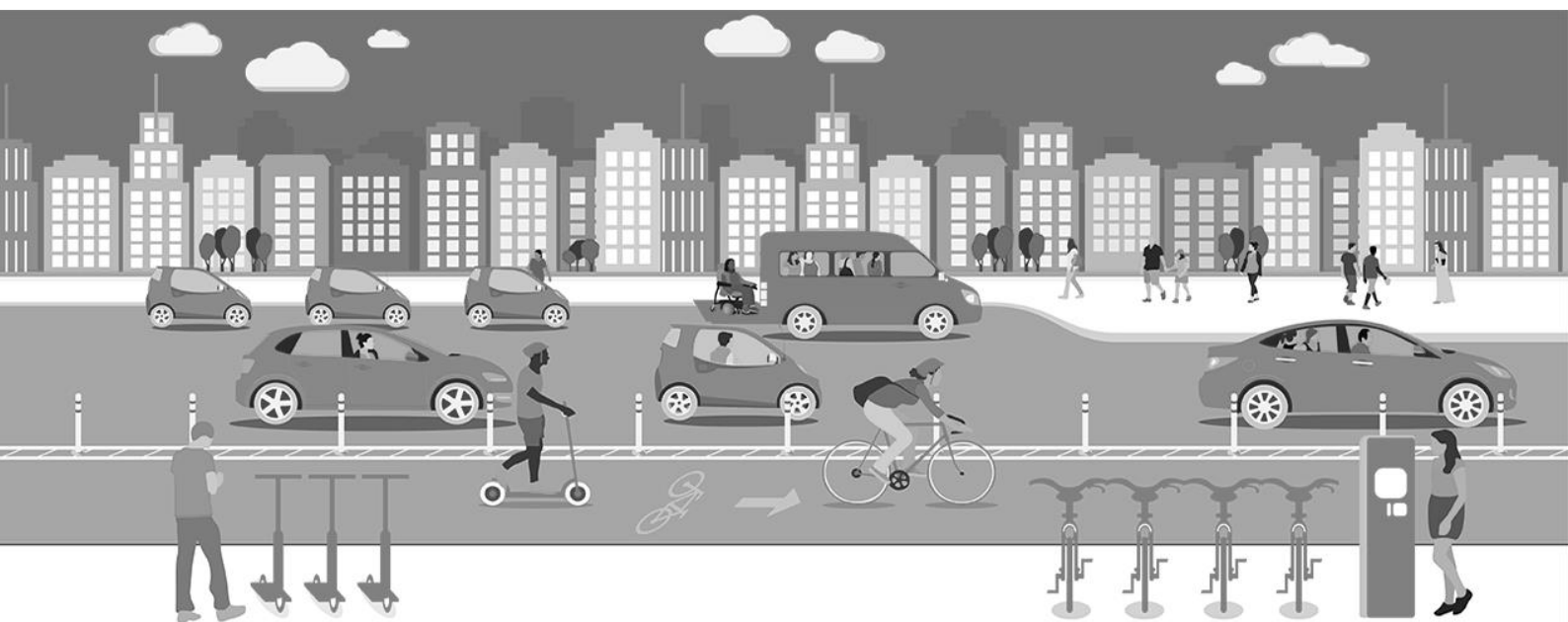


EL FUTUR DE LA MOBILITAT:

ÉS POSSIBLE MILLORAR LA MOBILITAT ACTUAL DE LA CIUTAT DE GRANOLLERS PER MITJÀ D'UN VEHICLE AUTÒNOM?



Autor: Armand Jordana Garcia

Tutor: Nicolás de Salas Carola

Data: Juliol 2019

Assignatura: Treball Fi de Màster

Màster en Creació i Gestió d'Empreses

Innovadores i de Base Tecnològica



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

AGRAÏMENTS

Són moltes les persones i institucions que han contribuït en el procés i conclusió d'aquest treball. En primer lloc, vull agrair a Nicolás de Salas, tutor del treball, per el seguiment i els bons consells que m'han ajudat a realitzar el projecte. Vull agrair a l'Ajuntament de Granollers i, en especial, a Josep Lluís Castell, Director dels Serveis de Manteniment de la Ciutat i Mobilitat, per ajudar-me i conduir-me durant tot el projecte. Agraïxo a l'Enric Dolç, de l'empresa Sagalés, i a la Lourdes Rota, de l'Ajuntament de Vic, per facilitar-me informació i punts de vista que han sigut clau per desenvolupar el treball.

Dono les gràcies a la Laura Llavina, Joan Bellavista, Montserrat Òdena i Dèlia Jordana per les seves importants aportacions.

Per últim, vull fer una menció especial a la Sara Añoto, ja que sense la seva aportació, tant a nivell personal com professional, aquest treball no s'hagües pogut culminar de la mateixa manera.

RESUM

Aquest projecte té com a finalitat estudiar el futur del sector de la mobilitat amb l'objectiu de respondre la pregunta *és possible millorar la mobilitat actual de la ciutat de Granollers per mitjà d'un Vehicle autònom?*. El desenvolupament del projecte segueix una estructura dividida en dos blocs: El Marc Teòric i el Marc Pràctic.

El primer bloc, aporta una visió crítica de les tendències que estan impactant en el desenvolupament de la mobilitat del demà, on s'extreu a mode de conclusions principals que el sector de la mobilitat està immers en una revolució com a conseqüència dels avenços tecnològics i la innovació en models de negoci, els quals estan conduint el sector cap a una mobilitat elèctrica, autònoma, connectada i compartida.

En base a les conclusions extretes en el primer bloc, l'apartat pràctic es centra en la conducció autònoma, una de les tendències que marcarà el futur de la mobilitat, on es desenvolupa un primer escenari per conèixer si *és possible millorar la mobilitat de Granollers per mitjà d'un Vehicle autònom en l'actualitat*. Pel fet d'obtenir una resposta negativa en el primer escenari, es dur a terme un segon escenari on es mostren els factors que es requereixen per a que els vehicles autònoms tinguin un impacte real i positiu en la mobilitat de la ciutats.

El projecte conclou amb un tercer escenari, on un autobús híbrid dur a terme el recorregut anteriorment analitzat com a proposta per millorar la mobilitat de Granollers amb un mitjà de transport efectiu en l'actualitat.

PARAULES CLAU

Futur de la mobilitat

Vehicle Autònom (VA)

Vehicle Elèctric (VE)

Urbanització

Aparcaments dissuasius

Granollers

Mobilitat compartida

Mobilitat connectada

ÍNDEX

I. Primera Part. La Revolució de la Mobilitat	7
1. INTRODUCCIÓ	8
2. S'APROPEN ELS COTXES A LA FI DEL SEU TRAJECTE?	9
2.1. Canvi de Mentalitat	11
2.1.1. La tardana incorporació al mercat laboral de les noves generacions a causa d'una prolongació de la vida d'estudiants	13
2.1.2. El ràpid procés urbanitzador que està experimentant el planeta	14
2.2. Canvi Tecnològic	16
2.3. Cost (relatiu i absolut) que suposa ser propietari d'un cotxe	18
2.4. Observacions	20
3. ELS COTXES DEL FUTUR	21
3.1. Vehicles Elèctrics (VE)	23
3.1.1. Canvi energètic: Energia eolar	24
3.1.2. Introducció del VE	26
4. MEGATENDÈNCIES	31
4.1. Megatendències	31
4.2. Les Megatendències es reforcen entre elles	35
4.3. La Multimodalitat	38
5. CONCLUSIONS	39
NOTES	40
II. Segona Part. És possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?	42
1. INTRODUCCIÓ	43
2. QUÈ ÉS UN VEHICLE AUTÒNOM?	45
3. FACTORS NECESSARIS PER DESENVOLUPAR EL VA I ELS SEUS RESPONSABLES	48
3.1. Tecnologia: Responsabilitat dels OEM's	48
3.2. Infraestructura 5G: Responsabilitat dels operadors	52
3.3. Legislació: Responsabilitat de l'Administració	54
4. BENEFICIS SOCIALS LLIGATS A LA INTRODUCCIÓ DELS VEHICLES AUTÒNOMS EN UN AMBIENT URBÀ	55
5. INTRODUCCIÓ ACTUAL DEL VEHICLE AUTÒNOM EN ENTORNS URBANS: CASOS REALS	59
6. CAS PRÀCTIC D'ESTUDI. ADAPTACIÓ DE LA CIUTAT DE GRANOLLERS AL VA: REQUERIMENTS I LIMITACIONS	64
6.1. Introducció	64
6.1.1. Aparcaments dissuasius. Recurs estratègic	65
6.1.2. Explicació dels escenaris	66

6.2. Escenari 1: Situació actual. Vehicle Autònom ÈRICA	67
6.2.1. Vehicle Autònom ÈRICA	67
6.2.2. Recorregut	72
6.2.3. Observacions	79
6.3. Escenari 2: Requisits per al Futur. Vehicle Autònom de nivell 5	80
6.3.1. Supòsits	80
6.3.2. Recorregut	81
6.3.3. Observacions	83
6.3.4. Conclusions	86
6.4. Escenari 3: Autobús híbrid tradicional. Operador Sagalés	87
6.4.1. Introducció	87
6.4.2. Enquesta i resultats	87
6.4.3. Recorregut (Línia 10)	91
7. CONCLUSIONS	93
NOTES	94

PRIMERA PART. LA REVOLUCIÓ DE LA MOBILITAT



1. INTRODUCCIÓ

Actualment estem davant d'una revolució en la mobilitat sense precedents des de que Ford impactés en el mercat amb el Model T a principis del S. XX¹. El Model T va suposar un canvi radical en com, fins llavors, les persones es desplaçaven gràcies a una combinació d'avenços tecnològics sumats a la innovació en el model de negoci. Avui, podem dir que la mobilitat torna a estar en una situació de canvi de paradigma equivalent a la de principis del segle passat, on fer una perspectiva del futur del transport necessita d'una vista panoràmica de com conflueixen les tendències polítiques, econòmiques, socials i tecnològiques i, totes semblen descriure's per les opcions que ofereix la connectivitat i portar un smartphone a la butxaca.

L'impuls de la innovació, juntament amb l'ascens de les energies renovables i la descarbonització del planeta tindran impactes sense precedents en els mercats internacionals i, indústries centenàries canviaran per donar lloc a nous models de negoci, on empreses extremadament joves podran aconseguir grans quotes de mercat i tenir una influència global.

La convergència entre les disrupcions tecnològiques i nous models de negoci faran que el transport del demà sigui elèctric, connectat, autònom i compartit. Amb el clar objectiu de guanyar en eficiència i reduir la contaminació, la revolució de la mobilitat implicarà l'actuació de varies tendències, algunes essent part de la mateixa indústria del transport i altres actuant com a tendències macroeconòmiques globals, com és el cas l'economia compartida o el ràpid procés urbanitzador que està experimentant el planeta.

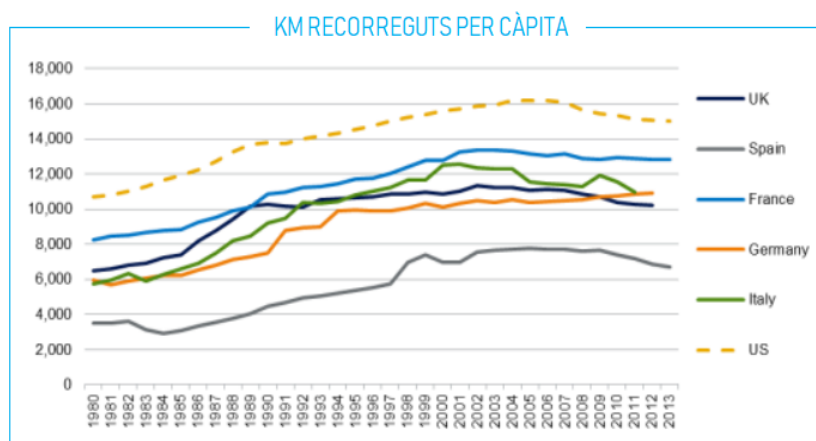
La primera part d'aquest treball, *La revolució de la Mobilitat*, busca aportar una visió crítica de les tendències que estan impactant en el desenvolupament de la mobilitat del demà, a partir de la recopilació de les informacions més actuals provinents de fonts reconegudes per la seva capacitat d'avançar els escenaris del futur a través de la informació actual.

L'estructura de la Primera Part ha estat dividida per l'avaluació de tres grans blocs que en l'actualitat estan dibuixant una nova manera d'entendre la mobilitat i de les quals s'espera que siguin protagonistes al més alt nivell: Primer de tot, es realitza un anàlisi per conèixer quin és el paper que els cotxes juguen avui en dia i entrar en detall per a desglossar si el seu rol seguirà essent determinant com a mode de transport del futur. Seguidament, s'analitzarà la introducció del vehicle elèctric en el mercat mundial i, com a tercer i últim punt, s'examinaran les tendències que estan impactant en aquest canvi de paradigma en el que està immersa la mobilitat.

La introducció del Vehicle Autònom (VA) és una de les tendències que es preveu que més poden canviar la forma en que las persones es moeuen en entorns urbans i, com a tal, es l'objecte d'estudi principal d'aquest treball. En aquest sentit, el seu anàlisi més exhaustiu es reserva per la segona part del treball on es contestarà a la pregunta si *És possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?*

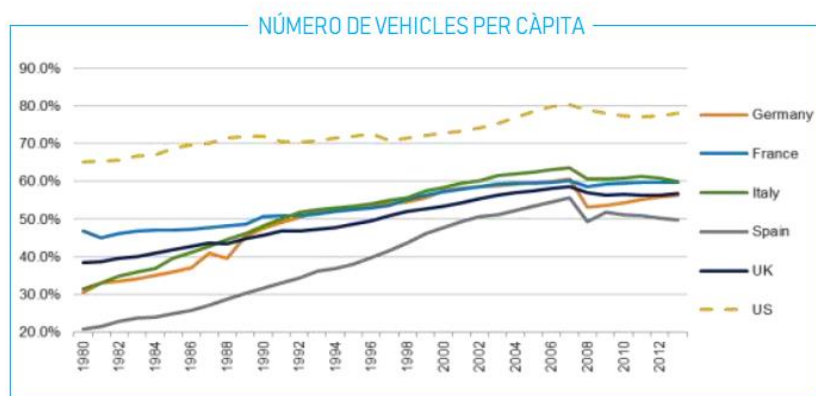


2. S'APROPEN ELS COTXES A LA FI DEL SEU TRAJECTE?



Fotografia 1. (Font: *The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*)³

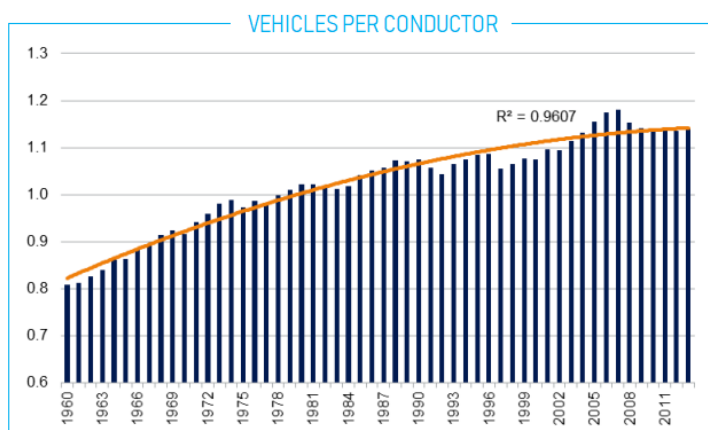
El segle XX ha sigut, sense cap dubte, l'era dels vehicles privats a motor, l'era dels cotxes. Al mateix temps que creixia la renda disponible d'un país, ho feia el número de cotxes per càpita, fins al punt que, una Proxy per a mesurar la classe mitjà d'un país és conèixer el tant percent de la població que pot afrontar la compra d'un cotxe. En el segle XXI però, la tendència ha canviat i les gràfiques mostren com el creixement del número de cotxes, en el països desenvolupats, s'està estancant. Aquest fenomen és conegut com "El pic dels cotxes", però més aviat hauria de ser entès com "L'altiplà dels cotxes"², ja que no s'aprecia una forta caiguda en les gràfiques de ventes anuals de cotxes o de kilòmetres recorreguts en cotxe, sinó una estancació.



Fotografia 2. (Font: *The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*)³

Com mostra la gràfica de km recorreguts per càpita, extreta del treball "*The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*"³, durant l'última dècada, s'han vist signes d'aquesta estancació en els kilòmetres recorreguts en cotxe en països desenvolupats, a excepció d'Alemanya. Tot i haver-se recuperat de la forta caiguda que el sector va patir a causa de la crisi econòmica mundial, que va durar entre els anys 2007 i 2012 en països del sud d'Europa, la gràfica de número de vehicles per càpita mostra com el número de vehicles per càpita en els mateixos mercats, en molts casos, l'estancació del sector era prèvia a la crisi.

Alhora, analitzant la quantitat de vehicles per persona que disposa de carnet de conduir als Estats Units, les dades continuen mostrant un altil·là en les gràfiques, on es va passar del quasi 1.2 cotxes per conductor en el 2007 al 1.15 l'any 2012.



Fotografia 3. (Font: *The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*)³

Les dades mostren un canvi que es suggerit per un límit natural en l'absorció per part de la demanda de consumidors de cotxes, hi ha una saturació de la demanda. En economia, arribar al punt de saturació és quan no s'esperen nous increments de demanda, en aquest cas vendes de cotxes, ja que els consumidors no desitgen unitats addicionals.

Seguint les característiques pròpies que s'experimenten en un punt de saturació de demanda; la utilitat marginal del consumidor tendeix a zero, el mercat no espera un increment de vendes

a no se que entrin nous clients en el mercat (països en desenvolupament) o es reemplaci el producte per obsolescència i que consumir nous productes pot arribar a ser perjudicial per al consumidor. Es poden trobar en el sector del vehicle privat motoritzat similituds amb el mercat d'electrodomèstics per a la llar, com rentadores o neveres, el qual fa molts anys que va arribar al punt de saturació de demanda².

El fenomen de "l'altiplà dels cotxes" s'ha d'explicar a través de la interacció de diversos factors:

- CANVI DE MENTALITAT (Noves generacions i la Megaurbanització)
- CANVI TECNOLÒGIC
- COST (relatiu i absolut) que suposa ser propietari d'un cotxe

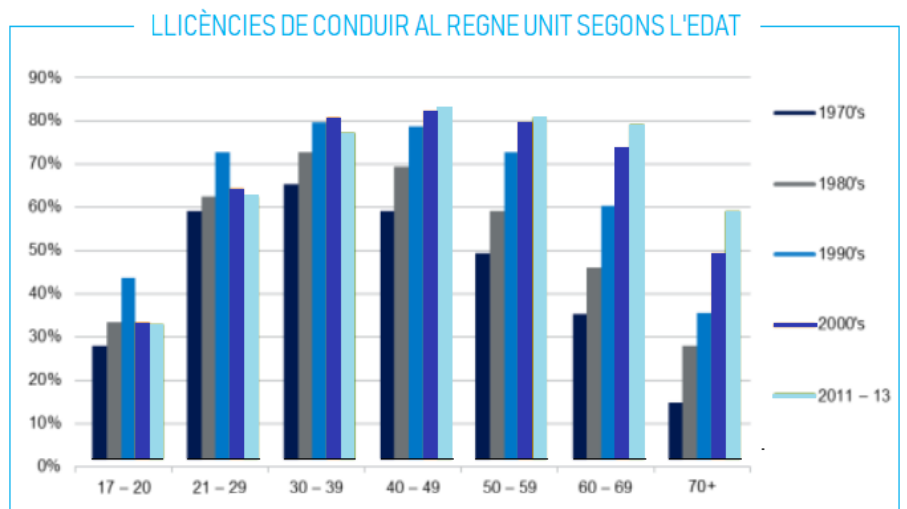
2.1. CANVI DE MENTALITAT (Noves generacions i la Megaurbanització)

“No és que la gent jove ja no s’enamori dels cotxes, sinó que no s’enamora a primera vista”⁴

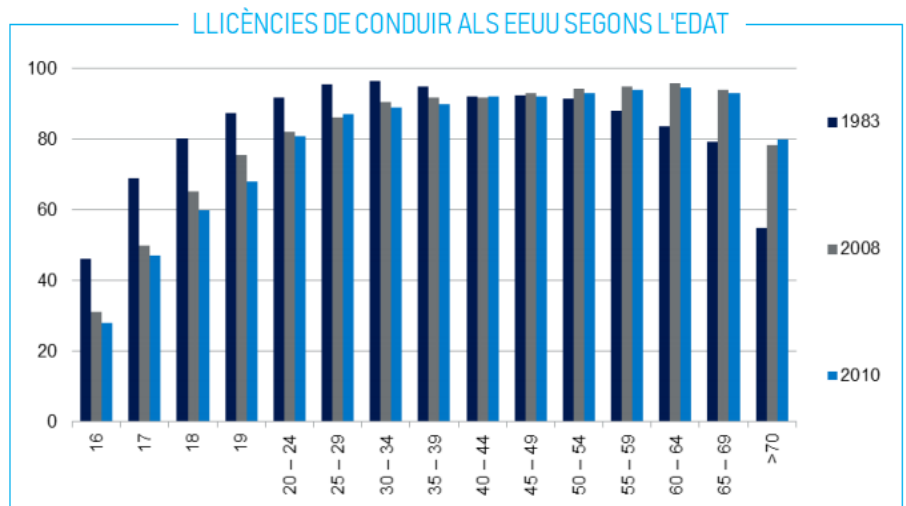
Per Neckermann Strategic Advisors

Un dels factors que explica el fenomen el trobem en les economies desenvolupades, on hi ha una clara tendència a la baixa en la utilització del cotxe per part de les noves generacions, particularment dels homes en edats al voltant dels 20 anys. La manera més explícita de veure que les noves generacions no són tant afines a la utilització del cotxe com a mode de transport és analitzar com varia el número de nous carnets de conduir.

Al Regne Unit en els anys 90, el 83 per-cent del homes anglesos d’edat compresa al voltant de 20 anys disposaven de carnet de conduir; l’any 2014 la mateixa dada es situa en el 63 per cent. Com es mostra en les gràfiques, si es desglossa el tant per-cent de persones amb carnet de conduir segons l’edat, es veu una forta caiguda en les edats més joves. Les gràfiques mostren dades d’Estats Units i el Regne Unit, però els mateixos patrons es mantenen per a tota Europa; a Itàlia va baixar un 19 per-cent el número de nous carnet de conduir només a l’any 2011.



Fotografia 4. (Font: *The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*)³



Fotografia 5. (Font: *The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*)³

Ahora, el canvi de mentalitat i de comportament de les noves generacions també es veu en el desig de ser propietaris d'un cotxe, el qual ha caigut de manera clara en les últimes dues dècades. Bens de consum com mòbils o tabletetes són més desitjables per a les noves generacions que els cotxes i, fins i tot, en Alemanya s'han vist reduïts en un 44 per cent el joves de 18 a 20 anys que són propietaris d'un cotxe, entre els anys 2000 i 2010³. És important destacar que hi ha estudis³⁴ que suggereixen que les persones que no es treuen el carnet de conduir en edats compreses al voltant dels 20 anys, són molt menys propenses a conduir o comprar-se un cotxe en algun moment de la seva vida; dada que es repeteix inclús en persones que si que es treuen el carnet, però no adquireixen un cotxe quan són joves. Per tant, una menor penetració de carnets de conduir de les noves generacions pot representar un canvi més accentuat en un futur per als mercats d'automòbils, ja que aquestes persones s'acostumen a desplaçar-se en altres mitjans de transport. L'article "The End of Car Culture"⁵ del *New York Times*, es refereix a aquest canvi de mentalitat de igual forma dient que aquests canvis en els hàbits de conducció de les noves generacions i la seva mentalitat

respecte a ser propietaris d'un cotxe podria tenir efectes més grans a llarg plaç.

Com expressa David Metz en el llibre "Travel fast or Smart"², la mitjana de temps que una persona europea dedica a desplaçar-se roman constant en una hora des de principis dels anys 70. És a dir, una menor penetració de nous carnets de conduir no significa que la gent ja no es desplaci tant com abans, sinó que ho fa amb altres mitjans de transport.

Però què explica aquest canvi de mentalitat de les noves generacions i el seu poc entusiasme per ser propietaris d'un cotxe? Les noves generacions han crescut en ambients on el cotxe ha sigut un membre més de la família i, en canvi, estan substituint el vehicle primat motoritzat dels seus hàbits de consum per altres formes de mobilitat.

Aquest procés de substitució es pot entendre principalment per **dues raons**: la **tardana incorporació** al mercat **laboral** de les **noves generacions** a causa d'una prolongació de la vida d'estudiants i el **ràpid procés urbanitzador**⁶ que està experimentant el planeta.

2.1.1. La tardana incorporació al mercat laboral de les noves generacions

Respecte al primer motiu, la renda disponible de la gent jove depèn, en la gran majoria dels casos, de la seva incorporació en el mercat laboral. Des de fa dècades, en els països desenvolupats els joves decideixen dedicar més anys a estudiar en decrement d'entrar en el mercat laboral. Això provoca que fins ben passats els 20 anys, les noves generacions no comencin a obtenir ingressos suficients per a poder comprar i mantenir un cotxe en propietat.

És rellevant destacar que, segons David Metz, un cop un jove acaba el seu període estudiantil i ingressa en el món laboral, si per anar a la feina necessita cotxe destinarà els diners en adquirir-ne un, però si pot arribar a la feina en transport públic i degut a que en aquest primer moment de vida laboral encara no disposa de grans estalvis, preferirà l'opció del transport públic en comptes de comprar un cotxe.

A la vegada, una vida d'estudiant més llarga està directament relacionada a una maternitat més tardana. Està demostrat que una família amb criatures és molt més dependent del cotxe, o té més necessitat de tenir-ne un, ja que els altres mitjans de transport són molt menys còmodes per a les seves necessitats. Per tant s'haurà de veure si, quan les noves generacions comencin a formar famílies, seguiran per optar per una vida sense cotxe.



2.1.2. El ràpid procés urbanitzador que està experimentant el planeta

En segon lloc estan les implicacions que suposa el ràpid procés urbanitzador, possiblement el motiu més influent per explicar el canvi de mentalitat. Les Nacions Unides preveuen que tres quarts de la població mundial l'any 2050 viurà en una zona urbana⁷.

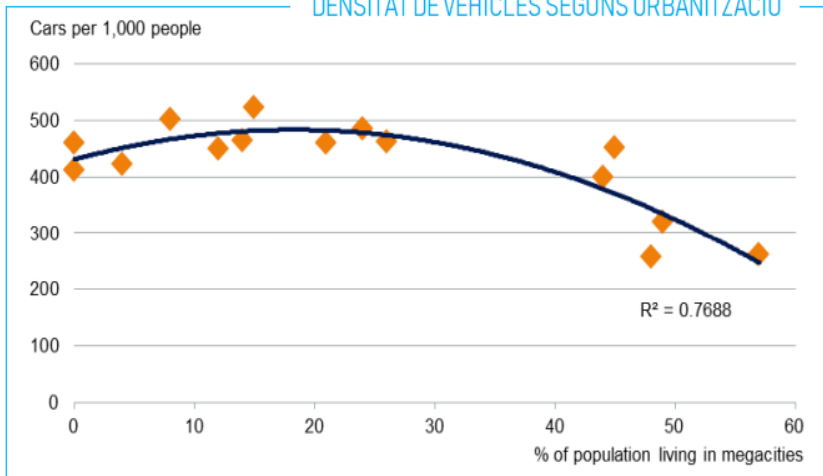
la quantitat de vehicles per càpita. A aquest fet se li han de sumar els resultats extrets per Nielsen, que mostren com les noves generacions són més urbanites que les generacions predecessores, amb un 62 per cent de joves vivint en ciutats.⁸

En les ciutats, on el disposar de cotxe no és un requeriment, es localitzen de forma general

campus universitaris i facultats on les noves generacions passen la seva vida com a estudiants i, alhora, a les ciutats és on, cada cop més, es situen els focus de treball qualificats, juntament amb les atraccions culturals i socials. Per tant, el procés natural que un jove experimentarà si decideix fer estudis post-obligatoris serà el de quedar-se a la ciutat quan acabi els estudis per accedir a un lloc de treball qualificat.

Un important i incert punt sobre el futur de la demanda de cotxes és saber si quan les noves generacions formin famílies amb criatures, si aquestes decidiran anar a viure a urbanitzacions situades a les afores de les ciutats on el cotxe és molt més necessari, degut a la insuficiència dels transport públic per abastir les necessitats normals de mobilitat.²

DENSITAT DE VEHICLES SEGONS URBANITZACIÓ



Fotografia 6. (Font: *The end of the road: Has the developed world reached "peak car"?*)³

Avui en dia ja s'ha superat el 50 per cent de població urbana i en els països desenvolupats la xifra encara és major, 77 per cent l'any 2010⁷. Primer de tot, la gràfica següent mostra la correlació negativa que hi ha entre el percentatge de població d'un país que viu en una ciutat i la seva densitat de vehicles.

Per tant, si la tendència de viure en zones urbanes segueix creixent, que ho farà, consegüentment caurà

Un canvi de mentalitat que, aquest cop, el trobem no només en les noves generacions, sinó en quasi be la totalitat de la població, és la consideració sobre els nivells de contaminació que són conseqüència dels gasos emesos per els vehicles motoritzats.

En les ciutats és on es concentren més cotxes per quilòmetre quadrat i és en les ciutats on la problemàtica sobre la contaminació pren més rellevància. Les conseqüències de la contaminació per a la salut són realment greus i per evidenciar-ho, recentment, l'Organització Mundial de la Salut ha publicat un estudi⁹ on estima en 5 milions i mig les persones mortes cada any a causa de problemes respiratoris. El mateix estudi revela com un dels gasos emesos per el compost dièsel, és causa directe de 40 mil morts cada any només en el Regne Unit. Davant d'aquest escenari, les administracions de tots els països desenvolupats estan creant una legislativa contundent per a reduir la utilització del cotxe com a mitjà de transport.

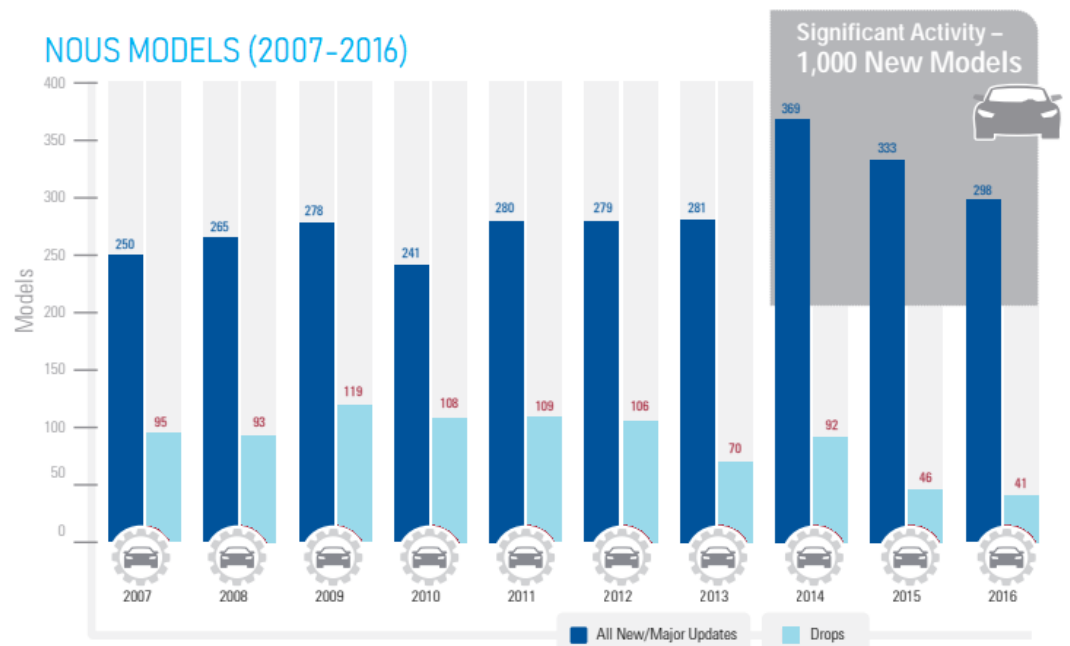


S'estan veient iniciatives per tot Europa per a intentar consensuar a la població de la problemàtica existent sobre els nivells de contaminació que causen els cotxes; ciutats com Londres, Milan o Buenos Aires han instaurat un peatge urbà per accedir al centre, Berlin ha planejat reduir l'ús del cotxe privat en un 25 per cent l'any 2025¹⁰ i Madrid començarà l'incitativa Madrid Central¹¹, entre d'altres.

En aquestes iniciatives està irrompent amb força la utilització del vehicle privat elèctric (VE), en decrement de l'ús del vehicle privat motoritzat. La unió europea ha prohibit la fabricació de vehicles de combustió (motoritzats) per a l'any 2040¹² i davant d'aquesta nova conjuntura, els VE estan en una posició d'avantatge per a fer-se líders del mercat. Davant d'aquest escenari, altres sistemes de propulsió fins ara quasi desconeguts, com és el cas de l'hidrogen, apareixen per l'horitzó.

De la mà de la Innovació i dels avenços tecnològics està sent possible una revolució en la indústria d'automoció, la qual s'està encaminant, a grans velocitats, cap al vehicle autònom i elèctric. Aquesta revolució del sector està canviant per sempre la base que ha sustentat des de fa dècades la indústria de l'automòbil, on grans marques són els líders que condueixen els avenços tecnològics cap al mercat¹⁷.

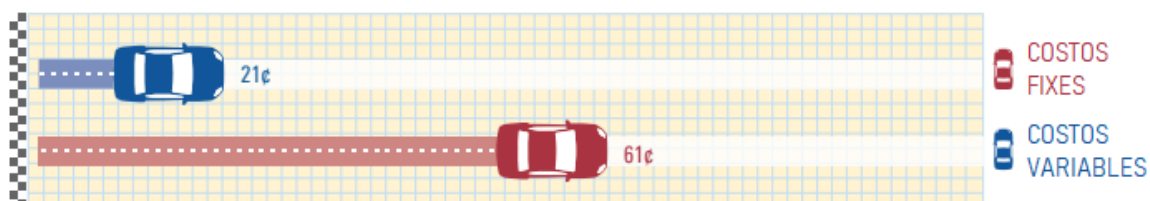
La tecnologia de motors de combustió s'ha quedat sense capacitat de innovació per a fer avanços que possibilitin als cotxes anar més ràpid, ser més segurs o ésser menys contaminants². Sota aquest paradigma, sumat a un mercat que cada cop demanda més tecnologia en els vehicles privats i, amb la creació d'una competència d'empreses petites en comparació a les grans firmes automobilístiques però coneixedores i posseïdores (know-how) de tecnologies disruptives en la indústria, el sector de l'automòbil està veient com els canvis es fan a velocitats mai vistes fins al moment on, qui no sigui capaç d'adaptar-se, morirà¹⁸.



Fotografia 7. (Font: KPMG. Me, my life and my car, 2014)¹⁴

La gràfica anterior mostra la carrera que està havent en el sector automobilístic per adaptar-se en la utilització de noves tecnologies incorporades en els vehicles i la necessitat de saciar les exigències d'un mercat cada cop més demandant de tecnologies, a través del llançament feroc de nous models i de millorats al mercat.

2.3. COST (relatiu i absolut) que suposa ser propietari d'un cotxe



Fotograifa 8. (Font: KPMG. Me, my life and my car, 2014)¹³

Un altre factor determinant per entendre l'estancació del sector de l'automòbil és l'alt cost que suposa tenir un cotxe en propietat, tant en termes absoluts com relatius^{3 4}. L'empresa MaaS Global ha analitzat que, de mitjana, una persona europea paga al voltant de 100€ al mes per a disposar de l'ús de les tecnologies digitals, és a dir, tant disposar de smartphone com dels serveis de dades que pagues a la companyia operadora de telecomunicacions. En canvi, ser propietari d'un cotxe costa de mitja 400€ al més¹⁹.

La idea de ser propietari d'un cotxe perd cada cop més atractiu. Segons dades de KPMG¹⁴, gastar milers d'euros per un producte que perd un 11 per cent del seu valor en el mateix moment que signes la compra i que el tindràs més del 95 per cent del temps sense utilitzar, no és una bona decisió en termes econòmics.

Amb aquests números sobre la taula i amb la tecnologia fent de suport, han sorgit empreses que

utilitzen nous models de negoci per abastir aquesta situació. Per exemple Whim, la única aplicació de mòbil que ofereix un servei total de Mobilitat com a Servei, posa a disposició dels seus clients un paquet de mobilitat que integra la possibilitat d'utilitzar varis mitjans de transport per 100€ al mes²⁰.

Alhora, empreses de carsharing o motosharing, com Car2Go o Ecoltra, ofereixen els seus serveis de lloguer de cotxe per minut, ja que per al client la part més cara de ser propietari d'un cotxe equival als costos fixes (compra del vehicle, amortitzacions, reparacions, assegurança, impostos) i, en canvi, els costos variables (combustible i desgast del vehicle per ús) equivalen a una proporció molt més petita del que suposa ser propietari d'un vehicle privat. Les empreses al beneficiar-se d'economies d'escala han trobat en el negoci, un model molt rendible en termes monetaris.



Per descomptat, que el Transport Públic juga un paper protagonista en aquest escenari, ja que una xarxa eficient de transport públic és la major competència del vehicle privat. En aquest sentit, les contínues millores en el servei de transport que estan havent en les grans ciutats dels països desenvolupats fan que el transport públic sigui el millor substitutiu del cotxe. En canvi, en zones urbanes poc denses i en municipis les xarxes de transport que ofereixen les administracions encara estan lluny d'oferir serveis totals per a competir amb vehicles privats.

Les inversions públiques destinades a crear i millorar les infraestructures necessàries per a l'existència d'un carril de baixa velocitat, que han anat a més en els últims anys, (fins no fa gaire conegut com "carril bici", però la introducció de nous mitjans de mobilitat, com és el cas del Scooter, ha fet replantejar-se la nomenclatura), són també un factor a tenir en compte en l'estancació de la demanda del vehicle privat motoritzat. És impossible per a qualsevol vehicle motoritzat, competir en preu o emissions amb una bicicleta i, com és obvi, el seu ús depèn de les facilitats que tinguin els usuaris per a circular.

2.4. OBSERVACIONS



A mode d'observacions i reflexions cap al sector automobilístic, la tendència del vehicle privat motoritzat com a actor principal de la mobilitat es pot entendre que està arribant a un punt d'inflexió, on es veu una disminució tant en l'ús del cotxe en quan a distància recorreguda com en la compra d'unitats. L'explicació a aquest canvi de tendència recau en varis factors com: en el canvi de mentalitat de les persones en l'ús del vehicle privat, accentuada en les persones joves, en la creixent urbanització que està creant grans zones urbanes on el cotxe no és tant necessari, en la millora de l'oferta del transport públic i en les innovacions tant tecnològiques com de models de negoci.

Davant d'aquesta situació, Les empreses manufactureres i/o productores (OEMs) necessiten plantejar-se el seu model de negoci. L'economia compartida i la visió de la no propietat prenen força, on ser propietari d'un vehicle no és una bona decisió i, arran d'això, empreses que ofereixen serveis de mobilitat a la demanda com Uber o Avancar són alternatives viables a posseir un cotxe, especialment en les zones urbanes.

En conclusió, el canvi de paradigma és real i en el futur, les empreses fabricants han d'ésser conscients que, davant la innovació tecnològica la potencia dels

cavalls d'un cotxe serà menys important que la potencia dels processadors que tingui integrats¹⁴. La connectivitat integrada en els vehicles oferirà un canal ideal per a les OEMs i altres empreses del sector per tal de construir millors relacions amb els consumidors i, aconseguir d'aquesta manera, grans millores en la personalització dels productes i serveis.

D'altre banda, aquests canvis analitzats que comporten una no dependència del vehicle privat motoritzat (cotxe) tenen el seu lloc d'acció en les grans zones urbanes. Per tant, és de vital importància ressaltar la diferència d'escenaris que es viuran en el curt i mig termini (2-10 anys) en les grans zones urbanes i les zones urbanes mitjanes.

En les primeres, la gran oferta de transport públic sumat a la gran oferta de nous models de mobilitat compartida, que s'han creat en els últims anys possibilitats per la gran dimensió de mercat que suposen les grans ciutats faran que es pugui entendre una mobilitat no dependent del vehicle privat motoritzat.

En canvi, en les zones urbanes mitjanes i en les poblacions petites el vehicle privat encara seguirà sent l'actor clau per la gran majoria de la població, ja que per el moment no es donen els factors que possibiliten una mobilitat no dependent del cotxe.

3. ELS COTXES DEL FUTUR

Tot i que, tant a les empreses del sector de l'automòbil com als consumidors del sector els hi encantaria poder dir que els cotxes del futur pròxim, els vehicles que conduiran el dia de demà, seran vehicles capaços de volar i desplaçar-se a grans velocitats, la veritat encara és molt diferent. Basant-se en els resultats obtinguts a l'estudi, "Global Automotive Executive Survey 2017"¹⁸, que la consultora KPMG ha realitzat enquestant a més de 1.000 alts directius d'empreses de tot el món que operen en el sector de l'automòbil i a més de 2.400 consumidors d'arreu del planeta per a conèixer i comparar les opinions, des del costat de l'oferta i des del costat de la demanda, es pot extreure que el futur

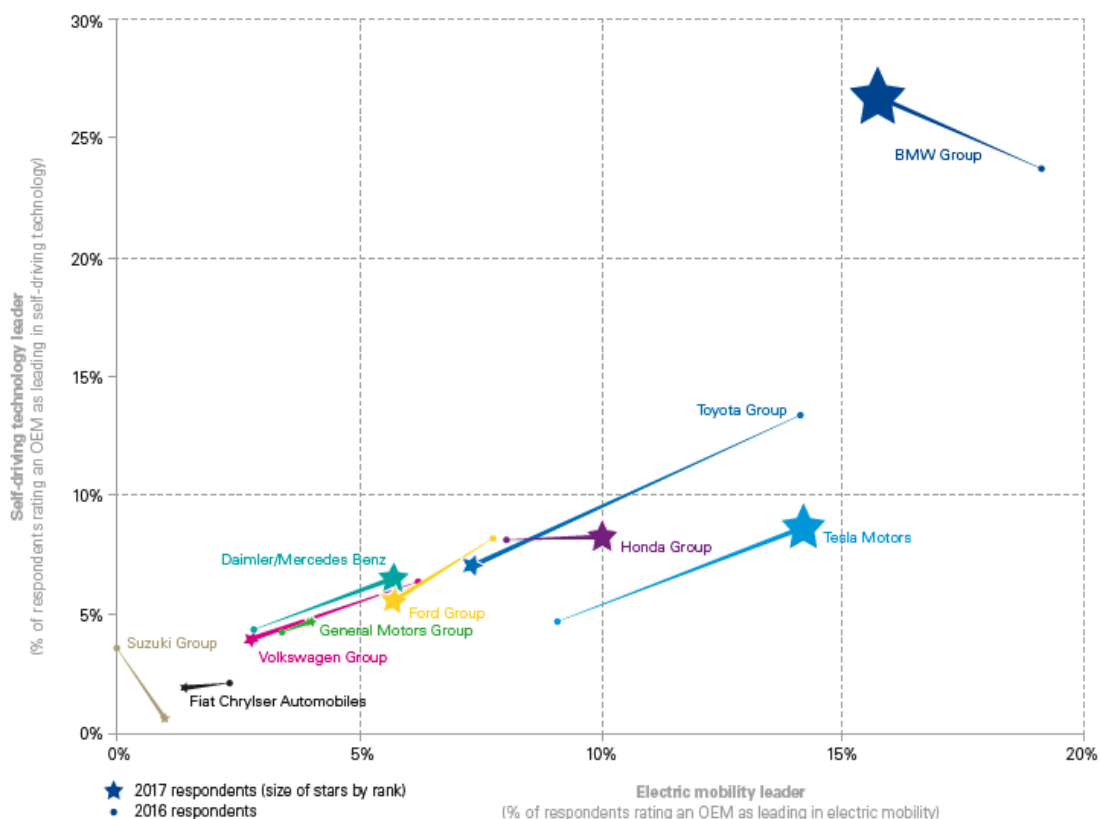
del vehicle privat passa per ser elèctric, autònom i on la digitalització farà que les dades siguin el combustible del futur.

En aquest nou paisatge en què la tecnologia ha agafat el rol protagonista, amb regulacions més estrictes que mai cap a les emissions contaminants, on la mentalitat del consumidor està canviant a la vegada que canvien els comportaments de les noves generacions en vers la propietat i creix la continuada demanda de connectivitat i digitalització; podem observar com hi ha companyies que s'han perdut en la transició entre les tecnologies autònomes, el canvi energètic i la digitalització.

General Motors anuncia la retallada d'un 15% de la seva plantilla de treballadors als Estats Units²¹

2018

Diari El Economista, novembre



Fotografia 9. (Font: KPMG.Global Automotive Executive Survey 2017)¹⁸

Com es pot observar en el gràfic extret de “*Global Automotive Executive Survey 2017*”, el mercat del futur està totalment liderat pel Grup BMW en les dues grans vessants: Vehicle Electric (VE) i Vehicle Autònom (VA). La segona d'aquestes vessants, el Vehicle Autònom, és l'objecte d'estudi principal d'aquest treball i el seu anàlisi exhaustiu es reserva per la segona part del treball, on es contestarà a la pregunta si *És possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?*. En aquest sentit, a continuació es desenvoluparà l'anàlisi del Vehicle Elèctric i la seva introducció en el mercat.

En el mobilitat elèctrica, Tesla Motors segueix la seva estela en segon lloc. D'aquest gràfic però, apart de posicions en la carrera i prediccions, es destaca la volatilitat que el sector de l'automòbil té respecte a imaginar-se un futur proper (2025), ja que comparant els resultats del mateix estudi l'any 2016 les posicions s'han intercanviat de manera considerable.

Per tant, no es pot preveure quines seran les firmes automobilístiques líders del sector al 2025, fins i tot, no es pot preveure si la que serà la marca líder del futur existeix avui en dia o encara no s'ha fundat, però el que sí que és segur és que amb els vehicles que ens desplaçarem seran elèctrics i autònoms.

Davant d'aquest escenari on sembla que tot depèn de la rapidesa en que t'adaptis a les noves maneres de funcionar que possibiliten les disruptcions tecnològiques, Dieter Becker, Director General de l'àrea d'automoció de KPMG, ressaltava la importància de trepitjar el fre i agafar aire per intentar descobrir noves competències centrals que permetin aprofitar esferes que estan més enllà del territori per on fins ara t'has mogut, pensar en un ús eficient dels recursos, formular una fulla de ruta que permeti capturar les oportunitats de futur i ,alhora, repensar-se el model de negoci.

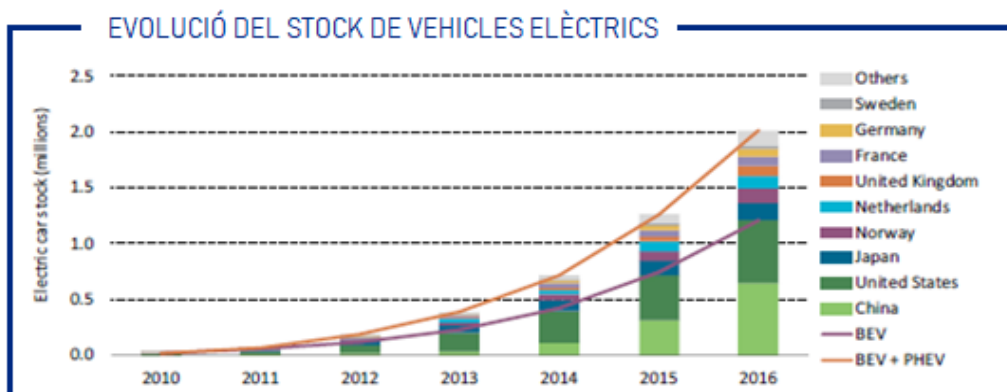
“El meu pròxim cotxe serà elèctric”²²

Per Ben Van Beurden, CEO de Shell



3.1. VEHICLES ELÈCTRICS (VE)

La venta de cotxes elèctrics, segons dades extretes del “GlobalEV 2017”²³, informe publicat per l’Agència Internacional de l’Energia, va aconseguir un nou rècord l’any 2016 amb al voltant de 750 mil vendes a tot al món.



Fotografia 10. (Font: AIE. Global EV Outlook 2017)²⁷

La progressió a l'alça és abismal i la transició cap als VE en carretera, que començà fa només una dècada, s'està multiplicant per moments i manté l'escenari d'una baixa emissió de gasos en el futur, en el que es preu que la dinàmica segueixi essent la mateixa durant les pròximes dècades. El mercat global de VE ha superat les 2 milions d'unitats, després que l'any anterior (2015) superés per primer cop el milió d'unitats en circulació i on diversos països estan avançant cap al lideratge d'aquest mercat. Noruega té la quota de mercat nacional de VE més gran del món amb un 29% l'any 2016. Alhora, Xina ha experimentat un creixement del mercat extraordinàriament ràpid, de 100 mil unitats en circulació l'any 2014 a 650 mil unitats dos anys més tard.

El subministrament de la infraestructura de carga, tant pública com privada, ha acompanyat el creixement del VE, ja que el número de punts de carga accessibles al públic és de 320 mil unitats a tot el món, el que suposa un creixement del 72 per-cent respecte l'any 2015.

Segons la mateixa agència els èxits són impulsats per els múltiples beneficis que els VE poden aportar als governs: Seguretat energètica (gràcies a l'energia eficient de la mobilitat elèctrica i a la reducció de la dependència del petroli), la qualitat de l'aire en zones urbanes, la reducció de la contaminació acústica i la reducció de gasos d'efecte hivernacle llançats a l'atmosfera.

Els governs i les autoritats locals estan desenvolupant polítiques destinades a proliferar els beneficis dels VE. Les eines actualment disponibles per als encarregats de formular les polítiques inclouen, entre d'altres, subsidis de compra, mesures que recolzen el desplegament de zones de carga i restriccions d'accés a les zones urbanes de vehicles no elèctrics.

A part de la perspectiva enormement positiva, és innegable que l'actual acceptació del mercat cap al VE és en gran part gràcies a les polítiques públiques favorables, les quals arriben fins als nivells més profunds del teixit industrial que hi ha darrera de les tecnologies que permeten els VE. Les inversions públiques i privades en I+D i la producció en massa estan permetent reduccions importants en el cost de producció i augments en les capacitats de les bateries.

Els indicis, segons AIE, pronostiquen que les millores continues en les tecnologies que s'estan investigant actualment confirmaran la tendència positiva del sector i que permetran reduir la diferencia de costos que existeix en l'actualitat entre VE i vehicles de combustió.

En els pròxims 10 i 20 anys, el mercat de VE passarà de la fase actual d'implantació inicial a l'adopció en massa per part del mercat. Segons les avaluacions de les fites fixades pels països (Espanya, per exemple ha anunciat que els 100 per cent de les ventes de cotxe per l'any 2040 serà de VE i Noruega, país capdavanter, ha anunciat la mateixa fita per al 2025), els avisos dels OEM i els escenaris de sensibilitat positiva per part de la societat cap als VE semblen confirmar que el número d'unitats en circulació poden oscil·lar entre 9 i 20 milions al 2020 i entre 40 i 70 milions al 2025²³.

Per a fer possible aquestes prediccions serà necessari generar grans quantitats d'energia elèctrica que, per que sigui sostenible haurà de provenir de fons sostenibles i, alhora, s'haurà de tenir la capacitat per emmagatzemar l'energia necessària per abastir la gran quantitat de VE que s'incorporaran al mercat els pròxims anys. Arribar a l'escenari que es pronostica per al 2025 implica un canvi energètic.

3.1.1. Canvi Energètic: Energia Solar

No és casualitat que les unitats en circulació de VE superés el milió per primer cop a l'història l'any 2015 i que en l'any 2016 ja siguin més de dos milions d'exemplars en circulació. No és casualitat que es pronostiqui arribar als 20 milions d'unitats l'any 2020 (el que suposa un augment del 2000 per cent en 5 anys), igual que no va ser casualitat que l'any 2007, tant Apple com Google, traguessin al mercat els sistemes operatius IOS i Android respectivament, que van possibilitar els smartphone.

El primer smartphone es va llançar al mercat l'any 2007, no l'any 2005 o l'any 2009, perquè els canvis disruptius en la tecnologia havien permès durant anys reduir els costos de fabricació i ampliar la capacitat dels processadors (Llei de Moore)²¹ fins al punt de permetre la convergència en la tecnologia i l'aplicació del model de negoci necessari per a l'obtenció dels primers telèfons intel·ligents. Des de llavors els avenços en els sistemes operatius han seguit avançant de manera imparable fins al dia d'avui.



El professor de la Universitat de Stanford, empresari de Silicon Valley i expert en energia i mobilitat, Tony Seba, en el seus llibres “*Sollar Trillions*”²⁴ i “*Rethinking transportation 2020-2030*”²⁵, expressa que tant l’obtenció d’energia solar i el seu emmagatzemant, com les bateries dels VE estan arribant als nivells de disrupció tecnològica suficients per: possibilitar la fabricació de VE elèctrics a cost competitiu, la fabricació de bateries que ofereixen una alta autonomia, la creació de punts de recàrrega ultra ràpida i, potser el més important, que la indústria de l’energia solar sigui capaç d’abastir d’energia elèctrica el mercat de l’automòbil.

El 5 d’octubre del 2018, Espanya va publicar al BOE la llei per a la transició energètica, en la qual estipula que el 35 per cent d’energia de consum ha de provenir de fons renovables per l’any 2030 (*13593 Real Decreto-ley 15/2018*), entre d’altres punts. Per aconseguir aquest 35 per-cent serà necessària una participació, com a mínim, del 70 per-cent de l’energia solar. Segons Seba, aquest valor no hauria de ser un problema, ja que la indústria solar ha vist duplicada la seva capacitat de producció cada any des del 1994, i des de l’any 2000 fins ara la indústria ha crescut un 40 per-cent en termes monetaris. Les prediccions són tant positives que per el 2030 el 95 per-cent de la mobilitat de tot el món podria ser elèctrica.

Avui en dia, l’energia més barata ja és l’energia solar i en un futur pròxim farà que els combustibles fòssils, incloent el petroli, siguin obsolets en el transport. Es preveu que el petroli seguirà tenint una importància estratègica en indústries com la química, però els càlculs preveuen que només serà rentable de produir per als països on el cost d’obtenció del barril estigui al voltant dels 20\$²⁴. Davant aquesta conjuntura, països que han basant la seva economia en el preu

del petroli, ja estant prenent mesures. Per exemple, Noruega és el primer país en regulacions a favor del cotxe elèctric i Aràbia Saudita ha posat en marxa més de 30 projectes per intensificar la indústria solar en el país.

Per a oferir els grans nivells de demanda que requereix el canvi energètic serà necessari nous sistemes d’emmagatzematge. L’emmagatzematge d’energia no és un concepte nou, contínuament s’està emmagatzemant energia a través dels nostres dispositius mòbils, ordinadors portàtils entre d’altres molts dispositius electrònics que cada dia utilitzen energia sota demanda.

En canvi, l’adopció generalitzada de l’emmagatzematge d’energia necessària per a nodrir als vehicles de tot el món i la seva posterior distribució a través de la xarxa és inèdit fins al moment, la qual està essent recollida al ritme que ho permeten les cèl·lules de bateries de ions de liti, actualment abundants i de baix cost.

Simon Moores, Managing Director del Benchmark Mineral Intelligence, destaca que per possibilitar el procés de transició energètica s’estan construint enormes plantes de bateries de ions de liti d’una magnitud molt més gran que els seves predecessores²⁶. Al 2014, Tesla va anunciar la construcció d’una Gigafactory a Nevada amb 35 GWh de producció cel·lular, l’equivalent al consum que necessiten mig milió de VE i, que en aquell moment, passava a ser la primera planta en tenir una capacitat de més de 10 GWh. Per Moore, el repte més gran és l’escala de la cadena de subministra que es necessita per a transmetre l’energia de la planta de bateria per a satisfer a temps la demanda dels automòbils i fer possible una penetració a gran escala dels VE.



3.1.2. Introducció del VE

Ara és el moment, un cop les tecnologies estan permetent que la transició energètica sostenible sigui una realitat i que els VE siguin competitius als vehicles de combustió interna, de treballar per fer que la penetració dels VE elèctrics en la societat sigui el més eficient possible. Per a que així sigui, David Robinson, expert en mobilitat i redactor del Oxford Energi Forum, resalta **5 punts claus** que poden intervenir en el procés i dictaminar resultats positius i/o negatius²⁶.

1. La Introducció del VE serà ràpida

Les previsions de VE en circulació (2020-2040) dona un missatge clar sobre la rapidesa en què augmentarà el sector. Com s'ha vist, el motiu principal d'aquest augment és la disrupció tecnològica que fa possible una reducció dels costos de producció dels VE, però alhora, Davis Robinson identifica com actors clau impulsaran la penetració dels VE:

- **IMPULS POLÍTIC**

Les institucions polítiques estan redactant la fulla de ruta per a que els VE elèctrics siguin una realitat en la vida quotidiana de les ciutats. D'aquest impuls des dels estaments polítics s'ha de tenir clar que la penetració dels VE té beneficis molt concrets per al desenvolupament de les seves respectives polítiques:

- ✓ Primer, els ajuda a aconseguir els objectius mercats per les cimeres internacionals pel medi ambient. En especial en els països que conformen la UE, on les institucions europees porten anys marcant objectius mediambientals, han vist com mentre els gasos d'efecte hivernacle provinents de diferents sectors econòmics han anat reduint la seva presència en l'atmosfera en les últimes dècades, les emissions provinents del transport per carretera han augmentat (en 2014 les emissions van ser un 17 per cent per sobre dels nivells del 1990).
- ✓ Segon, els VE ajuden a reduir la contaminació de l'aire. Les malalties respiratòries en les ciutats són un greu problema i una ràpida penetració dels VE tindria gran impacte positiu en la salut dels ciutadans.
- ✓ En tercer lloc, el soroll generat pel tràfic perjudica la salut i el benestar dels habitants d'una ciutat. Segons l'agència Europea pel Medi ambient, al 2012, quasi 90 milions de persones vivien en ciutats on els nivells de soroll superaven, de manera prolongada, els nivells recomanats per la UE.

- **IMPULS LOCAL**

La població, com a consumidors, impulsaran de manera clara la penetració dels VE principalment per la millora en la qualitat de l'aire que se'n deriva.

- **IMPULS INDUSTRIAL**

Els avenços tecnològics han fet que els VE siguin una realitat de present i de futur. Amb aquest nou escenari, les firmes automobilístiques tenen molt clar que és necessari destinar recursos i mitjans per a poder desenvolupar VE competitius en cost i bateries potents per a dotar d'autonomia els vehicles del demà. Altre cop es pot analitzar com la tendència dels VE ha augmentat ràpidament, gràcies a les disrupcions, ja que en l'estudi que KPMG publica cada any sobre el sector de l'automoció es veu com en quatre anys les bateries dels VE han passat de la desena a la primera posició, en quant a factors més importants que tenen en compte els alts càrrecs de la indústria de l'automòbil.

- **IMPULS ECONÒMIC**

S'espera que en menys d'una dècada el cost, tant d'adquirir com de mantenir, d'un VE sigui més barat en comparació al cost d'un cotxe de combustió interna. El factor monetari serà el que faci dels actuals vehicles motoritzats una tecnologia obsoleta, al igual que els combustibles fòssils com a font d'energia.

- **PLANIFICACIÓ ESTRATÈGICA PER PART DEL SECTOR DE L'AUTOMOCIÓ I ENRÈGIC**

Tant les grans firmes automobilístiques com les empreses energètiques dominadores del mercat mundial, estant notant la pressió que exerceix la Xina, líder indiscutible en el mercat d'energies renovables, sobre el seu model de negoci. El concepte de pivotar, empleat en el món de les startups quan es vol fer referència a la necessitat de plantejar-se un canvi en la direcció del model de negoci, serà protagonista durant els pròxims anys en empreses centenàries de la indústria automobilística i de la indústria energètica.

La Xina ha experimentat un creixement en el mercat de VE extremadament ràpid, passant de 100 mil unitats en circulació l'any 2014 a 650 mil unitats dos anys més tard. Les dades mostren com la Xina s'està posant al cap davant del sector, fet que es pot relacionar amb una estratègia geopolítica. En el S. XX s'ha vist com els països que han dominat els sectors del transport i l'energia (Estats Units, Alemanya i Japó), han sigut primeres potències mundials, per tant, es podria entendre una relació directa entre ser un país líder mundial amb el lideratge d'aquest dos sectors.

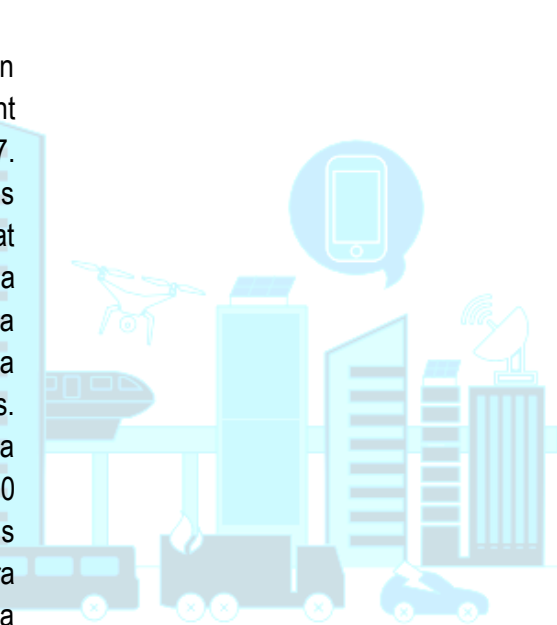
2. Possibles barreres elèctriques en la penetració del VE

La demanda del consum d'energia elèctrica augmentarà exponencialment en els pròxims anys, només en el Regne Unit es preveu que augmenti de l'1 GW de demanda que hi ha en l'actualitat a 15 GW en pics de demanda. Avui en dia, no s'està preparat per abastir els nivells d'energia elèctrica que serà demandada en un futur i la infraestructura necessària per a fer-ho serà, sens dubte, un dels factors més importants.

En aquest aspecte, la infraestructura de càrrega de VE és encara un gran repte. El número de punts públics de recàrrega està creixent constantment, passant dels 150 mil punts l'any 2014 a 500 mil l'any 2017. La Xina està jugant un rol protagonista en aquest aspecte, però els números d'Amèrica del Nord i d'Europa també estan augmentat considerablement. La tecnologia està avançant ràpidament en quant a càrrega ràpida. Els punts de càrrega ràpida de principis de dècada operaven al voltant de 50kW i, en l'actualitat, aquest número ha augmentat fins a apropar-se als 500kW i s'espera que segueixi en ascens. Els punts de càrrega ràpida són bàsics en qüestió de temps i avui en dia ja es podria carregar quasi la totalitat de la bateria d'un VE en 15-20 minuts, si la tecnologia de les bateries dels VE suportessin aquets nivells de càrrega. Els avenços tecnològics arribat aquest punt, també s'espera que siguin a gran velocitats i que en els propers anys veiem una sinergia de KW entre punts de càrrega i bateries.

El subministrament d'energia a través de la xarxa elèctrica cap als punts de càrrega serà un limitador degut a la capacitat que aquesta pot suportar. Per a realitzar la transició energètica eficientment seran necessàries grans inversions per adaptar la infraestructura requerida per a una introducció total del VE i, segons Robinson, la suma de l'import en inversions per a fer-ho possible ascendeix a 2€ bilions. Davant aquest panorama, el sector privat i el sector públic han d'anar de la mà i treballar per a crear una infraestructura potent que pugui suportar els pics de demanda d'electricitat. S'esperen grans inversions d'empreses en aquest sector, però com s'extreu de l'estudi "*Future Energy Scenarios*"²⁷, realitzat per NationalGrid, el sector públic tindrà un paper determinant ja que haurà de liderar al debat sobre la revolució energètica en tota la indústria, treballant amb els grups d'interès per assegurar que el futur energètic sigui segur i integrador.

La introducció de VE també estimularà la demanda de productes bàsics necessaris per a la fabricació de bateries, com el liti, el cobalt i altres minerals requerits per a la producció de les bateries del futur, com és el cas del níquel. La geopolítica tindrà un paper rellevant i s'esperen que les pujades de preu que tindran aquets productes puguin retardar els avanços.



3.Redistribució del sector elèctric (RE)

S'espera una revolució en el sector de l'energia. El paisatge econòmic, els avenços tecnològics, els models de negoci en evolució i el comportament dels consumidors estan canviant a velocitats mai vistes fins al moment. En aquest escenari, continuament s'estan creant noves oportunitats per a la indústria on, les empreses hauran de ser conscients de la necessitat d'aprofitar els nínxols de mercat que sorgiran en el futur. Tot i així, noves empreses i nous operadors, aprofitant el "know-how" de noves tecnologies, s'alçaran en el sector, on empreses consolidades des de fa temps veuran com gran part dels seus actius ja no tenen cap valor. És important que el sector públic faci de termòmetre i actuï a través de regulacions que facin que la transició energètica circuli per una carretera asfaltada i no per un camí de pedres.

4.La introducció del VE i la RE es reforçaran entre elles

En l'actualitat conviuen diferents models d'infraestructura de càrrega: la càrrega des de l'habitatge de l'usuari de VE, els punts de càrrega distribuïts per les ciutats i carreteres, flotes de recàrrega central, punts de càrrega en les benzineres i recanvi de la bateria usada per una de carregada. Cada model és una opció que disposa de punts positius i punts negatius en termes d'usabilitat, eficiència i cost. Per al moment, no es pot dir quina de totes les opcions serà el mode dominant o si seguiran convivint diversos models, tot i que el més eficient sembla ser la càrrega des d'un punt central, però en tot cas tots els models necessiten del suport del sector públic per prosperar.

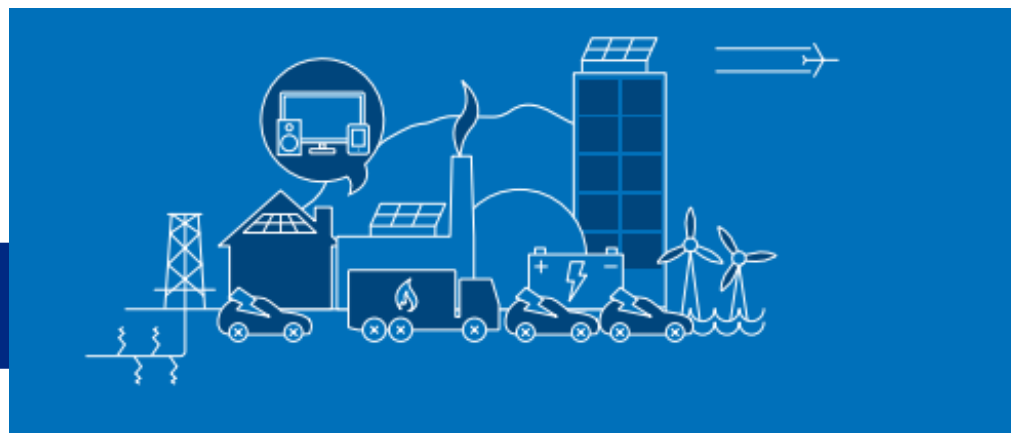
Tanmateix, la revolució del sector elèctric portarà a la creació d'empreses que aportaran noves tecnologies de la mà de nous models de negoci que podran aportar canvis substancials en la manera de fer les coses fins al moment i, alhora, noves línies de negoci s'obriran per a les empreses ja consolidades en el sector per intentar fer-se seu un mercat extremadament canviant.

5. Rols a jugar per part de les polítiques públiques

La introducció VE no es farà per si sola gràcies als mercats (a Espanya el sector de l'automoció suposa un 10% del PIB) i les AAPP a través de regulacions, ja sigui per prohibicions o subvencions, influiran molt en els tempos i en la suavitat de la introducció del VE. Donar senyals de tendència i futur cap als VE als consumidors, empreses i mercats és el primer pas per donar suport a la introducció i fins al moment, sembla clara l'aposta del sector públic per al VE.

Noves formes de recaptar impostos sorgiran durant el procés cap al VE. Estructures impositives presents, tant en els combustibles fòssils com en l'electricitat, necessiten ser revisades per a no ser una com a barrera.

Per acabar, apreciar que en qualsevol transició l'existència d'híbrids pot ser positiva i que convisquin dues realitats, el cotxe de combustió i el VE, en el mateix moment significa ajudar a esmorteir el cop que comporta la revolució que esta per venir.



4. MEGATENDÈNCIES

4.1. MEGATENDÈNCIES

En aquest apartat, s'anitzen les tendències que es preveu que tinguin un pes determinant en la revolució de la mobilitat. Totes elles per separat aportaran canvis profunds en la manera d'entendre la mobilitat, però és en el següent apartat, *Les Megatendències es reforcen entre elles*, on s'observa que l'impacte es multiplica quan una reforça a l'altre.

La penetració dels vehicles elèctrics (VE)

La introducció dels VE en els mercats canviarà la indústria automobilística per sempre. Les vendes de VE estant superant records any rere any i en el 2016 les unitats VE en circulació van sobrepassar els 2 milions per primer cop en la història²³. Els motius del ràpid augment de les vendes no es pot atribuir a un únic factor, sinó a la suma de varies forces actuant alhora com: l'impuls de les polítiques públiques a través de generoses subvencions a compres de VE, la caiguda del cost dels VE i les millores en les bateries, las regulacions restrictives cap als vehicles de combustió interna i el creixent interès cap el Ve per part d'una societat cada cop més conscienciada amb el medi ambient.

La penetració dels VE esta sent significativa a Europa, Amèrica del Nord i Xina però tot i així, els VE no representen més del 1% de les vendes totals de vehicles venuts l'any 2016. Noruega, amb quasi un 30 per-cent, és el país que presenta un percentatge més elevat en aquest indicador i, alhora, és el país amb una aposta política més potent cap a la penetració del VE legislant que per al 2025 totes les



vendes de vehicles hauran de ser de VE (a Espanya la data límit s'ha fixat per al 2040).

En els pròxims anys els avenços tecnològics faran que el preu de compra d'un VE s'iguali al d'un vehicle de combustió, tant en l'autonomia que permeten les bateries com en el sistema de càrrega les innovacions estant permeten grans millores en temps. Avui en dia el preu del VE encara és molt superior al del vehicle de combustió, però tot i així, l'interès del consumidor esta augmentat ràpidament: El model 3 de Tesla Motors, que vol ser el primer VE autònom "low-cost", va aconseguir 400 mil reserves l'any 2016 quan l'empresa de Silicon Valley va fer públic que el trauria el mercat l'any 2017, com a molt aviat.

Per a una penetració total del VE encara s'haurà d'esperar uns anys, però el que està clar és que tant els governs, com la indústria automobilística, com els consumidors hauran d'anar junts cap a la mateixa direcció: Que el cotxe del demà sigui elèctric.



Mobilitat compartida

La mobilitat compartida ha evolucionat ràpidament en els últims anys, al ritme que ho fan el número d'empreses que ofereixen serveis de car-sharing o car-pooling. Companyies com Uber o BLaBlaCar han augmentat molt la seva quota de mercat fins a enfrontar-se cara a cara amb els serveis de Taxi tradicionals.

Com es mostra en la imatge, la tipologia de model de negoci és molt diversa però entre tots conformen un sector clarament en auge que, amb l'influència de la nova macro tendència mundial de l'economia compartida, s'espera que tingui un gran impacte en el futur de la mobilitat.

En particular, "Ride hailing" ha captat molt interès en els mercats mundials, on en els últims anys startups amb aquest model de negoci han aconseguit grans xifres en rondes d'inversions per tot el món a través de Venture Capital. Les valoracions de startups com l'americana Uber o la xinesa Didi són bilionaries i en els pròxims anys seguirem veient com creixen a ritmes altíssims. Didi, a la Xina ja disposa de més de 50 milions d'usuaris actius i és el proveïdor de mobilitat de més de 100 milions de trajectes cada setmana i Google²⁸, en la última ronda d'inversions, va entrar a formar part de l'empresa de Scooters Lime

Fotografia 11. (Font: Mckinsey, An integrated perspective on the future mobility)²⁸

Tipus de d'empresa	Empreses	Descripcions	Destinació Flexible?
Operator car sharing		Ofereix una flota de cotxes amb plaça d'aparcament fixa que són llogats per hora.	
		Ofereix una flota de cotxes sense aparcament fixe que poden ser localitzats per mitjà de l'App i llogats amb un únic destí, definit dins d'una zona urbana determinada.	
On-demand ride-hailing		Connecta conductors privats amb passatgers per a viatges dins de la ciutat i a demanda.	
		Connecta taxistes amb llicència amb passatgers a través d'una aplicació mòbil.	
Peer-to-peer car sharing		Sistema peer-to-peer que connecta propietaris de cotxes amb llogaters, per a un llogar el cotxe en un horari concret.	
		Sistema peer-to-peer que permet als propietaris de cotxes llogar els seus cotxes mentre estan situats en el pàrquing de l'aeroport.	
Peer-to-peer ride sharing		Connecta conductors amb passatgers per a viatges concrets.	
		Aplicació mòbil que connecta treballadors de la mateixa zona, els quals comparteixen trajecte previament estipulat.	

Conducció autònoma

El conjunt de tecnologies que permeten una conducció autònoma estan avançant ràpidament degut a la potencial reducció de costos que suposaria un transport sense conductor i a l'augment de seguretat que se'n deriva

S'espera que per el 2030 les millores en les tecnologies i el clar enfocament, ja anunciat per part de les firmes automobilístiques, cap al desenvolupament del vehicle autònom permetin començar produir vehicles amb alta capacitat d'autonomia ²⁸

La complexitat de la tecnologia necessària per a desenvolupar sistemes operatius que permetin una conducció autònoma ha permès la incorporació de nous actors en el sector de l'automòbil, com startups coneixedores de la tecnologia, asseguradores o firmes d'inversions que recolzen amb finançament aquest tipus d'iniciatives.

Aconseguir produir el cotxe autònom no seria una assistència a la conducció més. L'autonomia total esta avançant a grans velocitats i juntament amb la gran acceptació que s'espera per part del consumidors possibilitarà noves plataformes per a innovar i des d'on sortiran nous models de negoci. El negoci de la mobilitat a la demanda torbarà grans oportunitats de negoci en aquest sector i, en l'actualitat, empreses amb aquest model de negoci ja són part activa del desenvolupament d'aquestes tecnologies. El gran benefici, en primera instància, que empreses com Uber poden treure d'una autonomia total és la clara reducció de costos laborals. La mateixa idea es sustenta en empreses de logística i de serveis de transport, les quals veurien reduïda fortament la seva estructura de costos.

Connectivitat i l'internet de les coses (IoT)

L'obtenció de dades utilitzant sensors integrats per a una posterior anàlisi, ja forma part de la manera de treballar d'avui en dia. IoT s'està estenen en el mobilitat al ritme que les ciutats avançant cap a les ciutats intel·ligents i la indústria automobilística introdueix sistemes operatius avançats en els vehicles. La infraestructura ja permet analitzar els moviments del tràfic d'una ciutat i les firmes automobilístiques comencen a introduir sistemes de connectivitat entre vehicles per avisar perills en les carreteres i així evitar accidents.

La penetració del smartphone en una societat és la clau per al desenvolupament de les iniciatives intel·ligents i l'ús del IoT permetrà una gran millora d'eficiència en mobilitat, ja que, per exemple, la informació a temps real de l'estat del servei de transport públic serà possible i sistemes de vehicles compartits amb localització GPS de tota la flota, també.



Transport públic

La xarxa de transport públic serà, sense cap dubte, la columna vertebral de la mobilitat del futur. En l'actualitat, les ciutats ja estan trobant optimitzacions en l'aplicació de sistemes de transport públic autònom, com en matèria de costos, i l'electrificació de la xarxa d'autobusos urbans està en l'ordre del dia de moltes ciutats.

Serveis de mobilitat a demanda dotaran a la xarxa de transport públic d'una gran millora en utilitat i optimització del servei on, juntament amb trajectes d'última milla, permetran que l'ideal de fer "fora" del centre de la ciutat al vehicle privat sigui una possibilitat real.

Descarbonització i sostenibilitat

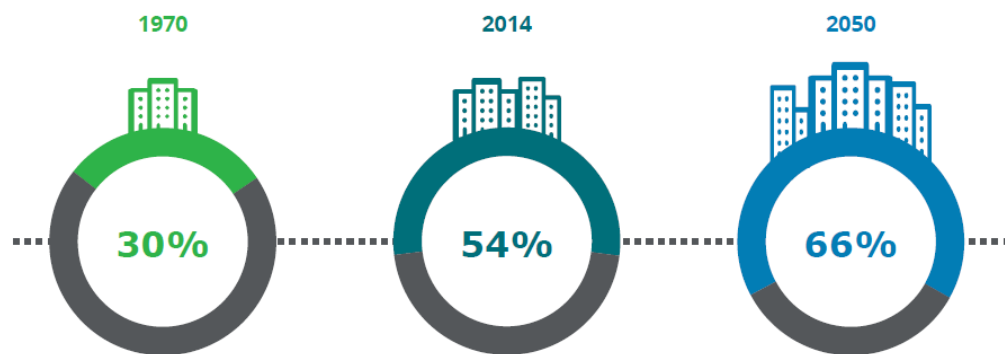
L'impacte negatiu que la contaminació de l'aire té en la salut de les persones és un dels motius principals que exigeix una revolució de la mobilitat. Són moltes les mesures que ciutats de tot el món han aplicat per intentar baixar els nivells de partícules contaminants en l'aire i, la gran majoria, tenen la limitació de l'ús del vehicle privat motoritzat en el centre.

Els plantejaments de planificació urbana de les ciutats del futur coincideixen en treure al vehicle privat el paper de protagonista i seguidament poder oferir aquest rol als ciutadans i a les zones verdes interurbanes. Inversions en parcs, carrils de velocitat reduïda i infraestructura per al transport públic faran que les ciutats siguin més "vivibles".

Urbanització

La societat urbana esta experimentant el creixement més ràpid en tota la historia de la humanitat. Per primer cop, l'any 2012 més de la mitat de la població mundial vivia en una zona urbana i s'espera que la xifra s'apropi a 3 de cada 4 persones l'any 2050⁷.

Observar una ciutat és observar un món en moviment. La mobilitat és part essencial del dia a dia de les persones i conforme les ciutats van guanyant en densitat, la problemàtica vers el transport creix. La macroubanització és un fenomen que farà canviar per sempre la manera com ens desplaçem, ja que és de vital necessitat innovar per a trobar noves formes de desplaçar-se i on noves iniciatives sorgiran per a reduir el tràfic en les ciutats.



4.2. LES MEGATENDÈNCIES ES REFORCEN ENTRE ELLES

Per entendre el futur de la mobilitat, és necessari analitzar les tendències individuals de manera conjunta. En aquest aspecte, l'estudi "*An integrated perspective on the future of mobility*"²⁸, realitzat per MGI l'any 2016, extreu 8 relacions entre tendències que conjuntament són acceleradores de la revolució de la mobilitat i construiran el futur del transport.

1. L'èxit de la mobilitat compartida accelerarà la penetració del VE

En comparació als vehicles de combustió, els VE tindran costos inicials més elevats que són compensats per uns costos marginals menors: l'electricitat serà més barata que la gasolina quant la infraestructura requerida estigui instal·lada. Llavors, segons estimacions de BNEF, la introducció de flotes de vehicles compartits acceleraria el desenvolupament de infraestructures que, consegüentment farien que els VE arribin al ser igual de competitius que els vehicles de combustió interna en menys temps. A més, el rodatge de flotes de VE a través de empreses de mobilitat elèctrica permetrà experimentar en tecnologia.

Les empreses que operen amb aquest model de negoci, es beneficien de les regulacions restrictives del vehicle privat motoritzat en els centres urbans si adquireixen EV. El propi estudi ha analitzat que per cada augment del 10 per-cent d'augment de la flota total de mobilitat compartida, l'acumulació del número de VE venuts entre els anys 2015-30 podria augmentar fins un 5 per cent.

2. L'autonomia total es podria fusionar amb els models de negoci basats en la mobilitat compartida i que aquesta fusió fos competitiva tant amb el vehicle privat com amb el transport públic

Amb la tecnologia d'avui en dia, els serveis de ride-hailing encara són poc competitius en cost comparat amb els vehicles privats en poblacions suburbanes i municipis. La introducció d'una autonomia total en aquest model de negoci podria canviar radicalment la situació, ja que els costos marginals es veurien fortament reduïts.

3. El cotxe autònom, tant privat com compartit, podria incrementar el consum de mobilitat, en el cas que els VE oferissin costos totals molt baixos als propietaris

La reducció de costos està directament relacionada amb l'augment d'ús, en la majoria dels casos. En aquest cas, uns costos més baixos en mobilitat farien augmentar la utilitat de moure's, fet que podria comportar un augment de la demanda.

4. L'èxit dels models de negoci basats en l'economia compartida afectaran al transport públic

Està comprovat que l'impacte de la mobilitat compartida té un efecte positiu en l'ús del transport públic. Segons l'estudi realitzat per Transit Cooperative Research Program sobre el Carsharing²⁹, una persona que utilitza el sistema de vehicle compartit utilitza fins a un 40 per cent més el transport públic que una persona propietària d'un vehicle. Per tant, es pot interpretar que com més gent utilitzi sistemes de mobilitat compartida, més gran serà la reducció del trànsit en les ciutats, degut a la reducció de vehicles privats en circulació i a l'augment del transport públic.

Tanmateix, s'ha de tenir present l'impacte que pot tenir la introducció del cotxe totalment autònom, ja que podria competir en preu i utilitat amb el transport públic. Arribat aquest moment, haurien de sorgir noves iniciatives i estratègies.

5. L'èxit dels VE faria augmentar la seva producció, fet que portaria a una reducció del cost de les bateries, beneficiades per les economies d'escala

Una ràpida penetració del VE en els propers 2-3 anys comportaria una reducció dels preus de les bateries²⁶. La reducció del preu de les bateries retroalimentaria la penetració del VE i a més, es veurien beneficiades altres utilitzacions d'aquesta tecnologia com en el cas de les gigafactories o de l'ús d'energia solar en els habitatges.

6. Els VE autònoms, tant privats com compartits, canviaran els requeriments per a la infraestructura de carga necessària per als VE

La infraestructura de carga és bàsica per a la penetració del VE, igual que l'augment de vendes del VE és bàsic per a impulsar la construcció d'una infraestructura de carga. Tanmateix, una flota de VE autònoms requeriria d'una infraestructura de carga molt concreta per a optimitzar-ne l'ús, fet que s'hauria de tenir present.

7. L'augment en la generació d'energia renovables faran molt més eficients als VE en quant a la descarbonització del sector del transport

La penetració del VE serà la peça clau per accelerar el procés de descarbonitzar l'aire ja que són bens substitutius dels vehicles de combustió interna (ICE). Per a una descarbonització total és necessari que l'energia elèctrica provingui d'energies renovables, encara que tot i no essent així, els VE envien molts menys gasos contaminants a l'atmosfera que els ICE.

8. Els vehicles autònoms permetrien accelerar la connectivitat entre vehicles l'aplicació i del IoT

Cada cop la demanda de connectivitat en els vehicles és un factor més rellevant i la introducció d'una autonomia total en els vehicles potenciarà les tecnologies que permeten les connexions entre els vehicles i el seu entorn.

En paral·lel, la conducció autònoma apart d'optimitzar el tràfic i prevenir accidents, permetria destinar el temps de conducció del passatger a, per exemple, treballar o socialitzar. En el futur, l'experiència que ofereixi el vehicle durant el trajecte serà clau per a les empreses que operin dins d'aquest sector.



4.3. LA MULTIMODALITAT

Les ciutats i municipis plasmen la seva planificació estratègica en concepte de mobilitat, en el Pla de Mobilitat Urbana Sostenible (PMUS). El PMUS és un recull de l'estat de la mobilitat en la ciutat o municipi, que busca conèixer les necessitats actuals i futures en aquest àmbit concret. L'objectiu dels PMUS és aconseguir oferir una millor qualitat de vida en les ciutats i els seus voltants, on per ha fer-ho les mesures acostumen a intentar reduir la congestió i el tràfic, dotar de més protagonisme al vianant i als modes de transport no motoritzats i reduir la contaminació dels vehicles motoritzats per a poder millorar la qualitat de l'aire.

Per aconseguir els objectius establerts en els PMUS és determinant que alternatives al ús del vehicle privat motoritzat siguin protagonistes en el futur de les ciutats i una opció que ajuda a la consecució d'aquest objectiu és la multimodalitat.

La multimodalitat és utilitzar més d'un mitjà de transport en un sol trajecte, on s'ha concebre que totes les diferents xarxes de transport (bicicleta, transport públic, cotxe...) conformen una única xarxa de mobilitat. En els últims anys, la multimodalitat ha agafat força a través dels avenços tecnològics que han permès plantejar i pagar un trajecte que inclou diversos mitjans de transport, gracies a la integració de informació a temps real de l'estat del trajecte i la utilització d'un sol tiquet per a diferents modes transports.

Per aconseguir un eficient sistema multimodal és necessari observar el PMUS de la ciutat o municipi en concret, per identificar i seleccionar el paquet de mesures més efectiu en la zona. Tanmateix, Tom Rye, director del Institut Europeu de Recerca del Transport, assegura que hi ha una sèrie d'actuacions comunes arreu que són essencials per a una correcte implementació de la multimodalitat³⁰:

- Que amb un sol tiquet puguis utilitzar diversos mitjans de transport. Gran Importància de la integració del pagament.
- Els organismes i institucions governamentals de diferents nivells poden suposar una trava si no hi ha una clara voluntarietat de col·laboració. Saber, des de les administracions, transmetre els beneficis de la multimodalitat a la població i identificar rols dins de les mateixes.
- Els diferents actors del sector privat s'han de sentir lliures per a treballar conjuntament. En els últims anys, han aparegut gran quantitat de nous models de negoci, com la mobilitat compartida o plataformes digitals planificadoras de rutes, que juntament amb el transport públic marcaran el camí del futur de la mobilitat.
- Una legislació favorable és un factor determinant per a l'èxit de la multimodalitat. Restriccions a l'ús del vehicle privat motoritzat acostuma a ser un potenciador.
- Inversions en diners, talent humà i temps seran necessàries.
- Les plataformes digitals, l'aplicació de tecnologies i els ambients innovadors són clau per a l'èxit.

El factor determinant és reduir la contaminació produïda per l'ús del vehicle privat motoritzat, per tant les iniciatives han d'anar destinades a una disminució de la circulació dels vehicles privats o a intentar que aquests circulin per les zones més allunyades de la població. Per a fer-ho s'han de trobar modes de transport substitutius.

5. CONCLUSIONS

El canvi de mentalitat de les noves generacions i la convergència dels consumidors, juntament amb la disrupció de tecnologies com la tecnologia del VA, la introducció del VE i la pujada dels serveis de mobilitat compartida estan transformant la indústria de la mobilitat. La força en que aquestes noves tendències estan impactant en el mercat sumat a l'enorme potencial que tenen en un futur, dona a entendre que seran clars protagonistes i que l'oportunitat passa per adaptar-se i extreure valor.

A continuació s'enumeren les conclusions extretes de la informació analitzada:

1. És bàsic ressaltar que els dos grans nuclis de canvi en la mobilitat recauen en [aprofitar els avenços tecnològics i les innovacions en models de negoci per millorar la cadena de valor de la mobilitat](#) i, així, aconseguir millorar la qualitat de vida de les persones. El valor que busca aportar aquesta Revolució de la Mobilitat és fer el màxim d'eficient possible, en termes d'emissions i contaminació, la manera en que ens desplacem.
2. La mobilitat està canviant d'actor principal. Després d'un segle on el vehicle privat motoritzat ha sigut el mitjà de transport protagonista la mobilitat està convergint cap a 4 grans pilars: ser [elèctrica, autònoma, connectada i compartida](#).
3. Hi haurà una gran diferencia en el mig termini (10 anys) entre les grans zones urbanes, on gràcies al ràpid desenvolupament de diverses tendències es podrà entendre una mobilitat no dependent del vehicle privat motoritzat, i les zones urbanes petites i mitjanes, on els habitants d'aquestes zones seguiran necessitant el vehicle privat com a mitjà de transport referent.

La Segona Part d'aquest treball, ["És possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un Vehicle Autònom?"](#), es centra en analitzar de manera particular un dels 4 grans pilars, la mobilitat autònoma, per conèixer si avui en dia ja es possible fer la mobilitat urbana més eficient per mitjà d'un vehicle autònom.

NOTES

1. Ford modelo T – 100 años de historia | Mundoautomotor.
<http://www.mundoautomotor.com.ar/web/2008/09/14/ford-modelo-t-100-anos-de-historia/>.
2. Metz D. *Travel Fast or Smart? : A Manifesto for an Intelligent Transport Policy*. London Publishing Partnership; 2016.
3. *The End of the Road: Has the Developed World Reached “Peak Car”?*
<https://www.schroders.com/el/sysglobalassets/digital/us/pdfs/2015-jan-peak-cars-kd.pdf>.
4. Neckermann L. Corporate Mobility Breakthrough 2020.
5. The End of Car Culture - The New York Times.
<https://www.nytimes.com/2013/06/30/sunday-review/the-end-of-car-culture.html>.
6. Demografía: Por qué los jóvenes pasan de sacarse el carné de conducir: prefieren el móvil. https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2018-01-18/coches-jovenes-carne-de-conducir_1506492/.
7. Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo | ONU DAES | Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.
<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>.
8. Millennials Prefer Cities to Suburbs, Subways to Driveways.
<https://www.nielsen.com/us/en/insights/news/2014/millennials-prefer-cities-to-suburbs-subways-to-driveways.html>. A
9. WHO | Air pollution. WHO. 2019. <https://www.who.int/airpollution/en/>.
10. *Environmental Zones Towards Better Air-Quality in Inner Cities*. www.tdm-beijing.org.
11. Madrid Central. Información General - Ayuntamiento de Madrid.
12. Así será la ley que quiere acabar con los coches diésel, gasolina e híbridos | Historias.
<https://www.elmundo.es/papel/historias/2018/11/13/5beb015de5fdea4f708b45c1.html>.
13. ¿Han perdido los jóvenes el interés por conducir? | Actualidad | S Moda EL PAÍS.
<https://smoda.elpais.com/moda/actualidad/han-perdido-los-jovenes-el-interes-por-conducir/>
14. KPMG. *Me, My Car, My Life.*; 2014.
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2014/11/Me-my-car-my-life.pdf>.
15. Mobility as a Service Alliance — MAAS-Alliance. <https://maas-alliance.eu/>.
16. *Issue 20 | 2017.*; 2017. www.deloittereview.com.
17. KPMG. *The Clockspeed Dilemma What Does It Mean for Automotive Innovation?*; 2015. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2016/04/auto-clockspeed-dilemma.pdf>.
18. KPMG’s Automotive Survey 2017. 2017. doi:132042

19. "Mobility as a Service", Sampo Hietanen CEO MaaS Global Ltd, Sustainable Innovation Summit 2017 BCCD - YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=PA53dfOF8VM>.
20. Whim - All transport in 1 App. Live in Helsinki, Birmingham and Antwerp.
<https://whimapp.com/>.
21. General Motors anuncia una reestructuración que afectará al 15% de la plantilla | Economía | EL PAÍS.
https://elpais.com/economia/2018/11/26/actualidad/1543254845_747309.html.
22. Series CI. Pwc_Etude_Sharing_Economy.
23. - International Energy Agency I. *Global EV Outlook 2017 Two Million and Counting*.
www.iea.org/t&c/.
24. Solar Trillions - Tony Seba. <https://tonyseba.com/portfolio-item/solar-trillions/>. Accessed
25. Arbib J, Seba T. *A RethinkX Sector Disruption Report*.; 2017. www.rethinkx.com.
26. *Issue 112 A QUARTERLY JOURNAL FOR DEBATING ENERGY ISSUES AND POLICIES Forum*. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/04/OEF-112.pdf>.
27. National Grid, Future Energy Escenarios July 2017.
28. *AN INTEGRATED PERSPECTIVE ON THE FUTURE OF MOBILITY*.; 2016.
https://www.bbhub.io/bnef/sites/4/2016/10/BNEF_McKinsey_The-Future-of-Mobility_11-10-16.pdf.
29. *Parking Strategic Plan APPENDIX D1 TCRP Report 108 Car-Sharing: Where and How It Succeeds*. <https://ccdcoise.com/wp-content/uploads/2016/02/Document-D1-TCRP-Car-sharing-Where-and-How-It-Succeeds.pdf>.
30. Seminar D, Rye T. *2018 Year of Multimodality in Europe: Multimodality and SUMPs*.; 2018. http://xarxamobal.diba.cat/mobal/documents/jornades/mobilitat18/01_Tom_Rye.pdf.

SEGONA PART.

ÉS POSSIBLE MILLORAR LA MOBILITAT ACTUAL DE GRANOLLERS PER MITJÀ D'UN VA?



1. INTRODUCCIÓ

En la Primera Part del treball s'ha extret com a conclusió que el futur de la mobilitat passa per aprofitar els avenços tecnològics i les innovacions empresarials per millorar l'eficiència de la mobilitat, amb el clar objectiu de reduir les emissions i la contaminació provocats per l'ús dels diferents modes de transport. En aquest sentit, s'ha observat com la mobilitat del futur serà **elèctrica, autònoma, connectada i compartida**, desbancant al vehicle privat motoritzat com a mitjà de transport principal en la societat.

El desenvolupament de la Segona Part del Treball es centra en un dels pilars que marcarà el futur de la mobilitat: La conducció autònoma/els **vehicles autònoms (VA)** i per a fer-ho es contesta a la pregunta si **¿és possible millorar la mobilitat actual de la ciutat de Granollers per mitjà d'un VA?** Entenent per millorar la mobilitat fer que aquesta sigui menys contaminant i estigui menys congestionada. L'estructura de treball d'aquesta part consta d'un estudi del VA i de la realització d'un cas pràctic que permeti contestar a la pregunta expressada anteriorment.

La població escollida on realitzar el cas pràctic ha sigut la ciutat de Granollers, ja que per contactes personals amb el Departament de Mobilitat de la Ciutat, aquest ha estat interessat en conèixer el desenvolupament de la pregunta objecte d'estudi a Granollers.





El municipi de Granollers, capital de la comarca del Vallès Oriental, està situada a la depressió prelitoral dins el cinturó industrial de la RMB. El municipi ocupa 14,9 km² i conforma juntament amb Canovelles, Les Franqueses del Vallès i el barri de La Torreta de La Roca del Vallès un contínuum urbà de 106.000 habitants (2015). Aquest contínuum urbà es troba al centre d'un dels corredors industrials més importants de Catalunya, situat entre Barcelona i Girona - França. Per tant, no és només una zona d'elevada atracció econòmica sinó que també conforma un espai de pas amb les implicacions positives i negatives que aquest fet li confereixen.³¹

La major part de la població del municipi, es troba dins l'espai delimitat per dues infraestructures viàries d'alta capacitat com són la C17 al oest i la C352 que tanca el cinturó de sud a nord. L'estructura urbana de Granollers es caracteritza per tenir un nucli urbà compacte sense nuclis de població dispersos degut a que la trama urbana ocupa la major part del terme; per altra banda, destaca que forma un continu urbà amb els municipis de Les Franqueses del Vallès, Canovelles i La Roca del Vallès (barri de La Torreta).

Granollers i el seu continu urbà es considera una zona urbana mitjana³² i en referencia a las conclusions extretes de la Primera Part del Treball, en el mig termini (10 anys) el vehicle privat seguirà sent el mitjà de transport referent. Per tant, el cas pràctic del treball, com qualsevol estratègia per millorar la mobilitat de la ciutat en el mig termini, ha de tenir en compte aquest fet.

2. QUÈ ÉS UN VEHICLE AUTÒNOM?

La mobilitat en cap circumstància es pot entendre com una foto fixa, immòbil. No ho és observant el present d'una ciutat, al contrari, cada dia necessitem moure'ns ja sigui per arribar al nostre lloc de treball o per motius d'oci. La mobilitat és una necessitat del ser humà per subsistir i progressar, on l'escenari durant milers d'anys s'ha subjectat en dos grans pilars: El vehicle o el mitjà de transport i la infraestructura.

Actualment vivim en l'era del desenvolupament tecnològic, on és la tecnologia qui marca la velocitat en que el món avança. En aquest sentit, els canvis profunds que estan possibilitant el progrés tecnològic i la connectivitat a la xarxa estan impactant en el sector de la mobilitat com no s'havia vist des de la introducció massiva de cotxe a principis del S. XX. En un escenari de present i futur de la mobilitat, ara són tres els pilars que juguen un paper fonamental: el vehicle, la infraestructura i la connexió a la xarxa.³³

El primer dels tres, el vehicle, en els últims anys ha experimentat una evolució sense precedents lligada a la tecnologia. Els fabricants de cotxes (OEM's) estan immersos en una carrera per aconseguir abastir el seu últim model de la tecnologia punta que permeti oferir una millor experiència de conducció al usuari, aspecte que sembla ser més important que la pròpia potència (CV) o estètica del cotxe, alhora que es guanya en seguretat.

La carrera es desenvolupa en la incorporació al vehicle dels denominats ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), el mercat del qual es preveu

que pugui duplicar-se al 2021, arribant als 35\$ mil milions en ingressos³⁴. Els ADAS inclouen tecnologia tal com: el sistema de manteniment del vehicle en el carril, el control de creuer adaptatiu, l'ajustament de la velocitat del vehicle i la distància de seguretat entre vehicles.

Els OEM's (fabricants) estan invertint grans quantitats de diners en desenvolupar els ADAS, ja que aquests sistemes són y seran el camí entre el cotxe automatitzat del present y el cotxe autònom del futur³³.

En la mesura que la tecnologia dels vehicles autònoms (VA) progressa amb la implementació de millores de l'assistència al conductor, els cotxes actuals ja són un camp de proves que fa accelerar la velocitat en que els cotxes sense conductor siguin una realitat. De la introducció dels VA se'n esperen beneficis significatius com l'increment de la seguretat, estalvi de temps per als conductors, disminució de l'impacte mediambiental i la reducció dels costos de transport de mercaderies.

També rebrà modificacions l'actual cadena de valor del sector de la mobilitat, la distribució dels benèfics generats i les habilitats requerides per generar el valor. Com exemple clar està el desenvolupament de l'ingeriria de software present en els VA o la ciberseguretat, on les dues poden introduir per si soles indústries senceres amb la consolidació d'una conducció 100% autònoma³⁴.

Les definicions difereixen en el que significa que un vehicle sigui autònom o a la pregunta què és un vehicle autònom (VA). En aquesta qüestió, la millor forma per respondre és agafar la clara i simple classificació de “Nivells d'autonomia” de SAE J3016³⁵. En aquesta classificació, SAE separa en 6 els diferents nivells d'autonomia que pot presentar un vehicle i permet entendre que no hi ha una única definició de VA que englobi totes les capacitats i possibilitats de la tecnologia integrada.

Nivell 0

Cap automatització. El conductor té, en tot moment, el 100% del control del vehicle i es responsable de tots els aspectes de la conducció. Encara que el vehicle disposi de sistemes d'avis davant situacions de perill o situacions de risc i d'ajuda a la conducció.

Nivell 1

Assistència a la conducció. Fent servir informació del entorn i analitzant la conducció, un sistema d'assistència al conductor ofereix un sistema d'acceleració o frenada del vehicle en situacions específiques, esperant que el conductor respongui de manera apropiada als requeriments d'intervenció.

Nivell 2

Automatització parcial. Analitzant i utilitzant informació de l'entorn de la conducció, diversos sistemes d'assistència a la conducció executen les accions d'acceleració i frenada de manera autònoma, fins que l'entorn de circulació fa necessari que el conductor reprengui el control del vehicle. Aquest sistema es dependent de l'entorn, en quan al nivell de variables que fan falta tenir en compte per a circular de manera segura, per exemple en un entorn urbà dinàmic intervenen moltes més variables que en un autopista.



Fotografia 13. (Font: SAE J3016)³⁵

Nivell 3

Automatització condicional. Un sistema d'automatització de la conducció pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle. És capaç de controlar situacions dinàmiques i donar resposta als imprevistos que es presenten en el trajecte. Pot circular per ambients urbans i d'alt requeriment d'anàlisi de l'entorn, amb l'expectativa que el conductor respondrà retornant al comandament del vehicle en cas que es requereixi la seva intervenció.

Nivell 4

Alt nivell d'automatització. Un sistema d'automatització de la conducció pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle, encara que el conductor no sigui capaç de respondre correctament.

Nivell 5

Automatització total. Un sistema d'automatització de la conducció pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle, encara que el conductor no sigui capaç de respondre correctament. A més, el sistema és capaç de respondre sota totes les condicions ambientals i està plenament connectat amb l'entorn.

Com es pot observar i a mode de conclusions els diferents nivells d'autonomia van avançant segons: Les funcions tecnològiques que és capaç de dur a terme el vehicle, en les condicions de l'entorn en que és capaç de circular i, per últim, en quines situacions el vehicle necessita de la intervenció humana per a seguir circulant.

3. FACTORS NECESSARIS PER DESENVOLUPAR EL VA I ELS SEUS RESPONSABLES

Els factors que influeixen en que el VA es desenvolupi fins a ser una realitat disposar de vehicles amb alt nivell d'autonomia i, aconseguir així, tenir un impacte sense precedents en la manera en que entenem la mobilitat són la tecnologia, la infraestructura i la legislació.

Tanmateix, cada factor és tant diferent a l'altre que ha de ser desenvolupat des de diferents sectors, els quals tenen la responsabilitat d'avançar cap a la mateixa direcció realitzant però, tasques diferenciades.

3.1. TECNOLOGIA: RESPONSABILITAT DELS OEM'S

La tecnologia per a possibilitar els nivells més alts d'automatització és molt complexa i els responsables de desenvolupar-la són els fabricants de vehicles (OEM's). Com s'ha dit anteriorment, els ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) que inclouen els últims models comercials de les marques automobilístiques ja requereix de sofisticació dels sistemes d'ajuda a la conducció, alhora que serveixen per a treballar amb la interacció entre vehicle i conductor. Però, en tot cas, els sistemes requereixen de molta més capacitat d'anàlisi i resposta per apropar-se als últims nivells de la classificació.

En l'actualitat, s'està construint el camí cap al VA mentre es desenvolupen simultàniament els sistemes que permetin arribar a l'objectiu aportant condicions de prova i error. En aquesta direcció han sorgit tres solucions tecnològiques³⁶:

Càmera sobre radar

Es basa principalment en els sistemes de càmera integrats en el vehicle, els quals es complementen amb les dades recollides per els radars també incorporats.

Radar sobre càmera

Es basa essencialment en sensors de radar, que són complementats amb informació de càmeres.

Enfocament Híbrid

Combina detecció de llum i rang d'abast (lidiar), radar, sistemes de càmera i algoritmes que actuen com a unió dels diferents sensors per a comprendre l'entorn a un nivell més granular.

Essent el cost dels tres sistemes molt diferent entre ells (l'enfocament híbrid és el que té un cost més elevat), no hi ha un clar guanyador. Cada sistema disposa d'avantatges i desavantatges. Per exemple, l'opció tecnològica de radar sobre càmera, funciona bé en la circulació per ambients exclusius de vies d'alta capacitat, com és el cas d'autopistes i autopistes on el flux de tràfic és relativament previsible i l'entorn no és extremadament dinàmic. En canvi, l'enfocament híbrid dona millor resposta en ambients urbans on es requereix una ràpida lectura de tots els elements que conflueixen en l'entorn. Tanmateix, el cost d'abastir els vehicles d'aquesta tecnologia juga un paper rellevant en el desenvolupament d'una o altra opció. Els VA estan cridats a desenvolupar un paper determinant en la mobilitat del futur i possibilitaran canvis en la manera que ens desplaçem que influiran en la manera en que vivim o treballem, però hi ha encara molts reptes que la indústria necessita afrontar per a poder oferir una conducció autònoma que sigui pràctica.

Donat a com avancen les actuals tendències, una autonomia total no podrà estar disponible en els següents 10 anys, on la principal barrera és el desenvolupament de software que es necessita. Mentre que les innovacions en el hardware es preveu que permetin incorporar gran capacitats d'anàlisi de dades, i que els preus aparentment tendiran a la baixa, és en el software on es troba la principal barrera. Per escenificar aquesta barrera, a continuació s'analitzen els sensors necessaris per a un vehicle autònom (VA)³⁶:

1. Sistema de posicionament global (GPS)

Localitza el vehicle utilitzant triangulació via satèl·lit. Com d'acurat sigui aquest sistema es vital per al funcionament del VA.

2. Detector de llum i rang d'abast (lidar)

Utilitza emissions de llum per estimar la distància entre els obstacles i sensors d'alta resolució.

3. Càmeres

Utilitza hardware que requereix programes de software d'alta complexitat per a recollir i interpretar les imatges.

4. Detector de radio i rang d'abast (radar)

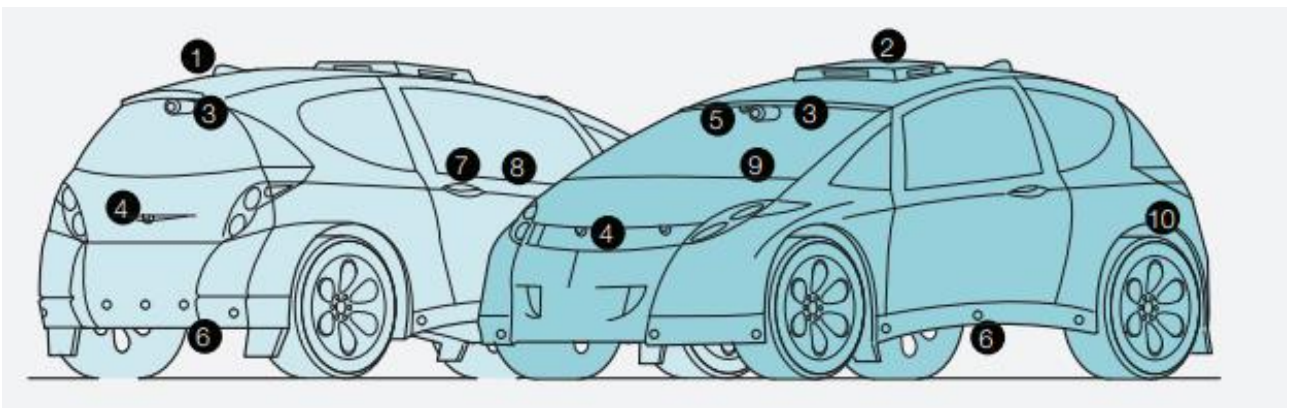
Utilitza ones electromagnètiques en certes bandes per identificar un objecte i determinar la seva velocitat i distància.

5. Sensors d'infrarojos

Utilitza infrarojos per identificar i rastrejar objectes que són difícils de detectar amb condicions de baixa il·luminació.

6. Sensor ultrasònic

Generalment tendeixen a tenir baixa resolució i es fan servir per analitzar distàncies curtes, com per exemple l'assistent d'aparcament.



Fotografia 14. Els VA requereixen de varis sensors i (sub)sistemes. (Font: Mckinsey, 2017. Self-driving car technology: When will the robots hit the road?)³⁶

7. Comunicació de baix rang (DSRC)

Utilitzat per connexions vehicle-to-vehicle (V2V) i vehicle-to-infrastructure (V2I), aquesta tecnologia serveix per enviar i rebre informació que prové tant dels altres vehicles com de les infraestructures. Un exemple serien els semàfors d'una ciutat.

8. Sistema de navegació intern (INS)

Aquest sistema utilitza acceleròmetres i giroscopis per estimar la posició, orientació i velocitat del vehicle. Les dades del INS són contínuament contrastades per altres aparells com el GPS.

9. Mapes pre-construïts

Mapes d'alta resolució amb informació molt detallada sobre les carreteres i les infraestructures són utilitzats per precisar la localització del vehicle i permetre una millor lectura de l'entorn.

10. Sensors iodomètrics

Utilitza la velocitat de la roda per estimar quanta distància recórrer el vehicle al llarg del viatge.



En resum, es pot observar com la tecnologia requerida per al funcionament d'un vehicle autònom necessita d'un coneixement específic i d'alt nivell per a poder desenvolupar una circulació sense la participació del conductor. És per aquest motiu que el cost que suposa desplegar la infraestructura tecnològica per part del OEM's és molt alt i d'aquí se'n deriva una gran limitació.

Actualment les valoracions indiquen que la introducció d'una gran flota de vehicles de conducció 100% autònoma que inundi tant les zones rurals com urbanes encara està a com a mínim una dècada de ser realitat. Tot i que hi ha formules i estratègies que suposarien una acceleració del procés.

Primer de tot, els OEM's i altres actors protagonistes en l'impuls dels VA (com empreses tecnològiques i de ciberseguretat) han de ser conscients que és extremadament complicat per a una sola empresa desenvolupar la totalitat dels sistemes de software i hardware requerits per els VA. La col·laboració entre empreses i la divisió i especialització de les tasques seria una accelerador del procés i, per tant, les aliances entre diferents empreses i diferents sectors poden tenir un paper clau.

Una altre manera d'accelerar el procés a nivell tecnològic està en unir forces i recursos per validar els sistemes del VA. És altament costos l'assaig de prova i error i si, a més, la responsabilitat recau en una única empresa pot ser un altre factor que retardi la introducció dels VA, ja que qualsevol error del sistema que suposi un víctima humana tindria enormes conseqüència en la visió ètica d'aquest sector emergent. Els OEM's del sector aeroespacial porten anys desenvolupant i testejant tecnologies de conducció autònoma i poden ser considerats aliats estratègics de gran importància.

3.2. INFRAESTRUCTURA 5G: RESPONSABILITAT DELS OPERADORS

Des de la introducció massiva del *Smartphone* a mitjans dels anys 2000, els usuaris estem acostumats a estar permanentment connectats a la xarxa d'internet. És estrany que en un entorn urbà, en una ciutat, no hi hagi cobertura 4G que ens permeti rebre i enviar informació a través d'internet. Llavors, si en l'actualitat ja gaudim d'aquesta connexió a la xarxa, què és el 5G i per què es necessari per la introducció de VA?

El 5G és una nova generació de un estàndard de comunicacions que es caracteritza per altes velocitats de transmissió de dades(entre 1 Gbps i 10 Gbps), un consum energètic mínim, unes funcions de seguretat i privacitat molt millorades i una molt baixa latència³⁷. És aquí, en la latència, on es situa la clau del 5G en comparació a l'actual 4G.

La latència en Internet mesura el temps que tarda en transmetre's un paquet (informació) dins la xarxa i influeix, per exemple, en el temps que tarda a carregar un portal web o el temps que tarda a descarregar-se un mapa³⁸. La quarta generació de comunicacions (4G) és bastant similar en quan a tecnologia (LTE) i a estàndard (unificat) al 5G, menys en la velocitat i, sobretot, latència. Mentre que l'actual 4G disposa d'una latència d'entre 80 i 100 milisegons (ms), el 5G té una latència de 10 ms com a màxim. Per posar un exemple de com influeix la latència en el sector de les telecomunicacions, amb una connexió 4G el temps estimat per a descarregar un arxiu que

contengui una pel·lícula de duració estàndard en alta definició, seria d'una hora. Mentre que amb una connexió 5G seria possible descarregar la mateixa pel·lícula en menys d'un minut³⁹.

La realitat es que la nova generació de telecomunicació portarà connexions més ràpides, més fiables i una infraestructura amb capacitat per assumir moltes més operacions de transmissió de dades simultànies sense perdre prestacions i és per aquest motiu que la introducció massiva de VA de nivell 5 necessita de la infraestructura 5G per a ser una realitat de les ciutats del futur.

La conducció autònoma necessita interacció: amb el passatger (o amb el conductor, en una fase inicial), amb el món (a través de mapes) i amb les infraestructures (és a dir, amb les ciutats i carreteres)⁴⁰. Citant textualment la informació extreta del web de l'empresa de telecomunicacions T-Systems: *"Per a que el VA sigui possible cal que es transmetin quantitats ingents de dades des de i cap al cotxe. La informació en temps real ha de ser el més detallada possible en l'entorn del vehicle i amb certa distància segons l'itinerari: el cotxe ha d'anticipar-se al que passa al seu voltant i en les rodalies per poder prendre decisions correctes, i per a això necessita d' una infraestructura de comunicacions completa i que cobreixi aquestes necessitats. I aquí és on entra la tecnologia 5G."*³⁷

Els VA necessiten infraestructures de comunicacions per a poder circular amb seguretat i sense intervenció humana i aquesta infraestructura ha de ser desenvolupada i instal·lada per els operadors de telecomunicacions. La informació que haurà de circular constantment engloba V2V (Vehicle-to-Vehicle), V2I (Vehicle-to-Infraestructure), V2P (Vehicle-to-pedestrian(vianant)) i V2N (Vehicle-to-Network(entorn)). Això significa que la multitud de sensors integrats en el VA (anteriorment explicats) necessiten rebre dades dels semàfors, informació sobre l'estat de la carretera per la que es vol circular, informació sobre la següent via que es va a creuar, saber si hi ha embús per poder redirigir la ruta a una més eficient tant en temps com emissions, conèixer l'existència de possibles accidents o avaries a la carretera...³³ L'enumeració de les diferents fonts de dades a la que ha de tenir accés el VA és extremadament extensa i la informació ha de ser rebuda i transmesa en temps reals.

Alhora, un VA no podrà circular amb seguretat per nous territoris sinó disposa d'un gran mapa constantment actualitzat. És necessari que els VA tinguin accés a informació actualitzada, precisa i descarregable de manera immediata i en aquest sentit serà necessari que es disposi d'eines situades en la informàtica del núvol⁴¹ que generin els mapes i les seves actualitzacions⁴⁰.

La primera gran cita del 5G va tenir lloc el passat MWC 2018 a la ciutat de Barcelona i, encara que ja existeixen demostracions puntuals d'aquesta tecnologia, no s'espera que hi hagi un desplegament comercial fins, com a mínim, l'any 2020. Actualment l'operador Vodafone està fent els primers desplegaments d'aquesta xara a ciutats espanyoles, entre elles Barcelona.



3.3. LEGISLACIÓ: RESPONSABILITAT DE L'ADMINISTRACIÓ

La característica principal que es ressalta de l'actual legislació entorn el VA és la falta d'aquesta. Els avenços tecnològics ens estan conduint cap una conducció autònoma i aquest fet implica necessàriament l'aprovació d'un nou marc legislatiu que doni seguretat jurídica a la conducció autònoma. És necessari que certes situacions de convivència amb els VA quedin cobertes per la legislació, com: quin tipus de circulació és l'adequada, quines són les infraestructures aptes per aquesta circulació, quines són les conseqüències en cas d'accident i de qui és la responsabilitat – dels fabricant propietari del software, del conductor, de les infraestructures? -, les sancions a aplicar en cada cas...⁴²

Per tant, la manca de regulacions fan que un dels principals obstacles per a la implementació del VA no es deriva a nivell de software, sinó dels factors legislatius que han de regular tots els aspectes que l'envolten. Aconseguir seguretat en la circulació en futur implicarà tenir legislat si Va de diferents nivells poden circular per les mateixes vies o a quina velocitat podrà circular cada tipus de VA.

Un exemple clar dels obstacles que comporta aquesta manca de regulació es troba en el projecte CityMobil2⁴³. El propòsit d'aquest projecte era implementar un servei d'autobús sense conductor que pogués circular per als carrers de Sant Sebastià. Es volia testejar aquesta tecnologia en un entorn real de circulació i, a la vegada, que la població es vagi familiaritzant amb el VA, però per a poder realitzar la prova s'havia d'eliminar la impossibilitat legal perquè aquests vehicles poguessin circular per la mateixa via que altres vehicles. En aquest cas, va se necessari que els organitzadors del projecte es reunissin amb la DGT perquè modifiqués la

normativa en quant a vehicles sense conductor, fins a llavors inexistent. El resultat va ser permetre que es poguessin dur a terme tests i proves en entorns oberts sempre i quan estiguin delimitats en espai i temps, i sempre ha d'haver un persona a bord responsable de la conducció del VA.

Sense normativa, no es pot fer que la circulació de VA sigui una realitat i per aquest motiu és necessari que des de l'administració, com a responsable d'aquest factor, es redactin les sancions, conseqüències i responsabilitats que hi poden haver. El principal problema està en que actualment tot el que fa referencia a la circulació gira al voltant del conductor. L'article 8, paràgraf 5, de la Convenció de Viena sobre Normes de Tràfic de les Nacions Unides estipula que: *"Tot conductor ha d'estar tot el temps capacitat per tenir el control del seu vehicle o per guia els seus animal"*⁴⁴. Per tant, ara s'ha de plantejar qui serà el responsable en cada situació que es pugui derivar de la conducció autònoma.

En conclusió, tant a Espanya com a Catalunya, hi ha una regulació molt mínima al voltant del VA i això comporta que en l'actualitat un VA només estigui capacitat legalment per a circular en un espai i temps prèviament delimitat. Com que no esta establert un document de responsabilitats i sancions específic per aquesta nova tecnologia, està prohibit que un VA circuli per la mateixa via que altres vehicles i sempre ha d'haver una persona a bord responsable del vehicle. Aquestes especificacions fan que l'ús del VA per el moment sigui molt limitat i escenifica la necessitat d'avançar en la redacció d'un codi de regulació que aporti seguretat a aquesta nova forma de circular.



4. BENEFICIS SOCIALS LLIGATS A LA INTRODUCCIÓ DELS VEHICLES AUTÒNOMS EN UN AMBIENT URBÀ

Hi ha dos objectes d'estudi diferenciats on la conducció autònoma impactarà:

1. Els trajectes de llarga distància on es circula principalment per vies d'alta capacitat (com autopistes) i l'impacte es situarà en el transport de bens i mercaderies. La introducció de camions autònoms revolucionarà, sense dubte, el sector del transport de mercaderies i la seva cadena de valor.
2. La circulació urbana i interurbana on la circulació té lloc en un ambient urbà, principalment en ciutats on hi ha grans aglomeracions de població. En aquest cas, l'impacte es situarà essencialment en el desplaçament de passatgers, tot i que la distribució de mercaderies en ambient urbà és un sector molt rellevant i amb una tendència a l'alça.

El transport de passatgers i el transport de bens i mercaderies són mercats enormement diferenciats, on cada un requereix d'unes tecnologies específiques (com s'ha analitzat en l'apartat anterior), s'envolta de diferent regulació i juga sota models de negoci ben diferenciats. Aquest estudi, tot i haver començat analitzant els diferents requeriments tecnològics específics des de la visió dels OEM's que s'estan (o es necessita) desenvolupant sense tenir en compte l'ambient o impacte al que es vol arribar, a continuació es centrarà en un ambient urbà on l'objectiu és el transport de passatgers.

La mobilitat és el reg sanguini de qualsevol ciutat. En la mesura que les ciutats creixent i evolucionen, les autoritats tenen el repte d'adaptar la mobilitat als nous temps i aprofitar les noves opcions que la tecnologia aporta. Tot i així, adequar la infraestructura a la canviant oferta de mobilitat i escollir i adaptar una opció concreta comporta un repte.

En aquest apartat s'analitzaran els beneficis socials que comportaria la introducció d'una flota de vehicles autònoms nivell 5 en un ambient urbà, amb una legislació ja desenvolupada i una infraestructura 5G present. Per a fer-ho, s'agafa com a referència l'estudi realitzat per "Boston Consulting Group" a finals de 2017: *"Making Autonomous Vehicles a Reality. Lessons from Boston and Beyond"*⁴⁵. En l'estudi es suposa que els vehicles autònoms són alhora vehicles elèctrics i que, en convivència, models de VA compartits i VA privats, generarien grans beneficis per a les comunitats urbanes i la societat. El llistat de beneficis és el següent:

- Es guanyaria en seguretat. Gran quantitat dels accidents de tràfic en la ciutat són a causa d'errors humans. La introducció dels VA pot reduir dràsticament el risc d'accidents. Segons dades de l'estudi, suposant la introducció d'una flota de VA en una ciutat de 5 milions d'habitants, el nombre d'accidents podria reduir-se en un 87% en un període de 10 anys.
- Es reduirien les emissions. Gracies a una conducció més suau i prudent, degut per exemple a la tecnologia d'acceleració i frenada gradual, els VA tendiran a ser més eficients en termes de consum de combustible en comparació a la conducció humana.
- S'incrementarien els espais públics, així com parc i places. Els VA reduirien significativament els espais d'una ciutat que actualment estan destinats a aparcament de vehicles, ja que es suposa que no seria necessari el mateix nombre de vehicles que actualment està present en una ciutat. Les flotes de vehicles compartits comporten una major utilització del temps per vehicle, fet que suposaria una reducció del nombre de vehicles. Aquest espai que actualment es emplea com aparcament, ja no seria necessari i es podria destinar a espais públics, places i parcs.
- Es reduiria la congestió. L'augment del processament de dades en la mobilitat per a facilitar la circulació (com per exemple sistemes de semàfors intel·ligents), la pacificació del trànsit i la reducció dels accidents tindrien un impacte positiu en la reducció de la congestió de vehicles en les ciutats. Alhora, en la mesura que sistemes de vehicles a demanda compartits augmentin, menys cotxes circularan per els carrers.
- Accés als no conductors. Les persones que actualment no disposen de permís de conduir, ja sigui per incapacitat com per edat, tindrien igualment accés a aquest tipus de mobilitat. En aquest sentit, es podrien reduir (o substituir) els actuals serveis públics de mobilitat de persones amb mobilitat reduïda.
- La mobilitat seria menys estressant. La tecnologia dels VA milloraria la qualitat de vida dels habitants. El tràfic és un dels factors que més crispa a la població d'una ciutat i la introducció d'una flota de VA faria que la mobilitat pels carrers fos més previsible i, alhora, menys estressant.
- Es guanyaria en eficiència en termes de cost. Els vehicles compartits tenen un impacte positiu en quan al cost que suposa desplaçar-se en vehicle privat.
- S'augmentaria en productivitat. L'alliberament dels passatgers en quan a conducció es refereix, permetria que aquests puguin destinar el temps del viatge a assumptes d'oci o laborals (on es podria considerar l'inici de la jornada laboral al inici del trajecte en el VA). Tenint en compte també el temps que es perd en tràfics, això suposaria una reducció del temps de trajecte.

Aquests beneficis han sigut quantificats a partir dels resultats de l'experiment en un escenari virtual que BCG va realitzar juntament amb el Fòrum Econòmic Mundial, l'administració de la ciutat de Boston i el MIT Media Lab a la ciutat de Boston l'any 2017. Per a realitzar aquest experiment van suposar un model que analitzava durant 24h un espai de 0,45 km quadrats del centre de Boston i simulaven el comportament dels vehicles amb elements realistes de la mobilitat d'una ciutat com els semàfors, els carrils de doble direcció, la distància que per mitjà mantenen els vehicles en una ciutat, etc. Fins i tot, es van introduir paràmetres que reflecteixen les situacions de mala conducció, embussos causats per errors humans en la conducció i situacions ocasionals que es poden esdevenir en un ambient de mobilitat tant dinàmic com el centre d'una gran ciutat.

En aquest experiment⁴⁵, es van crear diferents escenaris depenent de la distribució percentual de la quantitat de VA en circulació (en relació als vehicles conduïts per humans) i depenent de la tipologia del VA. La tipologia empleada per escenificar la flota de VA que circulava per la zona analitzada va ser la següent:

- Vehicles autònoms de propietat privada
- Taxis autònoms (o robotaxis)
- Taxis autònoms amb passatgers de ride-sharing (passatgers que comparteixen el trajecte sense coneixes un a l'altre)
- Autobusos autònoms (shuttle buses)

La quantitat de VA segons tipologia es modificava en cada un dels escenaris analitzats i els resultats obtinguts remarcaven que, els beneficis de la introducció de flotes de VA en una ciutat eren superiors quan més VA compartits es figuraven en l'escenari (taxis ride-sharing i autobusos autònoms).

Tanmateix, a través de l'experiment es presenta la següent pregunta: En la introducció en un ambient urbà d'una gran flota de VA, qui serà el propietari d'aquets VA?

Els resultats obtinguts de l'experiment de Boston remarquen que els beneficis que els VA aportarien a la societat depenen directament de la seva tipologia i de la seva tipologia també en pot dependre la seva propietat i ús. A la pregunta qui serà el propietari dels VA, l'estudi de Parsons Brinkerhoff en associació amb Farrells anomenat "*Making Better Places: Autonomous vehicles and futur oportunitats*",⁴⁶ dona dues opcions alhora d'escenificar la inversió necessària per fabricar i introduir aquestes flotes de VA:

1. Vehicles de propietat privada
2. Vehicles d'ús compartit

En un escenari d'ús compartit dintre d'una zona específica les flotes serien: de propietat i operades per la ciutat en qüestió o les autoritats locals corresponents, o per empreses propietàries d'un gran nombre de VA que desenvolupin la tecnologia i el servei necessari segons un interès a llarg termini. En la pràctica, es molt provable que les autoritats locals subcontractin i treguin a concurs la gestió d'aquest servei a empreses privades que siguin propietàries dels vehicles i que s'especialitzin en subministrar i mantenir tant els vehicles com el servei.

En la mesura que es pugués arribar a un ús compartit com la primera pràctica en la mobilitat de les ciutats, la gent deixaria de comprar i ser propietària dels vehicles que utilitza. En aquest cas grans empreses automobilístiques ja entenen una mobilitat on s'hagi derivat el seu actual model de negoci a l'ús per demanda. La gent compraria un servei de mobilitat ofert per les empreses de VA similar al que ja ofereixen empreses com Ecootra (empresa especialitzada en el lloguer de ciclomotors elèctrics, els quals pagues per ús i no per subscripció mensual). La Mobilitat-com-a-Servei (MaaS) és el concepte que està darrera d'aquesta manera d'entendre la mobilitat i que busca unir els serveis de diferents mitjans de transport en una sola APP i amb un pagament unificat⁴⁷.

En el cas de VA de propietat privada, la qüestió principal recau en el cost que suposarà l'adquisició del vehicle. L'ús i necessitat que cada persona requereixi en la seva mobilitat personal també tindran una influència clara alhora d'escollir una opció.

Cap dels dos models són exclusius l'un de l'altre i el resultat pot esdevenir com un mix, com ja passa en l'actualitat. Per tant, cada zona urbana tindrà una distribució pròpia de la proporció entre flotes compartides i privades, que pot variar, entre altres, segons les polítiques al voltant de l'ús dels VA, la cultura d'una regió en concret i el poder adquisitiu de la regió. Els model d'una mobilitat compartida és més beneficiosa en termes d'emissions, trànsit i zones destinades al sistema viari.

5. INTRODUCCIÓ ACTUAL DEL VEHICLE AUTÒNOM EN ENTORNS URBANS: CASOS REALS

L'actual estat de la introducció del vehicle autònom es troba en context de projectes innovadors i proves pilots. En la mesura que els OEM's desenvolupen la tecnologia cap a una autonomia total de nivell 5 i poder així abastir les ciutats de flotes de VA, per el moment el camí passar per anar coneixent com la conducció autònoma es configura en situacions reals.

Son varies les ciutats arreu del món que porten anys testejant VA com part dels seus programes d'innovació en la mobilitat urbana. L'objectiu actual, més allà del impacte que aquests programes o tests amb VA puguin tenir en el present de la societat pel fet de ser autònoms (ja que els recorreguts poden ser perfectament operats per vehicles no autònoms), es busca la recopilació de dades en casos reals i aprenentatge de les experiències. Els següents exemples són projectes de conducció autònoma en entorn urbans que han tingut lloc a diferents ciutats del món:

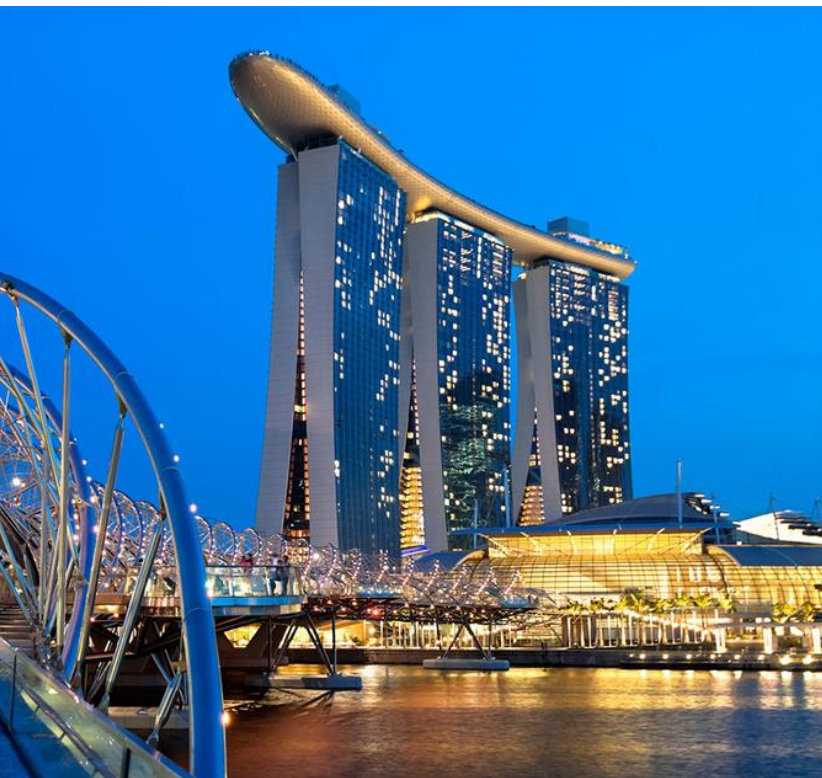
GÖTEBORG

La ciutat sueca va testejar al 2017 els VA a través del projecte Drive Me⁴⁸. Drive Me va ser una iniciativa de Volvo Car Group amb associació de les administracions i agències públiques del transport a Suècia, juntament amb la ciutat de Göteborg. L'objectiu va ser estudiar els beneficis que la conducció autònoma pot aportar en un ambient urbà i que tant país com companyia es posicionin en una situació de lideratge en la mobilitat innovadora. El projecte considera als VA com a solució important per arribar a la missió de 0 morts en carretera.

Els automòbils del projecte van rodar en uns 50km de tram de carretera expressament seleccionats a la ciutat i voltants. El trajecte englobava diversos carrers amb trànsit dens i cues freqüents. Com va afirmar Hakan Samuelsson, director general de Volvo Car Group, el projecte els va permetre conèixer els reptes tècnics, alhora que rebien valuosos comentaris de clients que circulen a diari per aquelles carreteres.

El Projecte "Drive Me" va permetre analitzar diverses àrees com⁴⁸:

- Com els vehicles autònoms poden aportar beneficis econòmics i socials en forma de millores en el flux de trànsit, el medi ambient i la seguretat.
- Requisits d'infraestructura per a la conducció autònoma.
- Quines situacions de trànsit són adequades per a vehicles amb autocontrol.
- La confiança dels clients en els VA.
- Com els conductors de l'entorn poden interactuar sense problemes amb un cotxe que condueix de manera autònoma



SINGAPUR

Des de 2015, en la ciutat asiàtica han estat circulant autobusos i taxis autònoms en la zona de negocis One-North. Els participants que s'han encarregat de dur a terme el projecte són:

- L'empresa NuTonomy⁴⁹, una spin-off del MIT desenvolupadora de tecnologia de VA, que va ser la primera empresa privada en obtenir l'aprovació per testejar en un recorregut de la via pública un VA.
- A*STAR's Institute for Infocomm Research, institut que es dedica a desenvolupar tecnologia i en aplicar-la en situacions innovadores⁴⁹.
- National University of Singapur.

Actualment, Singapur està treballant per expandir el programa afegint 55km en la ruta pilot, per així poder accedir a zones residencials i zones urbanes.

Cada cop els casos de ciutats que es converteixen en camp de proves són més habituals. Podem trobar exemples de proves pilots a Londres, Wuzhen (China), Suzu (Japó), Sydney (Austràlia) i Lió (França), entre altres. Catalunya també ha estat camp de proves de la conducció autònoma sota el projecte ÈRICA, del qual es dedicarà un apartat exclusiu en aquest treball.

L'estat actual de la introducció del VA tant en països com en ciutats recau, en part, en iniciatives com les descrites anteriorment. Tanmateix, el camí cap a flotes de VA circulant pels carrers de les ciutats i on aquestes siguin part activa de la mobilitat dels usuaris depèn de varis factors que s'han de treballar de manera específica.

Per tant, la responsabilitat de desenvolupar un model de mobilitat protagonitzat per la conducció autònoma no només recau en els avenços tecnològics per part dels OEM's, ja que les ciutats i governs juguen un paper essencial en la preparació del terreny. Però quins són els països del món capdavanters en aquest aspecte i que es poden considerar pioners en la introducció del VA?

La consultoria KPMG, a principis del 2019 ha publicat l'última edició de l'estudi "*Autonomous Vehicles Readiness Index, Assessing countries' openness and preparedness for autonomous vehicles*", on llista els 25 països més preparats per rebre la conducció autònoma. Per a poder realitzar la llista, va diferenciar quatre pilars claus dels que depèn la preparació d'un país per a la introducció dels VA⁵⁰:

- **Política i legislació**

Les polítiques i regulacions vers el VA i la conducció autònoma són un pilar determinant en la preparació dels països. Un VA suposa un canvi radical en com està enfocada la mobilitat en la via pública de totes les ciutats del món a nivell legislatiu i de responsabilitat dels actes. El sistema viari està regit per un codi que marca amb exactitud els diferents poders i deures que tenen usuari i vehicle en cada una de les diferents vies de circulació definides.

En aquest cas, el VA canvia les normes del joc i requereix fer una nova lectura del codi de circulació per part dels dirigents de les autoritats del trànsit de cada país. Preguntes com: és possible que un VA autònom circuli per la mateixa via que els vehicles no autònoms? i poden els VA circular per zones exclusives per a vianants? Ha d'existir un carril exclusiu per a VA? Encara que la conducció sigui autònoma, ha d'haver un humà responsable de reprendre els controls del vehicle en cas de necessitat? I la pregunta del milió, en cas d'accident qui és el responsable?

Avançar en una legislació que marqui i reguli el que es pot i no es pot fer i qui és el responsable dels actes és una necessitat lògica a desenvolupar per part dels països i les ciutats. Alhora, també és influent que les polítiques promocionin i facilitin tests i proves pilots per a poder conèixer resultats en situacions reals. En aquest pilar, des de KPMG les variables que han analitzat per a poder puntuar els diferents països són tals com la qualitat i abast de les regulacions del AV; si existeix un departament del VA dintre de les autoritats del transport; la inversió en infraestructura; i el número de proves pilots finançades per les autoritats.

L'estudi donar com a guanyador d'aquest pilar a Singapur, seguit per Nova Zelanda i Holanda. Els tres països compten amb una regulació que treballa per possibilitar la introducció del VA i els seus governs han participat en proves pilots. Espanya es situa en posició número catorze.

• Tecnologia i innovació

En aquest pilar es consideren variables com les relacions entre govern i indústria i els acords entre aquests per a desenvolupar el VA; els parcs tecnològics i hubs en que s'està treballant en potenciar la introducció del VA; i la presència de nous models de negoci en mobilitat. També es té en compte el nivell d'aportacions a nivell tecnològic en relació al VA que s'han fet dins de les fronteres del país en qüestió, com ara patens i inversions empresarials⁵¹.

Un altre punt important a analitzar per conèixer si un país està preparat per rebre grans flotes de VA és la preparació que el país disposa en quant a l'arribada del vehicle elèctric (VE). Aquest fet es deu a que la introducció dels dos canvis en la mobilitat, VA i VE, s'entén que arribaran de la mà i que tindran les dues un impacte radical en el transport. Per tant, el tant per cent de VE en relació a la totalitat dels vehicles d'un país és un factor a tenir en compte.

En aquest pilar el primer lloc l'obté els Estats Units, seguit per Suècia i Alemanya i on Espanya s'apropa a les últimes posicions quedant en setzena posició. Les posicions en aquest pilar estan fortament marcades: per una banda per el número d'aportacions tecnològiques (patents) a la indústria dels VA (on EE.UU és clarament capdavantera gracies a importants centres de recerca com el MIT) i, per l'altre, per la introducció del vehicle elèctric en la societat.

• Acceptació dels consumidors

Els VA no només requereixen un canvi tecnològic i legislatiu, sinó que també requereixen un important canvi de mentalitat per part dels usuaris, consumidor i habitants de les ciutats que han de conviure-hi. La conducció autònoma necessita que l'usuari (anteriorment conductor) confii en que el sistema format per hardware i software serà capaç de circular sense ocasionar-li danys. Aquest fet d'haver de confiar en una màquina pot suposar una barrera a l'hora d'introduir VA. Fins i tot, pot suposar una barrera no tan sols per els consumidors, sinó també per els habitants de la ciutat que hauran de confiar que el VA ha analitzat la seva posició i trajectòria i es frenarà en el pas de zebra abans de xocar. En aquest aspecte, Jaguar i Land Rover estan testejant VA que incorporin el que simularia ulls humans, ja que han detectat que el creuament de mirades és el principal factor que assegura al vianant que el conductor del vehicle l'ha vist i que, per tant, frenarà⁵².

En aquest pilar s'incorporen variables com la quantitat de proves pilots s'han realitzant en entorns reals on la població hagi pogut conviure i testejar un VA o la percepció/acceptació de la població en aquesta nova manera de moure's segons enquestes.

Singapur lidera aquest pilar gracies al gran nombre de proves pilots i, sobretot, al alt percentatge de població que resideix en zones on hi han hagut proves pilots. El podi el completa Holanda i Noruega, amb espanya situant-se en posició número 16. Cal ressaltar que en el mateix estudi publicat l'any anterior, Espanya no va poder ser avaluat en aquest pilar degut a que no hi havia hagut cap prova pilot en un ambient urbà i que, gracies a la prova pilot ÈRICA⁵³ que va tenir lloc a finals de 2018, en aquest 2019 ja si que va ser analitzat en aquest pilar.

• Infraestructura (elèctrica)

Com s'ha comentat anteriorment, la preparació d'un país per a la introducció del VA està estretament lligada als VE. En aquest sentit, en infraestructura es considera com a variable específica la densitat d'estacions de càrrega de VE, ja que es preveu que la majoria de VA siguin VE i, perquè alhora, la inversió que un país duu a terme en infraestructura per el VE reflexa la disposició d'aquest per actualitzar la xarxa vial segons les noves tecnologies. La variable en qüestió analitzada en l'estudi de KPMG, es basa en el número total de punts de càrrega dividides per longitud de carreteres pavimentades del país.

Altres aspectes a tenir en compte en la preparació de les infraestructures per als VA són la qualitat de les carreteres del país i, molt important, la xarxa de connexió mòbil disponible. El primer classificat en aquest pilar és Holanda, seguit per Singapur i Japó, i on Espanya ha obtingut la catorzena plaça.

Els quatre pilars descrits amb les seves respectives variables poden ser al mateix temps, depenent de la seva evolució, propulsors i limitadors/barreres per a la introducció del VA en ambients urbans. En l'estudi referent al 2019⁵⁰, Holanda repeteix posició com a país del món que actualment està millor preparat per a la introducció del VA, on ressalta la seva primera posició en infraestructura i el segon lloc en quan a acceptació dels consumidors. La ciutat-estat de Singapur, segueix de prop al país europeu i és el país on el govern està optant per una política més clara a l'hora de desenvolupar proves pilots i promoure una regulació favorable als VA.

En el cas d'Espanya, l'estudi el posiciona en divuitè lloc, quatre llocs per sota que l'any 2018. Està a la cua en el pilar de Tecnologia i Innovació degut principalment per la poca inversió privada en desenvolupar tecnologia referent al VA i la poca presència d'empreses en el sector. També presenta baixa puntuació en el pilar de Política i legislació (*posició 19*) i el d'acceptació dels consumidors (*posició 17*).

Tanmateix, tot hi les baixes qualificacions, la redacció del mateix informe assegura un gran potencial per a canviar la tendència negativa i poder escalar posicions ràpidament. El motiu d'això radica, entre altres, a iniciatives com el projecte de la DGT "*Plataforma de Vehículo Conectado 3.0*" que busca promoure la mobilitat intel·ligent⁵⁴ o el projecte europeu C-its⁵⁵ per promoure les proves pilots als nuclis urbans del país. Però, en tot cas, el principal motiu del que disposa Espanya per a pujar posicions i, en definitiva, estar preparat per acollir flotes de VA recau en el seu catorzè lloc en el pilar de infraestructures.

Un dels aspectes més determinants en la preparació d'un país cap al VA és la xarxa de cobertura 4G i en aquest aspecte Espanya està quasi igual valorat que Singapur, segon país del món considerat millor preparat per al VA. Una conducció autònoma és, alhora, una conducció connectada i per a possibilitar una conducció connectada es necessita de cobertura 4G disponible en la xarxa viària. Ara bé, la introducció real d'una flota de VA de màxim nivell (Level 5) no tindrà prou per a funcionar amb la xarxa 4G disponible en l'actualitat i es requerirà el desplegament de la xarxa 5G per ser una realitat⁵⁶.

6. CAS PRÀCTIC D'ESTUDI. ADAPTACIÓ DE LA CIUTAT DE GRANOLLERS AL VA: REQUERIMENTS I LIMITACIONS

6.1. INTRODUCCIÓ

Aquest apartat es centra en conèixer com hauria de ser l'adaptació de Granollers per a poder acollir la circulació d'un VA pels carrers de la ciutat amb la finalitat de contestar la pregunta: És possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?

Per a dur a terme el cas pràctic s'ha de dibuixar el recorregut del VA per conèixer quins són els requeriments/limitacions que implica la seva circulació i, poder així, respondre la pregunta objecte d'estudi. Per a decidir els recorreguts, s'han agafat com a referència les conclusions 1 i 2 extretes de la primera part del treball (La Revolució de la Mobilitat).

La conclusió 1 ressalta que els canvis en la mobilitat tenen com a objectiu principal fer que aquesta sigui menys contaminant i estigui menys congestionada. La conclusió 2 evidencia una diferència d'escenaris en el mig termini (10 anys) entre les grans zones urbanes, on es podrà entendre una mobilitat no dependent del vehicle privat, i les zones urbanes petites i mitjanes, on els habitants d'aquestes zones seguiran necessitant el vehicle privat com a mitjà de transport referent.

Havent ja especificat la ciutat de Granollers com una zona urbana mitjana i seguint la línia argumental extreta de les conclusions, el cas pràctic estar enfocat en reduir la contaminació derivada de la

mobilitat en la ciutat, però tenint en compte el fet que el vehicle privat seguirà sent el mitjà de transport protagonista en el mig termini explicat.

Per tant, si no es pot evitar que els usuaris segueixin fent servir el vehicle privat com a mètode de transport, l'objectiu és allunyar la circulació d'aquests vehicles de les zones centríques i més denses a nivell de població de la ciutat. Per aconseguir aquest objectiu, són de vital importància per la mobilitat de la ciutat els aparcaments dissuasius.

Els aparcaments dissuasius són les grans bosses d'aparcament situades a la perifèria de la ciutat, que tenen l'objectiu de dissuadir als ciutadans i visitants de circular amb cotxe per les zones centríques i, en conseqüència, evitar que estiguin més temps circulant, contaminant i congestionant la ciutat.

En aquest sentit, aquesta tipologia d'aparcaments encaixa a la perfecció amb l'objectiu del treball i és per aquest motiu que el recorregut desenvolupat en el apartat pràctic té com a finalitat connectar els aparcaments dissuasius de Granollers amb la zona centríca de la ciutat.

Els aparcaments dissuasius de la ciutat de Granollers escollits per a realitzar el recorregut són: La Bòbila, Ramón Llull i Jordi Camp.

6.1.1. Aparcaments dissuasius. Recurs Estratègic

Els aparcaments dissuasius són un recurs estratègic de la mobilitat en el mig termini (10 anys) per els següents factors:

1. **Disminució de l'oferta d'aparcament en calçada i zona blava:** La tendència present a les ciutats d'arreu d'augmentar l'illa de vianants i de la creació de zones pacificades, on es limita l'aparcament de vehicles, està provocant una reducció de l'oferta d'aparcaments en les zones cèntriques de la ciutat, fet que comporta que els visitants, cada cop més, hagin de dirigir-se a aquestes bosses d'aparcament per estacionar.
2. **L'ús d'aquests aparcaments redueix la contaminació i la congestió en la ciutat:** La utilització d'aquests aparcaments, al estar situats a la perifèria i prop de grans vies d'accés i sortida de la ciutat, redueix el temps de circulació dels vehicles motoritzats dins la ciutat. Aquest fet comporta una disminució de les emissions de gasos contaminants i evita col·lapses de trànsit en carrers cèntrics provocats per una gran massa de vehicles en busca d'aparcament.
3. **Legislacions restrictives al ús del vehicle privat:** Iniciatives com Madrid Central⁵⁷ i el peatge urbà de Londres⁵⁸ són una tendència en les ciutats.

Ja existeixen varis casos de ciutats que utilitzen un sistema d'autobusos llançadores per connectar l'oferta d'aparcaments dissuasius amb el centre de la ciutat: Sant Cugat del Vallès, San Sebastian, Xàtiva, Pamplona, Baiona (França), entre d'altres.

6.1.2. Explicació dels Escenaris

En aquest sentit, el treball s'enfocarà seguint l'objectiu de saber si "és possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?" i per a conèixer com ha de ser l'adaptació de Granollers per a que un vehicle autònom circuli i connecti els aparcaments dissuasius de la ciutat, l'anàlisi es centrarà en dos escenaris:

ESCENARI 1

A partir del cas d'estudi real de l'autobús autònom ÈRICA⁵³, es projectarà una ruta per a connectar els aparcaments dissuasius de Granollers objecte d'estudi (Ramón Lull, La Bòbila i Aparcament Pol. Ind. Jordi Camp) amb la zona de vianants de la ciutat. En l'escenari 1, el trajecte serà analitzat segons l'actual estat del desenvolupament del VA i es mostraran els requeriments necessaris per a que el trajecte pogués implementar-se i estar operatiu en l'actualitat. Per a dur a terme l'escenari 1, es treballarà amb l'actual nivell d'infraestructures (4G), el marc legal actual en relació als VA i els requeriments tècnics reals d'un VA equivalent a nivell 3:

Nivell 3. Automatització condicional. Un sistema d'automatització de la conducció pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle. És capaç de controlar situacions dinàmiques i donar resposta als imprevistos que es presenten en el trajecte. Pot circular per ambients urbans i d'alt requeriment d'anàlisi de l'entorn, amb l'expectativa que el conductor respondrà retornant al comandament del vehicle en cas que es requereixi la seva intervenció.

ESCENARI 2

En l'escenari 2, es desenvoluparà un trajecte que permeti connectar els aparcaments dissuasius objecte d'estudi amb la zona de vianants de la ciutat suposant que una flota de VA nivell 5 és operativa. En aquest escenari serà necessari simular la introducció d'hipotètics avanços tant en la tecnologia pròpia del VA, com en infraestructura i legislació. L'objectiu de l'escenari 2 és mostrar quins són els requeriments per a que una flota de VA de nivell 5 pugui operar en la ciutat de Granollers i oferir el servei de connectar els aparcaments dissuasius amb la zona de vianants.

Nivell 5: Automatització total. Un sistema d'automatització de la conducció pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle, encara que el conductor no sigui capaç de respondre correctament. A més, el sistema és capaç de respondre sota totes les condicions ambientals i està plenament connectat tant amb l'entorn.

6.2. ESCENARI 1: SITUACIÓ ACTUAL VEHICLE AUTÒNOM ÈRICA

6.2.1. Vehicle Autònom ÈRICA

L'ÈRICA és un projecte apadrinat per l'AMTU (Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà) i amb el suport de la Generalitat, el qual va posar en marxa una iniciativa que va fer possible que 8 municipis de Catalunya posessin en funcionament, per primera vegada, un autobús autònom en circulació real per els carrers de la ciutat. Les ciutats que van acollir la prova van ser Reus, El Vendrell, Martorell, Sant Cugat del Vallès, Sabadell, Terrassa, Vic i Girona⁵⁹.

La gira va tenir lloc els mesos de setembre i octubre del 2018 i els objectius principals d'aquesta van ser que la ciutadania pugues veure com funciona un vehicle d'aquestes característiques i com interactua amb la ciutat i, alhora, que els ajuntaments i autoritats poguessin conèixer com es comporta un vehicle autònom i quins canvis hauran d'adoptar les ciutats per adaptar-se al funcionament d'aquesta nova tecnologia.

El VA ÈRICA és propietat de l'empresa francesa Transdev, operadora integral de mobilitat. Transdev, *The mobility company*, està present a 20 països, dona feina a 82.000 empleats i en l'actualitat centra gran part dels seus projectes d'innovació en el desenvolupament de Tecnologia per el VA. La visió de la empresa, en quan entendre la mobilitat urbana del futur, està enfocada en l'idea que els vehicles autònoms de mobilitat compartida canviaran per

complet la manera en que ens desplacem i, en una escala general, en la manera que vivim⁵⁹.

Aquesta visió, els ha portat a desenvolupar tecnologia innovadora que ha permès construir una flota de VA del tipus Shuttle Bus (fotografia 15). La visió en que Transdev entén la mobilitat urbana del futur no és una visió aïllada en el sector d'operadors de mobilitat, ja que cada cop més i més fabricants de vehicles estan veient els autobusos autònoms shuttle 100% elèctrics com un bloc crucial a construir en la mobilitat urbana del futur. Com a exemples estan els casos de la també empresa francesa Navya i l'americana Local Motors, que en l'actualitat estan fent servir aquests tipus d'autobusos en rutes pre-definides⁴⁵.

Els fets que porten a les empreses citades, i a Transdev en particular, a desenvolupar i construir shuttle busos és la flexibilitat que aquests aporten a la mobilitat dins la ciutat. Flotes d'aquest tipus de VA afavoririen la personalització dels serveis d'autobús i fer-los més accessibles, permetrien incloure més parades en les rutes i afegir, alhora, noves rutes regulars o inclús amb serveis basats exclusivament a la demanda. Aquest fet representa una excel·lent oportunitat per als operadors locals, ja que es preveu que els serveis de mobilitat autònoma compartida s'implantaran abans que els VA personals/privats⁶⁰.



Fotografia 15. VA desenvolupats per Transdev. (Font: Google)

✓ Anàlisi tècnic de l'ÈRICA

Les fotografies 16 i 17, aportades per l'Ajuntament de Vic, mostren la imatge de l'ÈRICA en situació real durant la gira realitzada els mesos de setembre i octubre de 2018, en qualitat de prova pilot. El nom correspon a les inicials d'Elèctric, Revolucionari, Intel·ligent, Compartit i Amable.



Fotografia 16. Autobús autònom ÈRICA (Font: www.Moventis.es)



Fotografia 17. ÈRICA circulant pels carrers de Vic (Font: www.el9nou.cat)

Capacitat: La capacitat màxima que l'Èrica pot transportar en un sol trajecte és de 12 passatgers, 6 d'asseguts i 6 de drets.

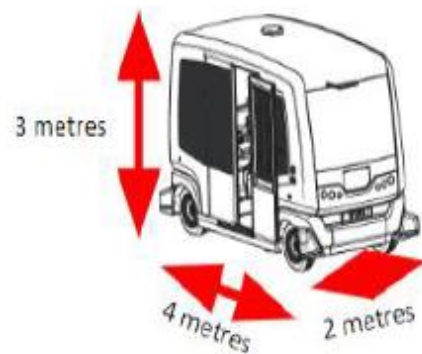
Velocitat comercial: La velocitat comercial a la qual va circular durant la realització de la proves pilots als diferents municipis va ser d'entre 5 i 10 km/h, en funció del flux de vianants en cada moment.

Velocitat màxima: L'ÈRICA té una velocitat màxima de 12 km/h.

Adaptat per persones amb mobilitat reduïda: L'autobús està adaptat per al transport de persones amb mobilitat reduïda incorporant una rampa automàtica que es desplega a la mateixa vegada que el vehicle s'abaixa.

Càrrega elèctrica: L'ÈRICA és 100% elèctric.

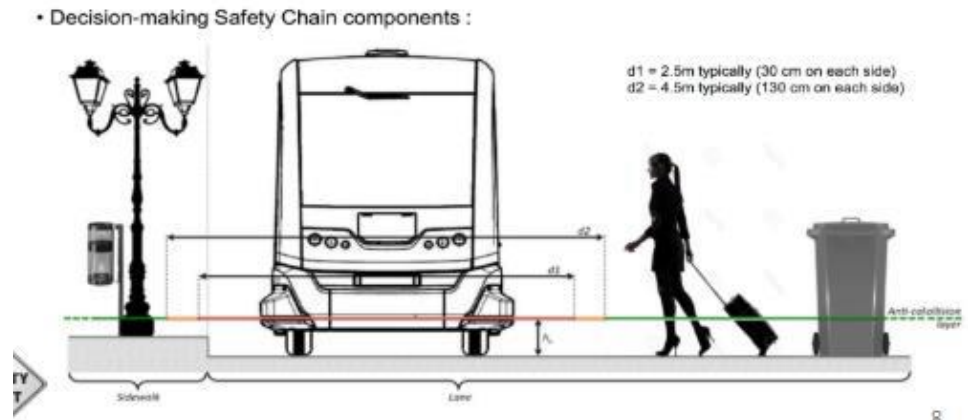
Dimensions: Les dimensions de l'Èrica, tal i com mostra la fotografia 18, corresponen a 3 metres d'altura, 4 metres d'allargada i 2 metres d'amplada.



Fotografia 18. Dimensions ÈRICA (Font: Aj. Vic)

✓ Requeriments tècnics per a la circulació del vehicle

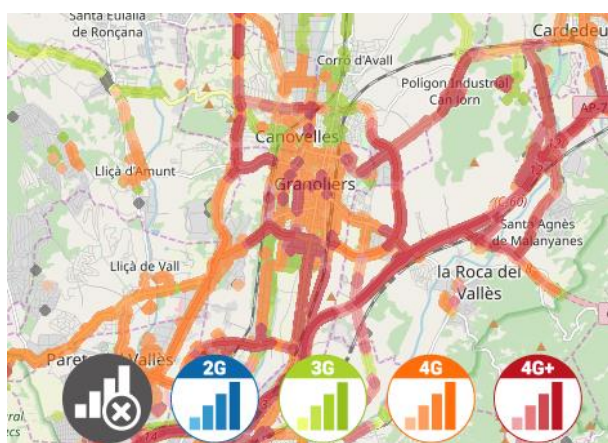
- Tot el recorregut i parades del trajecte necessiten està prèviament programat en el software de l'ÈRICA.
- Tot el recorregut necessita com a mínim un carril de 460 cm per on l'ÈRICA circuli, ja que necessita que no hi hagin obstacles a un mínim de 130 cm per cada costat del vehicle sumats al 200 cm d'amplada.
- Es necessita un espai de 3,5 metres en els punts de parada per tal de poder desplegar la rampa i que una persona en cadira de rodes pugui maniobrar.
- Per carregar les bateries es necessita un endoll de 220 V estàndard.
- Per guardar el vehicle es necessiten 20 metres quadrats d'espai, per a dur a terme la neteja, manteniment tècnic i la càrrega de bateries.
- Tot el recorregut necessita, com a mínim, de cobertura 3G o 4G utilitzada per l'operador.



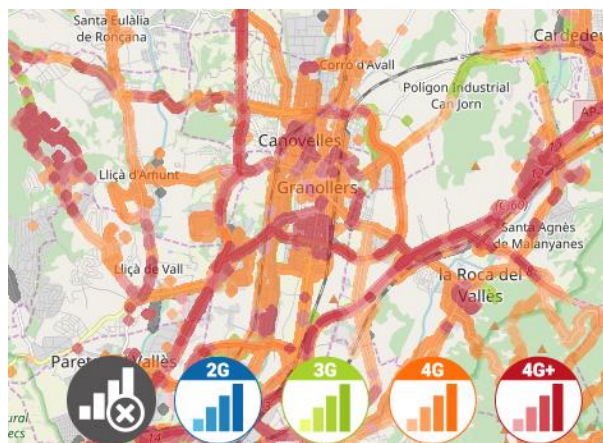
Fotografia 19.. Sistema de detecció d'obstacle.(Font: Aj. Vic)

✓ Anàlisi Cobertura 3G i 4G dels principals operadors al municipi de Granollers

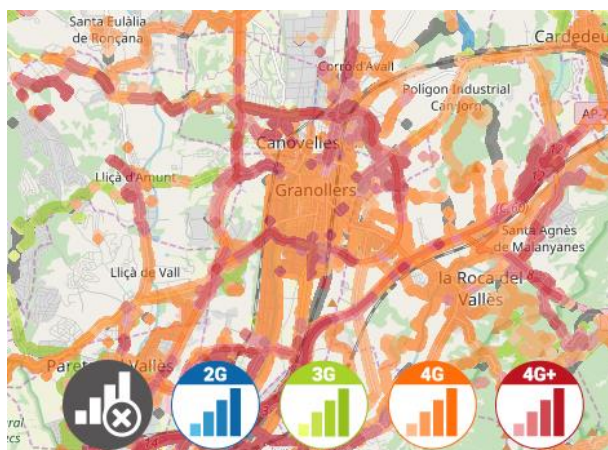
Les següents il·lustracions mostren la cobertura 2G, 3G i 4G disponible a la ciutat de Granollers oferta pels operadors de telecomunicacions que disposen d'una xarxa pròpia a l'estat espanyol. La conducció autònoma necessita estar connectada amb l'operador per a poder transmetre dades i rebre informació a temps real, i així estar en contacta amb l'entorn.



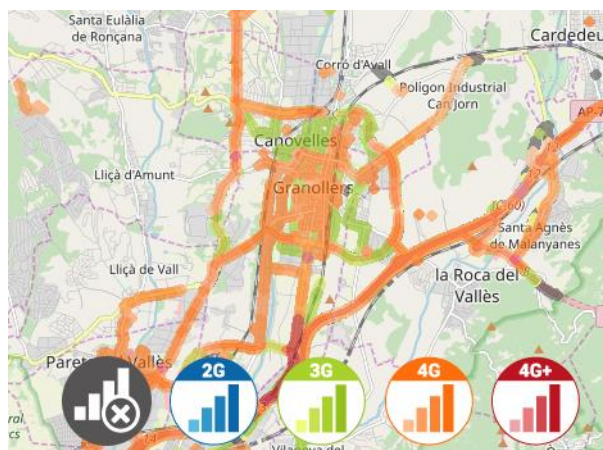
Fotografia 20. Mapa de cobertura 2G / 3G / 4G Movistar a Granollers. (Font: www.nperf.com)



Fotografia 21. Mapa de cobertura 2G / 3G / 4G Vodafone a Granollers. (Font: www.nperf.com)



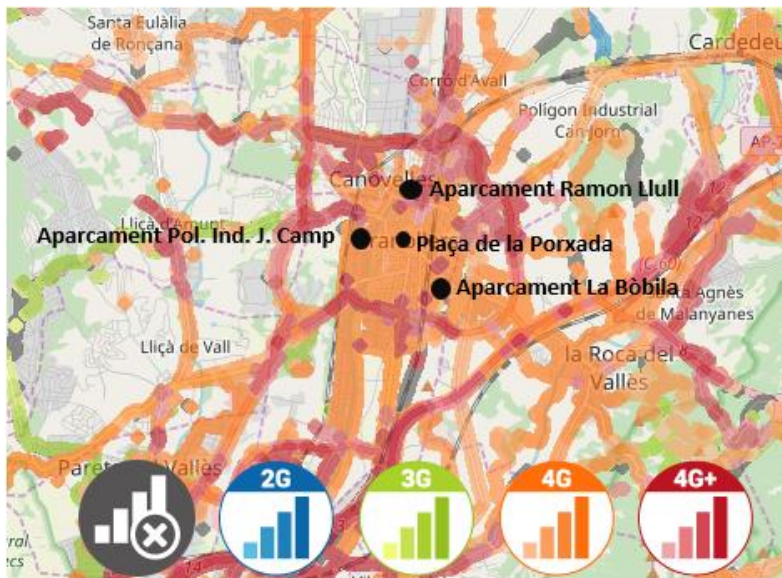
Fotografia 22. Mapa de cobertura 2G / 3G / 4G Orange a Granollers. (Font: www.nperf.com)



Fotografia 23. Mapa de cobertura 2G / 3G / 4G Yoigo a Granollers. (Font: www.nperf.com)

Segons les dades extretes de *nperf*, la tele operadora que ofereix una major connexió 4G a Granollers és l'empresa Orange (Fotografia 22). Per tant, el vehicle autònom ÈRICA hauria de contractar el servei de transmissió de dades amb aquesta operadora per oferir el millor servei possible.

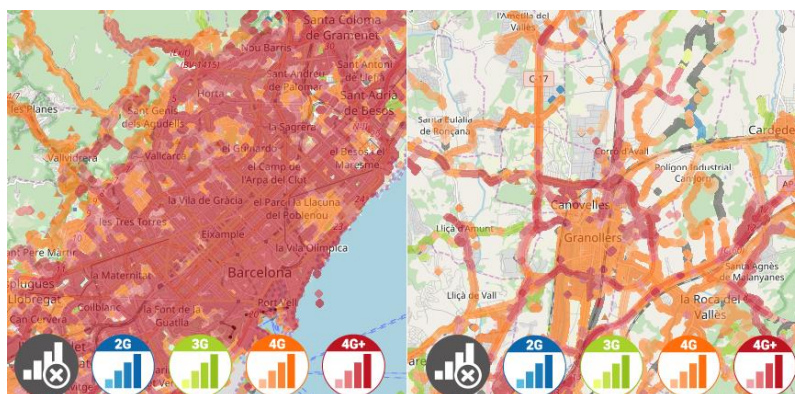
En aquest cas, la il·lustració 9 mostra com els tres aparcaments objecte d'estudi estan dins l'àrea de cobertura 4G que ofereix la companyia Orange a la ciutat de Granollers. Alhora, s'observa la possibilitat de realitzar un itinerari amb connexió 4G des d'un aparcament a un altre i connectant aquets amb el centre de la ciutat (Plaça de la Porxada).



Fotografia 24. Mapa de cobertura 2G / 3G / 4G Orange a Granollers amb els aparcaments objecte d'estudi (Font: www.nperf.com)

En conclusió, la ciutat de Granollers disposa de cobertura 4G suficient per acollir els serveis de l'autobús autònom ÈRICA i que aquest actui d'autobús llançadora entre els aparcaments i la zona de vianants de la ciutat.

Encara que, com mostra la fotografia 25, la connexió 4G+ de Granollers és molt inferior a la que s'ofereix a la ciutat de Barcelona i, per tant, hi ha molt marge de millora per part del operador en quan al servei de connexió 4G+ disponible a Granollers.



Fotografia 25. Comparativa dels mapes de cobertura 2G / 3G / 4G Orange a Granollers i a Barcelona (Font: www.nperf.com)

6.2.2. Recorregut

L'actual aplicació real de l'ÈRICA a l'hora de connectar els aparcaments dissuasius objecte d'estudi amb la zona de vianants de la ciutat és extremadament limitada, degut essencialment a les seves limitacions tècniques i legislatives que impliquen la necessitat de **construir un carril adaptat i d'ús exclusiu per a l'ÈRICA**.

El fet d'haver de construir un carril exclusiu per a l'ÈRICA amb l'objectiu de connectar els aparcament dissuasius fa que sigui un projecte que avui en dia no té cabuda a Granollers, principalment per dos motius:

1. L'amplada mínima necessària del carril (460cm) implicaria la pèrdua de carrils de circulació de vehicles i, en certs casos suposaria la impossibilitat de circulació d'altres tipus de vehicle (com el cotxe). En aquest cas, seria una mala decisió estratègica suprimir certs carrils de circulació que en l'actualitat ja estan molt congestionats.

En la fotografia 26, es pot observar el carrer Josep i Ventura, carrer que connecta l'aparcament La Bòbila (l'aparcament dissuasiu més gran de la ciutat amb 500 places) amb la zona de vianants de Granollers. Tal i com mostra la imatge, el carrer Josep i Ventura pateix diàriament congestions de tràfic importants, ja que és un dels principals accessos a la ciutat en sentit est. la construcció d'un carril d'ús exclusiu per a l'ÈRICA en aquest carrer no seria viable a causa del fort impacte negatiu que tindria en la circulació o implicaria una reformulació del transit de la ciutat. Per tant, la utilització de l'ÈRICA per connectar La Bòbila amb la zona de vianants és molt limitada.



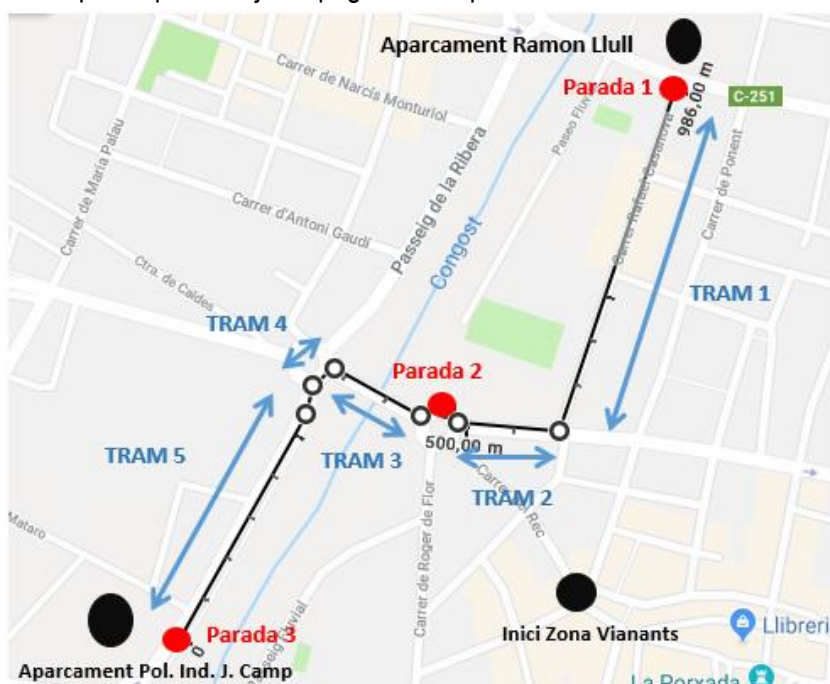
Fotografia 26. Congestió al Carrer Josep i Ventura, carrer que connecta l'aparcament La Bòbila amb la zona de vianants (Font: Google Maps)

2. L'alt cost que suposaria la construcció d'un carril exclusiu que recorri la ciutat és un gran impediment per a la seva aplicació immediata.

Per tant, que l'autobús autònom ÈRICA ofereixi el servei d' "autobús llançadora" des dels aparcaments fins a la zona de vianants de Granollers queda descartada en l'actualitat. Tanmateix, amb l'objectiu de conèixer i mostrar els requeriments físics que implicaria una circulació autònoma a la ciutat, s'ha realitzat el disseny d'un recorregut alternatiu (Fotografia 27 en que l'ÈRICA connecta els aparcaments Ramon Llull i Pol. Ind. Jordi Camp al centre de la ciutat.

Aquest trajecte proposat té com a característica positiva que no implica eliminar cap carril de circulació actual i que amb un sol VA es dona servei a dos aparcaments. Com a característica negativa, es considera que no compleix l'objectiu de connectar els aparcaments fins a la zona de vianants, ja que es limita a apropar-se, i que no dona servei a l'aparcament La Bòbila.

A continuació s'analitzaran els requeriments necessaris a cada un dels trams per a que el trajecte pogués ser operatiu:



Fotografia 27. Recorregut ERICA (Font: Elaboració pròpia)

❖ TRAM1 (inclou Parada 1)

- Ubicació Parada 1



Il·lustració 1. Ubicació Parada 1. (Font: Google maps)

- Distància del tram: 385 metres
- Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 2 minuts i 50 segons
- Requeriments d'adaptació del tram:

Requeriment 1



Il·lustració 2. Requeriment 1, Tram 1 (Font: Google Maps)

La circulació de l'ÈRICA requereix la pavimentació del carril per on circula. Un terreny irregular o la presència de sotracs impedeixen la seva circulació, ja que el propi sistema de sensors ho interpreten com una alerta i el vehicle es deté.

Requeriment 2



Il·lustració 3. Requeriment 2, Tram 1 (Font: Google Maps)

Per a que el carril tingui l'amplitud requerida de 460 cm, seria necessari extreure aquestes faroles.

❖ TRAM 2

- Distància tram: 120 metres
- Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 55 segons
- Requeriments d'adaptació del tram:

Requeriment 1



Il·lustració 4. Requeriment 1, tram 2 (Font: Google Maps)

Per a que el carril tingui l'amplitud requerida de 460 cm, seria necessari extreure les columnes, la barrera i les palmeres per tal d'ampliar el camí.

❖ TRAM 3 (inclou Parada 2)

- Ubicació Parada 2



Il·lustració 5. Ubicació parada 2 (Font: Google Maps)

- Distància tram: 135 metres
- Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 1 minut
- Requeriments d'adaptació del tram:

Requeriment 1



Il·lustració 5. Requeriment 1, tram 3 (Font: Google Maps)

Per a que el carril tingui l'amplitud requerida de 460 cm, seria necessari treure els tests.

❖ TRAM 4

- Distància tram: 27 metres
- Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 12 segons
- Requeriments d'adaptació del tram:

Requeriment 1



Il·lustració 6. Requeriment 1, tram 4 (Font: Google Maps)

El Requeriment 1 del tram 4 és el punt més conflictiu del hipotètic trajecte, ja que en aquest punt l'ÈRICA haurà de travessar el carrer de l'Avinguda de l'estació del Nord per a dirigir-se cap a l'aparcament Pol. Ind. Jordi Camp (parada 3). En aquest cas seria necessari un pas elevat per a travessar d'un costat del carrer a l'altre.

❖ TRAM 5

- Distància tram: 300 metres
- Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 2 minuts i 15 segons
- Requeriments d'adaptació del tram:

Requeriment 1



Il·lustració 7. Requeriment 1, tram 5 (Font: Google Maps)

Al llarg del tram 5 seria necessari guanyar espai per a que puguin circular vianants i l'ÈRICA. Per a fer-ho hi ha hauria dues opcions: Ampliar a través d'un voladís en el costat més proper al Riu Congost o bé ampliar per el costat de la carretera, fet que comportaria disminuir places d'aparcament i un dels dos carril d'accés a la rotonda.

- Ubicació Parada 3



Il·lustració 8. Ubicació Parada 3 (Font: Google Maps)

❖ Resum

1. Distància total del recorregut (Parada 1 – Parada 3): 985 metres
Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 7 minuts i 23 segons
2. Distància entre Parada 1 i Parada 2: 500 metres
Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 3 minuts i 45 segons
3. Distància entre Parada 2 i Parada 3: 485 metres
Temps en recórrer la distància (calculat segons velocitat comercial): 3 minuts i 38 segons

6.2.3. Observacions

L'actual estat de la tecnologia, de les infraestructures i de la legislació fan que la utilitat del VA no tingui un impacte transcendental en la ciutat i en conclusió, la resposta a la pregunta "és possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?" és negativa.

Com s'ha pogut observar, gràcies a l'estudi dels requeriments de l'ÈRICA, introduir un VA a la ciutat en primer lloc és altament costós pel fet que necessita un carril exclusiu per a ell. Alhora, cal ressaltar la rellevància del fet que per motius legislatius no està permès que un vehicle circuli sense un "responsable de la conducció" (el terme responsable de la conducció equival al conductor del vehicle), per tant, el cost que suposaria la introducció d'un VA també hi inclou el sou del "responsable de la conducció"

L'impacte que una flota de VA nivell 5 pot tenir en una ciutat, com en el cas de l'escenari analitzat a Boston per BCG⁶, dista molt de l'actual impacte que suposaria introduir un VA de nivell 3. El principal motiu de la diferència d'impacte entre flotes de VA de diferent nivell recau en el fet que en el nivell 5 el vehicle és capaç de respondre sota totes les condicions ambientals i està plenament connectat amb l'entorn. Això comportaria que el VA estigués capacitat per circular en el sistema viari de Granollers en convivència amb els vehicles no autònoms i no seria necessari que el trajecte estigués prèviament programat, com en el cas de l'ÈRICA.

6.3. ESCENARI 2: Requisits per al futur. Vehicle Autònom de nivell 5.

6.3.1. Supòsits

En l'escenari 2, es desenvolupa un trajecte que permeti connectar els aparcaments dissuasius objecte d'estudi amb la zona de vianants de la ciutat suposant que una flota de VA nivell 5 és operativa. En aquest escenari serà necessari simular la introducció del següents avanços, tant en la tecnologia pròpia del VA, com en infraestructura i legislació:

Tecnologia

En aquest escenari es suposa que la fabricació de VA per part dels OEM's ha assolit el nivell 5 d'autonomia. Per tant, un sistema d'automatització de la conducció pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle, encara que el conductor no sigui capaç de respondre correctament. A més, el sistema és capaç de respondre sota totes les condicions ambientals i està plenament connectat amb l'entorn.

Legislació

En aquest escenari es suposa que el marc de regulació dels VA ha avançat fins al punt de permetre una circulació en un espai de convivència entre els VA i els vehicles no autònoms. Es suposa que en cas d'accident les responsabilitats estan plenament justificades segons la situació i la circulació dels VA en el sistema viari transcorre en plena seguretat.

Alhora, com que una autonomia de nivell 5 implica que el sistema pren el control de tots els aspectes de la circulació del vehicle, en aquest escenari es suposa l'existència d'un VA tipus Shuttle Bus que circula sense la presència de cap conductor.

Infraestructura

La plena autonomia no requereix que prèviament es programi el recorregut exacte amb les parades pertinents. L'existència de mapes actualitzats disponibles en el núvol informàtic i la disponibilitat de informació a temps real de l'estat de la via és un fet real. Per a que tot això sigui possible es suposa que la infraestructura 5G ja ha estat desplegada a la ciutat de Granollers.

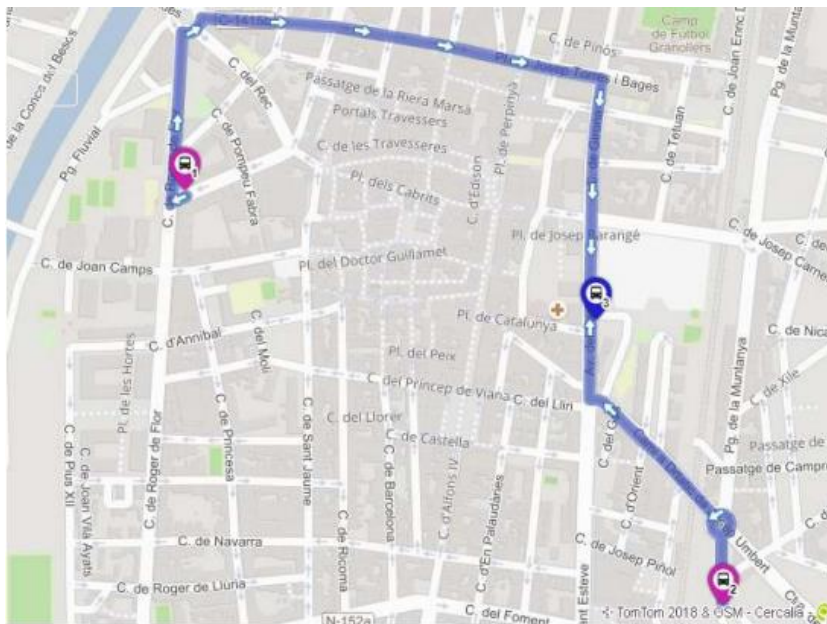


6.3.2. Recorregut

En aquest apartat es representaran les línies que permeten connectar els aparcaments dissuasius objecte d'estudi amb la zona de vianants de la ciutat. Per a la realització d'aquest servei, cada aparcament disposa d'un VA de tipus Shuttle bus amb el seu propi recorregut. El recorregut ha estat dissenyat per l'empresa operadora d'autobusos Sagalés⁶¹ exclusivament per a aquest treball.

A continuació s'expressen els tres recorreguts:

❖ Aparcament dissuasiu La Bòbila



Fotografia 28. Trajecte La Bòbila (Font: Elaborat per Sagalés)

Parada 1:

Mª de Déu de Núria – Carrer de Roger de Flor

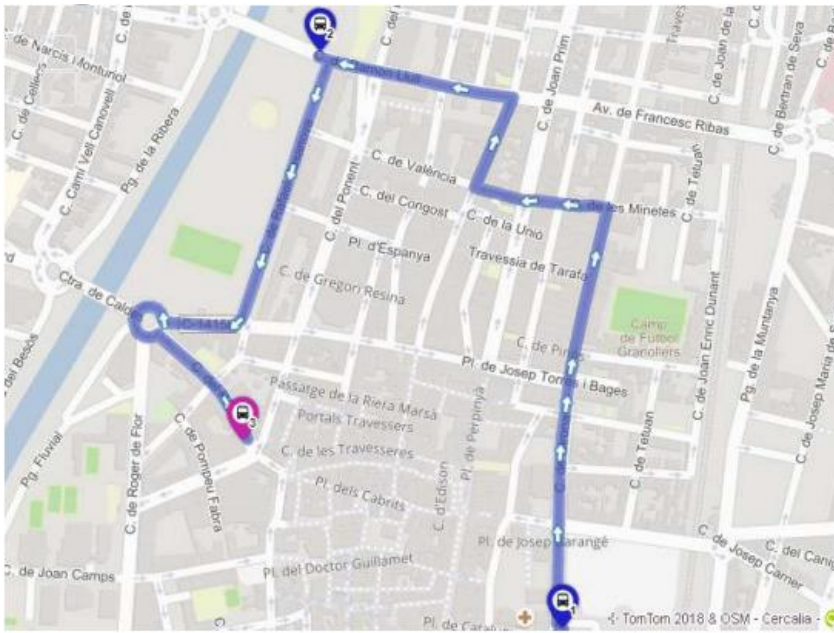
Parada 2:

Camí de Santa Quiteria (Aparcament dissuasiu La Bòbila)

Parada 3:

Avinguda del Parc – Estació d'Autobusos

❖ Aparcament dissuasiu Ramon Llull



Fotografia 29. Trajecte Ramon Llull (Font: Elaborat per Sagalés)

Parada 1:

Avinguda del Parc – Estació d'autobusos

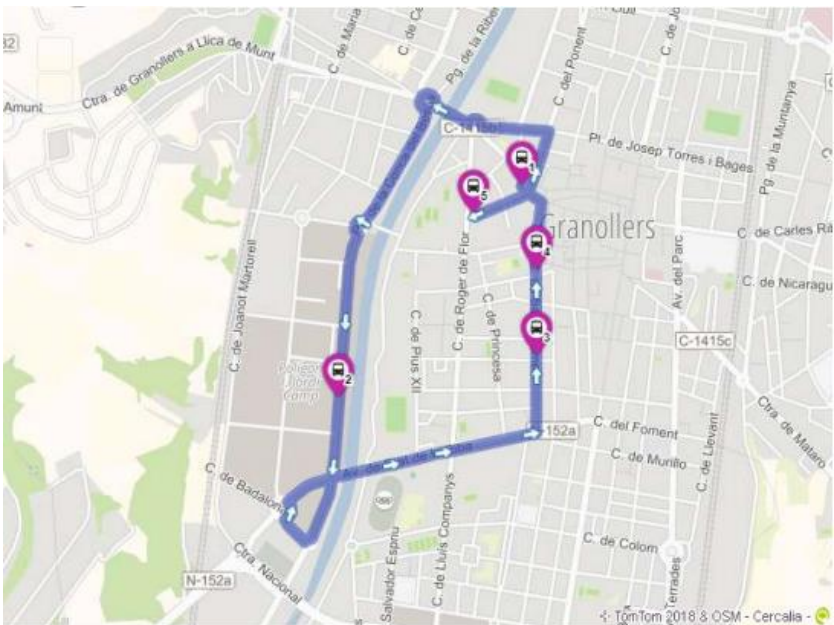
Parada 2:

Parc de Ponent (Aparcament dissuasiu Ramon Llull)

Parada 3:

Carrer del Rec – Carrer de Ponent

❖ Aparcament Polígon Industrial Jordi Camp



Fotografia 30. Trajecte Pol. Ind. Jordi Camp (Font: Elaborat per Sagalés)

Parada 1:

Carrer del Rec – Carrer de Ponent

Parada 2:

Passeig de la Conca del Besòs (Aparcament Pol. Ind. Ramon Llull)

Parada 3:

Carrer de Sant Jaume – Isabel de Villena

Parada 4:

Museu

Parada 5:

M^o de Déu de Núria – Carrer de Roger de Flor

6.3.3. Observacions

En l'Escenari 2, al haver suposat un espai de convivència entre VA i vehicles no autònoms (VNA) s'ha pogut aconseguir l'objectiu de connectar els aparcaments dissuasius amb la zona de vianants de la ciutat de Granollers, a diferència de l'Escenari 1 on el fet d'haver de disposar d'un carril exclusiu feia inviable aconseguir l'objectiu. En aquest sentit, es considera un factor clau per a la introducció del VA a Granollers que aquests puguin circular en un espai de convivència amb altres vehicles, almenys a mig termini.

Les ciutats actuals estan dissenyades segons un sistema viari que en la gran majoria de casos no disposa de marge de creixement. La introducció del 5G és una realitat i, juntament amb els avenços tecnològics per part dels OEM's en la fabricació de VA d'alts nivells (nivell 4 i 5), farà possible que els VA siguin capaços de circular en ambients tant dinàmics com el que representa una ciutat. Ara bé, quan aquest moment arribi, la seva introducció real a les ciutats dependrà, en gran mesura, de si la legislació permet un espai de convivència entre els diferents tipus de vehicles (VA i VNA). En cas que la legislació no ho permetés, la situació seria la següent:

1. Serien necessàries grans inversions per a poder adaptar i/o habilitar carrils exclusius per als VA. Hi hauria diferents escenaris depenent de la manera en que s'afronten aquestes inversions:
 - L'administració Pública es fa càrrec del 100% de les inversions. Aquest escenari suposaria retardar molt la construcció d'aquests carrils degut a l'alt cost econòmic de les obres i la limitació dels incentius per dur-se a terme.
 - El 100% de les inversions provenen del sector privat. La introducció del VA pot suposar un canvi radical en la manera en que entenem la mobilitat urbana. La tendència de mobilitat a demanda està a l'alça i noves formes de desplaçar-se sota nous models de negoci, com empreses de motocicletes a lloguer "per ride" o la Mobilitat com a Servei (MaaS), estant apareixent al mateix moment en que la idea de disposar d'un vehicle en propietat en la ciutat és cada cop menys atractiva.

Sumant aquestes tendències, els avenços tecnològics que comporten nous models de negoci i les regulacions restrictives per a circular amb vehicle privat motoritzat per els centres urbans, es pot visualitzar un escenari on la mobilitat de les ciutats sigui exclusivament a través de vehicles elèctrics autònims i compartits. Si les flotes d'aquests vehicles són propietat privada i, en conseqüència, les empreses propietàries es lucren oferint serveis de mobilitat urbans, la construcció de les infraestructures necessàries podria recaure a les empreses que a posteriori es beneficiaran del model de negoci.
 - La inversió és realitza per mitjà d'un mix públic i privat: Aquest escenari comprendria una col·laboració público-privada, en que la construcció de les infraestructura necessàries es realitzarien combinant recursos. Ja és un model habitual, un exemple és el de la construcció d'autopistes, on el servei es realitzaria per mitjà de concurs i concessió de l'activitat posterior.
2. Essent el sistema viari un bé limitat, la construcció de carrils específics per als VA suposaria la pèrdua de carrils que actualment són utilitzats per els VNA. Com que el més probable és que la introducció del VA sigui progressiva i que, per tant, convisquin amb gran quantitat de VNA, la pèrdua de carrils per als VNA comportaria grans problemes de congestió en les ciutats, sobretot en els primers estadis de la introducció del VA. Un exemple clar s'ha vist amb la impossibilitat d'adaptar un carril per a que l'ÈRICA donés servei a l'aparcament La Bòbila a Granollers.

En cas que la legislació permetés la circulació de VA amb diferents nivells d'autonomia i VNA en un entorn de convivència, el principal factor a estudiar recau en el concepte de responsabilitat en cas d'accident. La seguretat de circular va estretament lligada amb la definició de responsabilitats en cada situació. Per exemple, en cas d'accident entre dos vehicles en una cruïlla de camins la responsabilitat en el conductor del vehicle que es salta el "stop".

La legislació actual es volca en la responsabilitat del conductor en cas d'accidents, però en un nou escenari amb VA hauria d'especificar en qui recau la responsabilitat en cada situació que es pugui derivar de la circulació: En el desenvolupador i/o propietari del software? en l'empresa de telecomunicacions que disposa de la infraestructura 5G? Definir el marc que reguli aquest nou escenari és el principal factor per a possibilitar un espai de convivència.

L'escenari 1 ha servit per poder conèixer quins requeriments i limitacions implicaria disposar d'un VA a la Ciutat de Granollers, alhora que s'ha pogut analitzar el limitat abast dels serveis que aquest pot oferir en quan a connectar els aparcaments dissuasius amb la zona de vianants de Granollers. En conseqüència, **la resposta a la pregunta "és possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?" ha sigut negativa.**

En l'escenari 2, s'ha suposat una sèrie d'avanços tecnològics, de infraestructura i legislatius que amb el seu desenvolupament si que es permetria arribar a l'objectiu de connectar el aparcament amb la zona més cèntrica de la ciutat.

A mode de conclusió, s'enumera les mesures que poden dur a terme els Ajuntaments per adaptar-se i impulsar el VA, fins a un escenari on els beneficis socials lligats a la introducció del vehicle autònom en un ambient urbà siguin una realitat:

Instal·lar punts de recàrrega de Vehicles Elèctrics (VE). En tots els casos analitzats en aquest treball, la introducció del VA va lligada a la del VE. Per tant, els ajuntaments tenen l'oportunitat d'ubicar punts que permetin carregar aquest tipus de vehicle com a mesura d'adaptació al VA. Referent a aquesta qüestió, els aparcaments dissuasius s'entenen com el lloc ideal per ubicar els punts de recàrrega ja que: 1. No s'ocupa espai de les voreres en recrement del vianant i 2. Pots instal·lar punts de recàrrega lenta, els quals són menys costosos i més eficients a nivell de medi ambient que els de recàrrega ràpida. A més, . La zona blava, més propera al centre de la ciutat, es destina a estacionaments de curta durada fet que dificulta la càrrega de bateries per manca de temps.

Preparar-se per la Infraestructura 5G: La connexió 5G és un requeriment bàsic per la adaptació del VA en entorns urbans.

Potenciar empreses del Sector: A Espanya en concret, hi ha una manca d'empreses que es dediquin al sector del VA. Promocionar empreses del sector és una bona mesura per part del ajuntaments alhora d'accelerar el procés d'adaptació al VA.

Potenciar la creació d'una Legislació favorable al VA: Prenent com a referent països com Holanda i Singapur, on la legislació entorn al VA està avançada, una bona mesura per part dels ajuntaments és aprofitar, per exemple, La Federació de Municipis de Catalunya⁶² per a fer pressió cap a la creació d'una legislació.

6.3.4. Conclusions

Els requeriments i les limitacions que requereixen i impliquen els dos escenaris analitzats, sumats a la dificultat d'atribuir-hi un cost monetari real fan que la seva posada en pràctica sigui, en tot cas, a nivell teòric i no a nivell pràctic.

Per aquest motiu es considera rellevant analitzar un tercer escenari més real en quan a la seva posada en funcionament. En el tercer escenari s'estudia oferir un servei d'autobusos convencionals (no autònoms), a càrrec de l'empresa operadora Sagalés, com a resultat de l'enquesta realitzada en els aparcaments dissuasius en que s'ha preguntat als usuaris quin mitjà de transport prefereixen. D'aquesta manera el treball busca aportar una proposta de millora de la mobilitat de Granollers, on la seva implementació pot realitzar-se de manera immediata.



6.4. ESCENARI 3: Autobús Híbrid Tradicional. Operador Sagalés

6.4.1. Introducció

Com a conseqüència de la impossibilitat de millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà dels escenaris 1 i 2, l'escenari 3 té com objectiu connectar els aparcaments dissuasius amb la zona de vianants utilitzant mitjans de transport disponibles en el present.

Per escollir el mitjà de transport protagonista en aquest tercer escenari, s'ha realitzat una enquesta als usuaris en cada un dels aparcaments objecte d'estudi. A través de la realització d'aquest tercer, i últim, escenari la intenció és estudiar una possibilitat real de millorar la mobilitat actual de Granollers i concloure d'aquesta manera el desenvolupament del treball.

6.4.2. Enquesta i Resultats

L'objectiu de l'enquesta és conèixer quina acollida tindria un sistema de transport per connectar els aparcaments dissuasius amb el centre de Granollers i quin és el mitjà preferit per dur a terme el recorregut.

Les diverses opcions de mitjans de transport són les següents:

1. Servei d'autobús
2. Servei de bicicletes elèctriques
3. Servei de bicicletes convencionals
4. Servei de patinets elèctrics



Públic Objectiu

El públic objectiu és tot aquell que utilitza l'aparcament dissuasiu per aparcar a Granollers. S'ha de diferenciar clarament el perfil de l'usuari enquestat per poder fer una correcta segmentació que doni valor a l'enquesta. En aquest cas serà bàsic definir el públic objectiu, que pot variar considerablement depenent de l'aparcament dissuasiu, el període en el que es faci l'enquesta i el rang d'edat del usuari en qüestió.

Per poder extreure una informació fiable, l'enquesta s'ha realitzat en varis dies de la setmana i en diferents moments del dia, ja que durant un dia feiner a primera hora del matí la gran part dels usuaris es dirigeixen cap a treballar i, en canvi, durant els caps de setmana la quantitat de persones que es dirigeixen a treballar és molt menor, essent el motiu comercial el principal motiu de la visita a la ciutat. Si no es tinguessin en compte aquestes situacions, els resultats podrien no representar la realitat de manera fiable.

Diferenciació de períodes

Horari	Feiners					Cap de Setmana	
	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
7h a 10h							
10h a 13h							
13h a 16h							
16h a 19h							
19h a 22 h							

Taula 1. Diferenciació de períodes (Font: Elaboració pròpia)

Període (PR)	PR 1	PR 2	PR 3	PR 4	PR 5	PR 6	PR 7
Color							

Taula 2: Resum diferenciació de períodes (Font: Elaboració pròpia)

Aleshores, existeixen 7 Períodes Rellevants (PR) on realitzar l'enquesta en cada un dels aparcaments dissuasius a estudiar.

Aparcaments Dissuasius

La bòbila (500 places)

Ramón Llull (450 places)

Jordi Camp (150 places)

Preguntes

1. Un servei de transport que connectés l'aparcament amb el centre de la ciutat milloria la mobilitat de Granollers?

- Sí - NO

En cas afirmatiu:

2. Quin servei de transport consideraria més probable fer-ne ús?

- Servei de bicicletes elèctriques - Servei de patinets elèctrics

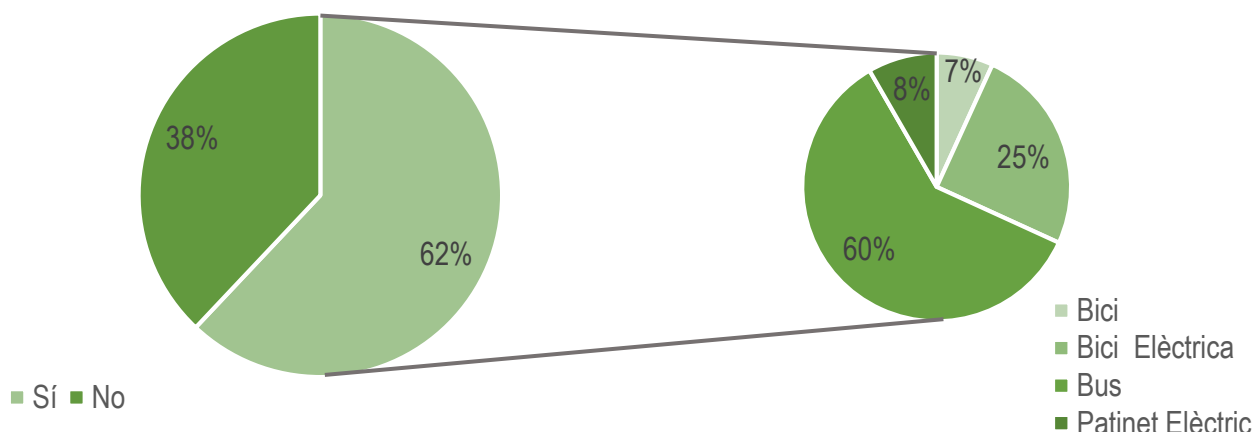
- Servei de bicicletes convencionals - Servei d'autobús

Resultats

Mostra=216 usuaris enquestats

1. Un servei de transport que connectés l'aparcament amb el centre de la ciutat milloria la mobilitat de la ciutat? (Entenent centre com la zona vianants)

2. Quin servei de transport consideraria més probable fer-ne ús?



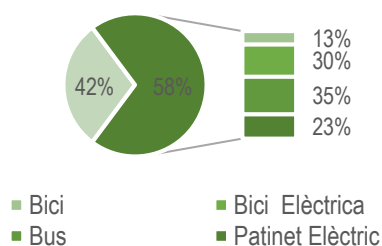
Observacions

El resultat a la pregunta 1 no es pot considerar molt elevada, tot i que la resposta afirmativa és força superior al 50 per cent dels enquestats (62%). En la pregunta 2, s'observa com el mitjà de transport preferit, per als usuaris que en la pregunta 1 havien respòs afirmativament, és clarament un servei d'autobús.

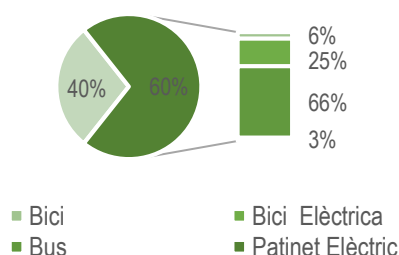
En conseqüència a les dades obtingudes a través de la realització de les enquestes, el mitjà de transport amb el qual es desenvoluparà el recorregut en aquest escenari serà un servei d'autobús.

És rellevant desglossar els resultats obtinguts en les anteriors preguntes per observar com depenen del Rang d'edat del usuari enquestat, la resposta tant a la pregunta 1 com a la pregunta 2 varia considerablement. La tendència que s'evidencia en aquests gràfics és a major rang d'edat, més usuaris responen afirmativament a la pregunta 1 i més protagonista és el servei d'autobús.

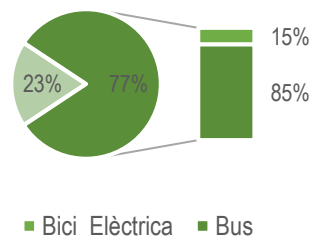
Rang menor de 30: milloraria un servei de transport?



Rang 30-60: milloraria un servei de transport?

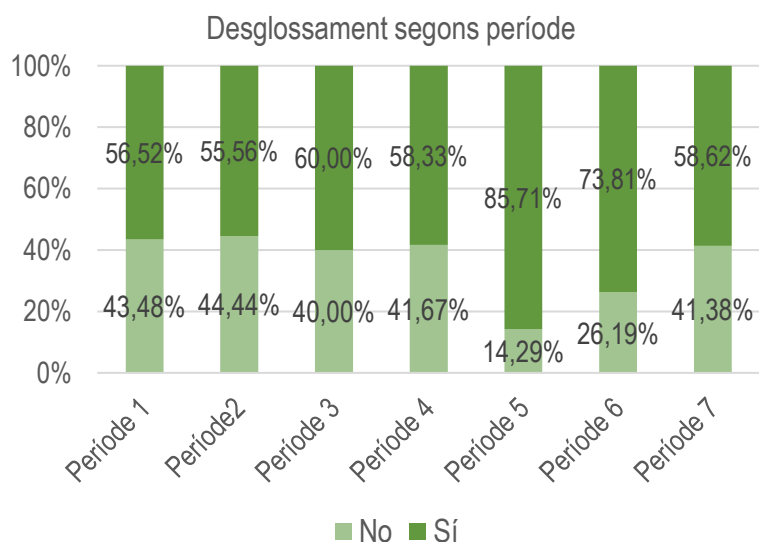


Rang major de 60: milloraria un servei de transport?



Si desglossem els resultats segons els períodes en els quals s'han realitzat les enquestes, es pot observar com en el període 5, corresponent al matí del dijous (dia en que es celebra el mercat setmanal), i en el període 6, corresponent al divendres tarda i dissabte, la resposta a la pregunta 1 (Un servei de transport que connectés l'aparcament amb el centre de la ciutat milloria la mobilitat de la ciutat?) té una molt bona acollida.

En aquest sentit, el resultat de les enquestes mostra com el servei més òptim a desenvolupar és una línia d'autobús que estigui operativa en els períodes 5 i 6 que connecti els tres aparcaments dissuasius amb la zona de vianants de Granollers.



6.4.3. Recorregut (Línia 10)



Fotografia 26. Recorregut Estrella (Font: Elaboració pròpia i per l'operador Sagalés)

L'operador d'autobusos Sagalés, encarregat de donar servei a la conurbació urbana de Granollers i rodalies, ha estudiat la confecció d'una línia de bus amb l'objectiu d'oferir el servei proposat en aquest projecte, dintre del marc d'estudi que suposa la investigació del temari.

El resultat de la proposta és la confecció d'una nova Línia d'autobusos (L10), la qual connecta els aparcaments amb la zona de vianants per mitjà d'una línia amb Sistema Estrella en la que la totalitat del recorregut només disposa de tres parades corresponents als aparcaments (una per cada aparcament) i tres parades en el punt més proper de la zona de vianants respecte cadascun dels aparcaments.

Característiques de la Línia

Número de trajectes al dia=30

LÍNIES	DISTANCIA REC. (km)	TEMPS (min)	TEMPS COMERCIAL (min)
Parada 1 - Parada 2 (La bòbila)	0,55	1,9	3,4
Parada 2 - Parada 3	1,1	3,9	6,7
Parada 3 - Parada 4 (Ramón Llull)	0,9	3,2	5,5
Parada 4 - Parada 5	0,55	1,9	3,4
Parada 5 - Parada 6 (Pol. Ind. J. Camp)	0,95	3,3	5,8
Parada 6 - Parada 1	1,15	4,0	7,0
Total Línia	5,2	18,2	31,9

Taula 3. Característiques Línia (Font: Elaboració pròpia)

Cal especificar que la columna "Temps k" fa referència al temps que tarda l'autobús en recorre la distància a velocitat comercial (tenint en compte semàfors, tràfic, parades, etc.), la qual es suposa com el temps real de duració dels recorregut.

Un dels objectius principals de la confecció de la L10 és presentar una aproximació del cost que suposaria, en l'actualitat, connectar els aparcaments amb un servei d'autobús. A continuació es presenten les variables tingudes en compte per elaborar el pressupost per part de l'empresa Sagalés.

CONCEPTE LÍNIES	VALOR	UNITAT
Cost Bus	180.000,00	€
Amortització	18.000,00	€/any
Preu gasoil	1,00	€/litre
Consum gasoil	25,00	litres/100 km
Preu hora conductor	20,00	€/h

Taula 4. Variables (Font: Sagalés)

El resultat aproximat del cost que equivaldria implantar la L10, amb les variables analitzades en les anteriors taules, és de 231.900€ el primer any, exercici on s'efectuaria la compra de l'autobús (180.000€), i de 51.900€ cadascun dels darrers 9 anys de servei tenint en compte una amortització anual del 10% del cost de compra de l'autobús (18.000€).

TOTAL 1r any	TOTAL altres anys
231.900	51.900

Taula 5. Resultat Cost (Font: Elaboració Pròpia)

7. CONCLUSIONS

En el desenvolupament de l'escenari 1, s'ha mostrat que a causa de l'actual estat de la tecnologia, de les infraestructures i de la legislació fan que la utilitat del VA en l'actualitat no tingui un impacte real i positiu en la ciutat i, en conclusió, la resposta a la pregunta *és possible millorar la mobilitat actual de Granollers per mitjà d'un VA?* és negativa.

Com s'ha pogut observar, a través de l'estudi dels requeriments del VA ÈRICA, introduir un VA en la ciutat és, avui en dia, altament costos i complicat ja que requereix d'un carril asfaltat i exclusiu per a ell, fet que col·lapsaria la mobilitat de la ciutat.

Pel fet d'obtenir una resposta negativa en el primer escenari, es dur a terme un segon escenari on s'han mostrat els factors que es requereixen per a que els vehicles autònoms tinguin un impacte real i positiu en la mobilitat de la ciutats. En aquest sentit, es recomana als ajuntaments, a mode de full de ruta, que per preparar-se per la introducció del VA és bàsic instal·lar punts de recarrega del VE, disposar d'infraestructura 5G, promocionar empreses del sector i impulsar la creació d'una legislació favorable.

Davant la impossibilitat de millorar la mobilitat actual de Granollers en els escenaris 1 i 2, es considera que amb la realització del tercer escenari, on un autobús híbrid dur a terme el recorregut anteriorment analitzat com a resposta al treball de camp fet en els aparcaments per conèixer les preferències reals dels usuaris, el treball conclou aportant una proposta d'implementació immediata per a millorar la mobilitat de la ciutat.

NOTES

31. Pla de Mobilitat 2018-2024 | Ajuntament de Granollers. <http://www.granollers.cat/mobilitat/pla-de-mobilitat-2018-2024>.
32. <http://www.cepc.gob.es/Controls/Mav/getData>.
33. La movilidad que viene: coches autónomos en carreteras inteligentes. <https://theconversation.com/la-movilidad-que-viene-coches-autonomos-en-carreteras-inteligentes-109102>.
34. Autonomous Driving | MCFM | McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/overview/autonomous-driving>.
35. SAE J3016 automated-driving graphic. <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>.
36. Self-driving car technology: When will the robots hit the road? | McKinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road>.
37. ¿Qué es el 5G y cómo funciona? - El blog de T-Systems Iberia. <https://www.t-systemsblog.es/que-es-el-5g-y-como-funciona/>.
38. Qué es la latencia, y cómo podemos mejorarla. <https://www.testdevelocidad.es/2016/08/18/la-latencia-podemos-mejorarla/>.
39. Qué es el 5G y qué cobertura hay en España. <https://www.comparaiso.es/ofertas/internet/5g>.
40. Estos son los próximos pasos del coche autónomo - El blog de T-Systems Iberia. <https://www.t-systemsblog.es/estos-son-los-proximos-pasos-del-coche-autonomo/>.
41. ¿Qué es la informática en la nube? Guía para principiantes | Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-cloud-computing/>.
42. Temàtica 2018 – Jornada Mobilitat. <https://jornadamobilitat.cat/juny2018/la-jornada/tematica-2018/>.
43. En marcha el proyecto CityMobil2 en Donostia. <https://www.euskaditecnologia.com/primeras-pruebas-del-microbus-sin-conductor-en-miramon/>.
44. Schreurs MA, Steuwer SD. Autonomous Driving - Political, Legal, Social, and Sustainability Dimensions. In: *Autonomes Fahren*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015:151-173. doi:10.1007/978-3-662-45854-9_8
45. Making Autonomous Vehicles a Reality: Mobility in 21st-Century Boston Localized. <https://www.bcg.com/en-es/publications/2017/automotive-making-autonomous-vehicles-a-reality.aspx>.
46. *MAKING BETTER PLACES: Autonomous Vehicles and Future Opportunities WSP* | Parsons Brinckerhoff in Association with Farrells. <http://www.wsp-pb.com/Globaln/UK/WSPPB-Farrells-AV-whitepaper.pdf>.
47. *Issue 20* | 2017.; 2017. www.deloittereview.com.
48. Volvo Car Group initierar världsunikt pilotprojekt med självkörande bilar | Lindholmen Science Park. <https://www.lindholmen.se/nyheter/volvo-car-group-initierar-varldsunikt-pilotprojekt-med-sjalvkorande-bilar>.

49. Autonomous Vehicles. <https://www.smartnation.sg/what-is-smart-nation/initiatives/Transport/autonomous-vehicles>.
50. International K. *2019 Autonomous Vehicles Readiness Index.*; 2019. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/02/2019-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>.
51. International K. *Assessing Countries' Openness and Preparedness for Autonomous Vehicles.*; 2018. <http://asirt.org/initiatives/informing-road-users/road-safety-facts/road-crash-statistic>.
52. ¿Confiarías más en un coche autónomo con ojos? Jaguar-Land Rover cree que sí | Motor. <https://www.elmundo.es/motor/2018/09/03/5b8cf7cc268e3e7f348b45c4.html>.
53. Èrica - Gira Catalana del Bus Autònom. <https://www.ERICA.cat/>.
54. Arranca la «Plataforma de Vehículo Conectado 3.0». https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-arranca-plataforma-vehiculo-conectado-30-201811121517_noticia.html.
55. AUTO C-ITS. <https://www.autocits.eu/>. 56. Los coches autónomos necesitan las redes 5G para ser una realidad. <https://www.t-systemsblog.es/coches-autonomos-redes-5g-realidad/>.
57. Madrid Central. Información General - Ayuntamiento de Madrid.
58. Londres: El peaje urbano más grande y controvertido. <https://www.lavanguardia.com/vida/20110827/54206352131/londres-el-peaje-urbano-mas-grande-y-controvertido.html>.
59. Èrica - Gira Catalana del Bus Autònom. <https://www.ERICA.cat/#gira>. 60. Autonomous vehicles: transport innovation by Transdev. <https://www.transdev.com/en/our-innovations/shared-autonomous-mobility/>.
61. Sagalés. <https://www.sagales.com/es>.
62. FEDERACIÓ DE MUNICIPIS DE CATALUNYA. <https://www.fmc.cat/>.

