

Informe tècnic – Estat de l'art en tecnologies de bateries (2025)

1. Introducció

Aquest informe recull i sintetitza la informació extreta d'una presentació tècnica de *Costing and Insight Engineer*, a la qual s'ha tingut accés en el marc de l'esdeveniment **EV Revolution: batteries and global trend** organitzat pel Clúster d'Automoció i mobilitat d'Aragó (CAAR), celebrat a Saragossa els dies 2 i 3 d'abril de 2025.

La presentació, centrada en les tendències emergents en tecnologies de bateries per a vehicles elèctrics, proporciona una visió clara de l'estat de l'art actual i de les línies d'innovació que estan transformant el sector a nivell global.

L'objectiu del present document és compartir amb els socis del clúster una anàlisi estructurada d'aquesta informació, destacant els elements clau de la tecnologia actual, les estratègies dels principals fabricants i les implicacions per a la indústria local.

2. Comparativa global i eficiència dels sistemes

Els darrers anys han posat en relleu un canvi significatiu en l'enfocament dels fabricants de vehicles elèctrics – de prioritzar exclusivament la capacitat de les bateries, s'ha passat a optimitzar-ne l'eficiència i el rendiment global del sistema. Aquesta nova mirada integra diversos elements: la química i la configuració de la bateria, el pes del vehicle, l'aerodinàmica, l'arquitectura elèctrica (400V o 800V), la gestió tèrmica i l'electrònica de potència, entre d'altres.

A continuació es presenten alguns exemples significatius que il·lustren aquest canvi d'estratègia:

- **Zeekr 009 (2022):** Aquest model va destacar per la seva gran autonomia, assolint fins a 822 km gràcies a una bateria de 140 kWh. Encara que la seva eficiència específica no sigui la més elevada, exemplifica l'aposta per capacitats molt grans en models premium i de gran format, amb aplicacions per a vehicles de gamma alta o amb múltiples funcionalitats.
- **Zeekr 007 (2024):** Considerat un dels vehicles més eficients del mercat actual, ofereix 616 km d'autonomia amb una bateria de només 75,6 kWh. Aquesta eficiència s'aconsegueix mitjançant una excel·lent optimització aerodinàmica, l'ús d'arquitectura de 800V, tren motriu optimitzat i reducció de pes. És un cas paradigmàtic de com la tecnologia aplicada de forma integral pot superar les limitacions de capacitat.
- **Xiaomi SU7 (2024):** Amb 800 km d'autonomia i una bateria de 101 kWh, representa l'entrada d'un nou actor tecnològic al mercat automobilístic. El seu èxit rau en una combinació d'alt voltatge, coeficient aerodinàmic molt baix (Cx de 0,195), optimització del software de gestió energètica i un enfocament en la connectivitat integral del sistema.
- **Denza N7 (2023):** Centrat en la química LFP (liti-ferrofosfat), aquest model aconsegueix 630 km d'autonomia amb una bateria de 91,3 kWh. El seu èxit és notable perquè la química LFP, generalment menys densa energèticament, és aquí aprofitada al màxim gràcies a una arquitectura de paquet optimitzada i un control tèrmic altament eficient.

Conclusions preliminars

Aquestes comparatives mostren que el futur de l'eficiència en els vehicles elèctrics no depèn només dels kWh de la bateria, sinó de la manera com aquesta s'integra dins del conjunt del vehicle. Les marques més avançades ja treballen amb una visió holística on cada component —des de l'aerodinàmica fins al software— juga un paper fonamental.

Això obre noves oportunitats per als socis del clúster en àmbits com la gestió tèrmica, la reducció de pes, l'electrònica de potència i la integració de sistemes. El focus ha de ser, més que mai, en la col·laboració interdisciplinària i la innovació aplicada.

3. Innovacions recents (2019–2024)

El període comprès entre 2019 i 2024 ha suposat una transformació profunda en la tecnologia de bateries aplicades a la mobilitat elèctrica. Els avenços no han estat únicament incrementals, sinó que han canviat l'arquitectura, la integració i el rol estratègic de les bateries dins del conjunt del vehicle. Es tracta d'una evolució transversal que afecta la química, el disseny mecànic, la gestió electrònica, la refrigeració i fins i tot la manera com les bateries es fabriquen i s'instal·len.

Disseny estructural: CTP i CTB

Les tecnologies Cell to Pack (CTP) i Cell to Body (CTB) han marcat un abans i un després en el disseny de les bateries. Aquestes tecnologies eliminen els mòduls intermedis tradicionals, integrant les cèl·lules directament dins del paquet o fins i tot dins de l'estructura del vehicle.

- **CTP:** Aconsegueix una millora en la densitat volumètrica del paquet i una reducció de pes, eliminant estructures internes redundants.
- **CTB:** Va un pas més enllà, fent que la pròpia bateria formi part del bastidor del vehicle, com ja fa Tesla amb el Model Y fabricat a Texas. Aquesta integració millora la rigidesa estructural, redueix peces i simplifica processos de producció.

Nous formats de cèl·lula: Tesla 4680 i BYD Blade

Les noves cèl·lules 4680 de Tesla han estat dissenyades per millorar la densitat energètica i facilitar la integració estructural. Amb una mida més gran que les 2170, permeten una millor gestió tèrmica i redueixen el nombre de connexions internes, fet que millora la fiabilitat i simplifica el muntatge.

D'altra banda, les cèl·lules Blade de BYD, de tipus prismàtic allargat, són extremadament estables tèrmicament i ofereixen una elevada durabilitat. El seu disseny evita la propagació tèrmica en cas d'avaría, fent-les molt segures. A més, la seva distribució horitzontal dins del paquet permet una major compactació.

Sistemes de refrigeració avançats

La gestió tèrmica ha esdevingut un dels camps d'innovació més actius. Els sistemes de refredament per doble cara, amb canals específics per a cada cèl·lula, milloren el control de temperatura i allarguen la vida útil de la bateria. Aquest avenç és especialment rellevant en escenaris d'ús intensiu o càrregues ràpides.

Materialitat i costos

Una altra línia destacada ha estat l'ús de materials lleugers i més econòmics, com l'alumini per als conductors interns (busbars), en substitució del coure. Aquesta substitució permet reduir tant el cost com el pes total del sistema, i representa un pas cap a una fabricació més eficient i sostenible.

Electrònica i sistemes de control: BMS sense cables

La introducció dels sistemes de gestió de bateria sense cables (Wireless BMS) ha representat un avenç important en fiabilitat i modularitat. Eliminar els cablatges físics redueix la possibilitat de fallades mecàniques, simplifica el manteniment i millora la flexibilitat del disseny intern.

Aquestes innovacions no són només tècniques: impliquen una nova manera de concebre la integració de la bateria com a part viva i central del vehicle, des del disseny conceptual fins a la producció i el servei postvenda.

4. Arquitectures de 400V vs 800V

Un dels canvis més rellevants en l'arquitectura dels vehicles elèctrics dels darrers anys ha estat la transició progressiva dels sistemes de 400 volts als de 800 volts. Aquest canvi, que pot semblar tècnicament simple, representa una evolució profunda en termes de rendiment, eficiència, cost, pes i estratègia de desenvolupament a mig i llarg termini.

Què significa passar a 800V?

El voltatge en els vehicles elèctrics determina la velocitat i eficiència amb la qual es transmet l'energia des de la bateria fins al motor i també des del sistema de càrrega. Un sistema de 800V permet transmetre la mateixa potència amb la meitat de corrent elèctric que un sistema de 400V. Això té múltiples implicacions:

- Reducció del diàmetre i pes del cablejat, ja que una menor intensitat permet utilitzar conductors més primers.
- Disminució de les pèrdues per calor (efecte Joule), fet que augmenta l'eficiència energètica del sistema.
- Menor necessitat de refrigeració en el sistema de potència, alliberant pes i complexitat.
- Temps de càrrega molt més ràpids, especialment en infraestructures compatibles, ja que es poden assolir potències de càrrega de fins a 350 kW de manera segura.

Reptes associats a l'arquitectura de 800V

Malgrat els avantatges, l'adopció de sistemes de 800V també presenta reptes que cal considerar:

- Cost inicial més alt: Tant en components com en sistemes electrònics de potència adaptats.
- Compatibilitat amb la xarxa actual de punts de càrrega: Encara hi ha zones amb infraestructura limitada per a càrrega ultra-ràpida (>250 kW).
- Normatives i homologacions específiques per a components de major voltatge.

Aquests reptes estan sent abordats ràpidament tant per fabricants com per operadors d'infraestructura, i les inversions públiques i privades ja apunten a una estandardització futura del sistema de 800V, especialment en vehicles de gamma mitjana i alta.

Exemples de vehicles amb arquitectura de 800V

- **Hyundai Ioniq 5 / Kia EV6:** Pioners en l'ús massiu d'800V en models de gamma mitjana.
- **Porsche Taycan / Audi RS e-Tron GT:** Referents de prestacions amb càrregues ultra-ràpides.
- **Zeekr 007:** Exemple xinès d'equilibri entre autonomia, eficiència i temps de càrrega.
- **Tesla Cybertruck (versió 2024):** Integra sistemes mixtos amb parts a 800V per optimitzar rendiment i càrrega.

5. Cèl·lules de bateries d'estat sòlid (Solid-State)

Les bateries d'estat sòlid (SSB, per les seves sigles en anglès) representen una de les innovacions més esperades i disruptives en el camp de l'electromobilitat. A diferència de les bateries convencionals de ions de liti amb electròlit líquid, les bateries d'estat sòlid utilitzen un electròlit sòlid (ja sigui ceràmic, polimèric o compost) per conduir els ions entre l'ànode i el càtode. Aquest canvi fonamental de material obre la porta a millores en diversos aspectes clau del rendiment i la seguretat.

Principals avantatges tècnics

- Seguretat augmentada: En eliminar l'electròlit líquid inflamable, es redueix considerablement el risc d'incendi o explosió en cas de dany físic o sobreescalfament.
- Major densitat energètica: La possibilitat d'utilitzar ànodes de liti metàl·lic permet assolir densitats energètiques teòriques molt superiors a les de les bateries actuals.
- Temps de càrrega més curts: Gràcies a la resistència interna reduïda i l'alta conductivitat iònica d'alguns materials sòlids.
- Vida útil més llarga: Menor degradació dels materials interns i millor estabilitat electroquímica durant els cicles de càrrega-descàrrega.

Principals reptes a superar

Tot i el seu potencial, les bateries d'estat sòlid encara presenten reptes importants:

- Fabricació a gran escala: El processat i manipulació de materials sòlids ceràmics o compostos requereix tècniques sofisticades i costoses, difícils d'escalar a nivell industrial.
- Compatibilitat mecànica: El contacte íntim entre cèl·lules i capes sòlides pot degradar-se amb els cicles tèrmics o les vibracions, generant problemes de fiabilitat.
- Cost actualment elevat: Tot i que s'espera una disminució significativa amb el temps, avui dia el cost per kWh és encara molt superior a les solucions de ions de liti convencionals.

6. Estratègies segons fabricants

La manera com els principals fabricants aborden el desenvolupament i la integració de bateries reflecteix les seves prioritats industrials, la seva visió estratègica i el posicionament de marca. Aquesta diversitat d'estratègies genera un ecosistema tecnològic ric i en constant evolució, on s'obren oportunitats per a múltiples actors de la cadena de valor.

Tesla: integració vertical i innovació pròpia

Tesla ha mantingut una estratègia basada en el control total de la cadena de subministrament i la innovació interna constant. Amb la introducció de les cèl·lules 4680, aposta per:

- Alta densitat energètica amb química rica en níquel (NCA).
- Reducció de cost per cèl·lula eliminant mòduls i simplificant el pack.
- Integració estructural (CTB): la bateria forma part del bastidor del vehicle, millorant rigidesa i eficiència.
- Producció pròpia en gigafactories, amb processos innovadors com el "dry coating" per als elèctrodes.

BYD: lideratge asiàtic amb eficiència i estabilitat

El fabricant xinès BYD ha consolidat el seu lideratge en volum gràcies a una estratègia basada en:

- **Cèl·lules Blade (LFP):** molt segures, resistentes a altes temperatures i amb cost baix.
- **Estructura cell-to-pack (CTP):** elimina mòduls, simplifica muntatge i millora eficiència volumètrica.
- **Integració vertical completa:** des de la química fins al vehicle, incloent la producció pròpia de semiconductors i sistemes de control.

OEMs xinesos: innovació aplicada i rapidesa

Molts fabricants xinesos, com Zeekr, NIO, XPeng o Li Auto, adopten estratègies molt àgils:

- Aposta per arquitectura de 800V i disseny de plataformes natives elèctriques.
- Integració d'IA i gestió energètica avançada, amb actualitzacions OTA i gestió remota.

- Temps de desenvolupament curts: poden posar un nou model al mercat en menys de 24 mesos.

OEMs europeus: aposta per alt rendiment i transició ordenada

Les marques europees adopten una estratègia de transició progressiva, equilibrant innovació amb fiabilitat:

- Mercedes-Benz: aposta per la gamma EQ amb alta densitat, arquitectura 800V i integració de bateries solid-state en gamma alta.
- Volkswagen: a través de PowerCo, impulsa el desenvolupament de bateries pròpies i col·labora amb QuantumScape per estat sòlid.
- Renault: recupera competitivitat amb models com el Mégane E-Tech, i participa en projectes com Ampere per desenvolupar bateries a Europa.
- BMW: treballa en bateries cilíndriques de nova generació amb densitat millorada i producció automatitzada.

OEMs americans i japonesos: ritme propi, enfocament específic

- General Motors i Ford: desenvolupen plataformes modulars pròpies (Ultium, TEI), col·laborant amb LG i altres proveïdors.
- Toyota i Honda: tradicionalment conservadores, ara aposten fort per estat sòlid i per estratègies híbrides en el curt termini.

7. Conclusions i recomanacions

L'anàlisi de l'estat de l'art en bateries per a la mobilitat elèctrica mostra un escenari en plena ebullició tecnològica i estratègica. Ja no es tracta només d'augmentar l'autonomia dels vehicles, sinó de repensar globalment l'eficiència del sistema, la sostenibilitat de la cadena de subministrament i el model de producció.

- La tendència cap a l'eficiència sistèmica és imparable. La combinació de bateries optimitzades, sistemes de 800V, disseny aerodinàmic i electrònica avançada està redefinint el que s'entén per "eficiència" en el sector de l'automoció elèctrica.
- Els sistemes d'alta tensió (800V) esdevenen estàndard en vehicles de nova generació. Aquesta arquitectura no només accelera la càrrega i redueix el pes, sinó que obre la porta a nous dissenys de plataformes i electrònica de potència.
- Els dissenys estructurals com CTB i CTP s'imposen com a nova norma. Aquesta nova manera d'integrar les bateries dins del vehicle millora la rigidesa, la seguretat i la simplicitat del muntatge, i requereix una nova concepció en enginyeria i proveïment.
- La tecnologia d'estat sòlid marcarà una nova etapa, però encara necessita madurar. El 2025–2028 serà el període clau per a la seva implementació inicial en segments premium. És un àmbit on Europa vol liderar.
- El mapa industrial és multipolar i en ràpida evolució. L'ecosistema xinès accelera amb innovació aplicada i temps curts de desenvolupament; Europa aposta per estabilitat, qualitat i valor afegit; Amèrica i el Japó mantenen ritmes propis amb gran capacitat tecnològica.
- Els materials, la gestió tèrmica, l'electrònica de potència i el reciclatge esdevenen àrees estratègiques. El valor ja no està només en fabricar bateries, sinó en tot el que les envolta: el disseny, la integració, la vida útil i la seva gestió final.

Epíleg estratègic

Aquesta transició no és una cursa per copiar el que fan els grans, sinó una oportunitat per trobar espais propis on el talent, la proximitat, l'agilitat i el compromís social siguin un valor diferencial. El moment és ara, i les decisions que es prenguin avui definiran el posicionament dels propers 10 anys.