

Valor 2030: Superació de les barreres en la utilització de matèries primeres secundàries als principals sectors industrials



SECTOR: PRODUCCIÓ DE VEHICLES

JUNY 2023



Índex del document

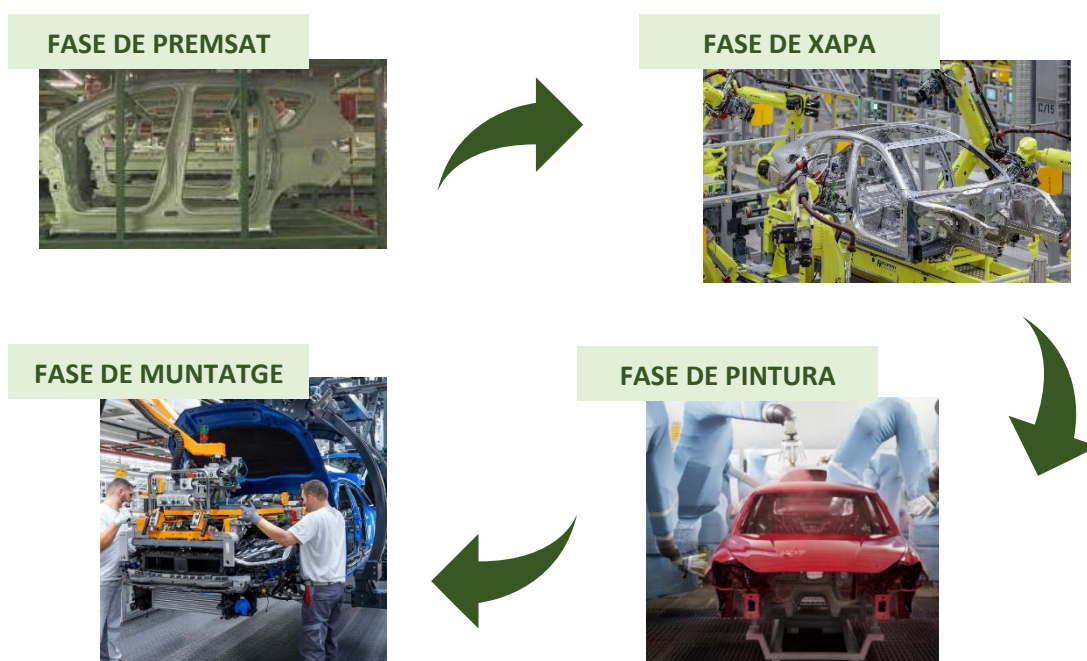
1. El procés de fabricació de vehicles.....	3
1.1. Composició material dels vehicles.	9
1.2. Quantitat de matèries primeres utilitzades a la indústria automotriu.	13
2. Ús de matèries primeres secundàries en la fabricació de vehicles.....	14
2.1. Acer	14
2.2. Alumini	21
2.3. Plàstic.....	28
2.4. Cautxú.....	37
2.5. Vidre	46
3. El sector de la producció de vehicles a les Illes Balears	51



1. El procés de fabricació de vehicles

Actualment, en general, els vehicles es fabriquen mitjançant la producció en línia. Si bé és cert que, depenent de la fàbrica, el procés de construcció d'un vehicle pot variar lleugerament pel que fa a la realització de determinades tasques dins de cada fase, hi ha quatre fases bàsiques per les quals tot vehicle passa en el procés de producció:

Figura 1. Principals fases del procés de fabricació d'un vehicle



Font: Autocasión.

Aquestes fases es poden realitzar totes en una mateixa fàbrica o en diferents, i és comú la subcontractació de components o d'una part de la fabricació per reduir significativament les despeses de producció.

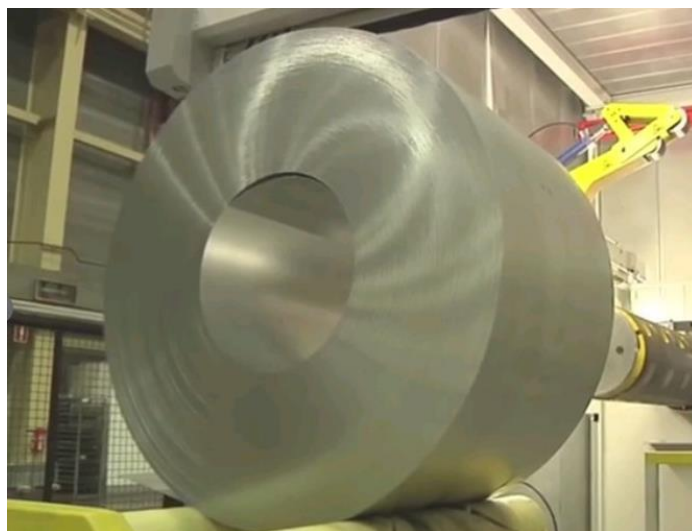
En cas que les fases es realitzin en una mateixa fàbrica, el vehicle es desplaça mitjançant sistemes de cintes transportadores a través de les diferents àrees diferenciades on es duen a terme cadascuna. A més, hi ha una fase prèvia (fase de disseny) i una altra de posterior (fase de verificació i proves) a aquestes quatre etapes principals de construcció.

▪ Fase de premsat

Fase inicial de la construcció del vehicle en què unes bobines d'acer, d'unes 20 tones aproximadament, arriben a la planta de premsa on passen per uns rodets perquè perdin la curvatura i obtenir així làmines planes d'acer. En algunes fàbriques aquest primer pas de premsat no es fa atès que les làmines arriben llistes, és a dir llistes i tallades, per ser estampades.



Figura 2. Bobina d'acer a la planta de premsat



Font: Autocasión.

Posteriorment té lloc el procés d'estampació, on aquestes làmines d'acer passen per unes premses hidràuliques que les tallen, perforen i donen la forma específica i definitiva de la peça que es vol crear (ex. base, laterals o estructura superior). A més, és en aquesta fase on seguidament es realitzen tots els forats necessaris per posteriorment col·locar tots els caragols i altres ancoratges.

Figura 3. Peces obtingudes després de l'estampació



Font: Autocasión.



i

- D'una bobina d'acer es tallen 20 peces per a sostre per minut o 40 per a portes per minut.
- Cada model de cotxe té entre 1.500 i 1.600 forats destinats a una funció específica.

Planta Ford d'Almussafes

Els sobrants de les retallades de les làmines d'acer resultants d'aquesta primera fase s'emmagatzemen en uns contenidors de reciclatge, per posteriorment enviar-se a fosa i servir per fabricar altres peces, com ara discos de fre.

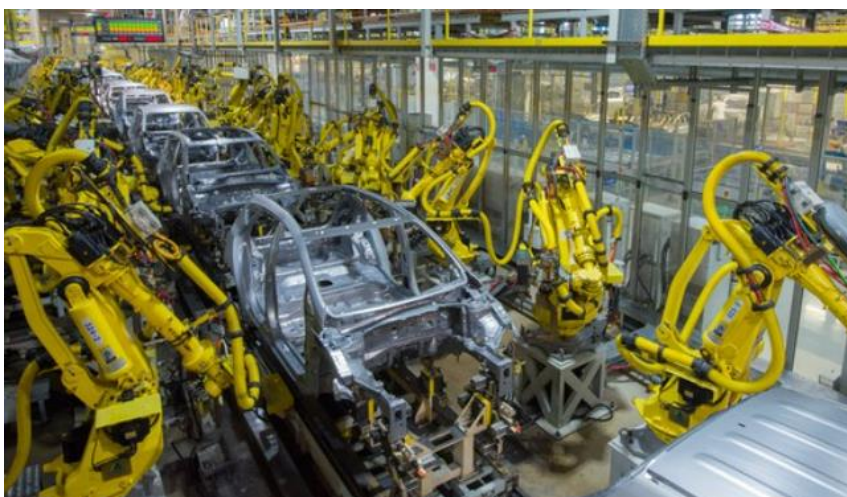
▪ Fase de xapa

Un cop s'han creat totes les peces necessàries per al vehicle, cal assemblear i soldar totes i cadascuna de les parts que donaran forma a la carrosseria. Aquesta fase es porta a terme a la planta de xapisteria, la qual habitualment està altament automatitzada¹. Així doncs, un gran nombre de robots industrials assemblen les peces d'acer (base i laterals de la carrosseria), habitualment mitjançant soldadura per punts i làser, i les peces d'alumini (sostre i portes) mitjançant reblat o clinchado.

Aquest procés es realitza en dues fases i es fabrica en un ordre molt concret, de fora cap a dins i de baix cap a dalt:

1. En primer lloc, s'assembla i solda el terra del cotxe i s'instal·len els passos de roda, la mampara que suporta el tauler de control, el subsòl davanter i del darrere, els laterals i, finalment el sostre.
2. A la segona fase, s'afegeixen les parts mòbils de la carrosseria, com les portes o el capó.

Figura 4. Planta de xapisteria de la fàbrica Volkswagen, a Navarra



Font: Autocasión.

¹ A la planta de xapisteria de la fàbrica de Volkswagen, a Navarra, els robots realitzen el 95% del treball.



Un cop acabat el muntatge dels diferents elements, es realitza un escaneig mitjançant tecnologia làser de tota la carrosseria i es comprova, sobretot, que la folgança entre les peces sigui la correcta.

▪ Fase de pintura

El procés de pintura de la carrosseria del vehicle és el més delicat de tots, és per això que implica diversos passos:

- **Inspecció i neteja:** en primer lloc, la carrosseria passa per un rigorós procés d'inspecció on es verifica al mínim detall que no hi hagi cap tipus d'imperfecció a la superfície a pintar (ex. cops, abonyegaments, marques, etc). Posteriorment la carrosseria se sotmet a una neteja exhaustiva mitjançant un rentat d'alta pressió amb aigua desmineralitzada i diversos tractaments químics (fosfatat² i passivat³), per aconseguir una superfície lliure de qualsevol tipus de brutícia (ex. greix, pols, etc.), que no conduïu l'electricitat i que sigui resistent a la corrosió. Finalment, es duu a terme un assecat mitjançant aire calent per endurir les capes formades.
- **Bany de cataforesi:** després del pretractament d'inspecció i neteja, la carrosseria se submergeix completament en un bany de pintura per cataforesi⁴. Aquest procés consisteix a sotmetre la carrosseria a tensió elèctrica, de manera que la xapa actua de càtode i atrau la pintura amb pigments anticorrosius (partícules carregades) que es diposita sobre la carrosseria. Mitjançant aquesta tècnica s'assegura una gran protecció anticorrosiva ja que la capa de pintura queda aplicada de manera uniforme a la totalitat de l'estructura submergida. En acabar aquest pas, la carrosseria es renta amb aigua desionitzada.

Figura 5. Bany de cataforesi



Font: Autocasión.

² Bany amb àcid fosfòric, fosfats primaris de zinc i additius accelerants per crear una capa de fosfat de zinc per promoure l'adherència.

³ Rentat amb una solució aquosa per millorar l'adherència i la protecció anticorrosiva.

⁴ Tècnica de pintat hidrosoluble o electrodeposició catòdica.



- **Segellat:** a continuació, té lloc el segellat mitjançant l'aplicació de massilles per aconseguir una hermetització total de la carrosseria i evitar així filtracions d'aigua a les zones d'unió, alhora que s'aconsegueix una superfície homogènia per poder aplicar la laca de pintura. Després de ser assecada, la carrosseria està llesta per a la darrera fase de pintat.
- **Pintura d'acabat:** correspon a la darrera fase on s'aplica la pintura que veurà el client final. Primer es pinta l'interior i després l'exterior. Finalment, passa pel forn d'assecatge on la carrosseria se sotmet a una temperatura entre 120 i 160°C durant 10 o 15 minuts.

Figura 6. Pintura d'acabat



Font: Autocasión.

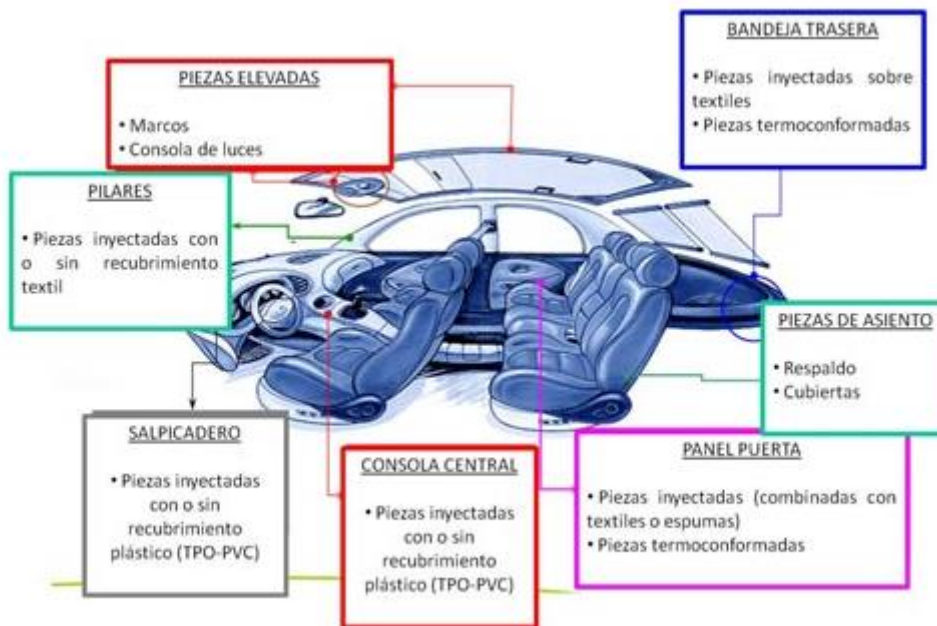
▪ **Fase de muntatge**

Última fase de fabricació del vehicle, duta a terme en combinació entre persones i robots, a la qual s'incorpora a la carrosseria tot l'equipament essencial. En primer lloc, es desmunten les portes per facilitar l'accés dels operaris i poder instal·lar-hi els elements interns.

Cal destacar que són múltiples els requeriments que han de complir els materials emprats en la fabricació de les peces d'interior, d'acord amb les especificacions corresponents a cadascuna, i hi han molts components fabricats amb materials plàstics.



Figura 7. Peces d'interior de vehicles fabricades amb materials plàstics



Font: Interempresas.

A continuació, es realitza l'acoblament de parts mecàniques (ex. motor, suspensions, cablejat, sistema d'escapa, eixos, transmissió, etc.), seguit de l'acabat d'exterior (ex. frontal, sistemes lumínics, llunes, rodes...) i interiors (ex. volant, seients, tauler de control...) i, finalment, es col·loquen les portes de nou.

Figura 8. Fase de muntatge



Font: El Mundo

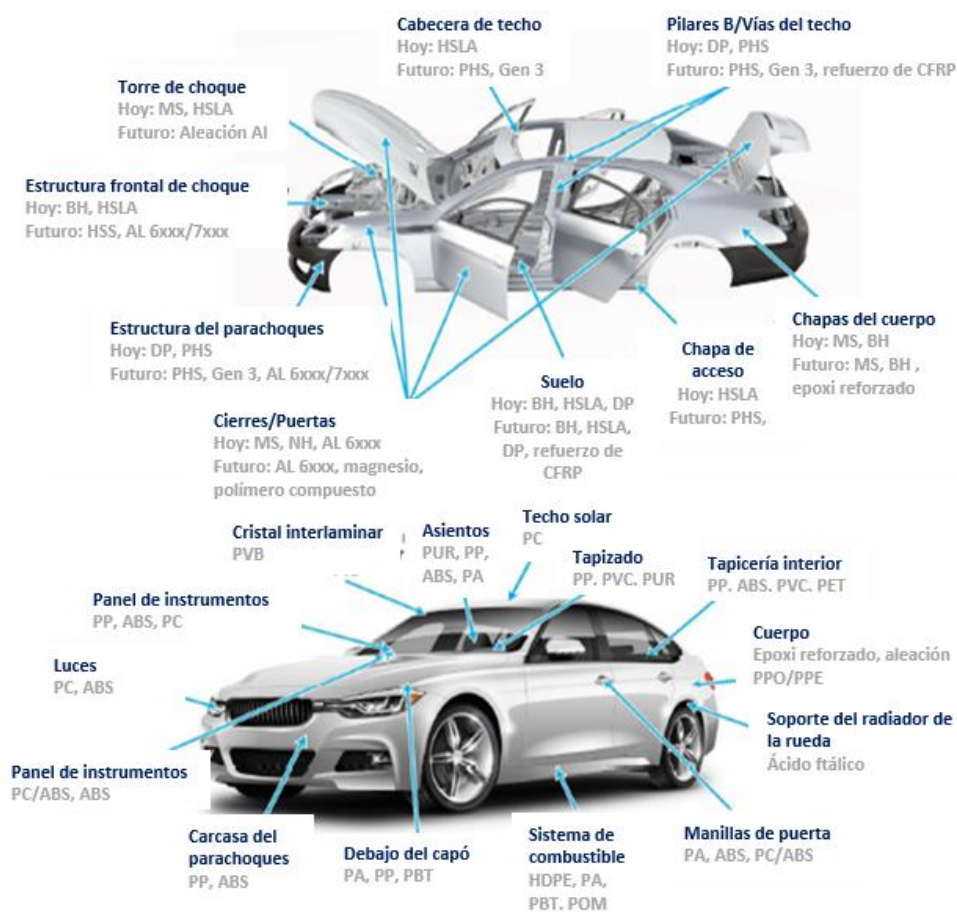
Finalment, quan el vehicle està acabat es duen a terme una sèrie de proves per assegurar la màxima qualitat del producte, tant estàtiques dins de la fàbrica com de rodament a diferents superfícies a l'exterior.



1.1. Composició material dels vehicles.

En general, a nivell mundial, els principals materials utilitzats per fabricar automòbils i les seves parts són, per ordre, **acer, alumini, plàstics, cautxú, coure, vidre, tela/cuir i alguns més**. Mentre que l'acer i l'alumini són els materials principals en la fabricació del motor i la carrosseria, altres components auxiliars del vehicle com seients, catifes, para-xocs o fars estan fets de plàstics o compostos polimèrics.

Figura 9. Materials usats actualment per a la fabricació de les principals peces d'un vehicle



Metalls					
HSLA	Acer de baix aliatge i alta resistència	PHS	Acer endurit a pressió	Gen 3	Acer de tercera generació– Gen 3
BH	Acer endurit al forn	DP	Acer de fase dual	MS	Acer dolç ⁵
Plàstics i compostos polimèrics					
ABS	Acrilonitril butadiè estirè	PPE	Èter de Polifenilè	PUR	Poliuretà
HDPE	Polietilè d'alta densitat	POM	Poliacetal	PVB	Butiral de polivinil
PA	Poliamida	PP	Polipropilè	PVC	Policlorur de vinil
PBT	Tereftalat de polibutilè	PET	Tereftalat de polietilè	CFRP	Plàstic reforçat amb fibra de carboni
PC	Policarbonat	PPO	Òxid de polifenilè		

Font: Modi, S., Vadhavkar, A. (2019). *Technology Roadmap: Intelligent Mobility Technologies*. Center for Automotive Research, Michigan.

⁵ Mild Steel, també conegut com a acer al carboni, metall que no posseeix més de 2% de carboni.



i

La carrosseria d'un vehicle mitjà als EUA té un 65% d'acer, un 13% d'alumini, un 6% de plàstic i compostos polimèrics, i la resta es compon d'altres materials com ara vidre, adhesius, segelladors i escuma.

Els components del tren motriu són al voltant del 58% de ferro i acer, el 29% d'alumini, el 8% de plàstic i cautxú i la resta d'altres materials. Els motors són majoritàriament d'alumini.

Modi, S., Vadhavkar, A. (2019). Technology Roadmap: Intelligent Mobility Technologies. Center for Automotive Research, Michigan.

La composició dels vehicles ha anat variant al llarg del temps. Això es deu principalment a una sèrie de factors que afecten el disseny i l'enginyeria del vehicle i, com a conseqüència, a la selecció de materials usats per a la fabricació dels automòbils. Actualment, el sector de l'automoció s'enfronta a reptes estratègics importants com el canvi climàtic, la digitalització, els canvis en les preferències de mobilitat, els costos, etc., aspectes que condicionen directament i indirectament la composició material d'un vehicle.

Figura 10. Principals aspectes condicionants de la composició material d'un vehicle

Regulacions	Tipus de vehicles	Altres
• Ambientals • Seguretat	• Vehicle elèctric de bateria • Vehicles autònoms	• Mobilitat compartida • Costos

Font: Elaboració pròpia.

En primer lloc, la indústria automotriu es veu afectada per les **polítiques orientades a la reducció de gasos amb efecte d'hivernacle**, alhora que s'insta a augmentar la seguretat dels passatgers. Per aconseguir la disminució de les emissions de carboni cal, entre altres coses, reduir el pes del vehicle. S'estima que la reducció del pes en un 10% millora entre un 6 i un 7% el consum de combustible⁶.

En aquest marc, és complicat trobar el balanç entre l'ús de materials més lleugers com el plàstic, però igual de robusts que l'acer. La línia de treball que ha resultat més eficaç fins ara ha estat utilitzar nous tipus d'acer d'alta i molt alta resistència, en combinació amb alumini i nous tipus de plàstics més lleugers i resistents, per a la fabricació del xassís i la carrosseria, part que suposa gairebé el 40% del pes total del cotxe.

⁶ Direcció General de Trànsit, Ministeri de l'Interior.



i

Segons la nova normativa europea, a partir del **2021** les emissions dels turismes nous **no han de superar els 95 g CO₂/km**, reduint-se aquest valor en un 15% més per al 2025 i en un 37,5% per al 2030.

Reglament (UE) 2019/631 del parlament europeu i del consell de 17 d'abril del 2019 pel qual s'estableixen normes de comportament en matèria d'emissions de CO₂ dels turismes nous i dels vehicles comercials lleugers nous, i pel qual es deroguen els Reglaments (CE) núm. 443/2009 i (UE) núm. 510/2011

A més, per altra banda, la implementació de l'economia circular a la indústria automobilística insta a reduir la generació de residus en aquest sector i a tancar el cicle de vida dels materials utilitzats en la fabricació dels vehicles. Fet que afecta el disseny dels vehicles, el qual ha d'incrementar l'ús de materials reciclats, així com la facilitat del desmuntatge de peces per a la reparació, i fomentar la valorització material dels residus dels vehicles al final de la seva vida útil.

i

Alguns dels punts clau del Reial decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil, són:

1. Els agents econòmics compliran, en l'àmbit de la seva activitat, els objectius de preparació per a la reutilització, reciclatge i valorització següents:

- a) el percentatge total de preparació per a la **reutilització i la valorització** serà almenys del **95% del pes mitjà per automòbil i any**, i
- b) el percentatge total de preparació per a la **reutilització i el reciclatge** serà almenys del **85% del pes mitjà per automòbil i any**.

2. Els Centres Autoritzats de Tractament (CAT), a més:

- c) Recuperaran per a la seva preparació per a la reutilització, i comercialitzaran components, parts o peces dels automòbils que suposin, almenys, un 10% del pes total dels automòbils que tractin anualment.
- d) A partir de l'1 de gener de 2026 recuperaran per preparar-los per a la reutilització, i comercialitzaran components, parts o peces dels automòbils que suposin, almenys, un 15 % del pes total dels automòbils que tractin anualment.

Reial Decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil i pel qual es modifica el Reglament General de Vehicles, aprovat pel Reial Decret 2822/1998, de 23 de desembre

El segon aspecte que està condicionant el tipus de materials utilitzats en la fabricació de vehicles és l'**augment de vehicles de bateries elèctriques** constituïdes principalment per metalls com el níquel, coure, alumini, liti i cobalt, i la dotació d'un contingut tecnològic més gran als vehicles



per incrementar la seva autonomia (ex. la incorporació de nous sistemes avançats d'assistència al conductor (ADAS).

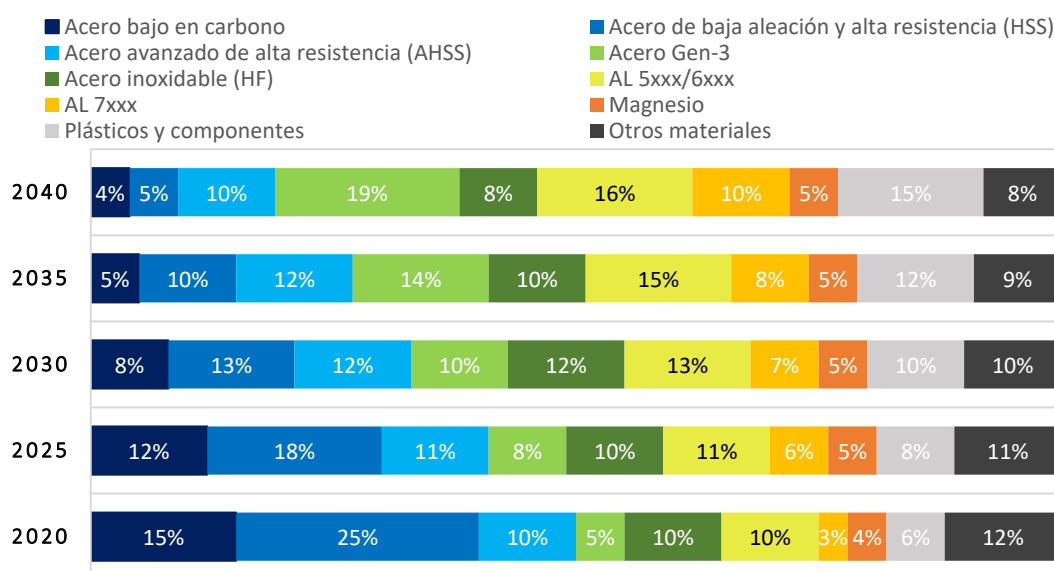
Finalment, hi ha altres aspectes com el **canvi en les preferències de desplaçament** per part dels consumidors i els **costos dels materials** que també tenen un paper important en el tipus de material emprat.

Les dificultats de mobilitat amb cotxe privat a les ciutats a causa de l'escassetat d'aparcament gratuït o la implantació de zones de baixes emissions, així com l'increment en el preu del combustible, donen lloc a una tendència creixent a l'ús compartit de vehicles. L'increment en la demanda de cotxes d'ús compartit donarà lloc a nous requisits en la seva fabricació (ex. més durabilitat estructural i dissenys d'unions més robustes) que exigiran materials amb més vida útil.

Finalment, la disponibilitat de materials i, per tant, els seus costos fluctuen constantment a causa de la situació políticoeconòmica global. Igualment, la indústria automotriu és molt competitiva i el cost és un criteri important en la selecció de materials.

Considerant aquests factors, es preveu una reducció en la quantitat total d'acer emprat als vehicles en els propers 20 anys. Cal destacar que mentre s'espera que la quantitat total d'acer disminueixi, es preveu que s'incrementi la utilització de nous tipus d'acer d'alta i molt alta resistència. Aquesta reducció de la utilització de l'acer es veurà compensada per un increment de l'ús de la resta de materials principals, incloent-hi l'alumini i el plàstic.

Figura 11. Evolució del percentatge mitjà de composició material d'un vehicle



Nota: El 100% inclou la carrosseria i tancaments, no està inclòs el xassís, els interiors, el parabrisa ni els segelladors dinàmics. Altres materials inclouen amortidors, segelladors estàtics, adhesius i vidre.

Font: Modi, S., Vadhavkar, A. (2019). *Technology Roadmap: Intelligent Mobility Technologies*. Center for Automotive Research, Michigan.

Així doncs, s'espera que el contingut de metall ferrós disminueixi i sigui reemplaçat per alumini, materials a base de plàstic i acer de baix aliatge d'alta resistència. En aquest marc, es preveu que



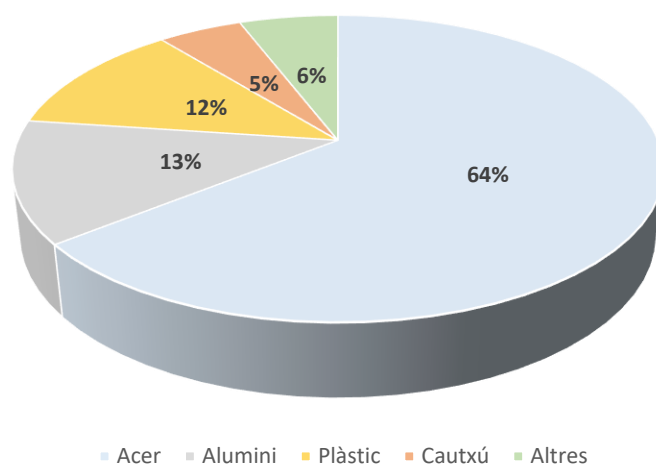
l'alumini substitueixi l'acer com a component principal per a la fabricació de portes, sostres i altres parts del cos de la carrosseria. D'altra banda, es preveu un increment de l'ús de compostos polimèrics com a reforç dels components estructurals i elements de l'interior del vehicle, a causa dels avantatges que presenta aquest material quant a lleugeresa i personalització. Per acabar, cal destacar que, a causa de l'increment de la producció de vehicles híbrids i elèctrics, es preveu un increment de l'ús de coure, liti i cobalt.

1.2. Quantitat de matèries primeres utilitzades a la indústria automotriu.

Un cop analitzada la composició material dels vehicles i la seva potencial evolució en els propers anys, a continuació, es realitza un estudi del consum de les principals matèries primeres utilitzades a la indústria automotriu a nivell nacional i a nivell autonòmic, per a Catalunya i la Comunitat Valenciana⁷.

Per això, en primer lloc, s'ha definit la quantitat de les matèries primeres utilitzades en la fabricació d'un vehicle estàndard. Així doncs, s'estima que el pes mitjà d'un vehicle europeu és d'1,4 t⁸, del qual aproximadament 900 kg són d'acer⁹, 180 kg d'alumini¹⁰, 168 kg de plàstic¹¹, 70 kg de cautxú¹² i 82 kg d'altres materials (ex. vidre).

Figura 12. Quantitat de les matèries primeres principals utilitzades en la fabricació d'un vehicle.



Font: Elaboració pròpia.

Posteriorment, a partir de l'estimació percentual de la composició de les principals matèries primeres que constitueixen un vehicle, i considerant la quantitat de vehicles produïts l'any

⁷ Les Illes Balears no compten amb producció de vehicles.

⁸ Calculat a partir de les dades estadístiques del Port de Barcelona.

⁹ World Steel Association.

¹⁰ Aluminum content in European Passenger Cars, prepared for European Aluminium by DuckerFrontier, 2019.

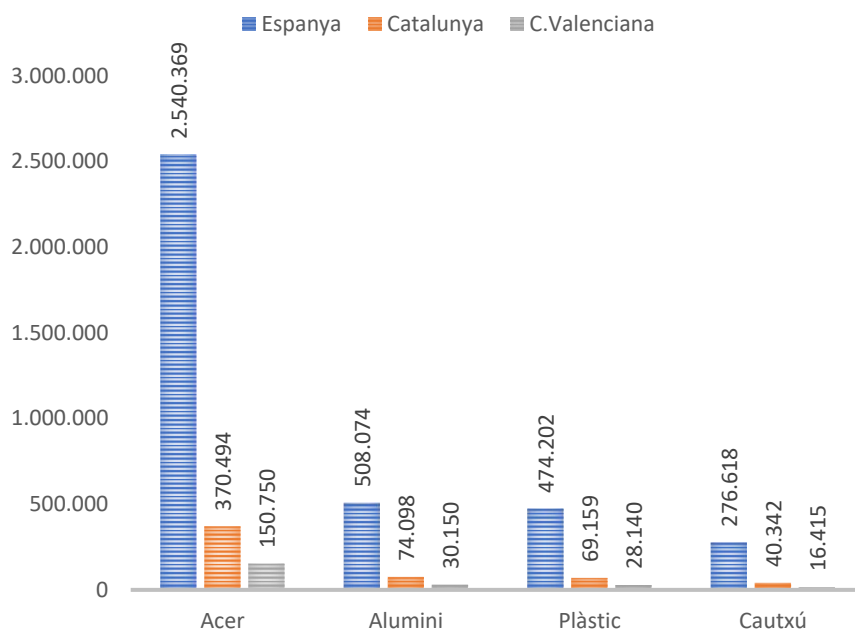
¹¹ EuRIC call for recycled plastic content in cars – Position paper – EuRIC, 2020.

¹² European Tyre and Rubber.



2019¹³ a Espanya, Catalunya i el País Valencià, s'ha obtingut el consum d'acer, alumini , plàstic i cautxú a la indústria automotriu.

Figura 13. Consum de les principals matèries primeres a la indústria automotriu. Espanya, Catalunya i C. Valenciana, 2019 (tones)



Font: Elaboració pròpia.

2. Ús de matèries primeres secundàries en la fabricació de vehicles.

2.1. Acer

▪ Principals tipus d'acer utilitzats en la fabricació de vehicles

L'acer és un aliatge de ferro i carboni en un percentatge d'aquest darrer element variable entre el 0,008% i el 2,11% en massa de la composició. A més, l'acer també conté altres elements químics aleants (fins a 30 diferents) entre els quals destaquen el manganès, el crom, el níquel, el silici, el molibdè, i el vanadi, que modifiquen les seves propietats per permetre adaptar-lo a les necessitats dels seus diferents usos.

Hi ha una gran varietat de tipus d'acer, les propietats del qual varien segons les diferents composicions i tractaments aplicats, sent els principals tipus utilitzats en la fabricació de vehicles, atenent al seu límit elàstic¹⁴, els següents:

¹³ S'han utilitzat dades del 2019 atès que la producció de vehicles durant l'any 2020 i 2021 es va veure afectada per la situació de la COVID-19 i, per tant, les dades d'aquests anys no són representatives.

¹⁴ És la tensió màxima que pot suportar un material sense patir deformacions permanents.



Tabla 1. Principals tipus d'acer utilitzats en la fabricació de vehicles

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Acers convencionals		
–	Acer dolç no aliat. Baix contingut en carboni i laminat en fred.	Peces de baixa responsabilitat estructural: aletes, panells de portes, portes del darrere.
Acers d'alta resistència – Es classifiquen en funció del mecanisme d'enduriment.		
Acers endurits al forn (Bake-Hardening - BH)	Acer amb un límit elàstic augmentant significativament.	Empleats en peces exteriors i estructurals.
Acers Microaliats o Acers ALE	Bona resistència a la fatiga i el xoc.	Reforços de la suspensió.
Acers Refosforats o Acers Aleats al Fòsfor	Acer amb alts nivells de resistència.	Peces exposades a col·lisions: travessers, travessers o reforços pilars.
Acers de molt alta resistència – Acer que es sotmet a un tractament tèrmic (temper, revingut, normalitzat) que els transforma en un altre.		
Acers de Fase Doble (DP)	Bona aptitud a la distribució de les deformacions i alta resistència mecànica.	Peces amb responsabilitat estructural alta: estreps i corredisses de seients.
Acers de Plasticitat Induïda per Transformació (TRIP)	Bona capacitat d'absorció d'energia.	Empleat en peces d'estructura i seguretat.
Acers de Fase Complexa (CP)	Acer amb baix percentatge de carboni (menor 0,2%).	Evitar la intrusió d'elements a la zona de passatger, habitacles, motor i maleter.
Acer d'ultra resistència – Es caracteritza per l'alta rigidesa, l'absorció de grans energies i l'alta capacitat per no deformar-se.		
Acers Martensítics (Mar)	Posseeix una microestructura composta de martensita amb límits elàstics molt alts.	Reforços de la carrosseria.
Acers al Boro o Acers Boron (Bor)	Acer amb alt grau de duresa com a resultat de tractament tèrmic.	Peces antiintrusió en habitacles i motor.

Font: GT motive.

▪ Producció i consum d'acer

El procés de fabricació de l'acer es pot fer mitjançant dues rutes diferents, però complementàries, depenent del material a partir del qual es produeixi:

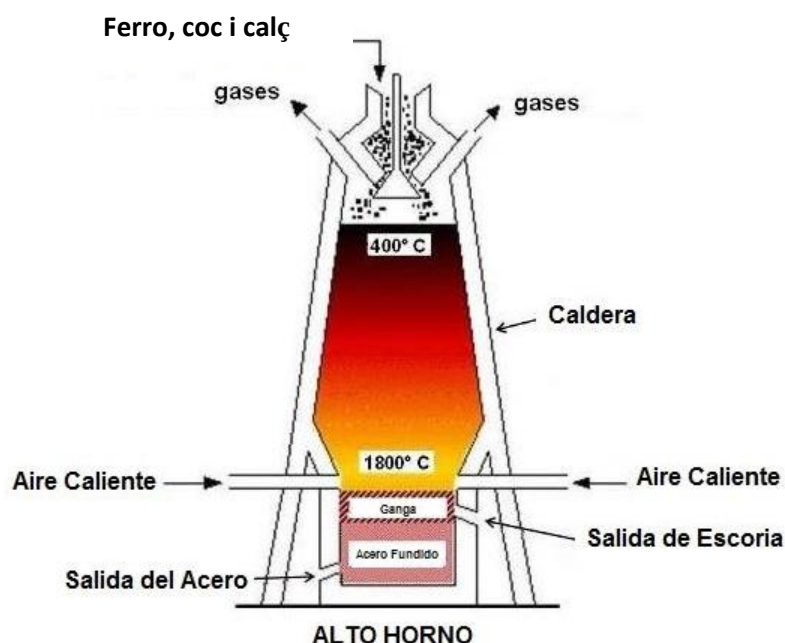
- **Ruta integral:** l'acer es produeix directament a partir del mineral de ferro.
- **Ruta elèctrica:** l'acer es fabrica a partir del reciclatge dels múltiples residus d'acer al final de la seva vida útil, comunament anomenats “ferralla d'acer”.

La producció d'acer mitjançant la ruta integral té lloc en un forn apropiat a altes temperatures on s'introdueix el mineral de ferro, coc (per les seves propietats com a agent reductor d'òxids



de ferro i com a combustible) i materials fundents (en general petites quantitats de ferro calcària), obtenint-se acer líquid.

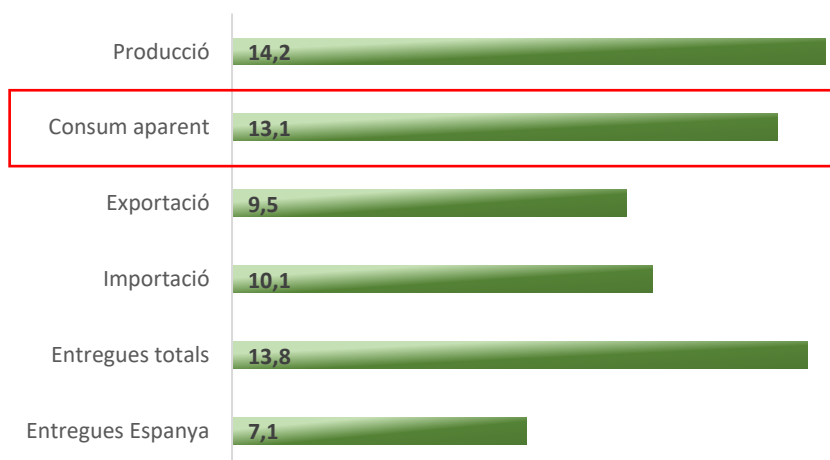
Figura 14. Procés ruta integral de l'acer



Font: Àrea tecnologia.

Pel que fa a la producció en xifres, segons les dades d'UNESID (Associació de les empreses productores d'acer i de productes de primera transformació de l'acer a Espanya), el sector siderúrgic espanyol va produir 13,588 milions de tones d'acer el 2019, el 77,3% de les quals es van produir a partir del reciclatge de ferralla d'acer (ruta elèctrica) i el 22,7% a partir del mineral (ruta integral). A més, considerant les importacions i exportacions, la demanda de productes siderúrgics (consum aparent) va ser de 13,2 milions de tones per al mateix any.

Figura 15. Resum de les principals xifres del sector siderúrgic a Espanya (2019), en milions de tones.

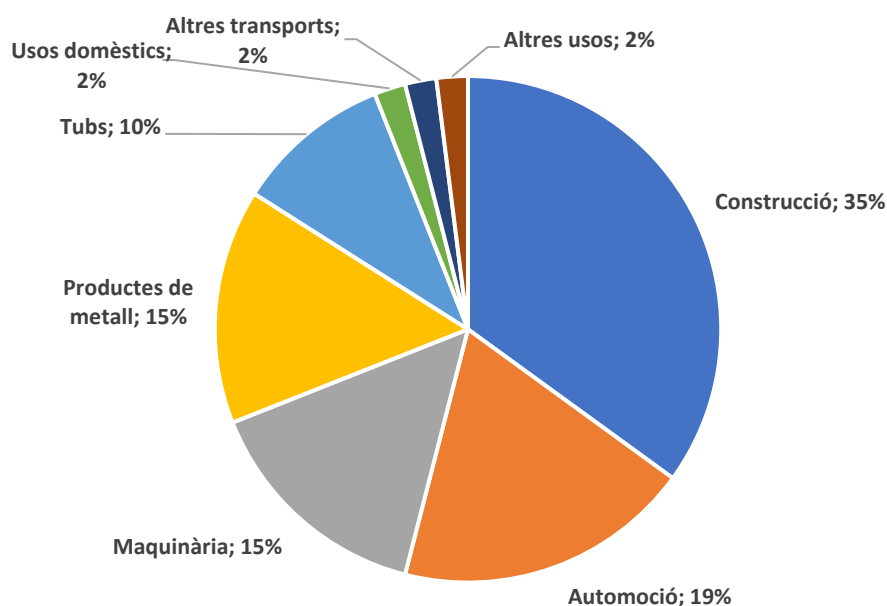


Font: UNESID.



Pel que fa a la demanda per sectors, la construcció és el principal sector consumidor d'acer, suposant el 35% de la demanda total, **seguit per la indústria automotriu (19%)**, la maquinària (15%) i els productes de metall (15%). Així doncs, segons les dades d'Eurofer, del total d'acer disponible a nivell nacional (13,2 milions de tones), aproximadament 2,5 milions de tones es destinen a la producció de vehicles (el 19%).

Figura 16. Consum d'acer per sectors, Espanya (2019).



Font: Eurofer.

▪ Acer reciclat.

L'acer és el material més reciclat del món, fins i tot més que l'alumini, el plàstic i el vidre sumats. En línies generals, la ferralla es classifica en tres tipus segons l'origen:

- **Ferralla obsoleta:** correspon als elements d'infraestructura i productes que han arribat al final de la vida útil (ex. automòbils, mobiliari, llaunes d'acer, electrodomèstics, bigues...).
- **Ferralla industrial o immediata:** són els residus resultants de l'activitat a les plantes de fabricació de productes que contenen acer.
- **Ferralla domèstica:** deixalles produïdes a les acereries, que se solen tornar directament al forn.

La principal font de ferralla d'acer són els béns de consum rebutjats, és a dir la ferralla obsoleta, i la major part són envasos, seguit d'automòbils, electrodomèstics, estructures antigues, etc.

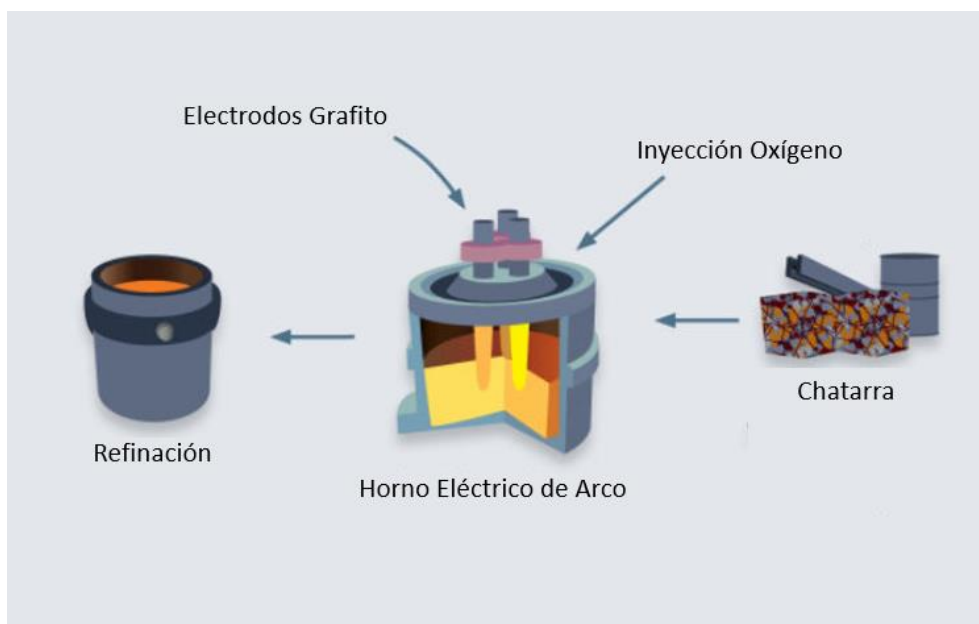
En aquest marc, el procés del reciclatge de l'acer consta de les fases següents:

1. Després de la **recollida selectiva** dels residus d'acer, anomenats ferralla fèrrica, aquests passen per un procés de **selecció**. Cal destacar que les característiques magnètiques de l'acer fan més fàcil la separació mitjançant un imant.



2. Posteriorment la ferralla passa per un procés d'**adequació mitjançant neteja i trituració** per a l'eliminació d'impureses, que en el cas de l'acer es fa en grans tremuges on es renta amb hidròxid de sodi (sosa càustica).
3. Abans de ser transportada a les acereries, on la ferralla serà valoritzada, aquesta passa per un **control de qualitat** exhaustiu que resulta essencial en el procés de reciclatge.
4. Finalment, la ferralla resultant es **fondeix** per obtenir acer refinat reutilitzable a la indústria. Aquest procés es duu a terme en dues etapes:
 - En primer lloc, la ferralla es barreja amb agents carbonosos, minerals i fundents prèviament tractats i és portada al forn elèctric d'arc per a la fosa. Al forn, després d'un preescalfament de la ferralla mitjançant cremadors de gas natural, s'introdueixen uns elèctrodes de grafit, que un cop connectats al corrent elèctric generen un arc elèctric amb la ferralla, elevant prou temperatura de forn (3.500°C) com per fondre-la. Aquest procés es completa amb l'oxidació del metall per eliminar les impureses per mitjà de la injecció d'oxigen.
 - Un cop finalitzada la fusió, l'acer es porta a un forn més petit per refinar-lo. En aquesta etapa s'ajusta la composició de múltiples aleants per determinar el tipus d'acer desitjat.

Figura 17. Procés ruta elèctrica de l'acer.



Font: Eurofer.

El principal avantatge de l'acer és que és completament reciclable al final de la vida útil, podent ser reciclat de forma il·limitada i conservant la mateixa qualitat i prestacions que el material original. A més, la producció d'acer a partir de ferralla suposa un gran estalvi d'energia i de matèries primeres, amb unes emissions de CO₂, en comparació amb la producció a partir del mineral de ferro.



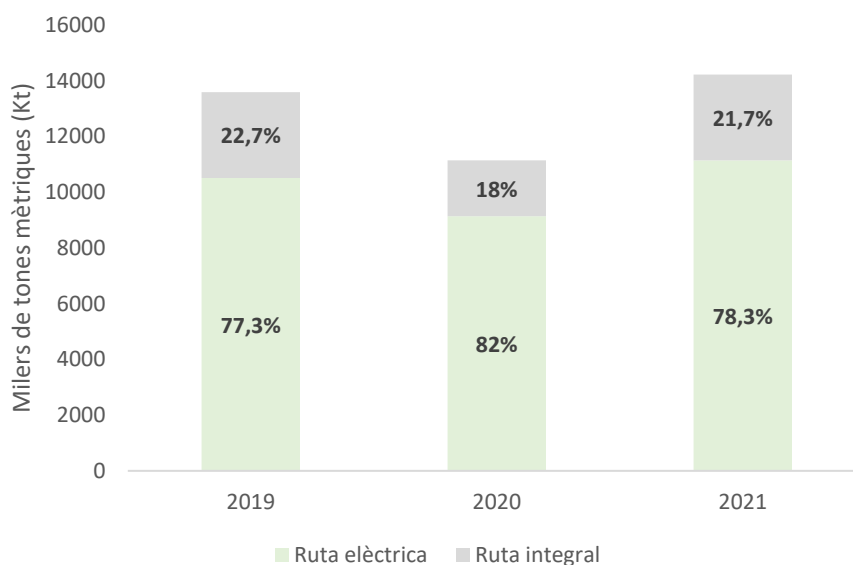
Per cada tona d'acer reciclat s'estalvia:

- una tona i mitjana de mineral de ferro, uns 650kg del carbó i 300kg de calcària,
- un 70% d'energia i un 40% de consum d'aigua i
- l'emissió de 1,43 tones de CO₂.

Steel for Packaging

És important destacar que Espanya se situa al capdavant dels països europeus en producció d'acer reciclat, només darrere d'Itàlia. Segons dades d'UNESID, a l'any 2019, dels 13.588 milions de tones d'acer produït a Espanya, 10.505 van ser reciclades (ruta elèctrica) i 3.083 van ser produïdes a partir del mineral de ferro (ruta integral). És a dir, més del 77% del total d'acer produït es va obtenir a partir del reciclatge de ferralla.

Figura 18. Producció d'acer a Espanya.



Font: UNESID (Associació de les empreses productores d'acer i productes de primera transformació de l'acer a Espanya).

De tota aquesta ferralla reciclada, una part molt important prové dels vehicles al final de la seva vida útil, atès que s'estima que la taxa mitjana de reciclatge d'acer i ferro als automòbils és al voltant del 90%.



i

Actualment, a Espanya es donen de baixa al voltant de 700.000 unitats dels automòbils inclosos al Reial decret 265/2021, de 13 d'abril, sobre els vehicles al final de la seva vida útil, (turismes, tot terrenys i vehicles comercials lleugers).

Residus professional

El 2018, a Espanya es van recuperar el 92,6% del total de VFU.

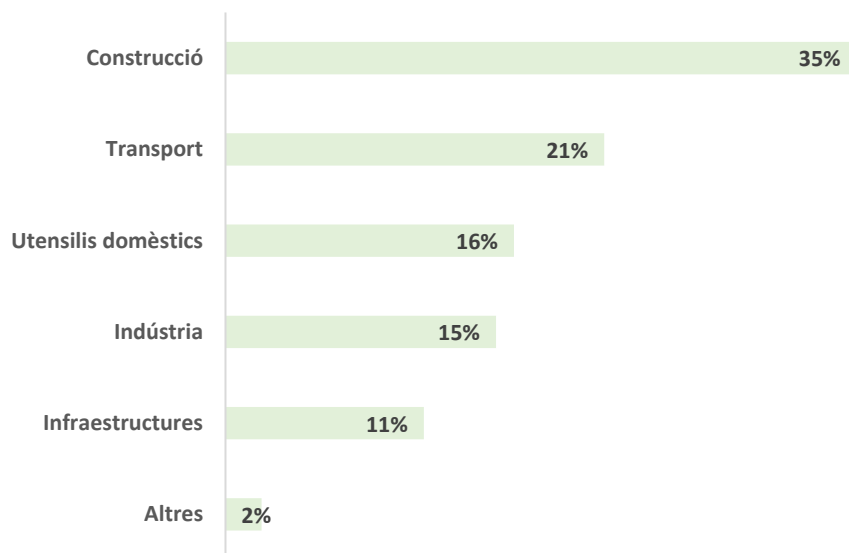
*Associació Espanyola per al
Tractament Mediambiental dels
Vehicles Fora d'Ús*

(SIGRAUTO)

Per tant, s'estima que l'any 2018 a Espanya es van reciclar 583.380 tones d'acer provinents dels vehicles fora d'ús.

Pel que fa a la distribució del consum de l'acer reciclat, el sector de la construcció se situa en primer lloc, seguit del transport.

Figura 19. Consum d'acer reciclat a Espanya per sectors.



Font: EuRIC

Considerant les dades presentades per a l'any 2019, del total d'acer reciclat a Espanya (10.505 milions de tones), un 21% es destina al transport, és a dir, aproximadament 2,2 milions de tones. Per tant, considerant que la demanda total d'acer de la indústria automotriu és de 2,5 milions de tones, **el 88% de l'acer consumit per a la producció de vehicles prové d'acer reciclat.**



Per això es conclou que, la major part de l'acer utilitzat en la fabricació d'automòbils prové del reciclatge de la ferralla. No obstant això, es considera que hi ha limitacions perquè l'acer utilitzat en la fabricació de vehicles procedeixi únicament de ferralla, les quals són les següents:

- encara que l'acer és el material més reciclat del món, la majoria dels béns de consum que contenen acer estan concebuts per durar llargs períodes de temps, fet que produeix una **insuficiència de ferralla disponible per satisfer la producció de nous productes que contenen acer**,
- el **consum d'acer reciclat està molt diversificat** entre diferents sectors de producció, i el principal consumidor és la construcció, i
- actualment, la indústria automotriu presenta **requisits específics per a l'acer**, fet que limita l'ús d'acer de qualitats convencionals.



Entre els requisits específics per a l'ús de l'acer a la indústria automotriu destaquen:

- L'acer a la carrosseria ha de tenir una alta conformabilitat. El metall prim amb una determinada proporció d'elements dúctils i sòlids es pot utilitzar per fabricar una carrosseria complexa i llisa, cosa que no poden fer els productes laminats gruixuts que s'obtenen de les qualitats d'acer convencionals.
- A més, l'acer ha de ser d'alta resistència per garantir la seguretat dels conductors i passatgers, així com la dels vianants, causant el menor dany possible en una possible col·lisió.

Metinvest



Tot i que el sector automotriu té capacitat per utilitzar més acer reciclat, la **barrera principal** és la manca d'oferta d'aquest material, en particular, de l'acer de qualitats superiors a l'acer convencional.

2.2. Alumini

▪ Principals tipus d'alumini utilitzats en la fabricació de vehicles.

L'alumini és el tercer element químic més abundant sobre l'escorça terrestre, que representa un 8% del total. Aquest metall, que únicament s'extreu de la bauxita, és tou i té poca resistència mecànica al seu estat pur, però després de formar aliatges amb altres elements augmenta la seva resistència i adquireix propietats molt útils, entre les quals destaquen les següents: lleuger, resistent i de llarga durada, resistent a la corrosió, excel·lent conductor de l'electricitat, bones propietats de reflexió, molt dúctil i completament impermeable i inodor.



Hi ha una àmplia gamma d'aliatges d'alumini emprats en la fabricació de vehicles, entre els quals destaquen la combinació amb elements com el coure, manganès, silici, magnesi i zinc, que s'identifiquen per les sèries següents:

Tabla 2. Principals tipus d'alumini utilitzats en la fabricació de vehicles.

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
1XXX	Alumini amb puresa superior al 99% i el de més alta resistència a la corrosió.	Aïllant de calor.
2XXX	Aliatge d'alumini amb coure, atorgant-li gran força i resistència.	Empleat en pistons, components de frens i compressor, rotors i rodes.
3XXX	Alumini aliat amb manganès. Excel·lent resistència a la corrosió i mal·leabilitat.	Canonades i reixetes del capó.
4XXX	Aliatge d'alumini amb silici que ofereix una gran resistència a l'abradió.	Components del motor, pistons i rotlles de compressor.
5XXX	Alumini combinat amb magnesi brindant-li més força.	Tancs de combustible, panells de la carrosseria, portes i sostres.
6XXX	Aliatge d'alumini amb silici i magnesi. Millors capacitats a la fosa i extrusió.	Usat en parafangs, coixins de seguretat, para-xocs i braços de suspensió.
7XXX	Alumini aliat amb zinc i magnesi. El més fort i resistent de tots els aliats.	Barres de seguretat i impacte, reforços i frontisses del cinturó de seguretat.

Font: UACL Automobile Technology.

▪ Producció i consum d'alumini.

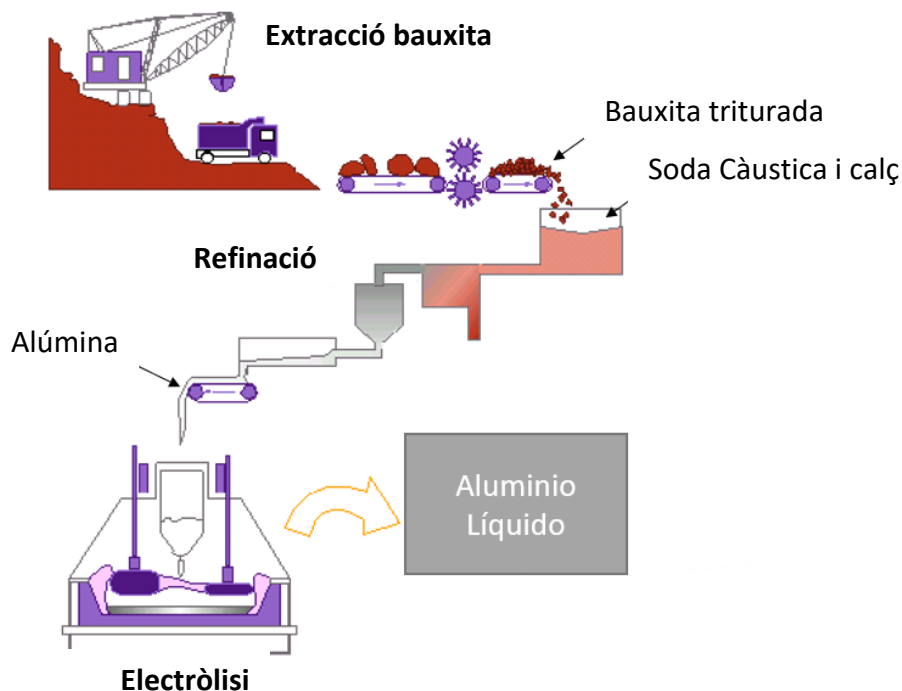
L'alumini es fabrica i recicla mitjançant dues rutes que són complementàries. A la primera, el procés de producció parteix de la bauxita com a matèria primera (donant lloc a l'alumini primari), i a la segona es parteix de residus d'alumini al final de la seva vida útil com a matèries primeres per al procés de producció (donant lloc a l'alumini secundari).

La producció de l'alumini primari comença amb l'extracció de la bauxita com a matèria primera, de la qual s'extreu l'alúmina o òxid d'alumini (Al_2O_3) a través de la refinació¹⁵. Posteriorment l'alúmina refinada es transforma en alumini mitjançant un procés electrolític, donant lloc a l'alumini líquid.

¹⁵ L'alúmina se separa de la bauxita utilitzant una solució calenta de soda càustica i calç.



Figura 20. Procés de fabricació de l'alumini.



Font: Alumini Colorado College.

Posteriorment, aquest alumini líquid se solidifica en forma de blocs per a extrusió, plaques per a laminació o aliatges per a forjat, depenent del procés posterior de transformació en què hagi de ser usat. Finalment, l'alumini es transforma en diferents productes.

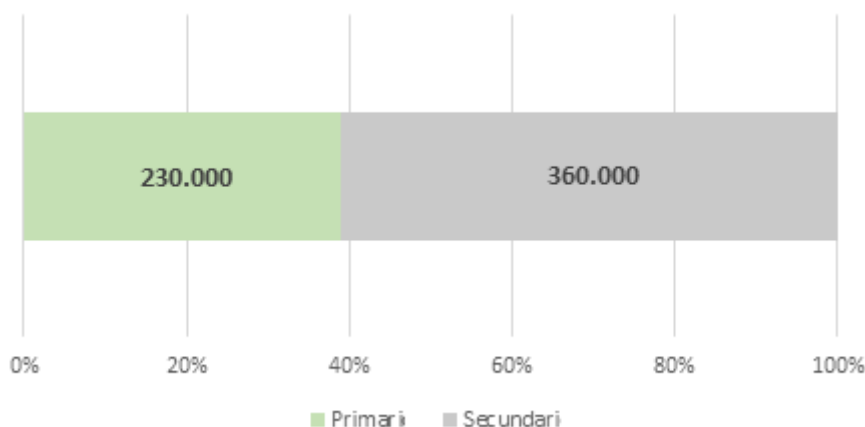
Així, els principals processos de fabricació de productes d'alumini són:

- **Extrusió:** els blocs d'acer s'escalfen i passen per un encuny, el qual, per pressió, dona el perfil requerit al producte final.
- **Laminat:** les plaques d'alumini s'utilitzen per fabricar productes laminats, com ara xapes. Aquestes plaques passen per un molí de rodets i mitjançant compressió s'obtenen làmines i fulles de diferents gruixos. Així, la placa es pot reduir des de 60 cm a 2-6 mm, podent arribar el producte laminat final als 0,006 mm de gruix.
- **Forjat:** els aliatges d'alumini per a forjat es fonen per ser modelats en diferents formes.

Pel que fa a la producció d'alumini, a Espanya l'any 2019 va ser de 590.000 tones, un 39% d'alumini primari (230.000) i un 61% secundari (360.000).



Figura 21. Producció d'alumini de tones, Espanya (2019).

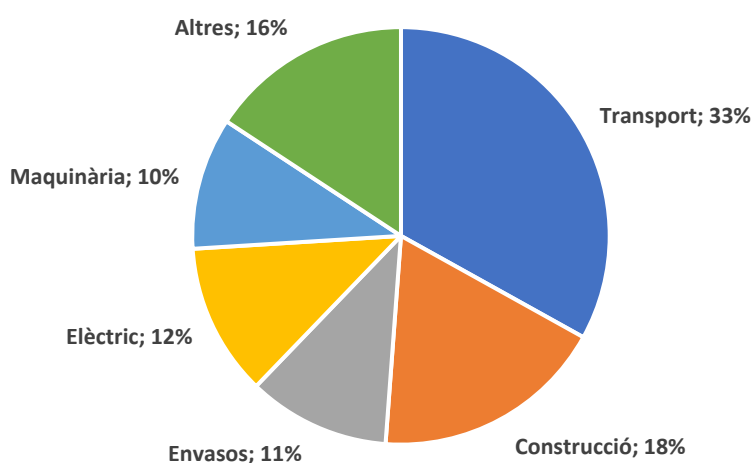


Font: Statista.

Cal destacar que, històricament, Espanya comptava amb tres plantes de producció d'alumini (fàbrica d'Avilés, fàbrica de La Corunya i Fàbrica de Sant Ciprià, de l'empresa Alcoa), una de les quals produïa alumina. Tot i això, a principis 2022 es va tancar la planta de Sant Ciprià, l'última planta de l'empresa que estava en funcionament.

Pel que fa al consum de l'alumini primari a Espanya, aquest va ser de 736.500 tones per a l'any 2019¹⁶. En base a les dades de l'Institut Internacional de l'Alumini (IAI),¹⁷ el transport és el sector de consum d'alumini principal a Europa, amb 4,2 milions de tones a l'any, representant el 33% del consum total, seguit per la construcció amb un 18%. Els sectors d'envasos (11%), elèctric (12%) i maquinària (10%) representen en conjunt el 33% de la demanda total d'alumini.

Figura 22. Consum d'alumini per sectors, Europa (2020).



Font: IAI.

¹⁶ Statista.

¹⁷ Oportunitats per a l'alumini en una economia postcovid. IAI



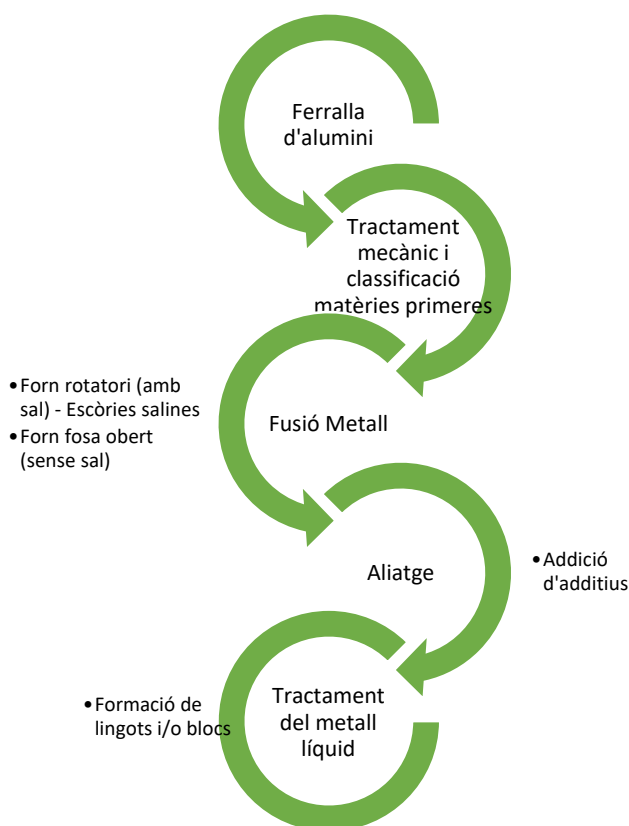
▪ Alumini reciclat.

La producció d'alumini reciclat, conegut també com a alumini secundari, consisteix en el conjunt de processos que permeten reutilitzar l'alumini al final de la vida útil. En línies generals, el procés de reciclatge de l'alumini inclou les fases següents: separació en origen, recollida selectiva del residu, selecció i classificació, pretractament, fusió i tractament del metall líquid.

En aquest marc, després de ser recollit, separat i compactat a les corresponents plantes de classificació, el residu rep un pretractament en el qual es neteja (física i químicament) i es tritura per aconseguir un material el més pur possible. Un cop la ferralla ha estat tractada es procedeix a la seva fusió. Destaquen dos processos de fusió diferenciats segons el tipus de forn emprat, rotatori o fosa oberta, que alhora es diferencien en l'ús (o no) de sals fundents. L'ús de sals fundents al forn rotatiu permet un major grau de recuperació de l'alumini, ja que disminueixen el grau d'oxidació del metall durant la fusió. No obstant això, aquest tipus de forn requereix més energia i genera residus, escòries salines, que requereixen un tractament per minimitzar-ne l'impacte ambiental.

Finalment, una vegada s'ha obtingut l'alumini líquid, es combina amb els additius corresponents (ex. coure, silici, magnesi, etc.), en funció del tipus d'aliatge que es requereixi, i es tracta donant forma de blocs o lingots per a la seva distribució.

Figura 23. Procés de producció de l'alumini secundari.



Font: Guia Tecnològica Metal·lúrgia de l'Alumini.



Entre els avantatges del reciclatge de l'alumini, cal destacar que és un material que es pot reciclar infinitament sense minvar-ne les propietats i que, atès que el procés de reciclatge es basa en refondre el metall, suposa un gran estalvi d'energia i matèries primeres.



El 75% de tot l'alumini produït al llarg de la història encara continua fent ús.

El reciclatge de l'alumini estalvia un 95% de l'energia necessària per produir l'alumini primari.

Per cada tona d'alumini reciclat s'estalvien sis tones de bauxita.

Per cada tona d'alumini reciclat no s'emeten nou tones de CO₂.

Institut Internacional de l'Alumini (IAI) i Ferrosplanes.

No obstant això, la procedència del material recuperat condiciona la qualitat d'aquest i per tant la potencialitat de la seva recuperació i posterior ús. Això és perquè, com s'ha vist anteriorment, hi ha nombrosos aliatges de l'alumini, fet que en dificulta la separació. És a dir, perquè l'alumini reciclat pugui ser reutilitzat amb qualsevol fi, aquest ha de tenir un elevat grau de puresa, altrament únicament podrà ser reutilitzat en el mateix ús del que prové, límit donat pels aliatges o barreges que presenta aquest material.

En aquest marc, la recollida d'alumini al final de la seva vida útil prové principalment de cinc grans generadors:

- **Vehicles fora d'ús (VFU):** ferralla obtinguda dels vehicles catalogats com a fora d'ús.
- **Sector de construcció:** residus d'alumini procedents de les activitats de construcció i demolició.
- **Sector industrial:** residus procedents d'activitats de processament de l'alumini a la indústria siderúrgica i de transformació de metalls, com a processos de retallada, així com maquinària al final de la seva vida útil.
- **Sector comercial:** residus generats per diferents activitats comercials que treballen amb alumini com ara tallers mecànics o lampisteries.
- **Sector domiciliari:** residus d'alumini que provenen principalment dels envasos.

Fins ara, el mètode de separació més utilitzat és la flotació, el qual permet separar els diferents metalls segons les seves densitats, però aquest procés no aconsegueix distingir els diferents aliatges presents a la ferralla i, per tant, disminueix la potencialitat del reciclatge d'aquest material.

Com a alternativa al procés de flotació s'ha desenvolupat la classificació per sensors (o separació en sec), fins ara la tecnologia més eficient per reciclar la ferralla d'alumini ja que permet obtenir fraccions d'alumini amb una puresa aproximada del 98 al 99%. Aquesta tecnologia de raigs X de transmissió permet separar substàncies segons la seva densitat atòmica, identificant el contingut del material de classificació independentment del color i les impureses. D'aquesta manera s'amplien les opcions per fer servir l'alumini secundari.



En aquest marc, per afrontar el repte de la separació de l'alumini independentment dels aliatges que presenti i adquirir un alumini d'elevada puresa, s'han dut a terme diversos projectes innovadors, entre els quals destaquen els següents:

i

SHREDDERSORT (“Recuperació selectiva de trituradores d'automoció de metalls no ferrosos mitjançant espectroscòpia de sensor electromagnètic combinat i espectroscòpia de plasma induït per làser”)

Projecte europeu dut a terme per 11 socis d'Espanya, Portugal, Itàlia, Regne Unit i Àustria, de tres anys de durada (gener 2014 – desembre 2016), amb l'objectiu de fabricar nous sistemes de classificació, que podran separar l'alumini en categories de forjat i fosa, per ser utilitzats tant en plantes de reciclatge de VFU com en la indústria del reciclatge en general.

UK Research and Innovation

i

Model F-150 de Ford.

El 2015, Ford va canviar la carrosseria de la seva camioneta F-150 a alumini. Va ser llavors quan el fabricant d'automòbils va implementar un procediment de reciclatge avançat per recuperar la major quantitat d'aliatge possible en excés.

Aquest sistema de reciclatge es basa en utilitzar els residus d'alumini dels processos d'estampació per fabricar els camions d'aquesta sèrie. Els residus són triturats i es classifiquen automàticament, mitjançant un sistema digitalitzat, segons el grau d'aliatge.

Cada mes es fabriquen a les dues plantes dels EUA uns 30.000 xassís per al Ford F-150 amb alumini de deixalles procedents d'altres processos de producció.

Ford Authority

i

Projecte REALCAR (“Recycled Aluminium CAR”)

Jaguar Land Rover ha invertit en nous i millorats sistemes de segregació a tres dels seus tallers de premsat. Aquests sistemes separen la ferralla d'alumini segons el grau d'aliatge, la qual es fon i es reconstitueix en un nou aliatge d'alumini (fàcil de ser reciclat) que ha desenvolupat l'empresa recicladora d'alumini en el marc d'aquest projecte (Novelis).

S'han aconseguit recuperar més de 30.000 tones d'alumini en un any i fabricar cotxes que contenen fins a un 50% d'alumini reciclat.

UK Research and Innovation



Per tant, es conclou que, una vegada superada la limitació de separar correctament l'alumini, independentment dels aliatges, aconseguint obtenir alumini d'elevada puresa, la principal limitació perquè l'alumini utilitzat en la fabricació de vehicles procedeixi únicament de ferralla, és que la demanda total d'aquest material per a la fabricació d'automòbils (508.074 tones a Espanya – 2019) és superior a l'alumini secundari produït (360.000 tones a Espanya – 2019).



Les **barreres principals** per incrementar l'ús d'alumini reciclat en la producció de vehicles són:

- Aconseguir un alt grau de puresa a l'alumini secundari, superant el repte de la correcta separació dels diferents aliatges d'alumini, degut a la gran complexitat dels productes finals.
- La manca de ferralla d'alumini, i la demanda és superior a l'oferta.

2.3. Plàstic

▪ Principals tipus de plàstic utilitzats en la fabricació de vehicles.

Els plàstics són materials formats per compostos orgànics de cadenes llargues i d'elevat pes molecular anomenats polímers. Són sòlids a temperatura ambient que s'estoven i fonen a elevades temperatures, donant-los la capacitat de poder ser modelats per a diferents aplicacions i usos.

Entre les propietats dels plàstics cal destacar que són baixos conductors elèctrics i tèrmics, tenen una elevada combustibilitat i plasticitat, i presenten una elevada resistència mecànica i química.

Actualment s'usen al voltant de 39 tipus de plàstics i polímers diferents en la fabricació d'un automòbil, sent els més comuns els següents:

Tabla 3. Principals tipus de plàstics utilitzats en la fabricació de vehicles.

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Acrilonitril Butadiè Estirè (ABS)	Impermeable amb resiliència a baixes temperatures.	Parts de la carrosseria, taulers i panells.
Polietilè d'Alta Densitat (HDPE)	Alta resistència als impactes i la humitat a més de bona duresa.	Tancs de combustible i aïllants elèctrics.
Poliamida - PA	Alta resistència mecànica al desgast.	Usat en engranatges, revestiments interiors i casquets.
Tereftalat de Polibutilè (PBT)	Resistent a la calor i retardant al foc.	Para-xocs.
Policarbonat (PC)	Excel·lent resistència a la intempèrie i impacte gràcies a la seva única combinació de duresa i rigidesa.	Fars de les llums, para-xocs i sensors.



Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Tereftalat de Polietilè (PET)	Resistència química i facilitat en la creació de fibres sintètiques.	Motllures en interiors i retenidor de fars.
Poliacetal (POM)	Rígidesa i límit elàstic a més de molt estable a baixes temperatures.	Tancs de combustible, motllures exteriors i engranatges.
Polipropilè (PP)	Fort i resistent a molts solvents químics, bases i àcids.	Fibres de tapats, para-xocs i tancs, aïllament de cables.
Èter de Polifenilè (PPE)	Permet dissenys complexos.	Panell d'instruments i carrosseria.
Poliuretà (PUR)	Resistència a l'abradió i temperatura.	Com a escuma dels seients, panells d'aïllament, compostos elèctrics, coixins i gran varietat de peces plàstiques.
Butiral de Polivinil (PVB)	Amb claredat òptica, adhesió a superfícies, duresa i flexibilitat.	Com a capa intermèdia al vidre laminat de seguretat.
Clorur de Polivinil (PVC)	Retardant al foc que pot formar components rígids o flexibles.	Per motllures interiors, tapisseria i carrosseria.
Plàstic Reforçats amb Fibra de Carboni (CFRP)	Amb fibra de carboni que redueix el seu pes millorant la seva duresa i resistència a la corrosió.	En carrosseries, para-xocs, portes i seients del darrere.

Font: Reciclaje Automotriz. Plastic Market Watch.

▪ Producció i consum de plàstic.

Els compostos emprats per produir plàstic s'anomenen polímers i poden ser naturals (midó o cel·lulosa) o d'origen sintètic (a partir del petroli).

La producció del plàstic comença amb la refinació de les matèries primeres (ex. petroli cru) per eliminar les partícules no desitjades. D'aquest procés de refinació del petroli se n'obtenen els monòmers.

Posteriorment té lloc la polimerització, que consisteix en una reacció química mitjançant la qual monòmers com l'etilè, propilè i butilè, es combinen per crear una cadena més llarga, en què es repeteixen les estructures de les cadenes primitives, donant lloc al polímer que conforma el plàstic.

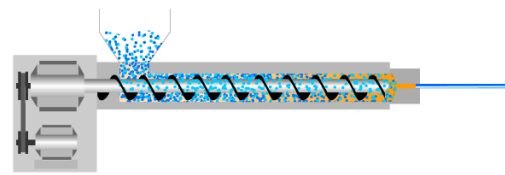
A continuació, s'hi afegeixen els additius que permeten obtenir les propietats desitjades i adequar-los a les necessitats del mercat i als requeriments de cada aplicació. Per exemple, estabilitzadors que protegeixen el material d'agents externs, plastificants que atorguen flexibilitat al polímer i pigments que afegeixen color als plàstics.

Finalment, té lloc el modelat que li dona forma i acabat al material plàstic, existint els processos principals següents ¹⁸:

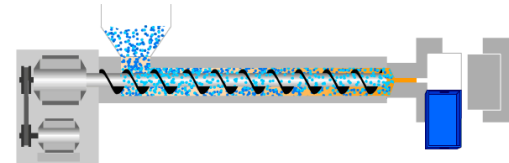
¹⁸ Font: Associació Espanyola d'Industrials de Plàstics (ANAIP).



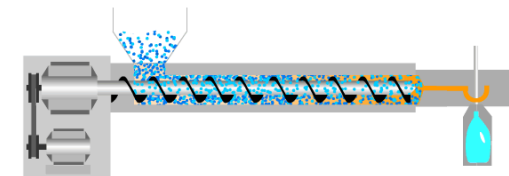
Extrusió: els grànuls de plàstic s'introdueixen en un extrusor de cilindre, on es fonen mitjançant l'energia generada per un torn giratori i surten per un filtre que dona forma cilíndrica al producte final (ex. tubs, barres, varetes, etc.).



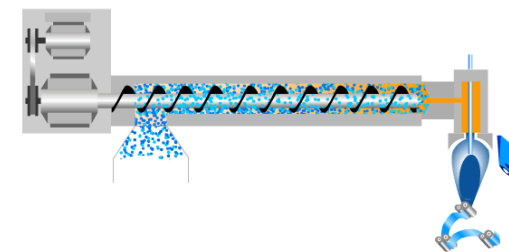
Inyecció: el polímer fos al cilindre extrusor s'injecta en un motlle i un cop el plàstic s'ha solidificat, el motlle s'obre i la peça és expulsada (ex. per crear caixes).



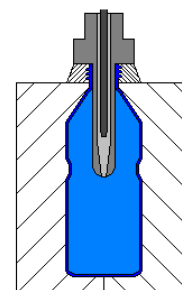
Extrusió de bufat: l'extrem final de l'extrusor de cilindre compta amb un motlle que per un raig d'aire s'omple amb el polímer fos que pren la forma del motlle. Quan el plàstic es refreda, el motlle s'obre i s'obté el producte amb forma d'ampolla o qualsevol altre cos buit.



Extrusió de film de bufat: igual que en el cas anterior, s'utilitza un extrusor de cilindre que fon els polímers, però a la sortida del cilindre, el polímer fos passa a través d'un tub on es dilata en forma de globus gràcies a un raig d'aire injectat ascendentment per l'interior de la bombolla creada. Al final de la bombolla, el film passa per uns rodets on es recull. D'aquesta manera, es poden fabricar bosses de plàstic, per exemple.



Injecció de bufat: la preforma del polímer que es transformarà és introduïda dins un motlle amb la forma del producte buit desitjat. A continuació, s'introdueix un raig d'aire que fa que el material s'expandeixi i adquireixi la forma del motlle. Quan es refreda, s'extreu el producte. D'aquesta manera es fabriquen moltes peces i productes, com ara ampolles de plàstic.

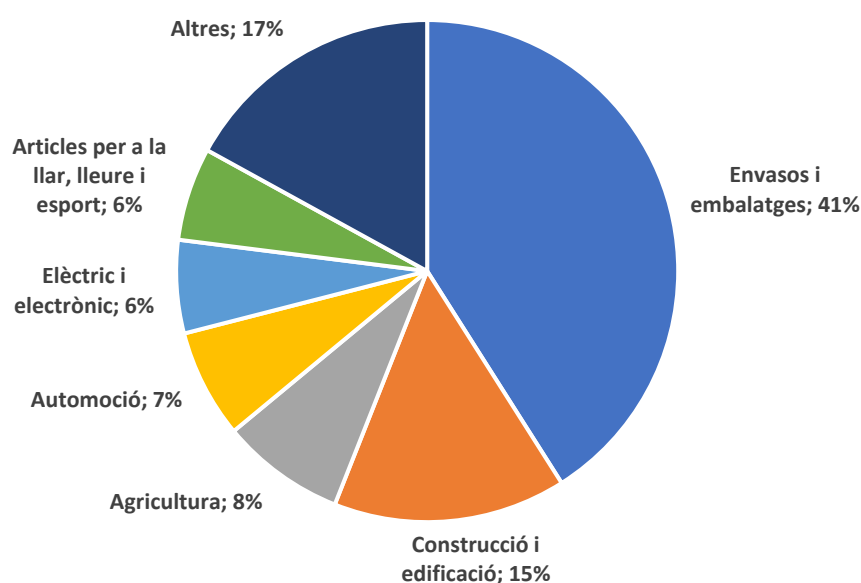




Pel que fa a la producció i el consum de plàstic en xifres, en base a les dades de l'anàlisi del sector realitzat per Plastics Europe l'any 2020, Espanya va produir un total de 4.880 kt, de les quals 4.220 kt provenen de processos de polimerització¹⁹, a partir de matèries primeres del reciclatge químic, així com d'origen biològic, provinents de la captura de carboni²⁰ i d'origen fòssil, i 660 kt del reciclatge mecànic.

Aquest material plàstic produït va ser consumit principalment al sector envasos i embalatges (41%), seguit de la construcció i edificació (15%). Altres sectors com l'agricultura, l'automoció (7%), l'elèctric i electrònic, i articles per a la llar, el lleure i l'esport van suposar un 27% del total.

Figura 24. Consum de plàstic per sectors, Espanya (2020).



Font: Plastics Europe.

Del total de plàstic consumit a nivell nacional a la indústria automotriu, el 12% és utilitzat a Catalunya i el 20% a la Comunitat Valenciana.

■ Plàstic reciclat.

L'aprofitament de residus plàstics post consum a través del reciclatge depèn directament de l'eficiència en la recollida i la separació. Per exemple, les taxes de reciclatge dels residus de plàstic són deu vegades més grans quan es recullen separats de la resta de residus, comparat amb sistemes de recollida combinats²¹.

A Europa, la classificació dels residus plàstics durant el procés de recollida i/o separació es fa segons el codi d'identificació definit per la Unió Europea, basat en el tipus de polímer present: PET (1), HDPE (2), PVC (3), LDPE (4), PP (5), PS/EPS (6) i Altres (7).

¹⁹ No inclou elastòmers, adhesius, revestiments i segellants.

²⁰ La Captura i Ús de Carboni (per exemple, CO₂) per a la producció de plàstics encara no es fa servir a Espanya a escala industrial.

²¹ Plastics Europe.

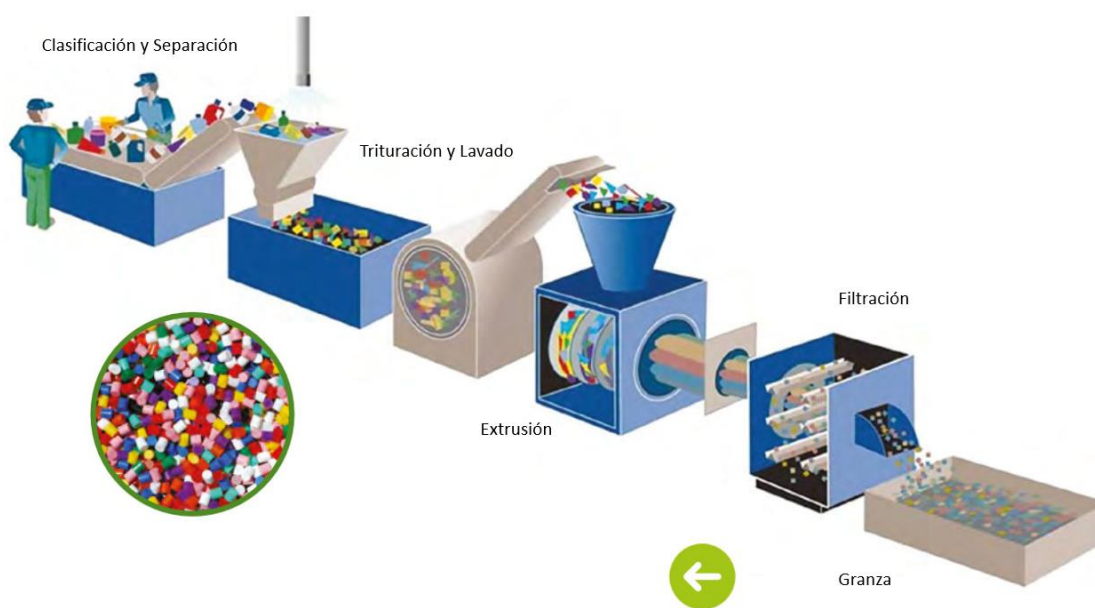


El procés de reciclatge del plàstic es pot realitzar mitjançant dues rutes, mecànica i química, sent la mecànica el mètode més estès al món. Cada ruta compta amb un pretractament similar el qual consta de les fases següents:

1. Recollida de plàstics i entrega a les plantes de selecció.
2. Separació per tipus segons el codi d'identificació definit per la UE, a més de ser posteriorment separats per color, gruix i ús.
3. Triturat dels residus plàstics en peces petites (gransa), cosa que facilita el posterior processament i la neteja.
4. Rentat de les peces per remoure les impureses i/o traces presents com ara: terra, menjar, líquids i etiquetes; aquestes són remogudes per diferència de densitat.

Acabat el pretractament, el **reciclatge mecànic** es basa en la fosa de les peces triturades i rentades mitjançant extrusió, donant lloc a una massa uniforme. Posteriorment, el plàstic passa per un procés de filtratge (sistema de malles molt fines) per retenir qualsevol impuresa residual dels processos anteriors de neteja. Finalment, el plàstic surt en forma de monofilaments que en contacte amb l'aigua dipositada en una banyera es refreden i són tallats per obtenir el gra o la gransa requerit per les empreses que li donen la forma final.

Figura 25. Procés de reciclatge mecànic del plàstic.



Font: Ecoplas.



D'altra banda, el **reciclatge químic** consisteix a descompondre les grans cadenes moleculars que formen els plàstics (polímers) en molècules més senzilles (monòmers) que serveixin de matèria primera a la indústria química. Aquesta degradació dels materials plàstics es realitza per mitjà de piròlisi, gasificació o despolimerització. Aquesta tecnologia permet tractar més fàcilment plàstics de procedència diversa, termoplàstics multicapa o productes que ja han estat sotmesos a diversos cicles de reciclatge mecànic i mostren un minvament en les seves propietats. Tot i això, aquest procés encara es troba en una fase primerenca d'aplicació a grans escales i requereix grans quantitats d'energia.

i

Espanya ha aprovat considerables inversions (de 2.600 milions d'euros el 2025 a 7.200 M€ el 2030) al sector del plàstic amb l'objectiu de multiplicar per 40 la capacitat de tractament de residus mitjançant reciclatge químic. L'objectiu és assolir el mig milió de tones el 2025.

Espanya és el primer país de la Unió Europea a incloure el reciclatge químic a la normativa de reciclatge de plàstic (Llei de Residus i Sòls Contaminats per a una Economia Circular).

Plastics Europe

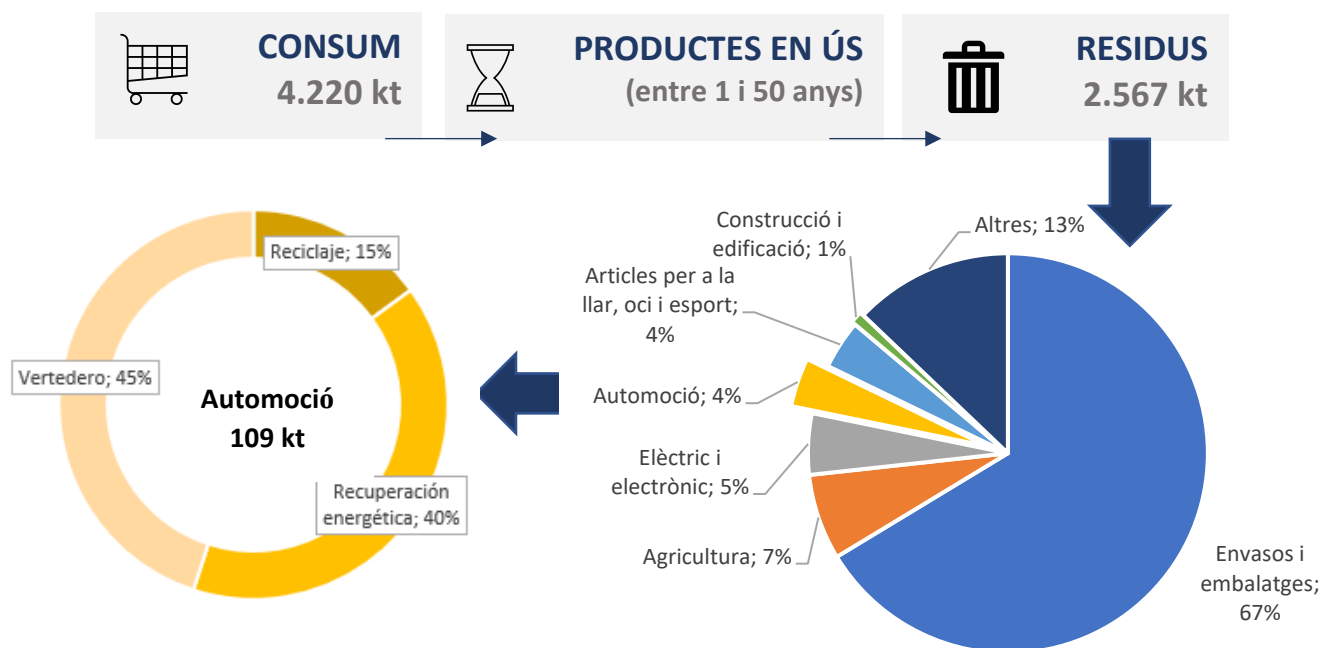
Cal destacar que el 60% dels productes i components plàstics tenen una vida útil d'entre 1 i 50 anys²², sent aquest el temps que triguen a convertir-se en residus. Aquest fet explica que la quantitat de residus per a un determinat any sigui considerablement més baixa que el total de productes i peces de plàstic posats al mercat el mateix any.

En aquest marc, a Espanya, l'any 2020 es van produir 2.567 milions de tones de residus plàstics procedents principalment d'envasos i embalatges (67%). Pel que fa als residus plàstics procedents de l'automoció, aquests van suposar un 4% del total dels residus plàstics recollits i seleccionats, destacant que únicament un 15% es van reciclar, i la majoria van ser destinats a recuperació energètica (40%) i a abocador (45%).

²² Plastics Europe.



Figura 26. Residus de plàstic per sectors Espanya (2020)



Font: Plastic Europe.

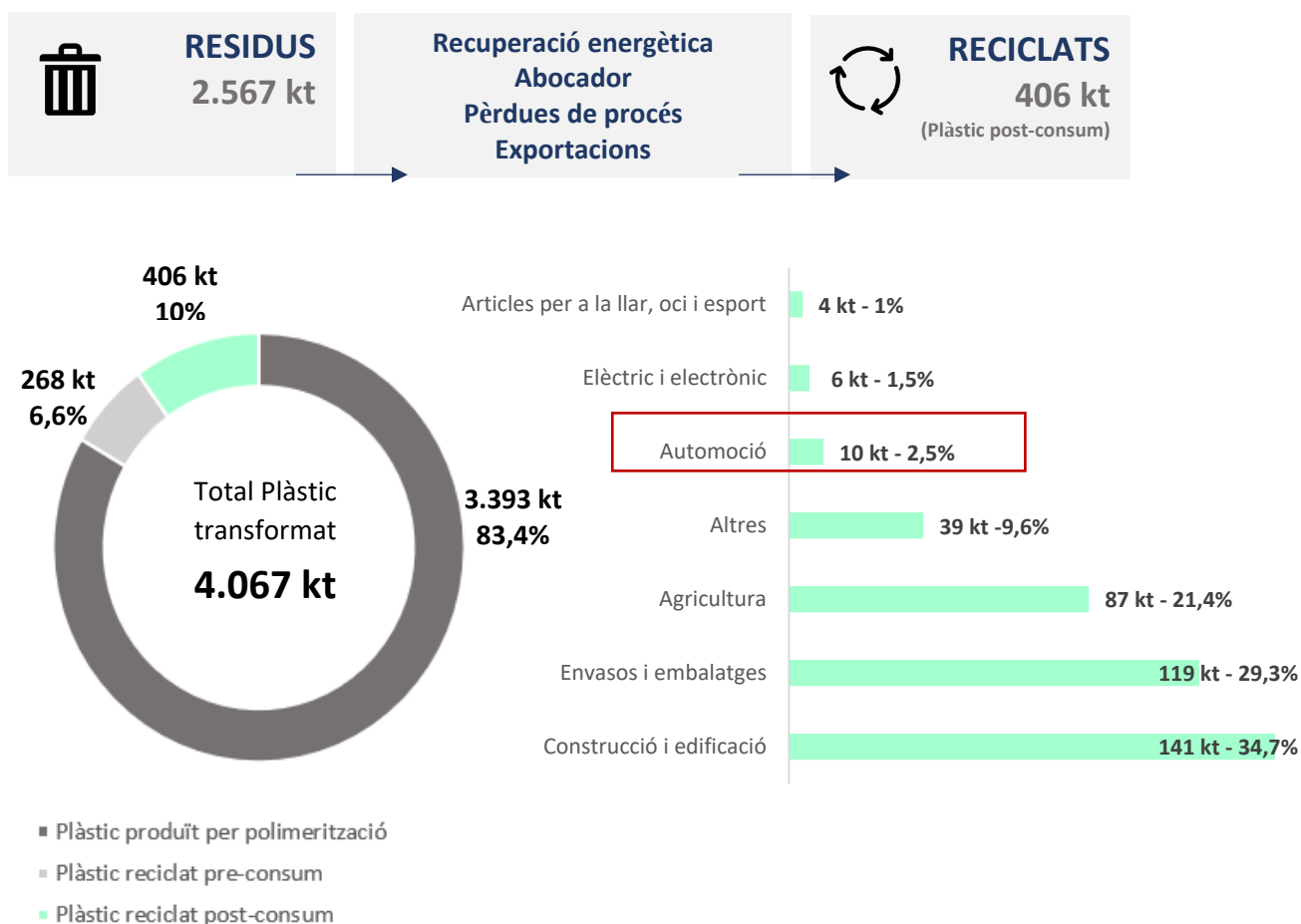
Dels 2,567 milions de tones de residus recollits, 406.000 t corresponen a plàstic reciclat postconsum²³ que es van transformar en nous productes²⁴. Aquesta quantitat de plàstic reciclat postconsum representa el 10% del total de plàstic posat al mercat (plàstic transformat).

²³ Xifra restant després de considerar que part dels residus es destinen a recuperació energètica o abocador. A més, dels enviats a reciclatge una part s'exporten per ser reciclats a altres països i altres es perden en el procés de reciclatge. Finalment, dels plàstics post-consum que finalment són reciclats, una part també s'exporta.

²⁴ Plastics Europe.



Figura 27. Plàstics reciclats post-consum en nous productes (2020).



Font: Plastic Europe.

Per tant, del total del plàstic reciclat post-consum (406 kt), 10 quilotoes es destinen a la fabricació de nous productes del sector automoció, quantitat que representa un 2,5% d'aquest total i un 0,25% del total de plàstic transformat (plàstic produït per polimerització, plàstics reciclat pre-consum i plàstic reciclat post-consum).

Es conclou que, en base a les dades de Plastics Europe per a Espanya l'any 2020, la quantitat total de plàstic reciclat post-consum destinada al sector automoció (10 kt) és molt reduïda en comparació al plàstic total consumit per aquest sector (295 kt). **És a dir, tan sols el 3,4% del plàstic consumit al sector automoció prové de plàstic reciclat post-consum.**

Cal destacar que la majoria del plàstic reciclat es destina a altres sectors (construcció i edificació, envasos i embalatges, agricultura i altres), limitant així la quantitat disponible per a la indústria automotriu.

Es considera que aquest percentatge podria incrementar-se reciclant més plàstic provinent dels vehicles fora d'ús, ja que, com s'ha vist a la



Figura 26, la major part es destina a abocador i a recuperació energètica, restant tan sols el 15% (16 kt) a reciclatge.

Es considera que aquest fet es deu principalment al fet que, actualment, el tractament dels VFU correspon a Centres Autoritzats de Tractament (CAT), que únicament duen a terme les tasques de descontaminació i, són els fragmentadors els que posteriorment fan una selecció dels materials d'interès a reciclar, sent aquests principalment els metalls, donant lloc a baixes taxes de reciclatge dels plàstics del vehicle.

En aquest marc, hi ha una sèrie d'iniciatives que impulsen el reciclatge dels plàstics al sector de l'automòbil.

i

El projecte LIFE CIRC – ELV, coordinat per l'Institut Tecnològic del Plàstic (Aimplas), té per objectiu implantar a Europa una nova cadena de valor, on els CAT separin els dipòsits fabricats amb polietilè d'alta densitat i els para-xocs de polipropilè abans de la seva trituració per potenciar-ne el reciclatge.

El projecte contempla l'obtenció de 12 tones de plàstic reciclat per cada miler de vehicles.

REPETCO, Recycling solutions

i

El projecte europeu NonTox, coordinat per Aimplas, té per objectiu aconseguir la recuperació fins i tot dels residus plàstics contaminats procedents de VFU, mitjançant l'eliminació de substàncies perilloses i no desitjades d'aquests residus.

mundoPLAST

i

Volvo estableix l'objectiu que, a partir del 2025, a tots els seus vehicles el 25% dels plàstics provenguin de material reciclat, utilitzant algunes de les estratègies següents: consoles fetes a partir de xarxes de pescar i cordes marítimes, seients i tapets fabricat amb fibres d'ampolles PET. Addicionalment, es fan servir els seients d'antics vehicles per crear material aïllant de so per a la construcció de noves peces de capó.

Volvo cars media

i

Audi està desenvolupant un mètode de separació física de plàstics per mitjà de la dissolució amb dissolvents, el qual permet obtenir grànuls de gran puresa després d'haver-se assecat; sense cap degradació química i romanent la cadena de polímers intacta.

Audi media center



Hi ha una **escassetat de disponibilitat de plàstic reciclat per a la producció de vehicles** pel fet que la majoria d'aquest es destina a altres sectors de producció (construcció i edificació o envasos i embalatges), i que les taxes de reciclatge de plàstic provinent de certs sectors, com l'automobilístic, encara són baixes en comparació amb les taxes de reciclatge d'altres sectors com els d'envasos i embalatges.

2.4. Cautxú

▪ Principals tipus de cautxú utilitzats en la fabricació de vehicles.

El cautxú és un polímer que trobem tant de forma natural procedent de la saba blanca (làtex) de diverses plantes tropicals, entre les quals destaca *Hevea brasiliensis*, originària de l'Amazones, com de forma sintètica a partir de polímers derivats del petroli. La principal característica del cautxú és la seva capacitat elàstica gràcies a la seva estructura molecular, la qual cosa permet que es deformi considerablement i torni a la seva forma inicial en cessar la càrrega a què està sotmès. A més, és resistent a l'abradió, bon aïllant de la temperatura i l'electricitat i impermeable.

El cautxú present als vehicles té múltiples usos entre els quals destaquen: els pneumàtics, el sistema de segellat de carrosseries o sistemes de transmissió, utilitzat per a l'antivibració, etc.

Tabla 4. Principals tipus de cautxú utilitzats en la fabricació de vehicles.

Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Cautxú Natural	Gran capacitat elàstica, alta resistència i impermeabilitat.	Principalment en pneumàtics.
Neoprè	Bona resistència mecànica, inflamable, alta capacitat d'adhesió.	Adhesius, juntes d'alta pressió i cinturons de seguretat.
Cautxú de Silicona	Bon aïllament elèctric, alta elasticitat i compressibilitat i excel·lent resistència a baixes temperatures.	Segellant de bateries i juntes del motor.
Cautxú de Nitril	Resistència a la compressió, desgast, calor, oli i gas.	Usat principalment per a mànegues del motor i juntes tòriques.
Cautxú EPDM	Excel·lent durabilitat i resistent a la degradació davant de condicions climàtiques.	Es fa servir en segells de portes, finestres i sostres.
Cautxú Estirè-Butadiè	Copolímer caracteritzat per la seva duresa i durabilitat.	Usat en pneumàtics i en segells del sistema de fre hidràulic.



Nom	Principals característiques	Usos en vehicles
Cautxú de Butilo	Gran flexibilitat, resistent a l'envelliment i a químics, a més d'impermeabilitat a gasos.	Mànegues, segellants, membranes i aïllants de cables, inclusivament com a capa per a pneumàtics.
Cautxú de Fluorosilicona	Gran rendiment a temperatures extremes i resistent a combustibles, olis i solvents.	Mànegues per a turbocarregadors i segelladors de connectors.
Cautxú Isoprè	Cautxú transparent amb bona resistència a la fatiga i compressió. Ideal per a baixes temperatures.	Mànegues de refredament i pneumàtics d'alt rendiment

Font: *Industrial Rubber Goods, Fournier Rubber i URM - synthetic rubber information.*

■ Producció i consum de cautxú.

El **cautxú natural** s'obté mitjançant el procés anomenat "sangria", que consisteix a realitzar alguns talls a l'escorça de l'arbre dels quals emana el làtex líquid. El làtex flueix cap a una copa adherida a la part inferior del tall a l'arbre, on s'emmagatzema. El mètode més comú per extreure el cautxú del làtex és la coagulació, procés que mitjançant l'addició d'un àcid qualla o espessa el poliisoprè¹ en una massa.



El **cautxú sintètic** es forma a partir d'un procés anomenat polimerització, que consisteix en la unió de molècules (monòmers) derivades del petroli en cadenes llargues (polímers). Al llarg dels anys s'han desenvolupat diversos tipus diferents de cautxú sintètic.

Ambdós tipus de cautxú són portats a plantes processadores on passen per quatre etapes principals: composició, barrejat, modelat i vulcanitzat.

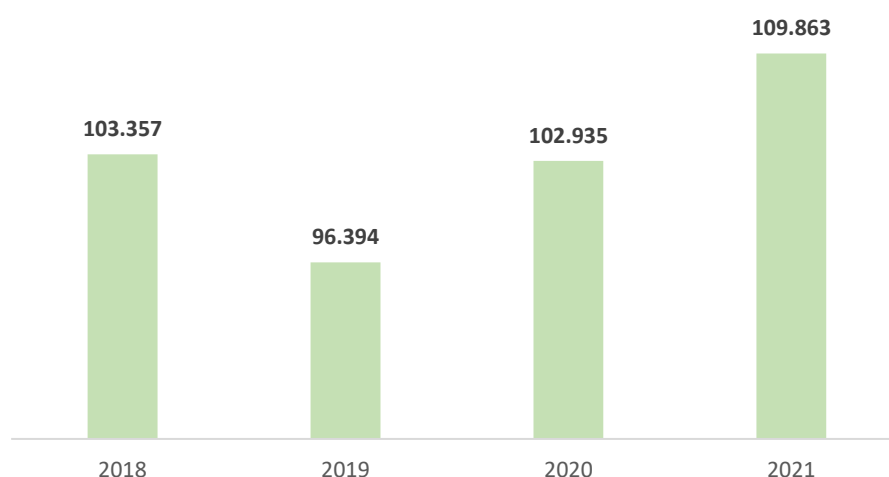
- **Composició:** consisteix en l'agregació de productes químics i altres additius per personalitzar el cautxú per a l'ús previst. Atès que el cautxú natural canvia amb la temperatura, es torna trencadís amb el fred i enganxós amb la calor, els productes químics agregats durant la composició reaccionen amb el cautxú durant el procés de vulcanització, per estabilitzar els polímers de cautxú i obtenir així les propietats desitjades.
- **Barrejat:** procés de barreja dels additius amb el cautxú. L'alta viscositat del cautxú dificulta la barreja, per la qual cosa el cautxú s'escalfa per facilitar-ne el barrejat, però sense arribar a assolir la temperatura que produeix la vulcanització. Quan el cautxú es refreda s'afegeixen els productes químics per a la vulcanització i es barregen amb el cautxú.



- **Formació:** formació de productes de cautxú principalment mitjançant quatre tècniques generals: extrusió, calandratge, revestiment o modelat i fosa. Es pot fer servir més d'una tècnica de modelatge, depenent del producte final.
- **Vulcanitzat:** procés pel qual es creen les connexions creuades entre els polímers del cautxú sotmetent-lo a baixa pressió i temperatura elevada. Menys connexions creuades entre els polímers de cautxú donen lloc a un cautxú més suau i mal·leable. Un gran nombre de connexions creuades disminueix l'elasticitat del cautxú, cosa que dona com a resultat un cautxú més dur. Sense la vulcanització, el cautxú romandria enganxós quan està calent i trencadís quan està fred, i es podria molt més ràpid.

Pel que fa a les xifres de producció, a Espanya únicament es produeix cautxú sintètic, i el 2021 s'han produït 109.863 tones. Pel que fa al cautxú natural, a Espanya es van importar 5.743 i 6.994 tones el 2018 i 2019 respectivament²⁵.

Figura 28. Volum de producció de cautxú sintètic a Espanya (tones).



Font: Statista.

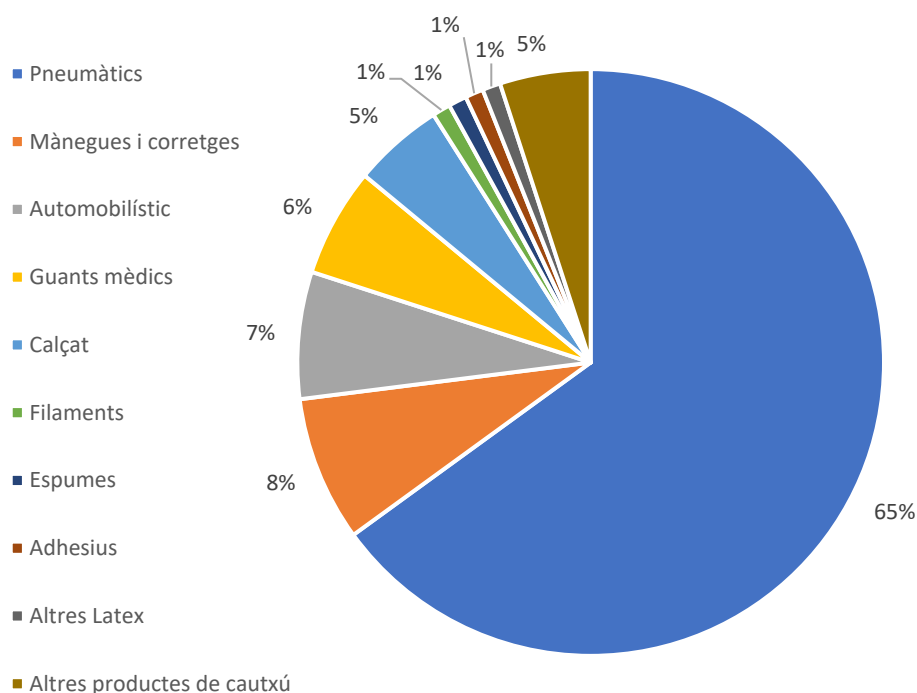
Actualment la indústria automotriu és el principal sector consumidor de cautxú, ja que aproximadament el 75% de cautxú natural produït a nivell mundial i el 60% de cautxú sintètic s'utilitza per a la fabricació de pneumàtics i productes afins²⁶.

²⁵ Informe anual de comerç exterior agroalimentari pesquer i forestal 2019. Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

²⁶ Rubber Industry.



Figura 29. Consum de cautxú natural per aplicació.



Font: International Rubber Study Group.

▪ Cautxú reciclat.

El reciclatge del cautxú es refereix al procés de transformar aquest material al final de la vida útil, tant d'origen natural com sintètic, en un nou producte amb l'objectiu de donar-li un nou ús. D'aquesta manera s'evita que aquests residus acabin en abocadors, particularment els pneumàtics, cosa que representa un problema per al medi ambient i per a la salut de les persones.



De conformitat amb la Llei 22/2011, de 28 de juliol, de residus i sòls contaminats, queda prohibit l'abandó, l'abocament o l'eliminació incontrolada de pneumàtics fora d'ús a tot el territori nacional.

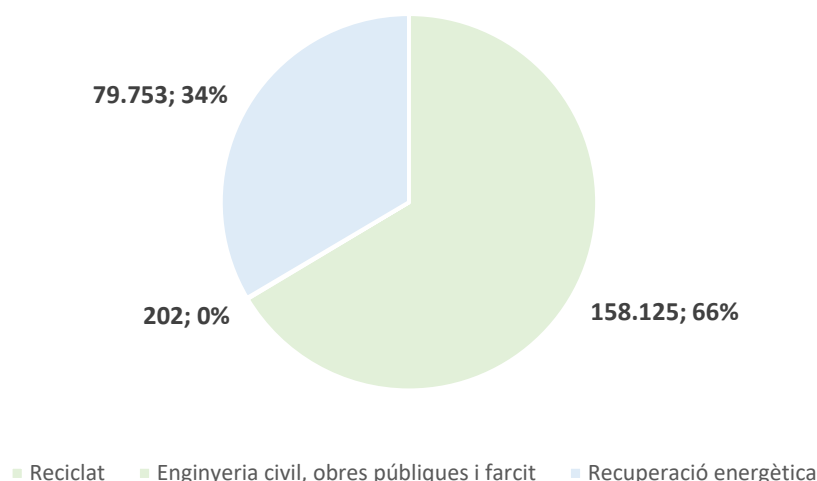
Així mateix, de conformitat amb la legislació vigent, es prohibeix el dipòsit en abocador de pneumàtics fora d'ús, amb exclusió dels pneumàtics utilitzats com a elements de protecció als mateixos abocadors

Reial decret 731/2020, de 4 d'agost, pel qual es modifica el Reial decret 1619/2005, de 30 de desembre, sobre la gestió de pneumàtics fora d'ús.



En base a les dades d'ETRMA²⁷, a Espanya el 2019 es van generar 238.080 tones de pneumàtics, dels quals un 67% es van recuperar materialment (reciclat i ús en enginyeria civil, obres públiques i farciment) i un 33% energèticament, aconseguint així tractament de la totalitat de pneumàtics fora d'ús (NFU).

Figura 30. Recuperació dels pneumàtics fora d'ús (NFU), Espanya (2019).



Font: ETRMA.

El tractament de la totalitat dels pneumàtics s'aconsegueix gràcies a la vigència del Reial decret 731/2020 l'objecte del qual és prevenir la generació de pneumàtics fora d'ús, establir el règim jurídic de la seva producció i gestió, i fomentar, per aquest ordre, la seva reducció, preparació per a la reutilització, reciclatge i altres formes de valorització, amb la finalitat de protegir el medi ambient.

i

El Reial decret 731/2020, de 4 d'agost, pel qual es modifica el Reial decret 1619/2005, de 30 de desembre, sobre la gestió de pneumàtics fora d'ús.

Les mesures més destacades són:

- La prohibició del dipòsit en abocadors de pneumàtics de grans dimensions ($\varnothing > 1.400\text{mm}$), per als quals s'incorpora un sistema de gestió.
- La responsabilitat ampliada del productor.
- Prioritat de reciclatge de pneumàtics usats que siguin gestionats.
- La prioritització de la preparació per a la reutilització, en definir les condicions que han de reunir per a la comercialització tant els pneumàtics de segon ús, com els pneumàtics recauchutats.
- Crear la secció de productors de pneumàtics al Registre de Productors de Productes.

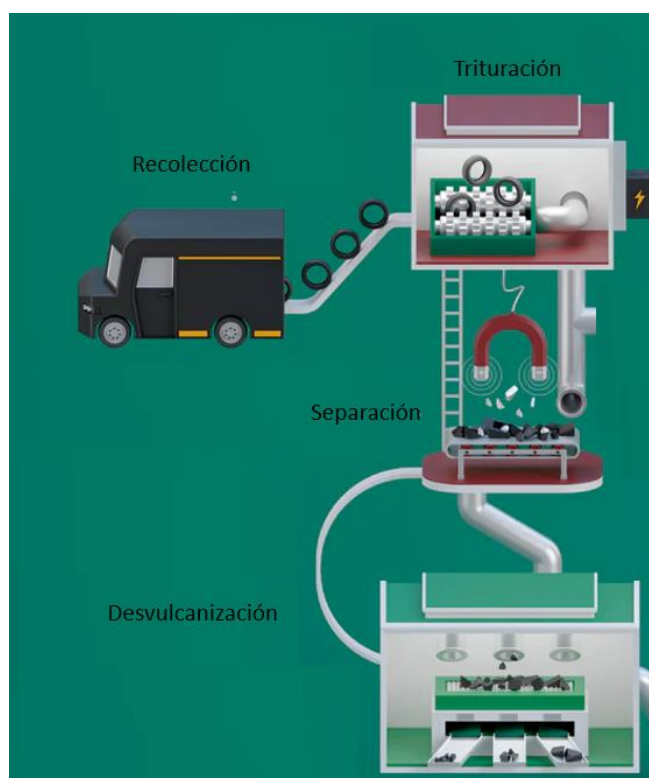
²⁷ Associació Europea de Fabricants de Pneumàtics i Cautxú.



El procés de reciclatge del cautxú consta de quatre fases principals: recol·lecció, reducció de la mida del residu, separació i finalment la desvulcanització.

- **Recol·lecció:** recollida dels productes de cautxú que es pretén reciclar. En la majoria dels casos, solen ser pneumàtics, atès que és el principal producte del cautxú.
- **Trituració:** trituració del cautxú per mitjà d'una cisalla rotativa. Aquesta trituradora compta amb dues pues que giren en sentit contrari a baixa velocitat, destrossant el cautxú a trossos i reduint la seva mida per facilitar la posterior separació i tractament.
- **Separació:** eliminació de fibres d'acer mitjançant un imant i de fibres tèxtils mitjançant equips de succió, tamisos de vent i garbells vibratoris.
- **Desvulcanització:** consisteix a trencar els enllaços químics de sofre i carboni que s'han format durant el procés de vulcanització, però sense arribar a trencar els enllaços carboni-carboni de la cadena, evitant així que es degradi el material. D'aquesta manera del residu de cautxú s'obté una nova matèria primera en forma d'encenalls o grànuls llestos per reutilitzar a més de la recuperació de les fibres d'acer i tèxtils per circular-les.

Figura 31. Procés de reciclatge del cautxú.



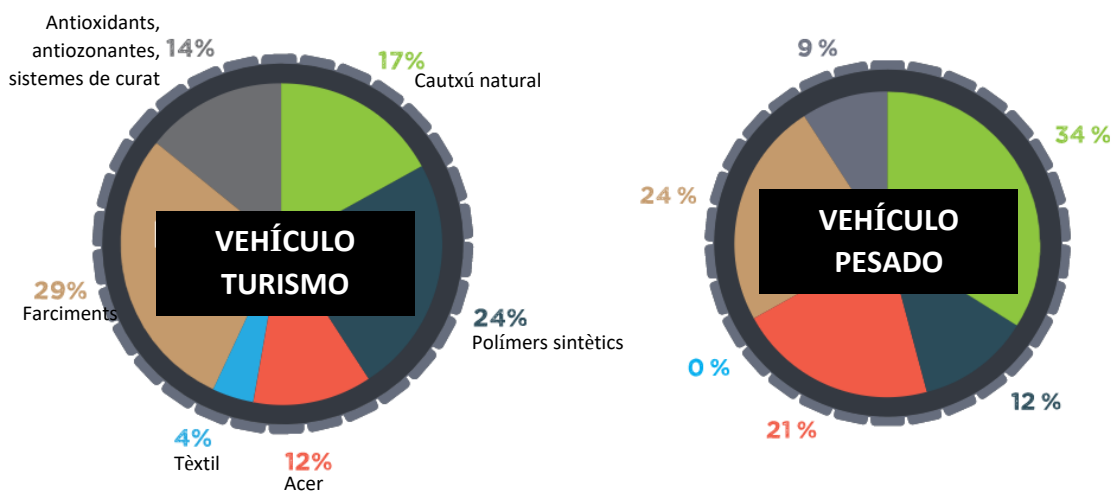
Font: Ayok design.

Tot i que el cautxú natural representa entre un 17 i un 34% del pes d'un pneumàtic, actualment aquest no es pot reciclar en la fabricació de nous pneumàtics. Això és perquè el cautxú, natural o sintètic, un cop combinat amb els principals components que constitueixen tots els pneumàtics, negre de carbó i sofre, i després d'aplicar-se calor i pressió en el seu procés de



producció, canvia les seves propietats moleculars de forma irreversible, impedit que es pugui tornar a utilitzar en la seva formulació original.

Figura 32. Composició d'un pneumàtic.



Font: European Tyre and Rubber manufacturers' association.

En aquest sentit, cal incloure cautxú en la seva formulació original per a la fabricació de nous pneumàtics, atès que, si s'hi inclogués material reciclat, s'obtidrien pneumàtics de qualitat inferior, amb una menor tracció, cosa que els fa inadequats per a ús sobre neu o altres condicions climàtiques adverses, a més de tenir una vida útil reduïda de la banda de rodament.



La **principal barrera** per a la utilització de cautxú reciclat en la fabricació de nous pneumàtics és que, actualment, no és possible recuperar la formulació original del cautxú provinent de NFU i, per tant, la qualitat del cautxú reciclat no compleix amb els requisits especificats (ex. de qualitat i seguretat) per a la fabricació de nous pneumàtics.

Per tant, els pneumàtics es destinen a reutilització o reciclatge, mitjançant valorització material en altres productes o valorització energètica.



El Pla Estatal Marc de Gestió de Residus (PEMAR) 2016-2022, estableix els objectius quantitatius següents per als pneumàtics fora d'ús per al 2020:

- Preparació per a la reutilització (segon ús i recautxutatge): mínim del 15%.
- Reciclatge: mínim del 45%.
- Valorització energètica: màxim del 40%



- **Reutilització:**

La reutilització consisteix en el recautxutatge, tècnica que consisteix a retirar la banda de rodament gastada del pneumàtic per col·locar-ne una de nova al seu lloc. Els avantatges del recautxutat és el cost més baix dels pneumàtics i l'estalvi entre un 50% i un 75% de matèria primera, així com menors emissions contaminants durant el procés de fabricació. Tot i això, els principals inconvenients són que són menys duradors, tenen menor adherència, rigidesa i precisió de conducció. És per això que els pneumàtics recautxutats no són recomanables per a turismes, sent més habitual el seu ús en vehicles de transport pesat o aeronàutic.



Un pneumàtic recautxutat estalvia:

- Entre un 50% i un 75% de matèria primera.
- Un 29% d'ús de terra, a causa de la plantació dels arbres de cautxú.
- Un 24% d'emissions de CO₂.
- Un 19% de consum d'aigua.
- Un 21% d'emissions de partícules contaminants.

European Tyre and Rubber manufacturers' association

- **Reciclat:**

D'altra banda, hi ha nombroses aplicacions del cautxú reciclat, sent la més comuna les **aplicacions en enginyeria civil**.

Si es tracten de pneumàtics sencers aquestes aplicacions varien des de protecció costanera, barreres contra l'erosió, esculls artificials, esculleres, refugis contra allaus, estabilització de talussos, terraplens de carreteres i operacions de construcció d'abocadors, barreres acústiques i d'aïllament.

Pel que fa als pneumàtics triturats, que es tallen mecànicament en fragments que varien en mida de 25 a 300 mm i s'anomenen "àrids derivats de pneumàtics", s'utilitzen principalment en carreteres i vies fèrries, com a material de drenatge en reemplaçament de sorra i grava, per a la construcció de farciments sanitaris i com a farciment de terraplens o de murs i ponts. Aquest àrid derivat dels pneumàtics és més lleuger en un 30-50%, drena 10 vegades millor i aïlla 8 vegades millor que la grava.

Entre les possibles aplicacions esmentades, una de les de més interès és la fabricació de barreges bituminoses per a carreteres. El Plec de Prescripcions Tècniques Generals per a Obres de Carreteres i Ponts (PG-3) recomana solucions amb barreges fabricades amb NFU en obres de carretera. **No obstant això, aquesta normativa limita el seu ús a la fabricació de barreges bituminoses en calent, amb betums fabricats amb cautxú de NFU per via humida, restringint la proporció de cautxú a emprar a la barreja.**

Altres aplicacions són:



- Productes de cautxú modelat com galledes d'escombraries, carretons i talladores de gespa, soles de sabates, mobiliari urbà i pals de senyalització.
- Per a terres de parcs infantils, camps de joc, pistes eqüestres, pistes d'atletisme, estoretes amortidores d'impacte per a escoles, com llambordes o rajoles per a patis i voreres de piscines, així com materials per a sostres. Els diferents materials dels pneumàtics reciclats proporcionen l'elasticitat, amortiment i drenatge que necessiten aquest tipus de terres.
- Gespa artificial. El cautxú reciclat és un material deformable, termoestable i un excel·lent aïllant. En funció de la mida del granulat, es pot utilitzar com a farciment de fibra sintètica juntament amb altres materials o per a capa d'absorció d'impacte.

Figura 33. Aplicacions del cautxú reciclat.



Font: elaboració pròpia.



2.5. Vidre

▪ Principals tipus de vidre utilitzats en la fabricació de vehicles.

El vidre és un material inorgànic que es troba a la natura i que també pot ser produït per l'ésser humà. Té un conjunt de qualitats com són la transparència, la resistència i la capacitat d'aïllament, a més de la seva condició de material inert i higiènic. Així mateix, convé destacar que el vidre posseeix uns excel·lents avantatges ecològics en ser un material reciclable. Per tot això, el vidre s'aplica actualment a una àmplia varietat d'usos.

En concret, a l'automòbil el vidre emprat és diferent de l'usat en altres productes, com per exemple, l'usat en edificis. Això és perquè el trencament del vidre en arestes tallants podria ferir els passatgers, és per això que el vidre emprat en els vehicles es fabrica principalment mitjançant dues tècniques que donen lloc a altres tipus de vidre (vidre temperat i vidre laminat), evitant així el trencament de la lluna.

Figura 34. Vidre temperat i vidre laminat.



Font: Autocasión

Tot i que tots dos tipus són adequats per evitar accidents i talls, la seva estructura i funcionament són diferents. El vidre temperat es fragmenta en petits trossos arrodonits per reduir la possibilitat que resultin tallants i perillosos i, al vidre laminat, els trossos trencats queden adherits a la làmina intermèdia de PVB (Butiral de Polivinil), evitant així la seva caiguda.

Tabla 5. Principals característiques del vidre temperat i del laminat.

Vidre temperat
– És entre 4 i 5 vegades més resistent que el vidre regular. – Té més resistència tèrmica que el vidre bàsic. – En fragmentar-se ho fa en petits trossos, disminuint el risc de talls i facilitant-ne la neteja.
Vidre laminat
– Té àmplia resistència a la penetració. – És molt segur, ja que en trencar-se el vidre roman enganxat a la fulla intermèdia. – Resisteix molt bé els cops gràcies a l'elasticitat de la cola PVB.



- Tot i l'existència d'una làmina intermèdia de PVB o altre material, no s'alteren qualitats del vidre com la transparència o la durabilitat.
- Es poden triar diferents opacitats per a les làmines i fins i tot posar-les de colors.

Font: Interempresas.

▪ **Producció i consum de vidre.**

El procés de producció del vidre comença amb la recepció de les matèries primeres necessàries per a la fabricació:

- Vitrificant: sorra de sílice.
- Àlcalis per canviar l'estat de la sílice de sòlid a líquid, pot ser carbonat sòdic o potàssic.
- Estabilitzants per reduir el desgast per la intempèrie (òxid càlcic, de magnesi o d'alumini).
- Agents d'afinament per eliminar les bombolles que es poden formar durant la fusió, com ara sodi, sulfat potàssic i càlcic.
- Petites quantitats d'altres additius per dotar el producte final de diverses característiques específiques.

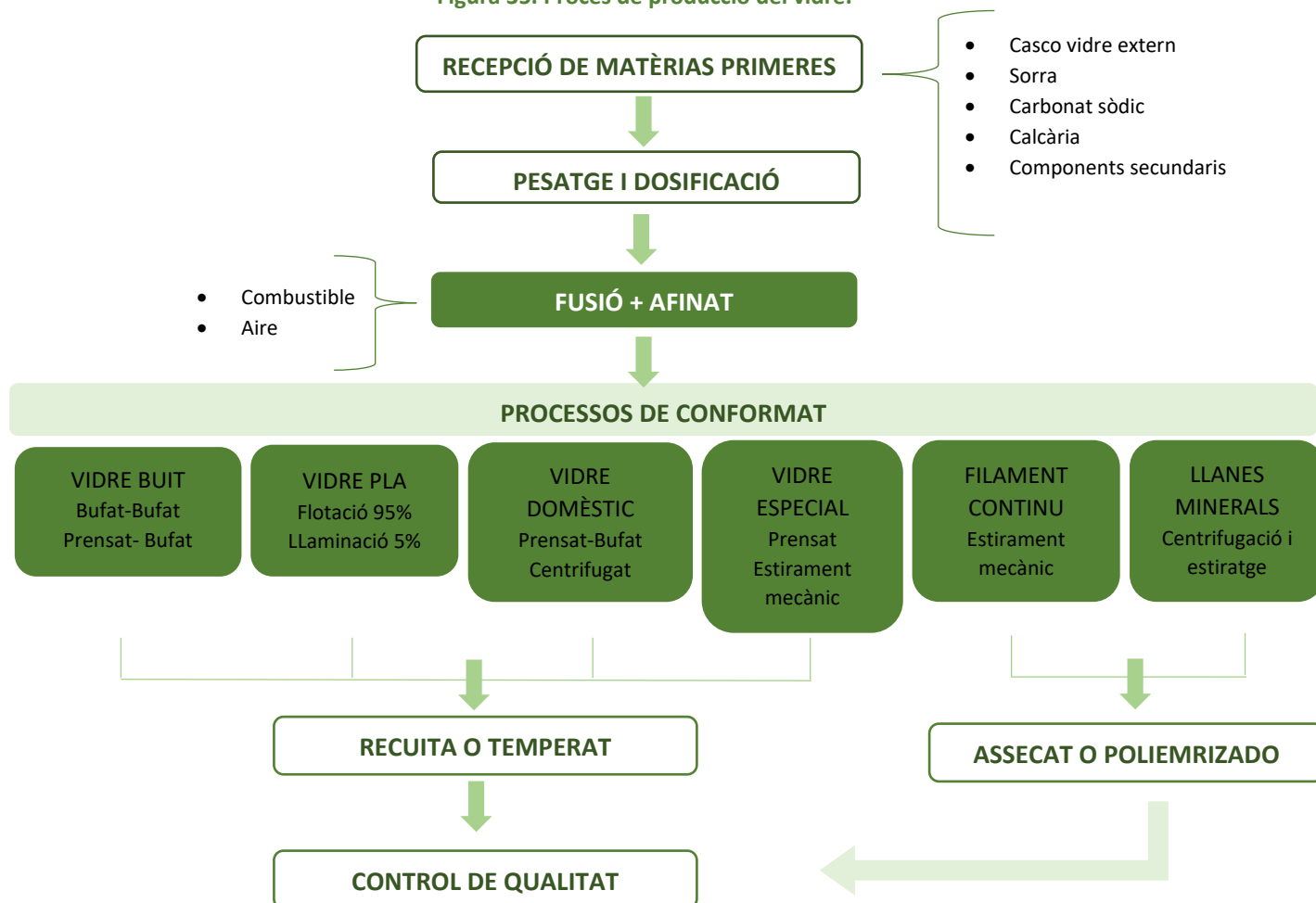
Aquestes primeres matèries es barregen en l'etapa de fusió, en què passen d'estat sòlid a líquid viscos a temperatures entre els 1.300 i 1.500 °C. Seguidament, s'homogeneïtza la temperatura del vidre acabat de fondre perquè pugui ser conformat, etapa anomenada afinat. Aquestes dues etapes són comunes a tots els subsectors del vidre, però els seus paràmetres difereixen segons el producte final que es vulgui obtenir.

Posteriorment, té lloc el procés de conformat, en què es dona forma al vidre. Com es pot observar a la figura següent, hi ha diversos tipus de conformat en funció del tipus de vidre que es vol obtenir.

Finalment, el vidre pren consistència sòlida per un refredament controlat fins a assolir el seu aspecte definitiu.



Figura 35. Procés de producció del vidre.



Font: Vidrio España.

En concret, el vidre laminat o temperat es conforma mitjançant:

- **Flotació sobre un bany d'estany.** El vidre, de menys densitat que l'estany, es distribueix sobre l'estany formant una làmina flotant, la qual és empesa per un sistema de rodets cap a un forn de recuita, on posteriorment es refreda i es talla en làmines.
- **Laminat.** Tècnica molt similar a l'anterior, amb la diferència de disposar d'un corró per donar forma i gruix a la làmina abans de tallar-la.

Figura 36. Conformació del vidre per flotació.



Font: Àrea Tecnologia.



i

La producció de vidre temperat difereix de la del laminat a:

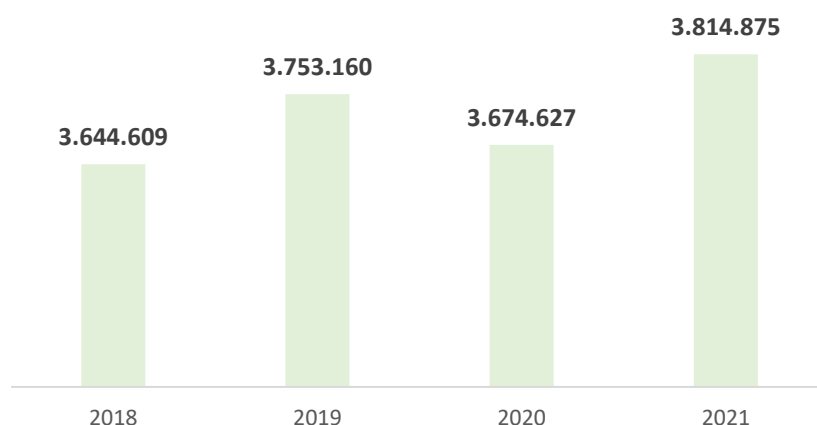
El vidre **temperat** s'escalfa a uns 650 graus fins a quedar plastificat i després es refreda bruscament amb aire, aconseguint més resistència estructural.

El vidre **laminat** es compon de dues o més fulles de vidre monolític unides entre si per una o diverses làmines de PVB.

Megaglass

Pel que fa a la producció del vidre en xifres, a Espanya, l'any 2019 es van produir 3,7 milions de tones d'aquest material.

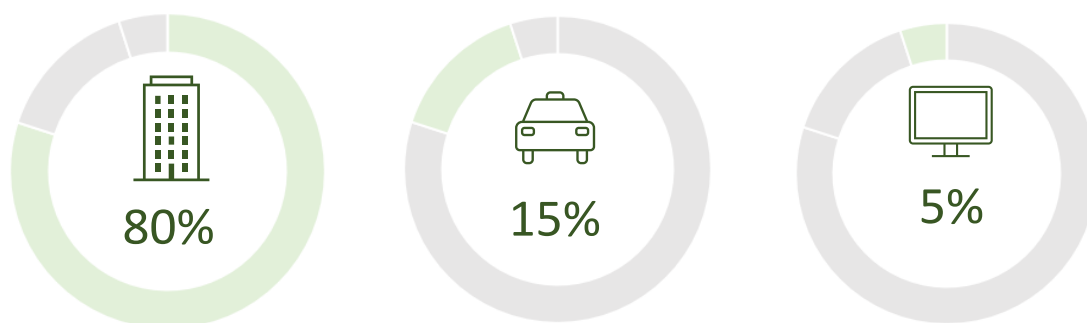
Figura 37. Producció de vidre en tones, Espanya (2019).



Font: Vidre Espanya.

Pel que fa al consum, a nivell europeu, la construcció d'edificis utilitza la major part del vidre produït (80%), seguit, amb un percentatge significativament menor, per la indústria automobilística (15%).

Figura 38. Consum de plàstic per sectors, Europa (2020).



Font: Glass for Europe.

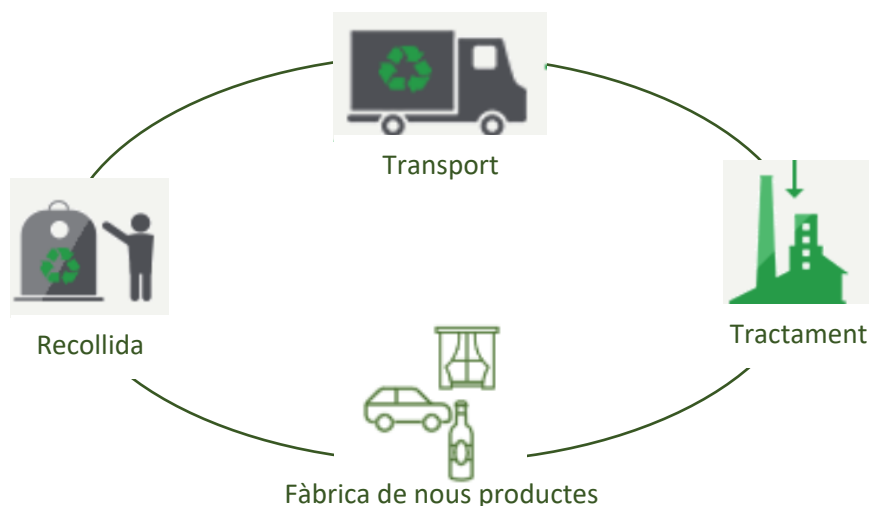


▪ Vidre reciclat.

Independentment de les vegades que es recicli, el vidre manté el 100% de les propietats inicials.

El procés de reciclatge comença amb la recollida del vidre de rebuig, ja sigui mitjançant recollida selectiva per part dels ciutadans i comerços, o a través de gestors autoritzats de residus per part de les empreses i indústries. El vidre recollit és transportat a plantes de tractament on es neteja per eliminar impureses i es retiren tapes, taps, així com restes de metall o plàstics. Un cop net i seleccionat, el vidre es tritura. Posteriorment, el vidre triturat passa per unes màquines amb lectors òptics que eliminen qualsevol resta opaca d'un altre material, obtenint com a resultat el calcí. Aquest material són petits trossos de vidre net que es converteixen en matèria primera per generar nous productes.

Figura 39. Procés de reciclatge del vidre.



Font: Elaboració pròpia.



Per cada 6 tones de vidre que es reciclen, es redueix 1 tona de CO₂.

Safelite. Autoglass

En el cas dels vehicles fora d'ús, el reciclatge del vidre és obligatori segons establert a l'Annex IV del Reial Decret 20/2017, de 20 de gener, sobre els vehicles al final de la seva vida útil.



No obstant això, en el cas dels parabrises dels cotxes, **la làmina de PVB existent entre les dues fulles de vidre, en dificulta el procés de reciclatge.**



En aquest marc, la barrera del reciclatge dels parabrises ha estat vençuda recentment. La tecnologia disponible per poder reciclar els vidres laminats dels vehicles és relativament actual, va ser aproximadament fa 20 anys quan va començar el reciclatge d'aquests materials²⁸ i actualment segueix en procés d'evolució i millores. Dues de les metodologies utilitzades per separar el PVB del vidre són:

i

Els parabrises es deixen a l'aire lliure entre 2 i 6 mesos perquè les condicions meteorològiques separin les dues capes de vidre de la làmina intermèdia. Un cop els materials han estat separats, es classifiquen els diferents trossos del vidre segons la mida. Finalment, aquests trossos es tornen a fondre per fabricar nous productes de vidre, incloent-hi nous els components vitris dels vehicles.

Carglass

i

La làmina de vidre es tritura per ajudar a separar les pedres de vidre de la capa intermèdia de PVB, així la lamina entra en una màquina que sacseja cada peça de vidre perquè la capa interna de PVB quedi exposada i es pugui retirar.

Smiley's glass.

Així, el vidre reciclat dels VFU s'utilitza com a matèria primera secundària en la producció d'innombrables nous productes d'aquest material, com ara: ampolles, gots, pots, superfícies d'edificis, finestres, elements vitralls de nous vehicles, etc.

3. El sector de la producció de vehicles a les Illes Balears

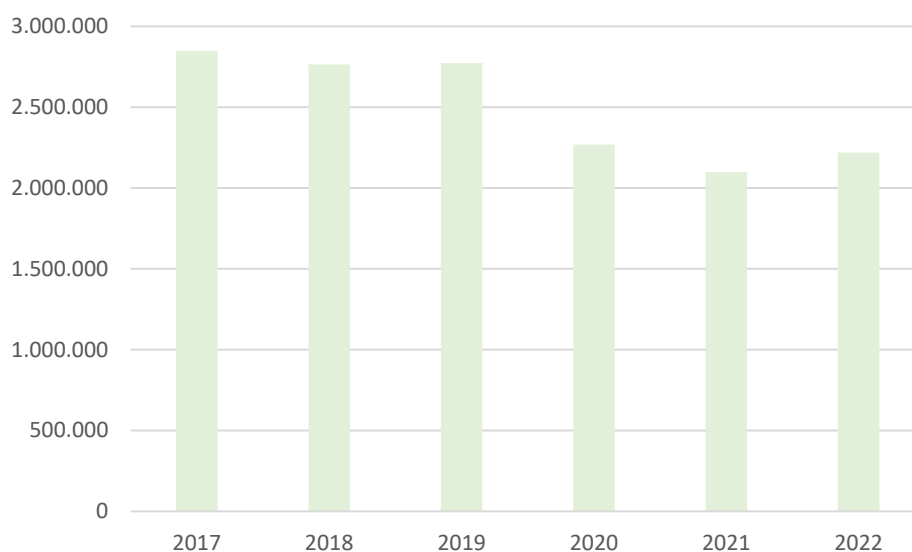
La producció de cotxes a Espanya ha estat històricament una part important de l'economia del país, sent un dels principals productors d'automòbils a Europa, amb diverses plantes de fabricació d'automòbils tant de marques nacionals com internacionals.

Segons dades de l'Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions, la producció de vehicles va tancar l'any 2022 amb una xifra de 2.219.462 unitats, un 5% més que l'any anterior. Tot i que son xifres millors que les registrades en 2021, la producció de vehicles a Espanya encara no ha recuperat les xifres prèvies a la pandèmia de la Covid-19. En aquest últims anys, a més el sector s'ha vist afectat per la crisi dels microxips i el context d'incertesa econòmica.

²⁸ Smiley's glass.



Figura 40. Producció anual de vehicles a Espanya



Font: Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions.

Pel que fa a les Illes Balears, la indústria de l'automòbil no és tan prominent com en altres regions d'Espanya a causa de la seva condició insular i al turisme com a principal motor econòmic. Respecte a les matriculacions, la regió insular representa un 2% de la matriculació nacional de turismes i tot terrenys (amb 17.076 unitats matriculades en 2021).