de carga de una batería a partir de parámetros internos de la misma.

La ecuación que se usa para modelizar la batería es la siguiente:

$$E = E_0 - K \frac{Q}{Q - i \cdot t} - R \cdot i + A \cdot e^{-B \cdot i \cdot t}$$

Siendo:

- E = Tensión sin carga (V)
- E<sub>0</sub> = Constante de voltaje de la batería (V)
- K = Voltaje de polarización (V)
- Q = Capacidad de la batería (Ah)
- i · t = Estado de carga instantáneo (Ah)
- A = Voltaje del inicio de la zona exponencial (V)
- B = Inverso de la constante de tiempo de la zona exponencial (Ah)<sup>-1</sup>
- R = Resistencia interna (Ω)
- i = Intensidad instantánea (A)

**Premisas:**

- La resistencia interna se supone constante, tanto durante la carga, como durante la descarga.
- Los parámetros del modelo se deducen del proceso de descarga, y se consideran también para el proceso de carga.

- La capacidad de la batería no se ve afectada por el valor de la corriente (no se considera el efecto Peukert).
- No se considera la autodescarga, ni los efectos de la temperatura.
- La batería se considera sin efecto memoria.

**Limitaciones del modelo:**

- El valor mínimo de la tensión de vacío en la batería es 0V (el máximo no está limitado).
- La capacidad mínima de la batería es 0Ah (la máxima no está limitada). Como consecuencia, el estado de carga de la batería puede ser superior al 100%, en caso de sobrecarga, aunque se corregirá más adelante en la aplicación.

Ahora, con la autonomía calculada de la manera antes descrita, y con el cálculo de la velocidad media que ha llevado nuestro vehículo, la implementamos en nuestra aplicación de la siguiente manera:

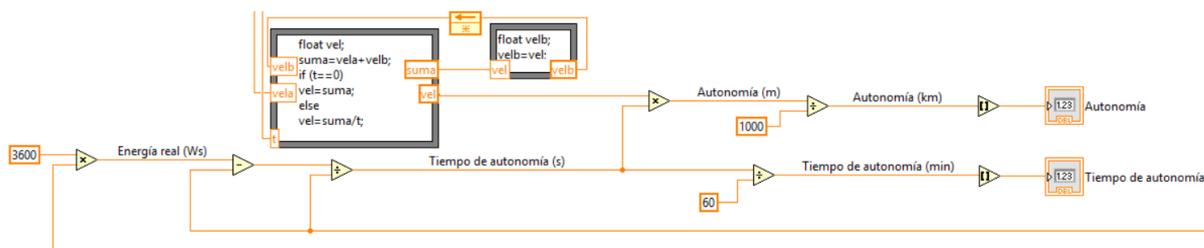


Figura 25. Cálculo de la autonomía

De donde nos llega esa potencia consumida y la energía que tenemos actualmente en las baterías.

Esa energía de las baterías no es constante, sino que va cambiando con el tiempo, en función de si estamos, o no, cargando el vehículo, por lo cual hay que añadirles a las baterías la energía que consumimos o la que recargamos, para ello utilizamos los siguientes bloques:

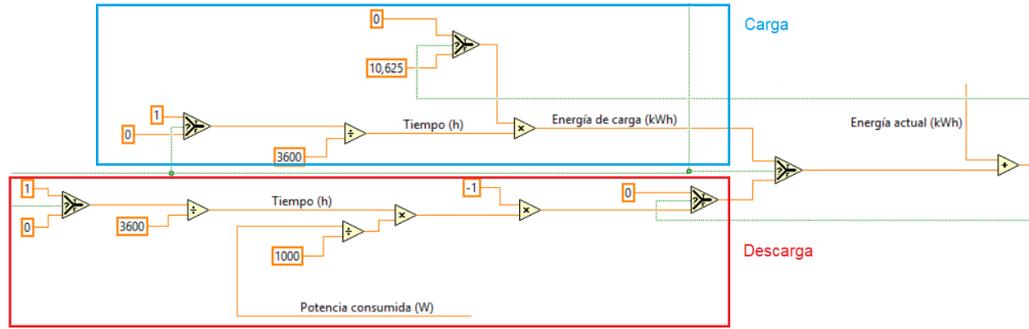


Figura 26. Carga y descarga

Y ahora para calcular la energía real, que es la que utilizamos para calcular la autonomía, utilizamos esa energía que hemos calculado anteriormente, y la comparamos para ver si es mayor que la máxima o menor que cero, para limitar su valor.

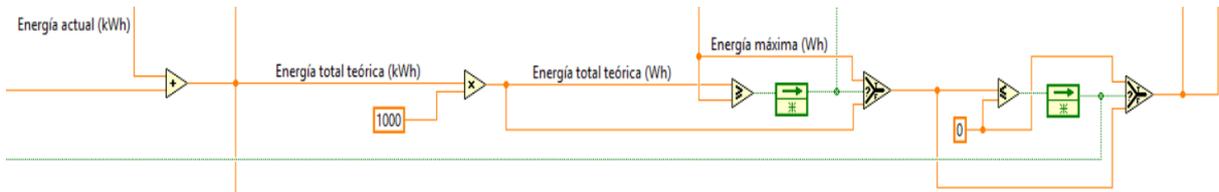


Figura 27. Limitador para la energía

El valor de la autonomía lo vemos mediante un indicador en la aplicación, como se ve en la figura:



Figura 28. Indicador de la autonomía restante del vehículo

### Cálculo del porcentaje de carga de la batería

Utilizando la energía actual del sistema, que tenemos calculada en el apartado anterior, la comparamos con la energía total que podríamos tener y, a partir de ahí, sacamos el porcentaje, y, al igual que en el caso anterior, comprobamos que no nos dé un valor superior al 100%, o menor que el 0%, limitando su valor.

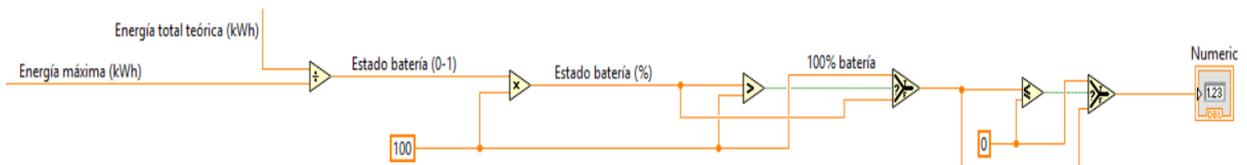


Figura 29. Cálculo del porcentaje de carga de la batería

Este valor del porcentaje de carga de la batería queda representado por un tanque de llenado en la aplicación, como se ve en la siguiente figura.



Figura 30. Indicador del porcentaje de carga de labatería

Para hacer más visual el estado de carga de la batería, se ha implementado un sistema, el cual cambia el color de la barra de estado de carga. Si el porcentaje es mayor de un 40% se vuelve de color verde, entre un 20% y un 40%, amarillo y menor de 20%, rojo.

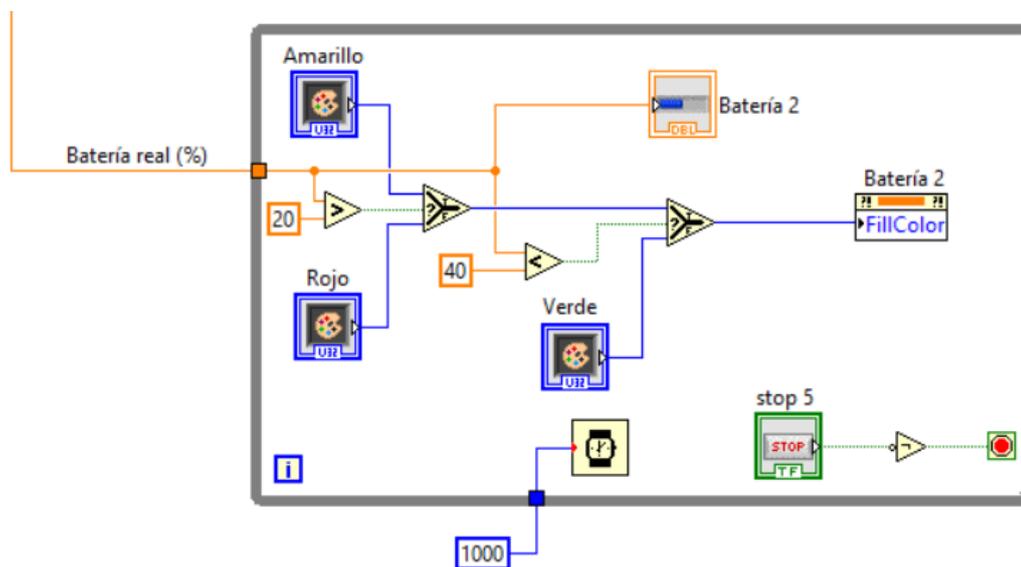


Figura 31. Proceso para variar el color del indicador del porcentaje de batería en función del mismo

### Velocidad

Es un parámetro que fijamos en función a una emulación del comportamiento del coche, por lo que siempre es conocido, lo representamos mediante un velocímetro en la aplicación.

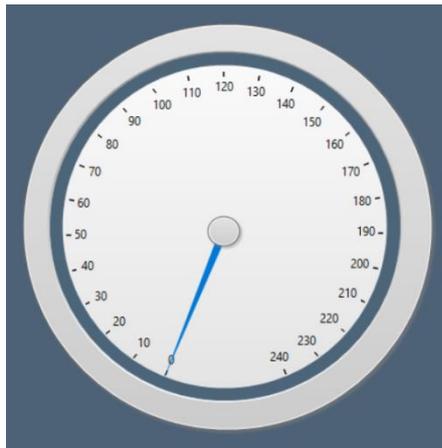


Figura 32. Velocímetro

### Consumo de energía

Al igual que en el caso de la batería, dentro de la aplicación existe un sistema para cambiar el color de la barra de consumo de energía, en función de si estamos consumiendo o no energía. Si el consumo es positivo, es decir, se está consumiendo energía, es de color naranja, y si no, de color verde.

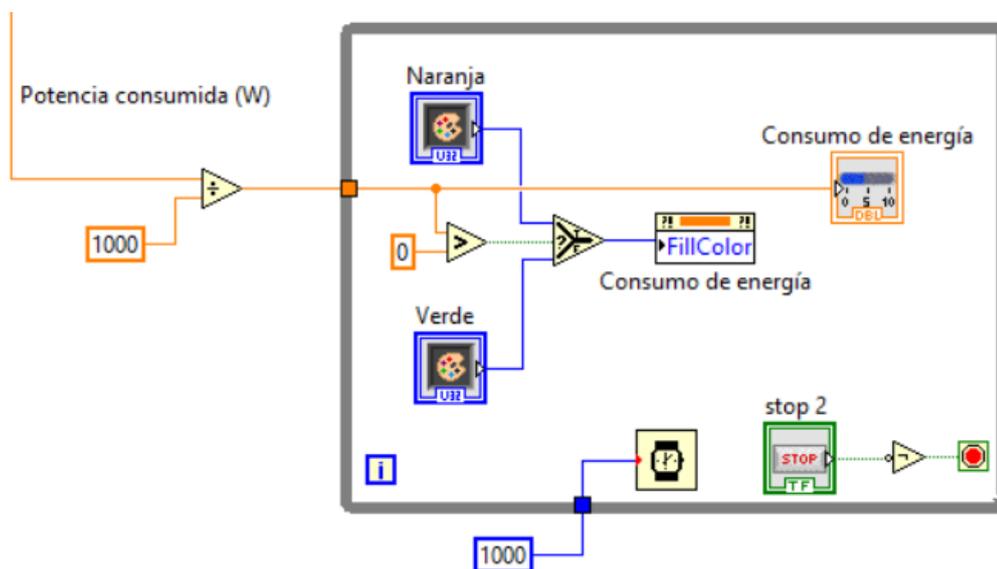


Figura 33. Proceso para variar el color del indicador del consumo de energía en función del mismo

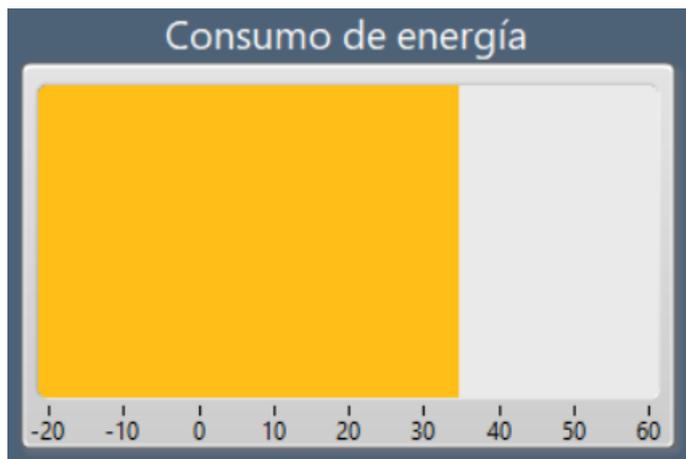


Figura 34. Indicador del consumo de energía

### Tiempo de autonomía

Con el cálculo de la autonomía ya podemos ver cuál es su valor, como se ve en la siguiente figura, donde la velocidad se refiere a la velocidad media que ha llevado nuestro vehículo:

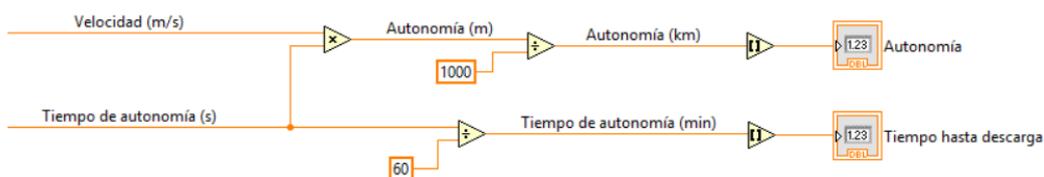


Figura 35. Cálculo del tiempo de autonomía

### Tiempo de viaje

Se calcula con el sistema que aparece representado en la imagen de abajo, el cual también nos sirve para actualizar todas las variables, cuando se realiza un ciclo, se actualizan todas las variables:

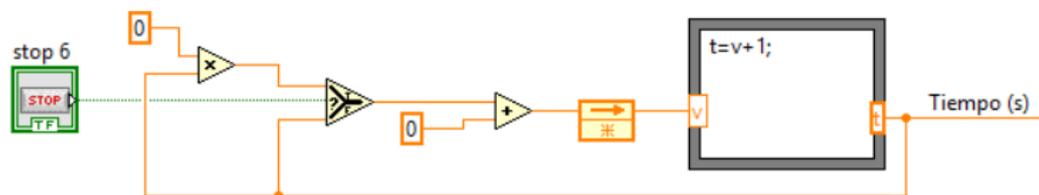


Figura 36. Cálculo del tiempo de viaje

### Kilómetros recorridos

Como la velocidad es un parámetro conocido, con multiplicar la velocidad por el tiempo, sacamos los kilómetros recorridos:

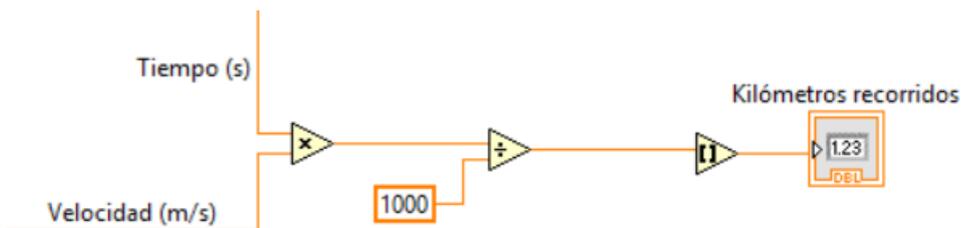


Figura 37. Cálculo de los kilómetros recorridos

### Kilómetros totales

Únicamente sumamos los kilómetros recorridos actualmente a los que ya tenía antes de empezar (en nuestro caso se ha dado un valor de 100.000km).

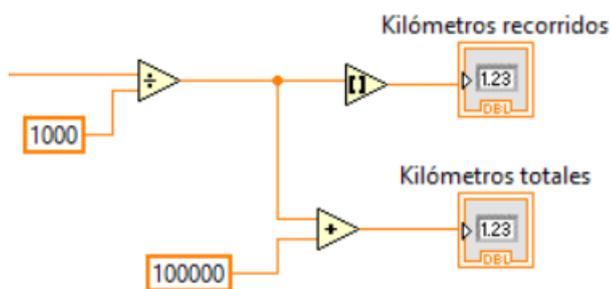


Figura 38. Cálculo de los kilómetros totales recorridos

### Ciclos de carga

Cada vez que carguemos el vehículo se suma un ciclo más, como se ve en la figura:

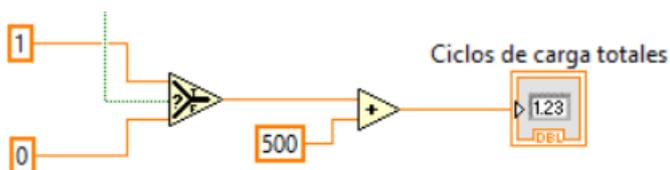


Figura 39. Cálculo del número de ciclos de carga

El bloque comparador, en función de si estamos cargando o no, suma 1 ciclo al número de ciclos de carga totales.

### Pilotos

Son una serie de indicadores que nos van informando de diferentes situaciones. Se han implementado 8, pero se podrían incluir más. Los pilotos incorporados son estos:

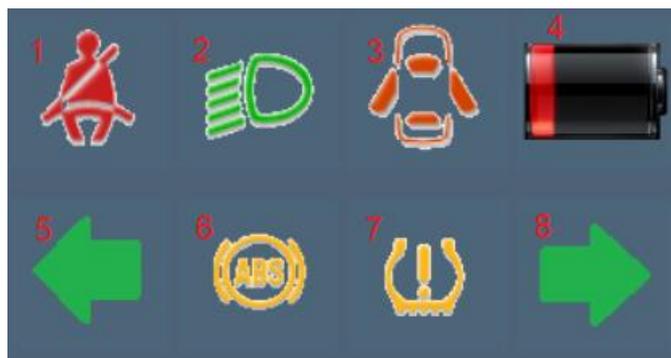


Figura 40. Pilotos que aparecen en la pantalla del ordenador

- 1 - **Cinturón**: se activa cuando el cinturón no está abrochado por parte del conductor.
- 2 - **Luces**: se activa cuando se encienden las luces de cruce.
- 3 - **Puertas abiertas**: se activa si alguna puerta está abierta.
- 4 - **Batería baja**: se activa cuando el estado de carga de la batería tiene un valor inferior al 20%.
- 5 - **Intermitente izquierdo**: se activa cuando se acciona el intermitente izquierdo.
- 6 - **ABS**: se activa cuando está actuando el sistema ABS.
- 7 - **Ruedas**: se activa cuando la presión de las ruedas baja por debajo del valor umbral.
- 8 - **Intermitente derecho**: se activa cuando se acciona el intermitente derecho.

También cuando el vehículo se pone a cargar, se enciende un led que nos indica que el vehículo está cargando:



Figura 41. Indicador de carga del vehículo

### Modo de comprobación

En una pantalla aparte, que es la pantalla que vería la persona encargada de reparar el vehículo, se puede comprobar el correcto funcionamiento de los distintos pilotos. La pantalla es la siguiente:

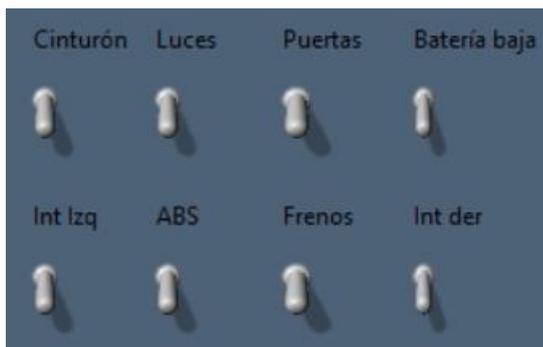


Figura 42. Activación de los diferentes pilotos

En esta pantalla, accionando cada uno de los interruptores, se encendería el piloto correspondiente, comprobando así su correcto funcionamiento. Por ejemplo, activando los pilotos de cinturón, puertas y batería baja el resultado es el siguiente:



Figura 43. Ejemplo de funcionamiento del modo de comprobación

## 7.1 Simulación

La simulación consiste en ver cómo van variando los distintos valores de los que hemos hablado antes, como la autonomía, consumos, etc. Para ello, se implementan un par de deslizadores, los cuales nos permitirían reflejar diferentes situaciones. Estos deslizadores son, uno para representar la velocidad que lleva en cada momento el vehículo, y otro para representar la pendiente por la que se está circulando.



Figura 44. Indicadores de velocidad y pendiente

Si, por ejemplo, llevamos la velocidad antes indicada, los valores de consumos y autonomía son los siguientes:

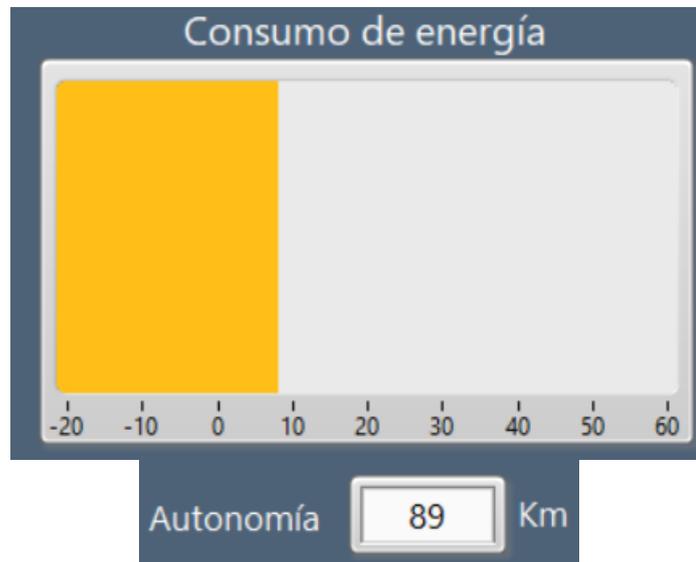


Figura 45. Ejemplo 1 simulación

Y si aumentamos la velocidad a 100km/h, estos valores varían y su resultado sería el siguiente:

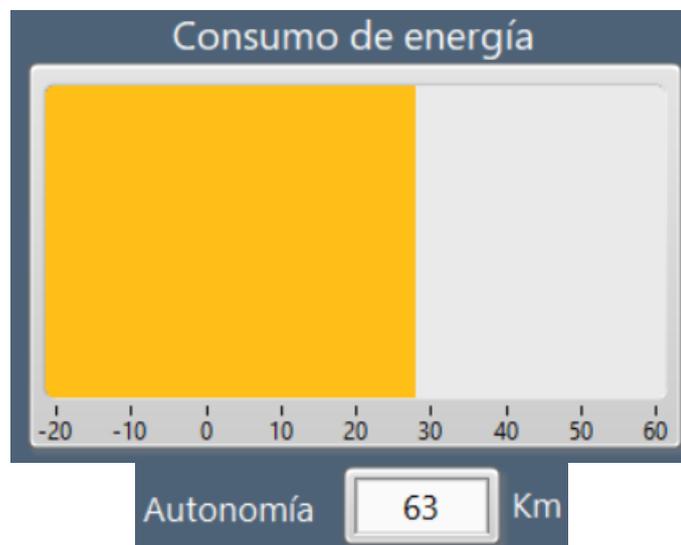


Figura 46. Ejemplo 2 simulación

Y si ahora le ponemos una pendiente de 4°:

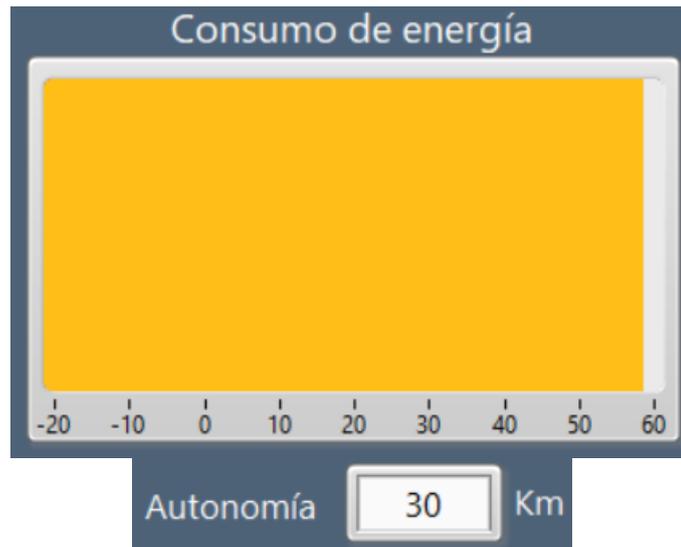


Figura 47. Ejemplo 3 simulación

Vemos cómo, a medida que aumentamos la velocidad, o la pendiente aumenta, los consumos de energía son mayores, lo que hace que el valor de la autonomía se reduzca.

También durante la simulación se irán encendiendo con el tiempo los pilotos que nos irán indicando diferentes situaciones.

## 8 Conclusiones

En el trabajo realizado se han cumplido los objetivos establecidos como eran la realización del estudio teórico del vehículo, así como de diferentes sistemas que se encargan de monitorizar diferentes variables y finalmente la implementación, mediante el programa LabView, de la interfaz de un ordenador de a bordo para un vehículo eléctrico.

Dentro del estudio teórico, se han incluido diferentes sistemas, a los que se podrían haber incorporado el estudio de más elementos encargados de la monitorización de otras variables.

También, dentro del desarrollo de la aplicación LabView, se ha optado por incluir una serie de pilotos que nos informan de diferentes situaciones, aunque también se podrían haber añadido una serie de pilotos más.

## 9 Figuras

Figura 1. Localización de puntos de recarga .....	9
Figura 2. Efecto del ABS en una curva .....	16
Figura 3. Efecto del ABS en diferentes superficies.....	16
Figura 4. Esquema del ABS.....	19
Figura 5. Componentes del ABS.....	19
Figura 6. Generación de ondas del ABS .....	20
Figura 7. Módulo TCS .....	22
Figura 8. Esquema global del TCS .....	22
Figura 9. Intercambio de información entre el TCS y la PCU .....	23
Figura 10. Esquema del ESP .....	25
Figura 11. Ciclo del ESP .....	25
Figura 12. Sub-viraje y sobre-viraje .....	26
Figura 13. Ubicación de los componentes del ESP .....	27
Figura 14. Entradas y salidas del ESP .....	27
Figura 15. Cableado del ESP .....	28
Figura 16. Módulo de control del airbag .....	29
Figura 17. Estructura de un sensor ultrasónico .....	30
Figura 18. Cálculo de la distancia del obstáculo .....	30
Figura 19. Diagrama del conjunto ACC .....	31
Figura 20. Panel de la aplicación.....	38
Figura 21. Cálculo de la resistencia aerodinámica.....	39
Figura 22. Cálculo de la resistencia por rodadura.....	39
Figura 23. Cálculo de la resistencia por pendiente.....	40
Figura 24. Cálculo de la potencia consumida.....	41
Figura 25. Cálculo de la autonomía.....	44
Figura 26. Carga y descarga .....	45
Figura 27. Limitador para la energía .....	45
Figura 28. Indicador de la autonomía restante del vehículo .....	45
Figura 29. Cálculo del porcentaje de carga de la batería.....	45
Figura 30. Indicador del porcentaje de carga de labatería .....	46
Figura 31. Proceso para variar el color del indicador del porcentaje de batería en función del mismo .....	46
Figura 32. Velocímetro.....	47
Figura 33. Proceso para variar el color del indicador del consumo de energía en función del mismo.....	47
Figura 34. Indicador del consumo de energía.....	48
Figura 35. Cálculo del tiempo de autonomía.....	48
Figura 36. Cálculo del tiempo de viaje .....	48
Figura 37. Cálculo de los kilómetros recorridos.....	49
Figura 38. Cálculo de los kilómetros totales recorridos.....	49
Figura 39. Cálculo del número de ciclos de carga.....	49

Figura 40. Pilotos que aparecen en la pantalla del ordenador .....	50
Figura 41. Indicador de carga del vehículo .....	50
Figura 42. Activación de los diferentes pilotos .....	51
Figura 43. Ejemplo de funcionamiento del modo de comprobación .....	51
Figura 44. Indicadores de velocidad y pendiente .....	51
Figura 45. Ejemplo 1 simulación .....	52
Figura 46. Ejemplo 2 simulación .....	52
Figura 47. Ejemplo 3 simulación .....	53

## 10 Gráficos

Gráfico 1. Posible evolución del coste de los vehículos eléctricos y convencionales .....	8
Gráfico 2. Evolución de las ventas de vehículos eléctricos en diferentes países .....	10
Gráfico 3. Cuota del mercado eléctrico en España .....	10
Gráfico 4. Descarga de las baterías en función de la profundidad de descarga .....	13
Gráfico 5. Variación del número de ciclos de vida de la batería en función de la profundidad de descarga .....	13
Gráfico 6. Descarga de las baterías en función de la temperatura .....	14
Gráfico 7. Descarga de las baterías en función del tipo de batería .....	14
Gráfico 8. Descarga de las baterías en función del tiempo de vida .....	15
Gráfico 9. Efecto de pasivación en una batería .....	15
Gráfico 12. Relación entre el deslizamiento y la fricción .....	21
Gráfico 13. Pruebas complementarias al FTP-75 .....	36
Gráfico 14. Evolución de la Resistencia en función de la velocidad .....	41
Gráfico 15. Evolución de la potencia consumida en función de la velocidad .....	42

## 11 Tablas

Tabla 1. Tipos de carga de un vehículo eléctrico .....	11
Tabla 2. Tipos de ABS .....	17
Tabla 3. Tabla de características del vehículo de referencia .....	38

## 12 Bibliografía

- Movilidad eléctrica: <https://movilidadelectrica.com>
- Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net>
- Manual LabView: <http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/>
- Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/>
- Apuntes
- Feel Motor: <http://feelmotor.com/>
- Electro Maps: <https://www.electromaps.com/coches-electricos/tesla/model-s>
- Circula Seguro: <http://www.circulaseguro.com/las-cuatro-resistencias-opuestas-al-avance-del-vehiculo/>
- [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104855/TFG Jaume Martinez Metodos de estimacion del estado de carga de baterias electroquimicas.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104855/TFG_Jaume_Martinez_Metodos_de_estimacion_del_estado_de_carga_de_baterias_electroquimicas.pdf)