

Baterías de los vehículos eléctricos Tesla

para estudiantes



Funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



STEP AHEAD II

The support of Professional development of VET teachers and
trainers in following of New trends in Automotive Industry
Automotive Innovation & Teacher training Academy
2018-1-SK01-KA202-046334

Baterías de los vehículos eléctricos Tesla

Objetivo de la Unidad Didáctica:

Adquirir conocimientos sobre la constitución y funciones de las celdas de las baterías de los vehículos eléctricos

ANEXO 2



Esta imagen está disponible bajo la licencia [Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) (Procedencia 2019-11-15 [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tesla_Model_S_\(Facelift_ab_04-2016\)_trimmed.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tesla_Model_S_(Facelift_ab_04-2016)_trimmed.jpg))

Juan Francisco Susarte Zamora
Álvaro Doural
Juanjo Martínez

Baterías Tesla

Módulos

Las celdas 18 650 de Ion-Litio de Tesla se insertan en módulos antes de insertarse en el paquete de la batería. Los módulos en sí son de tamaño variable, ya que la configuración en paralelo se altera para los paquetes de baterías de diferente capacidad que se ofrecen.

Los paquetes de baterías de primera generación de Tesla, como los que aparecían en las baterías de 85 y 90kWh, tenían 15 módulos. Los paquetes de segunda generación que se presentaron con el *Facelift* del *Model S* contienen 16 módulos.

Entonces, ¿Qué es un módulo de batería y por qué se utiliza? ¿Por qué no simplemente se colocan las celdas directamente en un paquete de baterías?

Una de las grandes razones es la facilidad de fabricación. En el paquete de baterías de 100kWh de Tesla, hay más de 8.000 celdas, lo que significa que hay aproximadamente 16.000 conexiones de celda eléctricas, lo que se divide en partes de aproximadamente 1.000 por módulo, esto hace que la tarea sea mucho más manejable.

Otra razón clave para el uso de módulos es la seguridad en la fabricación. El módulo de un paquete de Tesla de 85 kWh tiene una configuración de 6s 74P, lo que significa que tiene 6 grupos en serie con 74 celdas en paralelo por módulo, lo que sumaría 444 celdas por módulo. Esto produce un voltaje de 23,4V aproximadamente.

De acuerdo con la norma IEC 60038, cualquier cosa por debajo de 120 voltios de corriente continua (en adelante DC) se considera un riesgo muy bajo de causar una descarga eléctrica a través de la piel seca de una persona.

Las razones adicionales para el uso de módulos es que sirven de cortafuegos. En caso de que una celda falle o un accidente de tráfico, si una sola celda se incendia, se limita el número de celdas expuestas al fuego y por lo tanto, reducir la gravedad de dicho fuego.

Además, desde una perspectiva de capacidad de servicio, si se produjese un fallo por cualquier motivo con una celda, es preferible reemplazar un módulo en lugar de un paquete de batería completo.

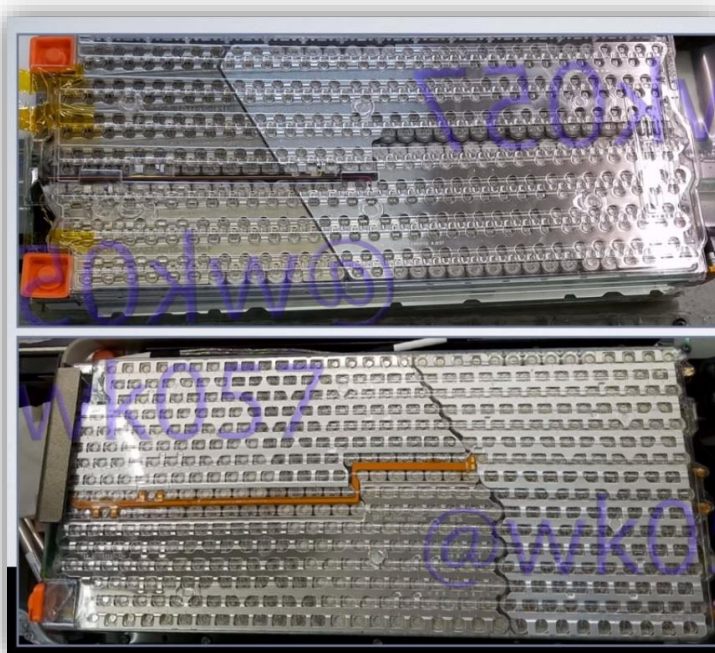
Actualmente Tesla tiene tres módulos de batería en el mercado:

- 1- El módulo más utilizado y conocido que es el que montan tanto el *Model S* como el *Model X*, éste se ha actualizado y desarrollado a lo largo del tiempo.
- 2- El módulo que Tesla monta dentro de sus PowerPacks (Baterías para el suministro de energía a nivel industrial) que fue el principio de la transición de las celdas 18 650 a las 21 700. Además, éste

usa un enfriamiento en la base de cada módulo en lugar de enfriar mediante tubos entre celdas, lo que reduce el coste y la complejidad.

2- El módulo del Tesla Model 3. De este módulo se sabe relativamente poco, aparte de que es más largo que los módulos del *Model S* y *Model X*. Utiliza celdas 21 700, al igual que los PowerPacks. Tiene un sistema de gestión térmica altamente refinado y unen el terminal positivo y el negativo en el mismo extremo de la celda, en lugar de en los extremos opuestos.

A continuación nos centraremos en los módulos del Model S y Model X.



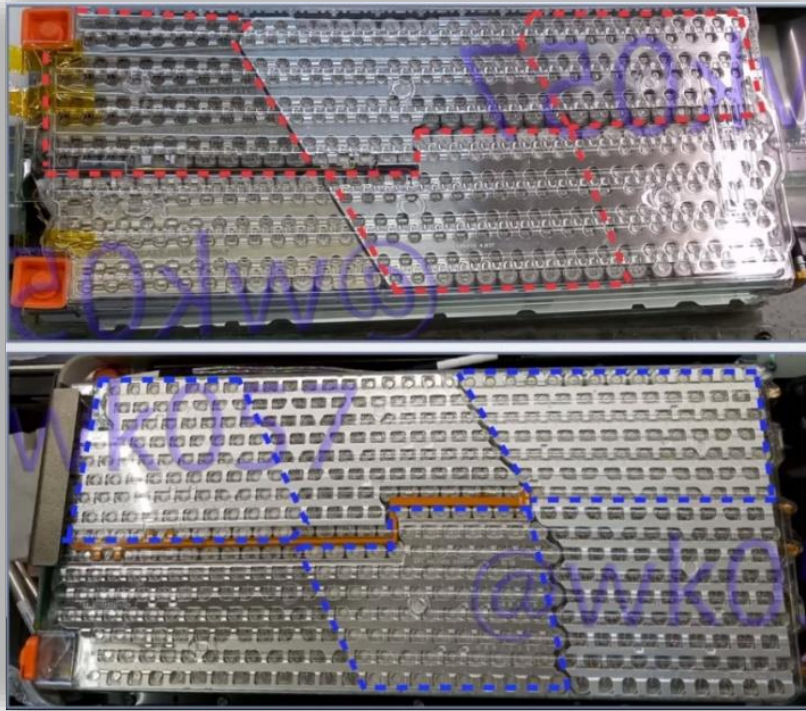
Fuente de la imagen (15 noviembre 2019):

http://skie.net/skynet/projects/tesla/view_post/20_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack

Esta imagen corresponde con las vistas superior e inferior de un módulo de un paquete de baterías de 100kWh de un Model S 100D.

En la vista superior, podemos apreciar que está dividida en cuatro segmentos mientras que en la inferior lo está en tres.

Cada segmento de este módulo conecta 86 terminales de celdas positivas en paralelo con 86 terminales de celdas negativas también en paralelo con una conexión en serie entre las dos, a excepción de los segmentos que se conectan a los terminales naranjas que se ven en la parte superior de la imagen.



Fuente de la imagen (15 noviembre 2019):

http://skie.net/skyenet/projects/tesla/view_post/20_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack

En la vista superior, los segmentos en rojo indican donde se hacen las conexiones con el terminal positivo. Y podemos ver las ubicaciones correspondientes a las conexiones de los negativos en azul en la vista inferior. Los segmentos adyacentes tienen la polaridad opuesta.

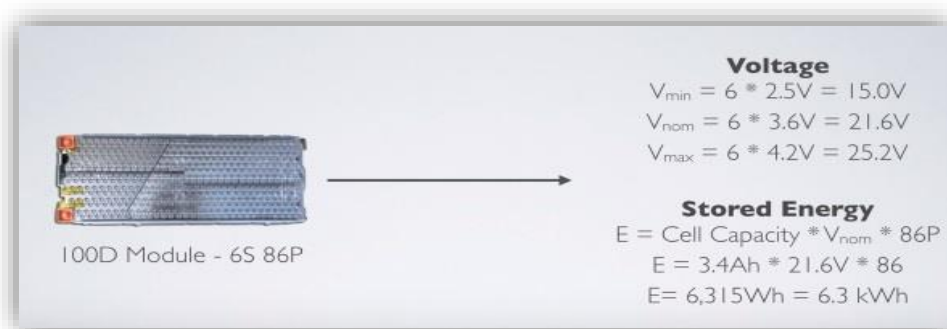


Tesla utilizó uniones de cables para conectar eléctricamente las celdas a los Bus Bar (Barras colectoras). Si bien este método aumenta la resistencia, lo que reduce la eficiencia operativa y aumenta el calor, es una técnica que aporta ciertas ventajas. Durante el procedimiento de unión no se genera o ingresa calor significativo a la celda, el enlace mediante un hilo actúa también como

un fusible, y si la unión fallara por algún motivo, es muy poco probable que dañase la celda, por lo que se reduce el desperdicio de celdas en la fabricación.

Un módulo de 100 kWh tiene 516 celdas y por lo tanto, requiere 1.032 enlaces por cable. Si este proceso fuese 99,9% efectivo, sería probable el fallo de una unión por módulo, por lo que la capacidad de fabricación es una consideración clave.

El voltaje se puede calcular multiplicando el voltaje mínimo, nominal o máximo de cada celda, por el número de éstas conectadas en serie. Este módulo, de un paquete de 100 kWh es 6s 86P con un voltaje mínimo de 2,5V, nominal de 3,6V y voltaje máximo de 4,2V.



100D Module - 6S 86P

Voltage

$$V_{\min} = 6 * 2.5V = 15.0V$$
$$V_{\text{nom}} = 6 * 3.6V = 21.6V$$
$$V_{\max} = 6 * 4.2V = 25.2V$$

Stored Energy

$$E = \text{Cell Capacity} * V_{\text{nom}} * 86P$$
$$E = 3.4Ah * 21.6V * 86$$
$$E = 6,315Wh = 6.3 kWh$$

Conociendo esto sabemos que este módulo tiene una tensión nominal de 21,6V.

Para calcular la energía almacenada dentro de un módulo, multiplicaremos la capacidad de la celda por el voltaje nominal del módulo y por el número de celdas en paralelo. Las celdas de Tesla para sus vehículos tienen una capacidad de 3,4A, el voltaje nominal de este módulo es de 21,6V y que al ser 6s 86P tenemos 86 celdas en paralelo, podemos decir que este almacena 6,3 kWh de energía.



En la imagen podemos ver los tubos de refrigeración que van dentro del módulo. Este sistema de gestión térmica consiste en un tubo metálico, en gran parte plano y recto, que atraviesa en Zig-Zag el interior del módulo. Este tubo está cubierto por un material térmico de color gris que proporciona aislamiento eléctrico entre el sistema de refrigeración y las celdas de la batería. Al mismo tiempo genera cierto nivel de transferencia de calor.

Como podemos apreciar en las curvas del tubo, es ahí donde se produce el contacto entre les



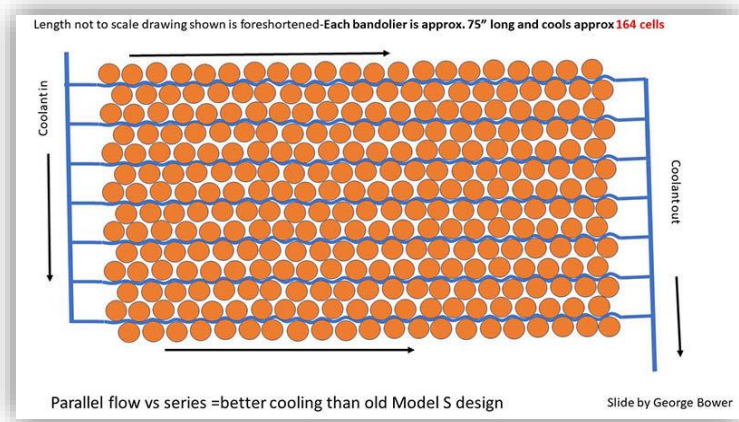
celdas y éste.

La cinta naranja que podemos ver en la imagen es una cinta que en USA llaman *Captain Tape* o *cinta de capitán*, y proporciona un aislamiento eléctrico adicional.

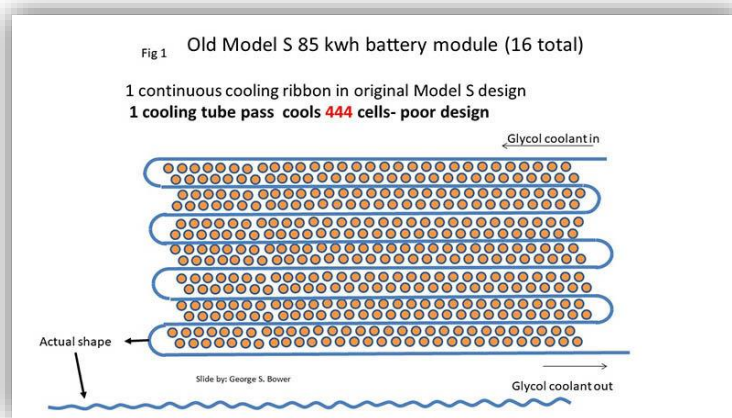
Se introduce una solución de agua y glicol por la entrada que pasa a través de la tubería de refrigeración para salir al final del módulo.

Este es el sistema de refrigeración tanto del Model S como del Model X, pero Tesla ha conseguido un gran avance para el Model 3.

Tesla ha conseguido prácticamente doblar la capacidad de refrigeración del TMS (Thermal Management System) con un nuevo diseño de los tubos que disminuye el número de celdas en cada tubo de refrigeración, añadiendo mas de estos en paralelo, y duplicando así el volumen de líquido refrigerante.



TMS Tesla Model S y Model X.



TMS Tesla Model 3.

APUNTES:



Las opiniones e informaciones vertidas en este documento son responsabilidad de los socios del proyecto 'Un paso adelante II' y en ningún caso representan aquellas de la UE.