

## COMPOSICIÓN DEL CÁTODO DE LAS BATERÍAS: ¿LFP, NMC O NCA?, UNA GUERRA A TRES BANDAS

Vista la apuesta clara de los grandes fabricantes de vehículos por la electrificación de sus flotas, el siguiente gran paso es encontrar la mejor alternativa tecnológica para hacer viable este plan a corto y largo plazo, tanto en términos de composición química como de formato de la celda. Para ello, los diferentes proveedores tecnológicos de baterías trabajan en diversas líneas de desarrollo con las que esperan encontrar la solución que mejor respuesta dé a los retos que la industria del automóvil (así como otras vinculadas a las aplicaciones estacionarias) plantea de cara a la adopción de nuevas soluciones de almacenamiento de energía en sus productos.

Parece que las grandes expectativas de la industria están puestas en las baterías de estado sólido. Sin embargo, tendremos que esperar hasta el segundo lustro de esta década para que esta prometedora nueva generación de baterías se adopte de manera mayoritaria por parte de la industria. Por ello, en paralelo, y con miras en el corto plazo, los grandes fabricantes están buscando las mejores soluciones basadas en las tecnologías convencionales de litio-ion.

En lo que se refiere a la composición del cátodo, no existe todavía una clara apuesta por una u otra tecnología por parte de la industria, teniendo cada fabricante su propia apuesta. De hecho, encontramos tres grandes candidatos a dominar el mercado en los próximos años según su potencial y aplicación final.

### La competencia entre los cátodos LFP, NMC y NCA

En lo que se refiere a la tecnología o composición de los cátodos para las baterías de litio actuales, dos son las principales corrientes que están tomando peso y protagonizando las apuestas de los distintos fabricantes: las baterías tipo LFP (ferrofosfato de litio) y las baterías tipo NMC/NCA (níquel, manganeso y cobalto el primero; níquel, cobalto y aluminio el segundo).

La razón de que grandes sectores como el del vehículo eléctrico no se hayan decidido todavía por una u otra alternativa se debe a que se tratan de tecnologías complementarias; que presentan ventajas y desventajas distintas entre sí que las hacen más o menos atractivas según el uso final que se les vayan a dar.

Por ejemplo, si nos fijamos en su densidad energética, las celdas NMC se sitúan en el rango en torno a los 150-250 Wh/kg, dependiendo del



## BATTERY CATHODE COMPOSITION: LFP, NMC OR NCA? A THREE-WAY WAR

Given the clear commitment of major automakers to electrify their fleets, the next big step is to find the best technological alternative to make this plan feasible in the short- and long-term, considering both the chemical composition and the cell format. To achieve this, the different battery technology suppliers are working on several development lines to find the solution that best meets the challenges posed by the automotive industry (as well as others related to stationary applications), to adopt new energy storage solutions in their products.

It seems that the industry's great expectations are placed on solid-state batteries. However, we will have to wait until the second half of this decade for this promising new generation of batteries to be widely adopted by the industry. Therefore, in parallel, and with an eye on the short-term, the major manufacturers are looking for the best solutions based on conventional lithium-ion technologies.

As far as the cathode composition is concerned, there is still no clear commitment by industry to one technology or another, and each manufacturer has its own bet. In fact, there are three main candidates to lead the market in the coming years, according to their potential and final application.

### Competition between LFP, NMC and NCA cathodes

As far as the technology or composition of cathodes for today's lithium batteries is concerned, two main trends are gaining ground and leading the bets of different manufacturers: LFP (lithium iron phosphate) and NMC/NCA batteries (nickel, manganese and cobalt in the first case; nickel, cobalt and aluminium in the second).

The reason large sectors such as the electric vehicle industry have not yet decided on one or another alternative is because they are complementary technologies, with different advantages and disadvantages that make them more or less attractive depending on their end-use.

For example, if we look at their energy density, NMC cells are in the range of around 150-250 Wh/kg, depending on the balance between the amount of Ni, Mn and Co used for their composition and the active charge of the cathode; while NCA cells are typically between 200-260 Wh/kg, in some cases exceeding 300 Wh/kg. By contrast, LFPs are typically in the 150-170 Wh/kg range, reaching 190-200 Wh/kg in the best case. This means that they need to be designed and manufactured in larger sizes compared to the other two alternatives, due to their lower energy density, and therefore need more space and volume.

However, LFP technologies guarantee greater safety in use, thanks to the fact that their composition allows them to be less flammable than the NMC and NCA alternatives. They are also more resistant to high temperatures (but not to extremely low temperatures, where, for example, at around -20°C, LFP batteries can see their

balance entre las cantidades utilizadas de Ni, Mn y Co para su composición, y la carga activa del cátodo; mientras que las NCA se encuentran típicamente entre 200-260 Wh/Kg, pudiendo llegar a superar en algunos casos los 300 Wh/kg. En cambio, las LFP se sitúan normalmente, en el rango entre 150-170 Wh/Kg, llegando en el mejor de los casos, a alcanzar 190-200 Wh/kg, lo que deriva, por tanto, en la necesidad de diseñarlas y fabricarlas en mayores tamaños que las otras dos alternativas, debido a su menor densidad de energía, y ocupando por tanto mayor espacio y volumen.

Sin embargo, las tecnologías de LFP garantizan una mayor seguridad en su uso, gracias a que su composición les permite ser menos inflamables que las alternativas de NMC y NCA, además de presentar una mejor resistencia a las altas temperaturas (que no a las extremadamente bajas, donde por ejemplo alrededor de -20 °C, las baterías LFP pueden ver su capacidad nominal reducida casi a la mitad, mientras que las soluciones NMC y NCA únicamente en torno a un 30%).

En cuanto a la eficiencia en el proceso de carga, de nuevo, las baterías NMC y NCA muestran mejores resultados que las basadas en LFP. A temperatura ambiente, y tomando como referencia el ratio de capacidad de carga a corriente constante y su capacidad total, se observa, según distintos estudios, una eficiencia de carga 5 veces superior por parte de las soluciones NMC y NCA respecto a las LFP, lo que, en teoría, significa que se puede acortar sensiblemente el proceso de carga y desperdiciar menos energía de la fuente de recarga, pero teniendo en cuenta, que las corrientes utilizadas pueden incrementar la temperatura y comprometer la seguridad del proceso frente a las recargas de LFP.

Finalmente, en lo que se refiere a otro indicador clave como son los ciclos de vida, las LFP vuelven a mostrarse más sólidas en este caso, al contar con una retención en la capacidad de carga del 80% frente a la nominal, después de 3.000 ciclos. Esta cifra es algo superior a la presentada por soluciones NCA como las de Tesla (70% tras 3.000 ciclos); y mucho más alta que la vida teórica de las baterías NMC (con un total de alrededor de 2.000 ciclos, aunque suele reducirse su capacidad notablemente después de 1.000 ciclos, reteniendo únicamente en torno al 60% de la capacidad nominal).

### Distintas aplicaciones potenciales según sus resultados

Como puede observarse, se trata de soluciones que presentan propiedades inversas, al ser las ventajas de una las debilidades de la otra y viceversa. Sin embargo, sus características, la disponibilidad de las materias primas, y el precio, están haciendo que poco a poco se esté optando por cada una de ellas según la aplicación o uso final que se le vaya a dar.

Así, debido a sus propiedades, las soluciones basadas en NMC y NCA son las que mayor potencial parecen mostrar para coches eléctricos, al permitir una mayor potencia, más autonomía y menor necesidad de espacio. En cambio, limitaciones en la disponibilidad y precio de materiales, hacen que el coste de la batería final se incremente sensiblemente. Al menos, parece que los vehículos eléctricos



nominal capacity reduced by almost half, while NMC and NCA solutions only by around 30%).

Regarding efficiency in the charging process, again, NMC and NCA batteries show better results than those based on LFP. At room temperature and taking as a reference the charging capacity ratio at constant current and the total capacity, different studies observe that the charging efficiency of NMC and NCA solutions is five times higher compared to LFP. In theory, this means that the charging process can be significantly shortened, and less energy is wasted from the recharge source, however taking into account that the currents used can increase the temperature and compromise the safety of the process compared to LFP recharges.

Finally, as regards another key indicator such as life cycles, the LFPs again proved to be more robust, in this case, with a charge capacity retention of 80% compared to the nominal capacity after 3,000 cycles. This figure is somewhat higher than that presented by NCA solutions such as Tesla's (70% after 3,000 cycles); and much higher than the theoretical life of NMC batteries (with a total of around 2,000 cycles, although their capacity is usually significantly reduced after 1,000 cycles, retaining only around 60% of the nominal capacity).

### Different potential applications depending on their results

Clearly these solutions have inverse properties, as the advantages of one are the weaknesses of the other and vice



de gama media y alta que se lancen en los próximos años recurrirán a esta tecnología.

En cambio, las baterías basadas en LFP pueden ser la apuesta de vehículos de menor gama y mayores dimensiones como, por ejemplo, autobuses o transporte pesado. Su menor coste, mayor seguridad y la posibilidad de recurrir a esta alternativa al contar con mayor espacio disponible dentro del propio vehículo hacen que se considere una alternativa con mayor potencial de uso en este tipo de transportes.

Ahora bien, como ya se ha indicado anteriormente, todavía no parece que haya un ganador claro dentro de la industria a corto y medio plazo. Los distintos fabricantes de celdas que trabajan para el sector de la automoción están desarrollando, en algunos casos, ambas líneas tecnológicas en paralelo, lo que demuestra la falta de un vencedor. Esto, unido a los diferentes diseños y formatos por los que están optando estos fabricantes, abre el abanico de tipologías de celdas actualmente en producción y desarrollo.

Algunas de las principales compañías del sector desarrollan al menos dos soluciones tecnológicas distintas, con el objetivo de ofrecer soluciones complementarias que puedan adecuarse a las necesidades y particularidades de sus clientes.

En conclusión, se trata de un aspecto crítico de las baterías que ya no sólo determinará el corto plazo, sino también el medio y largo a medida que comiencen a popularizarse las esperadas nuevas generaciones. Sin embargo, todavía no parece claro qué composición permitirá en mayor medida facilitar la necesaria expansión del mercado de baterías de los próximos años. Del correcto desarrollo de este y otros elementos (como el diseño y formato) dependerá el impulso del sector del almacenamiento de energía y, con ello, la aceleración de la transición energética de los próximos años. ■

versa. However, their properties, the availability of raw materials, and price are gradually leading to each one being chosen according to the application or end-use for which they are destined.

Thus, due to their properties, solutions based on NMC and NCA are the ones that seem to have the most potential for electric cars, as they allow greater power, increased autonomy and fewer space requirements. On the other hand, limitations to the availability and price of materials mean that the cost of the final battery will

increase significantly. At least, it seems that mid-high range electric vehicles to be launched in the next few years will use this technology.

On the other hand, LFP-based batteries may be the choice for low-end, larger vehicles, such as buses or heavy transport. Their lower cost, greater safety and the possibility of using this alternative due to the greater space available inside the vehicle itself mean that they are considered to be an alternative with more potential for use in this type of transport.

However, as mentioned above, there does not yet seem to be a clear winner in the industry in the short- and medium-term. The various cell manufacturers working for the automotive sector are, in some cases, developing both lines of technology in parallel, which demonstrates the lack of a winner. This, together with the different designs and formats that these manufacturers are opting for, opens the range of cell types currently in production and development.

Some of the leading sector companies are developing at least two different technological solutions, intending to offer complementary solutions that can be adapted to the needs and particularities of their customers.

In conclusion, this is a critical aspect of batteries that will not only determine the short-term but also the medium- and long-term, as the expected new generations gain in popularity. However, it is still unclear as to which composition will best facilitate the necessary expansion of the battery market in the coming years. The correct development of this and other elements (such as design and format) will determine the strength of the energy storage sector and, with it, the acceleration of the energy transition in the coming years. ■



**Iñigo Careaga**

Analista de negocio de BCARE  
BCARE Business Analyst



**Roberto Pacios**

Coordinador de Tecnología del Área de almacenamiento electroquímico de CIC energiGUNE.  
Technology Coordinator of the Electrochemical Energy Storage at CIC energiGUNE.