



Proposta per la reducció de l'impacte en clau climàtica del transport aeri associat a l'aeroport de Barcelona

Maig 2021

BR

BARCELONA
REGIONAL
AGÈNCIA
DESENVOLUPAMENT
URBÀ



Ajuntament
de Barcelona

CLIENT



**Ajuntament
de Barcelona**

REDACCIÓ



BARCELONA
REGIONAL
AGÈNCIA
DESENVOLUPAMENT
URBÀ

CARRER 60, 25-27.
EDIFICI Z, PLANTA 2
SECTOR A, ZONA FRANCA
08040 BARCELONA
T 932 237 400
F 932 237 414

www.bcnregional.com
br@bcnregional.com

COORDINACIÓ

Marc Montlleó, *Director de Medi ambient i eficiència energètica*

COL·LABORACIÓ

Gustavo Rodríguez, *Cap d'infraestructures energètiques*

Laia Ferranz, *Tècnica energia*

Nuno Tavares, *Enginyer ambiental*

Pablo Hernández, *Tècnic medi ambient i GIS*

Daniel Lorca, *Delineant*

i l'equip tècnic i administratiu de Barcelona Regional

© 2021, **BARCELONA REGIONAL**

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, distribuïda, transformada, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars de la seva propietat intel·lectual.



ÍNDEX

1. MARC GLOBAL	5
2. EMISSIONS DE LA CIUTAT DE BARCELONA	9
3. LES EMISSIONS DEL TRANSPORT	14
4. OBJECTIUS I ESTRATÈGIA EUROPA	20
5. EVOLUCIÓ HISTÒRICA AEROPORT DE BARCELONA.....	24
5.1. Evolució històrica d'operacions i passatgers	24
5.2. Impacte de la COVID-19	26
6. ESTIMACIÓ DE L'EVOLUCIÓ DE LES EMISSIONS DEL SECTOR AERONÀUTIC VINCULAT A L'AEROPORT DE BARCELONA	31
6.1. Sector aeronàutic	31
6.2. Emissions de l'Aeroport de Barcelona	39
7. PROPOSTES DE REDUCCIÓ D'IMPACTE	41
7.1. Reducció de les emissions a escala local	41
7.2. Racionalització de vols de curt abast.....	46
7.2.1. Anàlisi de la racionalització per les rutes amb alternativa ferroviària	47
7.2.2. Proposta d'acció immediata.....	55
7.2.3. Proposta 2030, vinculada a la millora de les infraestructures ferroviàries.....	57
7.3. Fiscalitat ambiental.....	60
7.4. Condicionants ambientals pel creixement de l'aeroport.....	66
ANNEX I: METODOLOGIA DE CàLCUL DE LES EMISSIONS DEL SECTOR AERONÀUTIC	71
ANNEX II: LA RACIONALITZACIÓ DE VOLS DE CURTA DISTÀNCIA A L'AEROPORT DE BARCELONA: UNA ANÀLISI QUANTITATIVA - ADW	74

1. MARC GLOBAL

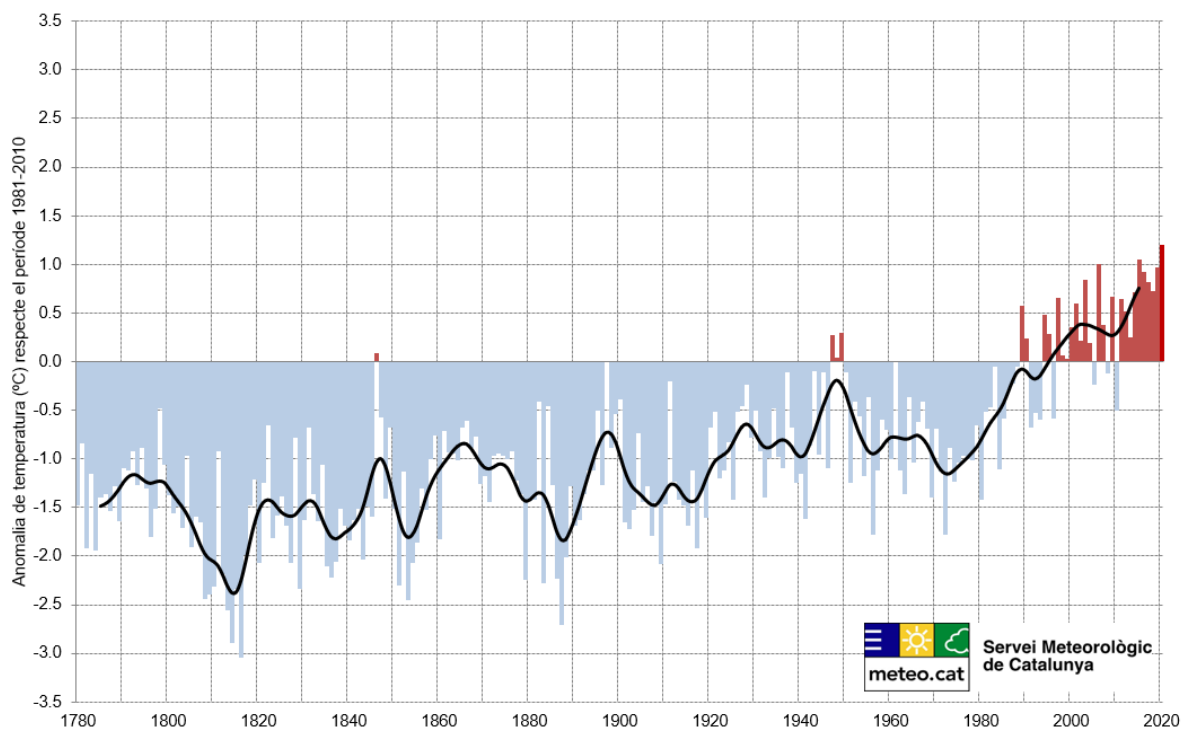
El canvi climàtic és un dels principals reptes a escala global. Des de fa anys els seus efectes s'han fet evidents arreu del món, amb augments de la temperatura atmosfèrica, canvis en els patrons de precipitació, disminució del permagel, augment del nivell del mar, acidificació i augment de temperatura als mars, etc.

Segons els darrers estudis del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC per les seves sigles en anglès), calen canvis dràstics que comportin una reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) per tenir alguna oportunitat d'assolir els objectius de no superar l'1,5°C de temperatura mitjana global de la Terra marcat a París, ja que si es segueix el ritme actual d'emissions, és probable que la temperatura mitjana del planeta pugui arribar a augmentar més de 3°C a finals de segle. Estem doncs davant d'una crisi climàtica sense precedents.

De fet, aquest augment de la temperatura ja és observable a Catalunya, on la temperatura mitjana anual ha augmentat gairebé 1,2 °C en els últims 65 anys.

A Barcelona, i gràcies a la sèrie històrica de temperatura mitjana de l'estació Fabra recuperada pel Servei Meteorològic de Catalunya que va del 1780 al 2020, es constata que la temperatura mitjana ja s'ha incrementat gairebé 1°C en les últimes dècades.

Gràfic 1: Anomalia de la temperatura mitjana anual a Barcelona (1780-2020) respecte el període 1981-2010

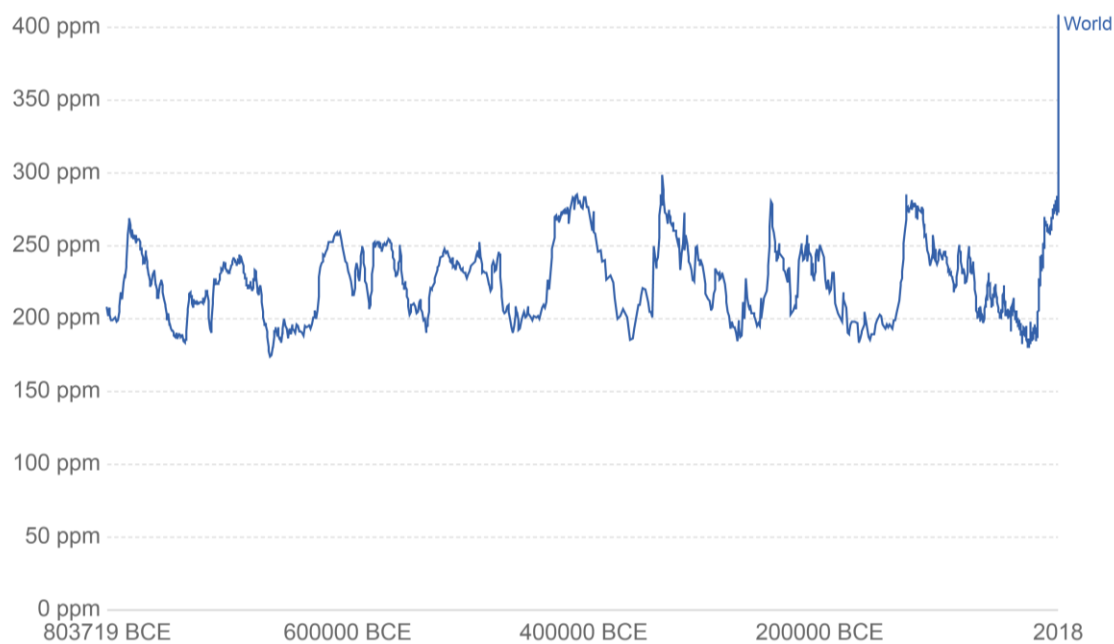


Font: Servei Meteorològic de Catalunya (2018)

En termes generals, la temperatura de la ciutat s'ha incrementat a una ritme de 0,08°C cada dècada des del 1780. Però el fet més destacat és que els 5 anys més càlids des de 1780 es concentren en el segle XXI, que es corresponen als anys 2020 (com el més càlid), seguits dels anys 2015, 2006, 2019 i 2016. Paral·lel a aquest increment generalitzat de les temperatures, en els darrers anys s'ha produït un augment de les onades de calor que ha incidit en la salut de les persones i en l'ús i qualitat de l'espai públic de la ciutat.

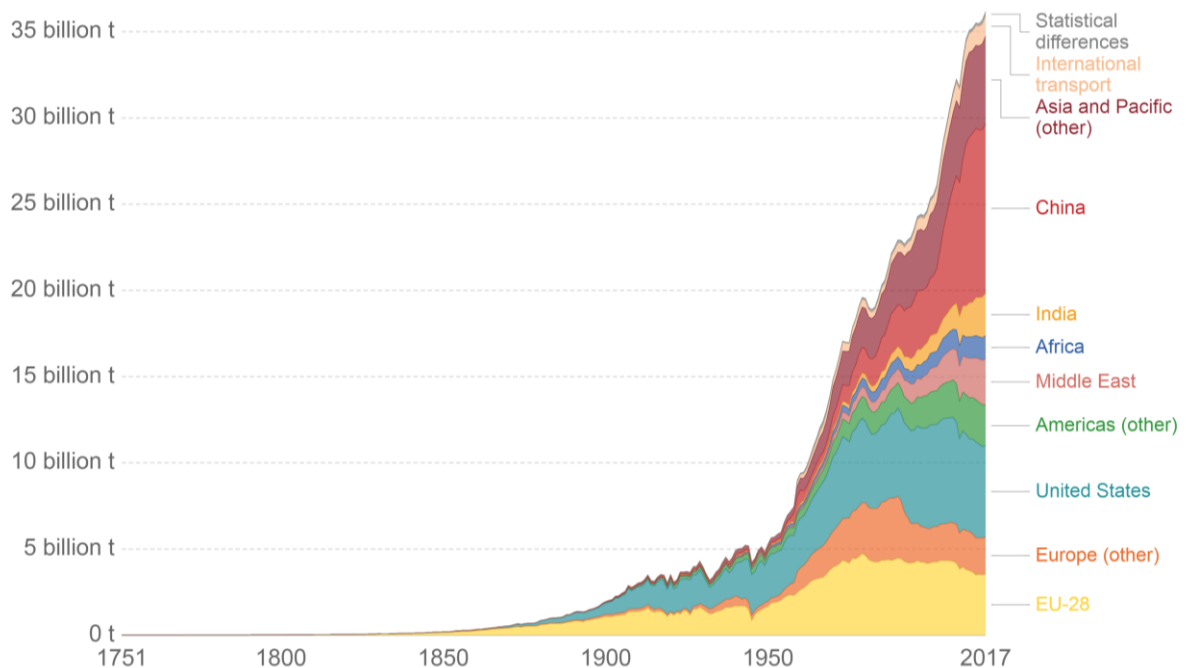
Les principals causes del canvi climàtic es troben en les emissions antropogèniques de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) a l'atmosfera, les quals han augmentat des de l'era preindustrial, en gran manera com a conseqüència del creixement demogràfic i econòmic basat en la crema de combustibles fòssils (carbó, petroli, gas natural), i actualment són més elevades que mai. Això ha provocat concentracions atmosfèriques de diòxid de carboni, metà i òxid nitrós sense precedents en almenys els darrers 800.000 anys.

Gràfic 2: Concentració de CO₂ atmosfèric. Mitjana a llarg termini



Font: EPICA Dome C CO₂ record (2015) & NOAA (2018). Our World in Data

Des de punt de la contribució a les emissions ha anat variant pels diferents àmbits geogràfics i posa de manifest la necessitat de que l'actuació cal que sigui global.

Gràfic 3: Total d'emissions anuals de CO₂ per regió

Font: Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC). Our World in Data

La crisi climàtica actual ens urgeix a prendre accions immediates i decidides per evitar arribar a un punt de no retorn. Segons el ClimateClock amb prou feines ens queden 7 anys de marge per redreçar a escala global aquesta situació, i en qualsevol cas els efectes del canvi climàtic hi seran presents però cal minimitzat el seu impacte.

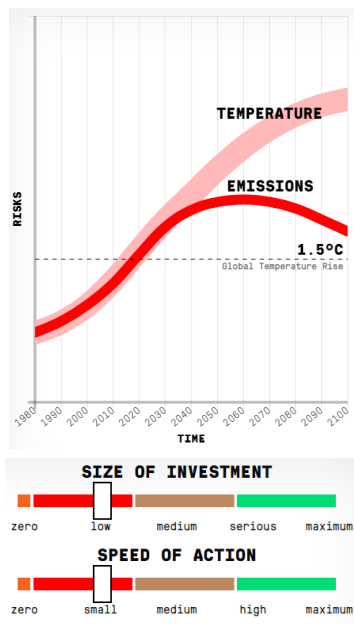
Imatge 1: Temps de no retorn i percentatge d'aportació renovable global

Font: climateclock.world

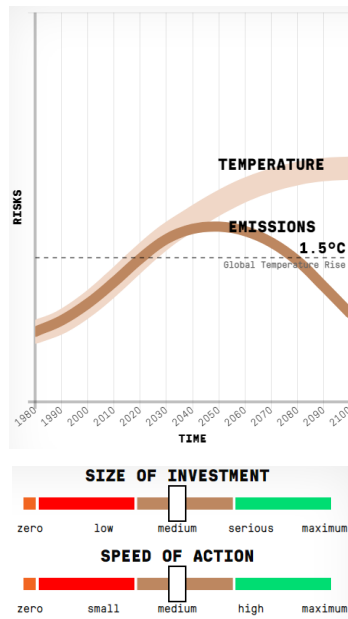
En funció de les accions que s'emprenguin, tant des del punt de vista de la inversió com en el temps de reacció, les emissions de GEH variaran i en conseqüència les projeccions de temperatura a final de segle oscil·laran entre increments de 1,5° o bé es dispararà a increments de fins a 3° o 4°.

Gràfic 4: Escenaris d'emissions i increment de temperatura

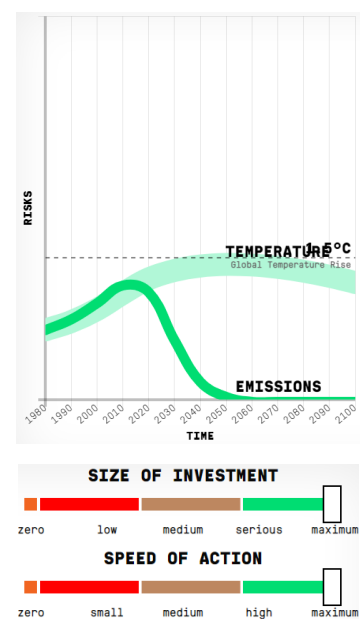
BUSINESS AS USUAL



"MIDDLE GROUND"



GREEN NEW DEAL



Font: climateclock.world

Les ciutats generen el 70% de les emissions de GEH mundials i per això tenen una elevada responsabilitat, però també formen part de la solució. Però les ciutats tampoc ho poden fer soles i cal la contribució de tothom i dels diferents sectors.

Per tal dur a terme plans de mitigació que permetin reduir les emissions de GEH cal tenir un bon coneixement sobre la procedència d'aquestes emissions per poder valorar on és més efectiu actuar.

2. EMISSIONS DE LA CIUTAT DE BARCELONA

Barcelona porta molts anys fent inventari i seguiment de les emissions de CO₂ de la ciutat. Al 2002 es va aprovar el primer Pla de Millora Energètica de Barcelona on recollia les dades de consum d'energia i les emissions de CO₂ derivades des del 1992. L'any 2012 es va aprovar el Pla d'Energia, canvi climàtic i qualitat de l'aire (PECQ) que suposava un pla d'energia però amb una visió més holística i s'incorporava la perspectiva del canvi climàtic i la contaminació local.

Al 2017 es va aprovar el Pla Clima de Barcelona amb una visió integral de la ciutat, incorporant aspectes com l'adaptació, la resiliència i molts altres aspectes que fa que sigui un pla de plans.

Imatge 2: Plans que han anat recollint l'històric de les emissions de CO₂ de la ciutat de Barcelona

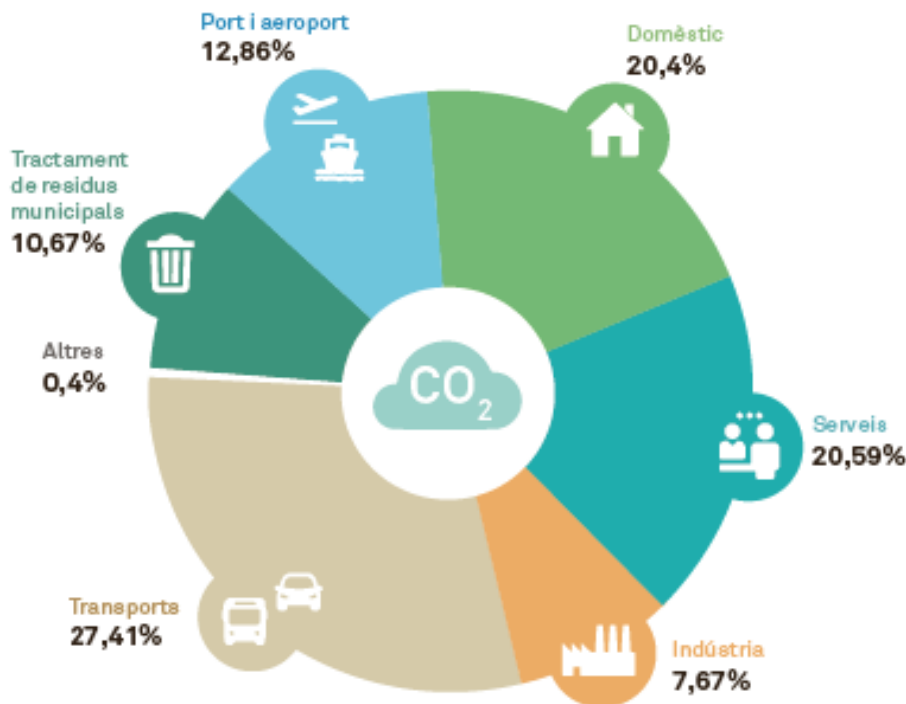


Font: Ajuntament de Barcelona

Aquests plans han anat acompanyats de la publicació dels balanços d'energia de la ciutat dels diferents anys dels que es disposava informació suficient per desenvolupar una anàlisi detallada.

Segons la darrera actualització del Pla Clima, al balanç d'energia de Barcelona 2017, la ciutat va consumir 14.995 GWh d'energia final, l'equivalent a 9,25 MWh de mitjana per habitant. Les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de Barcelona l'any 2017, considerant el mix elèctric de Catalunya, van ser de 3.413.260 tones de CO₂ eq, 2,11 t CO₂ eq/hab.

Gràfic 5: Emissions anuals de CO₂ de Barcelona per sector



Font: Balanç d'energia de Barcelona, 2017. Agència d'Energia de Barcelona, (Ajuntament de Barcelona).

Les emissions estimades són les corresponents al consum d'energia que cal per garantir el funcionament de la ciutat, incloent les emissions directes derivades de les combustions de combustibles fòssils¹ i les indirectes que corresponen a aquells consums com l'elèctric que tot i no produir emissions locals sí que en provoquen als punts de generació², i per tant s'estan valorant l'abast 1 i 2 de les metodologies de càlcul de petjada de carboni, en la línia de la majoria dels balanços desenvolupats per ciutats o altres àmbits territorials.

Conèixer les emissions de manera sectoritzada és essencial per poder detectar quins són els sectors que emeten més. Sabem quins són els consums energètics, el consum de combustibles fòssils, però alguns sistemes que conformen el metabolisme de la metròpolis no els tenim quantificats. Quines són les emissions vinculades al sistema alimentari, al cicle integral de l'aigua, les emissions vinculades al cicle dels materials o l'energia gris retinguda a la trama urbana. Molts d'aquests sectors són avui per avui una incògnita. Conèixer les emissions dels diferents sistemes que permeten que les ciutats funcionin diàriament és un dels passos necessaris per establir quins són els àmbits on es podrien reduir les emissions de GEH i propiciar els canvis de model oportuns per poder assolir els acords de París i fer front a la emergència climàtica.

¹ No s'inclouen les emissions de les grans centrals de generació ja que indirectament es comptabilitzen a través del consum elèctric corresponent, i en aquest cas només la part que contribueix la ciutat de Barcelona.

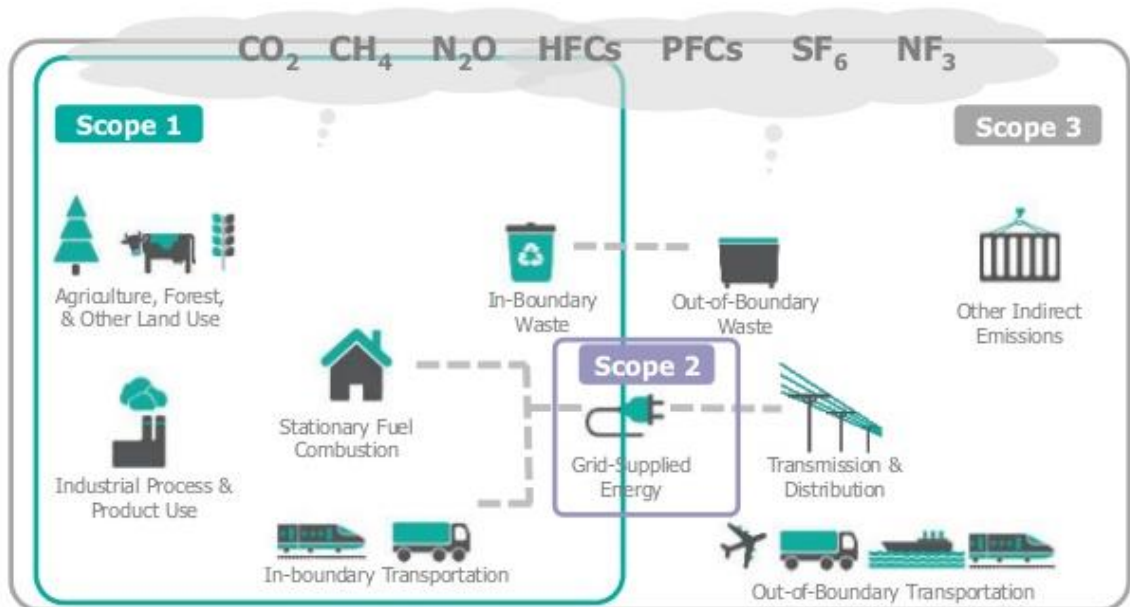
² En aquest cas estan calculades tenint en compte la composició del mix elèctric català.

Barcelona és una ciutat compacta i densa i això fa que moltes de les activitats que requereixen per al seu funcionament o que la complementen es duguin a terme fora del seu àmbit i per tant es produeixen emissions indirectes. És per això que alguns aspectes s'han incorporat estimant la part proporcional que li correspon com a ara en el tractament de residus generats per la ciutat o bé l'activitat aeroportuària i portuària.

Tot i aquest esforç, hi ha altres aspectes que no queden inclosos dins d'aquesta estimació de les emissions de la ciutat com ara les corresponents al cicle de l'aigua o al sector alimentari entre d'altres.

Tampoc s'inclouen altres emissions indirectes que ja corresponen a un abast 3 per al un càlcul complet de la petjada de carboni de la ciutat de Barcelona.

Imatge 3: Esquema dels diferents abastos per al càlcul de les emissions de CO₂ i petjada de carboni



Font: GHG protocol

El passat gener de 2020 l'Ajuntament de Barcelona va publicar la seva Declaració d'Emergència Climàtica (DEC) per la que es comprometia a la reducció del 55% de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) respecte a les emissions de 1990 al 2030 i mantenint l'objectiu d'arribar a ser una ciutat neutra en carboni al 2050.

Aquest compromís implica la necessitat de dur a terme accions urgents que permetin reduir - 1.950.000 tones de CO₂e anualment abans del 2030.

La Declaració d'Emergència Climàtica de Barcelona es centra en **set grans canvis de model i en dues adaptacions**.

Imatge 4: Canvis de model i adaptacions proposades a la Declaració d'Emergència Climàtica de Barcelona



Canvi de model urbà: on principalment es pretén incrementar la presència i qualitat del verd urbà, transformar l'espai públic per millorar les condicions ambientals i de salut, i evitar la pèrdua de biodiversitat.

Canvi de model de mobilitat i infraestructures: on es vol gestionar la trama urbana per afavorir un canvi de model de la mobilitat que derivi en més i millors espais per a les persones. Potenciar la mobilitat activa, que no contribueixi a les emissions GEH.

Canvi de model energètic: amb l'objectiu final de passar a ser una ciutat on l'autogeneració i l'autoconsum estigui generalitzat, crear un model energètic just, democràtic i renovable, que permeti a la ciutat ser renovables i neutres en 2050.

Canvi de model econòmic: es pretén arribar a ser una ciutat on es faciliti l'activitat econòmica i productiva fomentant un model d'economia circular i digital, amb una economia més justa, més social, més ambiental i que no deixi ningú enrere.

Canvi de model de consum i residus: la DEC planteja avançar cap a una ciutat que faci un consum crític i responsable i tendir cap a una economia més social i solidària, amb un model circular on els residus no tinguin cabuda.

Canvi de model d'alimentació: L'objectiu principal és avançar cap a una ciutat millor integrada en el territori i que potenciï el valor agroecològic del seu entorn, amb menys dependència exterior dels aliments i amb una població conscient de la importància del seu model d'alimentació.

Canvi de el model cultural i educatiu: Es pretén que les persones, organitzacions, institucions i empreses assumeixin la seva pròpia responsabilitat i, conjuntament assumeixin la responsabilitat de la ciutat minimitzant i reduint el deute ecològic. Amb una ciutadania compromesa que té clar que amb la seva acció poden canviar la realitat i protegir el futur per a les generacions futures.

Tenir cura de la salut, benestar i qualitat ambiental: Cal avançar cap a una ciutat saludable que garanteixi la salut i el benestar de la ciutadania, una ciutat socialment justa que redueixi les desigualtats i una ciutat habitable, confortable i amb un espai públic de qualitat.

Tenir cura l'aigua: l'objectiu final és que Barcelona passi a ser una ciutat resilient que sàpiga adaptar-se i sigui proactiva davant la manca de recursos, amb un consum més eficient que potenciï els recursos alternatius i que protegeixi el litoral i els rius del seu entorn.

Font: Ajuntament de Barcelona

Un dels aspectes sobre el que fa èmfasis la DEC es sobre la necessitat de que tots els sectors contribueixin als objectius de reducció, amb especial menció a les grans infraestructures com ho són el port i l'aeroport i les emissions dels sectors del transport marítim i aeri.

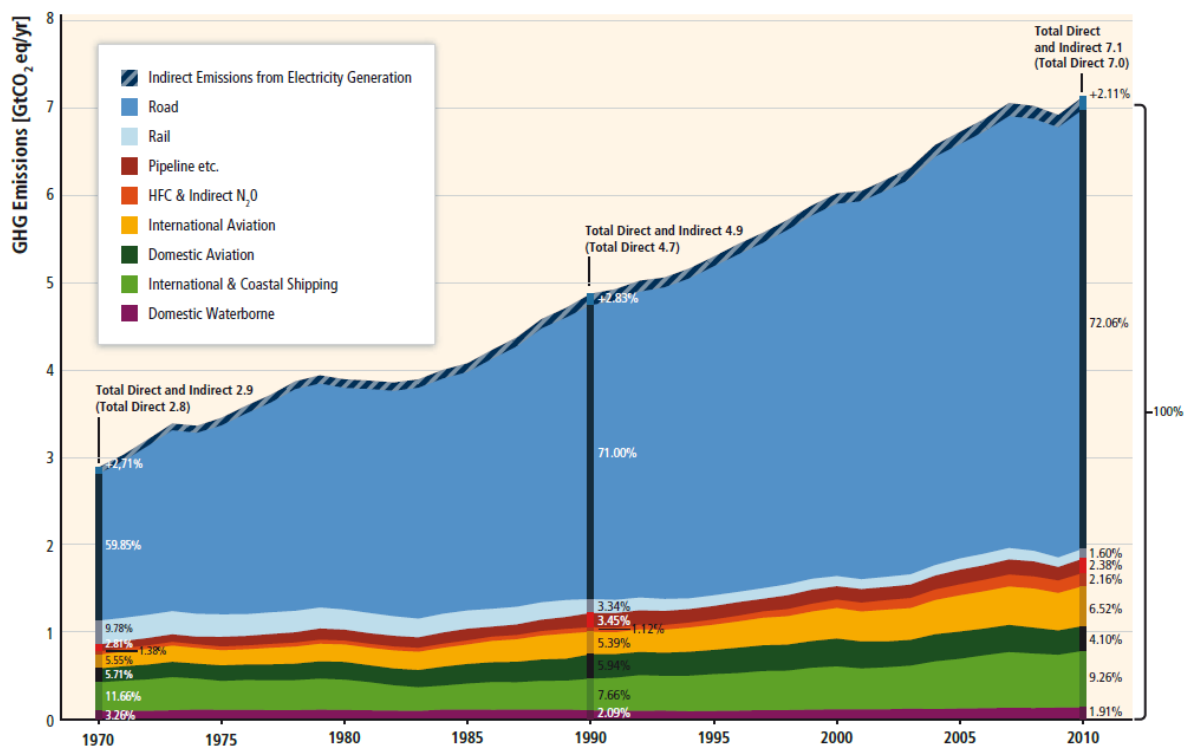
En el cas de l'aeroport, la DEC planteja:

Elaborar Plans de reducció d'emissions de les infraestructures i incorporar-los en els nous plans directors de l'Aeroport de Barcelona, considerant al sector aeronàutic..	Aeroport de Barcelona, Estat espanyol
Estudiar l'eliminació dels vols curts que tinguin alternativa en tren (a menys de 7 hores) i que estiguin a distàncies menors als 1.000 km, tot potenciant la xarxa ferroviària d'alta velocitat i de llarga distància i la creació de trens nocturns, garantint preus accessibles.	Aeroport de Barcelona, AENA, UE
Continuar amb la progressiva electrificació de les flotes de terra o unitats auxiliars per minimitzar el consum de combustibles fòssils i a la vegada reduir l'impacte de la contaminació local. Procés acompanyat de la contractació d'energia 100% renovable.	Aeroport de Barcelona
Potenciar la utilització dels modes ferroviaris a l'aeroport i una reducció d'aparcaments. Impulsar una flota d'autobusos i taxis elèctrics per donar el servei des de l'aeroport.	Aeroport de Barcelona,
Treballar per una fiscalitat que tingui un marcat caràcter ambiental sobre els el sector aeronàutic.	Estat espanyol, Aeroport de Barcelona
Implantar sistemes de generació de renovable a l'Aeroport de Barcelona, a les cobertes dels edificis i amb pèrgoles als aparcaments (40 MWp al 2030)	Aeroport de Barcelona
Eliminar les exempcions fiscals sobre el querosè en la UE tant en els vols interns dels estats com en l'espai aeri comú	Estat espanyol, UE

3. LES EMISSIONS DEL TRANSPORT

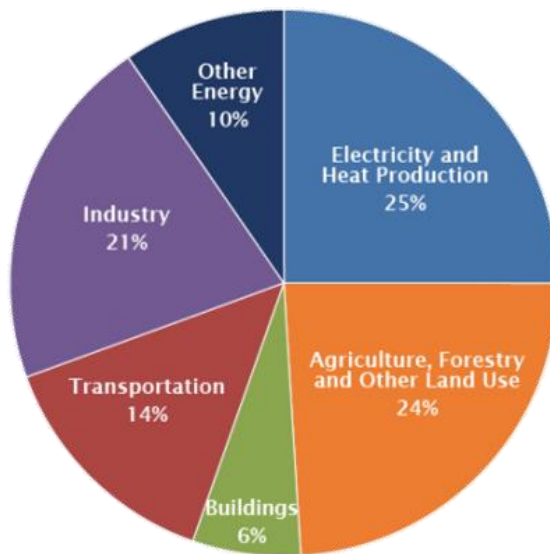
Les emissions de GEH del sector transport, pel conjunt dels diferents modes, han passat de 2,8 Gt CO₂ l'any 1970 a 7 Gt CO₂ el 2010 i la seva tendència és a l'alça en la majoria de modes de transport. El transport per carretera és destacadament el màxim emissor amb el 72% de les emissions, següidament del transport marítim i l'aviació si agreguem els vols internacionals i els vols domèstics.

Gràfic 6: Evolució de la contribució mundial a les emissions directes de CO₂ del sector del transport



Font: Report IPCC AR5 Climate Change 2014 mitigation and Climate change

El transport com l'energia és una de les bases del model econòmic actual, productes fabricats molt lluny els tenim a disposició amb relativa rapidesa i al món es mouen més mercaderies que mai. Però cal plantejar-se si ara aquests sistemes en els seus costos contemplem totes les seves externalitats.

Gràfic 7: Distribució de les emissions directes per sector a nivell mundial

Font: IPCC (2014); basat en les emissions globals des del 2010

La problemàtica rau en que majoritàriament les emissions són degudes a la combustió de combustibles fòssils, i el transport per carretera, aeronàutic i marítim segueixen fonamentats en aquest tipus de combustible. Gairebé el 95% de l'energia consumida pel sector transport està basada en el petroli i els seus derivats gasolina, dièsel, querosè entre d'altres.

Aquestes són emissions globals, atribuïbles al sector transport (ferroviari, aeronàutic, navilier, transport per carretera) però tot i que no s'atribueixen directament a les ciutats o metròpolis, globalment computen i tenen impacte sobre la concentració de CO₂ i per tant sobre el clima.

Al 2018 tant el sector l'aviació com el de transport marítim van emetre de l'ordre de 0,9 Gt de CO₂ cadascun, tot i que el sector de l'aviació supera el marítim lleugerament (veure gràfic 8).

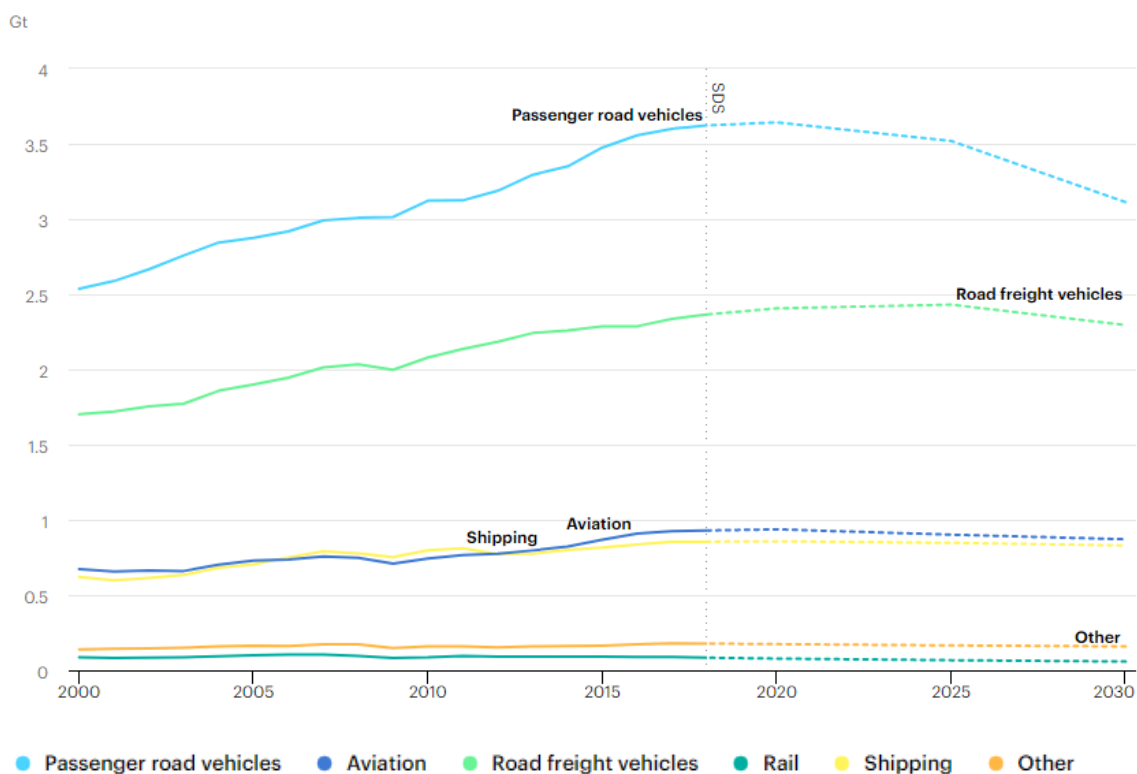
El sector aeronàutic s'ha proposat reduir les seves emissions de cara el 2050, segons la IATA, mitjançant la millora de l'eficiència d'un 1,5% anual i mantenir un sostre d'emissions per part del sector assolint un *carbon neutral growth* a partir l'any 2020, i la reducció neta del 50% de les emissions pel 2050 respecte les emissions del 2005.

En aquest sentit els objectius plantejats en l'estratègia de la IATA passen per un seguit de mesures que requereixen de millores tecnològiques, treballar amb combustibles de baixes emissions de carboni, fer més eficients la operativa d'aeronaus, millores en les infraestructures aeronàutiques incloent millores en el tràfic aeri i un mercat únic i global d'emissions de CO₂ per fer front al repte de reduir les emissions per no superar l'increment de 1,5°C a nivell mundial.

En aquesta mateixa línia la ICAO ha estimat que el sector de l'aviació haurà de deixar d'emetre 2,5 bilions de tones de CO₂ entre el 2021 i el 2035.³

Establir quantificacions, estimar ordres de magnitud és un indicatiu, ens permet prendre consciència de la magnitud del repte al que ens enfrontem tots, no només els sectors econòmics o el sector transport, o el sector energètic. Cal treballar en canvis de model que no admeten mitges tintes, calen compromisos per assolir-los, i no tenim tot el temps del món per endavant doncs ja ens trobem en el compte enrere.

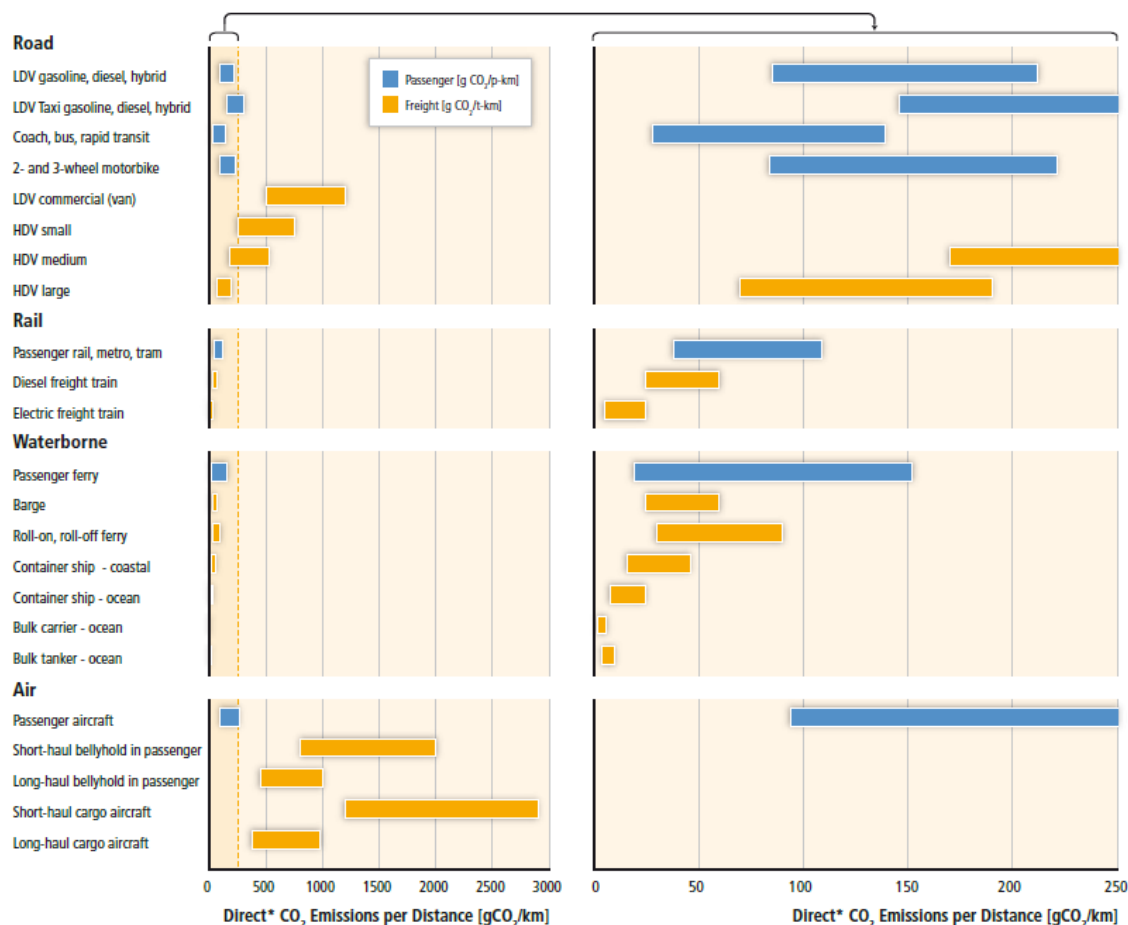
Gràfic 8: Evolució de les emissions directes del sector del transport a nivell mundial per mode i projeccions 2030



Font: IEA, "Transport sector CO₂ emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030", IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>

Tal i com es mostra en el gràfic següent, podem veure que les emissions de carrega per mitjans aeris són de les més emissives per km situant-se des d'un mínim de 450 kg CO₂/km fins a màxims de 2.700 kg CO₂/km, i pel que fa a l'aviació de passatgers les emissions de CO₂ tenen un rang que oscil·la des de 90 kg CO₂/km a els 250 kg CO₂/km.

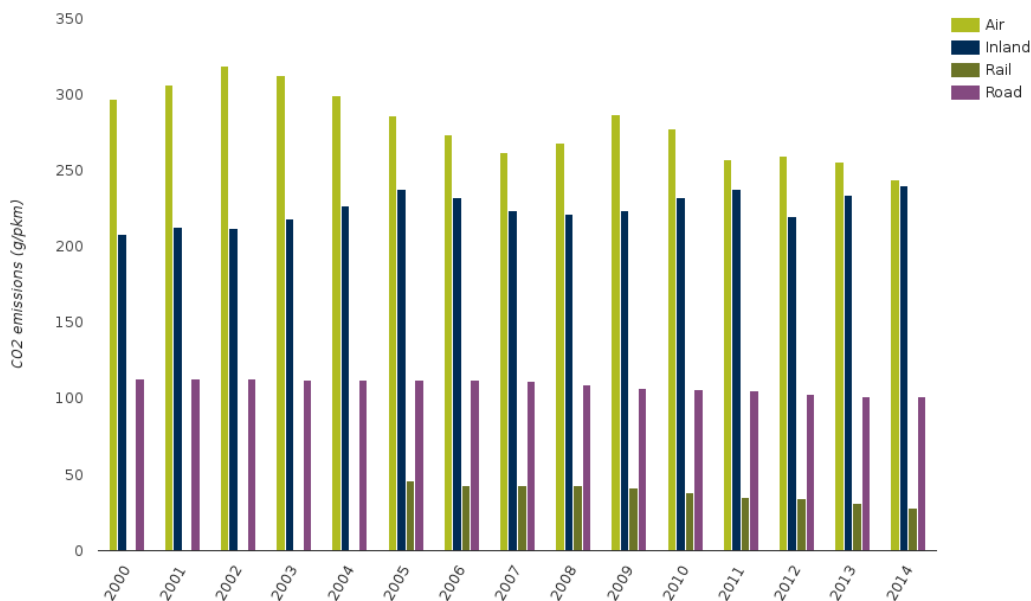
³ Reducció d'emissions acumulades durant aquests 14 anys (2021-2035) segons l'ICAO
<https://www.iata.org/contentassets/fb745460050c48089597a3ef1b9fe7a8/paper-offsetting-for-aviation.pdf>

Gràfic 9: Comparativa de les emissions de les diferents modes de transport per passatger o tona de mercaderia i per km

Font: Report IPPC AR5 Climate Change 2014 mitigation and Climate change

Segons les dades de l'European Environment Agency, les emissions de GEH per passatger i per quilòmetre del transport aeri va ser 9 vegades (x9) les emissions que es van produir en el transport ferroviari. En el cas del transport per carretera les emissions per passatger i quilòmetre van ser 4 vegades superiors al ferroviari, confirmant al tren com l'alternativa de menys impacte.

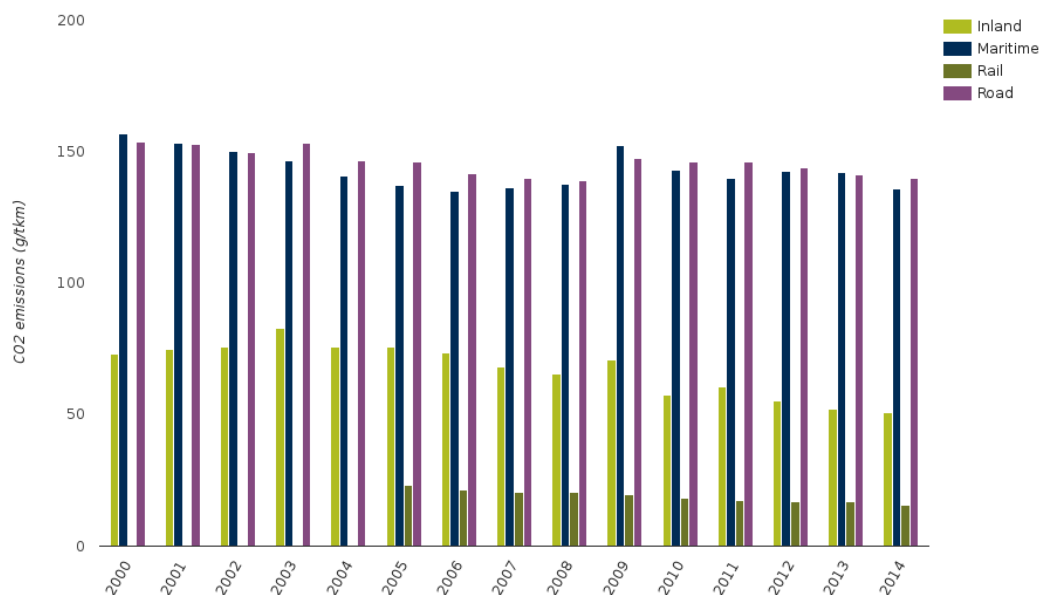
Gràfic 10: Comparativa de les emissions per passatger i per km per mode de transport a Europa



Font: *European Environment Agency*

En el cas del transport de mercaderies les dades de l'*European Environment Agency* no ofereix dades del transport de mercaderies aeri però es pot veure com les emissions per tona i per quilòmetre tant del transport marítim com per carretera són 9 vegades superior a les del transport ferroviari.

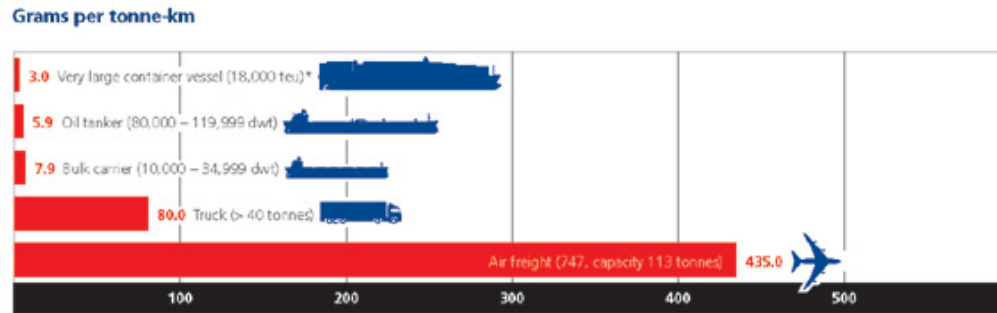
Gràfic 11: Comparativa de les emissions per tona i per km per mode de transport a Europa



Font: *European Environment Agency*

Si aquestes dades es complementen amb altres comparatives s'arriba a estimar que el transport de mercaderies per avió emet 28 vegades (x28) més per tona i quilòmetre que l'alternativa ferroviària.

Gràfic 12: Comparativa de les emissions per tona i per km per mode de transport a Europa



Source: IMO GHG Study, 2009 (*AP Møller-Maersk, 2014)

Font: IMO GHG Study, 2009

El transport ferroviari té una altra avantatge i és que com el consum és majoritàriament elèctric, fàcilment podria garantir-se que la procedència d'aquest consum és d'origen renovable i per tant minimitzar encara més aquest impacte-

4. OBJECTIUS I ESTRATÈGIA EUROPA

En 11 de desembre de 2019, es va presentar, per la Presidenta de la Comissió Europea, el Pacto Verd pel Clima, o més conegut pel *Green Deal*. L'objectiu final d'aquest pacte és la neutralitat de les emissions de carboni en Europa al 2050. La neutralitat significa que, a partir de 2050, les emissions emeses dins dels estats de l'UE s'han de compensar i el saldo final ha de ser zero.

Més que un objectiu climàtic, un canvi d'aquestes característiques, implica una transformació de l'economia i de la forma de produir de grans proporcions. Reduir les emissions associades al canvi climàtic, significa canviar les fonts d'energia, canviar com es transporta les mercaderies i les persones, canviar els processos industrials, fins i tot, significa un canvi en les formes de consum.

En definitiva, el *Green Deal* no només pretén assolir un objectiu climàtic, significa un canvi radical de l'economia europea. Per això, el *Green Deal* és un conjunt d'iniciatives polítiques, que es materialitzarà en plans d'acció, pressupostos, acords transversals, estratègies en diversos sectors, i té com a element central la nova llei europea del clima, que dona un impuls jurídic a l'Acord Verd Europeu.

Dates i documents més destacats

11 de desembre, 2019 – Presentació del *Green Deal*.

14 de gener, 2020 – Presentació del Pla d'inversió del *Green Deal* i del Mecanisme de Transició Justa

4 de març, 2020 – Proposta de la Llei Europea del Clima.

10 de març, 2020 – Aprovació de la Estratègia Europea d'Indústria.

11 de març, 2020 – Proposta del Pla d'Acció d'Economia Circular.

20 de maig, 2020 – Presentació de la Estratègia "*Farm to fork*".

20 de maig, 2020 – Presentació de la "Estratègia Europea de la Biodiversitat 2030".

8 de juliol, 2022 – Aprovació de la Estratègia Europea per a la Integració dels Sistemes d'Energia i Hidrogeni.

17 de setembre, 2020 – Presentació del Pla de l'Objectiu Climàtic 2030.

9 de desembre, 2020 – Presentació del Pacte Europeu pel Clima.

Llei Europea del Clima

La Llei Europea del Clima pretén convertir en legislació, l'objectiu definit en el Pacte Verd Europeu, la neutralitat en 2050. L'objectiu d'aquesta llei és de garantir que totes les polítiques de l'UE estiguin d'acord amb l'objectiu climàtic i que definir un marc comú per a tots els estats membres. La llei preveu també un objectiu per a 2030 de reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle en 55%, en relació als nivells de 1990.

La llei contempla mecanismes de revisió i d'ajustos, d'acord amb els progressos dels diferents estats membres. A més, la proposta de llei defineix un calendari en la persecució de l'objectiu en 2050. En juny de 2021, està previst una primera revisió de les polítiques europees més rellevants per si és necessari augmentar les reduccions de les emissions en 2030. En setembre de 2023 i cada 5 anys, la Comissió Europea avaluarà la consistència de les mesures proposades pels estats i el progrés realitzat.

Malgrat que es tracta d'una transformació transversal de l'economia, és previsible que es focalitzi en determinats sectors com l'energètic, el transport, o en l'economia circular. El transport és responsable per un quart de les emissions europees i és la principal causa de pol·lució en les ciutats.

L'estratègia europea passa principalment per:

- un augment en l'eficiència dels sistemes de transport;
- reforç al desenvolupament de combustibles alternatius, o de baixes emissions, com els biocombustibles, electricitat, hidrogeni o combustibles sintètics renovables, així com eliminar les barreres a l'electrificació del transport;
- incentivar els vehicles zero emissions;
- Promoure els desplaçaments a peu o en bicicleta.

Tot i que és el transport per carretera el que més emet (72%), el sector aeri era el sector que més ràpid augmentava les seves emissions. Malgrat la disminució de 24% en el combustible utilitzat entre 2005 i 2017, el creixement del nombre de passatgers (60%) ha fet que el sector hagi augmentat les seves emissions globals. Actualment, les emissions del sector aeri representen sensiblement 3,8% de les emissions globals de CO₂e de la Unió Europea i 13,9% de les emissions del sector transport.

Si el sector aeri fos un país, estaria en la posició 10 dels països més emissors.

Abans de la crisi provocada per la COVID-19, l'ICAO preveia que en 2050 les emissions de l'aviació fossin el triple que en 2015. A més, està comprovat que altres gasos no-CO₂e, com NO_x, o SO_x, tenen una contribució equivalent als gasos CO₂e, com a contaminants secundaris⁴.

⁴ Font: [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:747:FIN>]

Des de el 2012 les emissions de l'aviació han estat incloses dins del mercat d'emissions europeu (EU Emissions Trading System). Aquest mecanisme ha permès monitoritzar, quantificar i verificar les emissions de les companyies que operaven en l'espai europeu.

En 2016, l'ICAO, ha creat un programa de reducció de les emissions, anomenat "*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*", o CORSIA. Es tracta d'un mercat d'emissions on es demana a les companyies compensar les seves emissions addicionals al valor de referència. Referir que ICAO és només competent per les emissions del trànsit aeri internacional. El transit domèstic és competència dels estats. La compensació s'executa mitjançant la compra de unitats de crèdit de carboni que es generen finançant projectes sostenibles.

En 16 de juliol de 2019, la nova Presidenta de la Comissió Europea, Ursula von der Leyen, va presentar les 6 prioritats durant el seu mandat fins 2024. A part de la transformació digital, una economia per a les persones i la promoció dels valors democràtics, el Pacte Verd Europeu, és un dels reptes, que la institució europea ha expressat amb més claredat. Malgrat els mecanismes de decisió dins de la Unió, ara a 27, sembla que Europa vol definitivament iniciar un camí cap a una descarbonització de l'economia i un continent de zero emissions netes en 2050.

A Espanya, el Consell de Ministres del 3 de novembre de 2020 ha aprovat l'Estratègia de Descarbonització, la qual consisteix en reduir un 90% les emissions d'aquí a 2050 respecte a 1990. L'altre 10% es pretén compensar-lo amb l'absorció d'emissions. Aquesta estratègia pretén a llarg termini generar llocs de treball en l'àmbit de l'economia verda, millorar la salut humana (com la qualitat de l'aire) i conservació de la biodiversitat. Aquest pla tindrà un full de ruta cada 10 anys i s'actualitzarà cada 5. En el cas del transport i la mobilitat les energies renovables contribuiràn en un 79% al 2050.

El 27 de juliol de 2017, el Parlament de Catalunya aprova la Llei del Canvi Climàtic⁵, que persegueix, bàsicament cinc finalitats:

- Aconseguir que Catalunya redueixi les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) i afavorir la transició cap a una economia baixa en carboni.
- Reforçar i ampliar les estratègies i els plans que s'han elaborat durant els darrers anys.
- Promoure i garantir la coordinació de totes les administracions públiques catalanes, i fomentar la participació de la ciutadania, dels agents socials i dels agents econòmics.
- Esdevenir un país capdavanter en la investigació i aplicació de noves tecnologies, i reduir la dependència energètica de Catalunya de recursos energètics externs.
- Fer visible el paper de Catalunya al món, tant en els projectes de cooperació com en la participació en els fòrums globals de debat sobre el canvi climàtic.

⁵ Generalitat de Catalunya. Llei 16/2017, de l'1 d'agost del Canvi Climàtic. [<https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/l/2017/08/01/16>]

Posteriorment, la Sentència 87/2019, de 20 de juny de 2019 del Tribunal Constitucional va obligar a modificar la llei, pel que fa a l'impost sobre les emissions de diòxid de carboni dels vehicles de tracció mecànica.

Més recentment, L'Oficina Catalana del Canvi Climàtic ha iniciat els treballs per a elaborar una Estratègia catalana d'adaptació al canvi climàtic 2021-2030 (ESCACC 2021-2030), que substituirà la vigent ESCACC 2012-2020.

5. EVOLUCIÓ HISTÒRICA AEROPORT DE BARCELONA

5.1. Evolució històrica d'operacions i passatgers

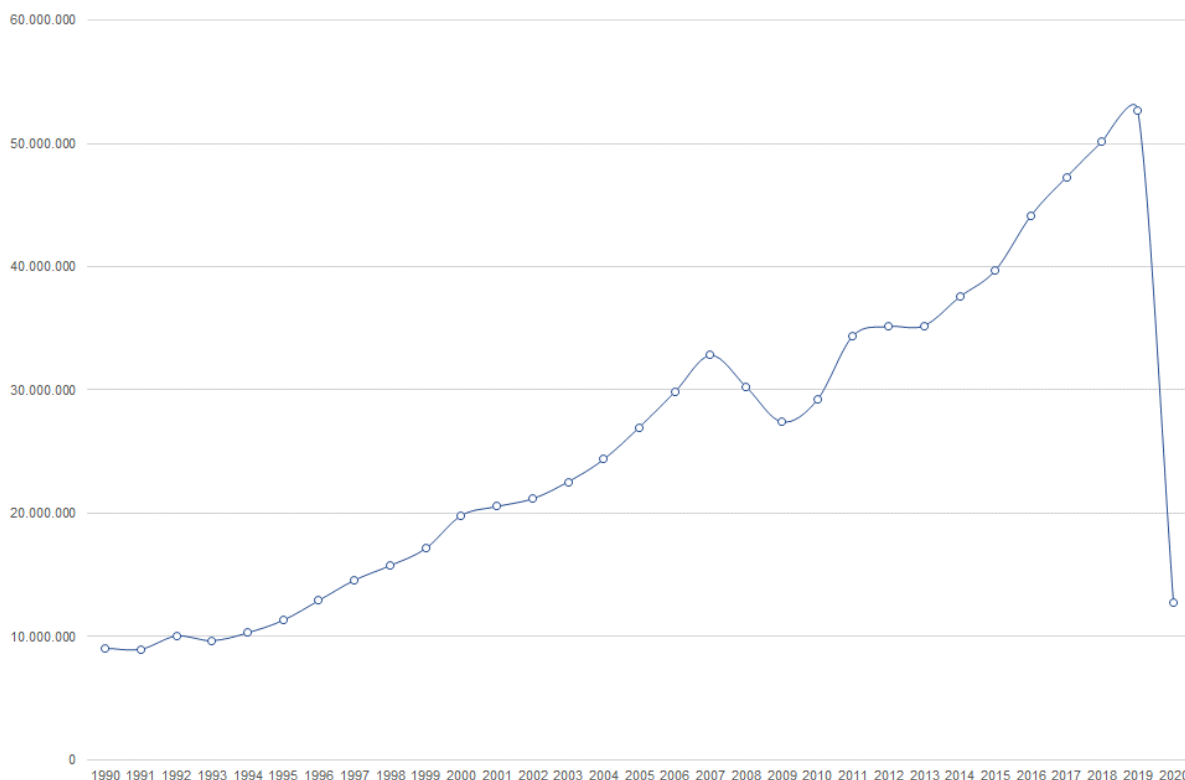
L'èxit de l'Aeroport de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas és inqüestionable. Pràcticament que des de 1990, any de Barcelona com a capital olímpica, el nombre de passatgers ha augmentat contínuament, amb l'excepció dels anys 1993 i 2008-2009, en aquest darrer cas, degut a la crisi econòmica internacional.

Fins i tot, s'observa que ni la guerra del Golf (1990), ni els cicles econòmics depressius, o els atemptats de les torres bessones (l'11 de setembre de 2001), o la pandèmia SARS al 2002, ha provocat un canvi en la tendència alcista del nombre de passatgers a l'Aeroport de Barcelona.

De 2017 fins a 2019, l'aeroport registrava un creixement mitjà anual en el nombre de passatgers d'un 6%. Aquestes provisions, significarien que en propers anys es superaria la capacitat teòrica de les dues terminals de 55 milions de passatgers en total.

Només la irrupció de la pandèmia COVID-19 ha canviat tots els escenaris i el 2020 s'ha reduït el nombre de passatgers fins a nivells de principis dels 90.

Gràfic 13. Evolució del nombre de passatgers a l'aeroport de Barcelona, 1990 - 2020.



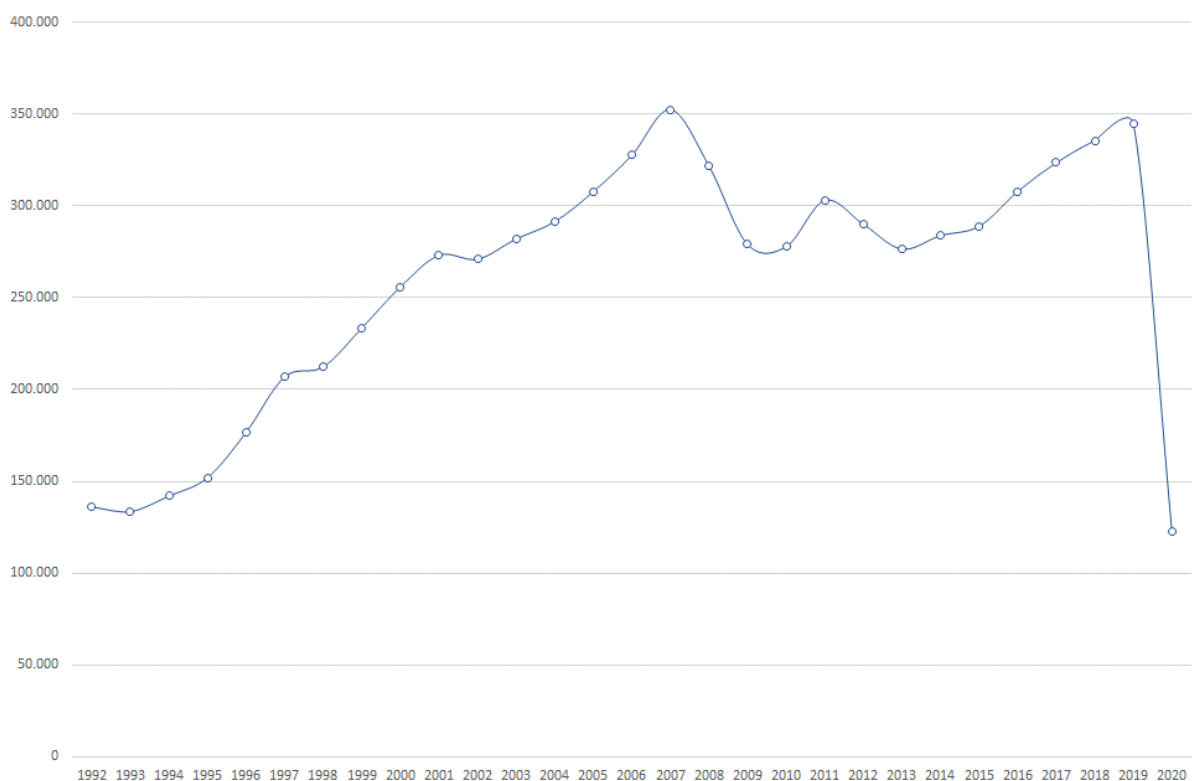
Font: Barcelona Regional a partir de les dades d'AENA.

Amb més de 50 milions de passatgers al 2019, l'aeroport de Barcelona es caracteritza per un alt component turístic. D'acord amb la Estratègia de Mobilitat Turística de 2017, el 86% dels turistes arriben en avió. Això significa que aproximadament un 46% del passatge aeri són turistes.

Malgrat l'èxit, l'aeroport de Barcelona no ha pogut desmarcar-se de la marca Barcelona com destí turístic. El percentatge de passatgers amb vols de connexió és encara molt baix, en relació a altres aeroports europeus de referència (Frankfurt: 55%, Amsterdam 37%, Londres Heathrow: 30%, Madrid: 22%, Barcelona: 7%)⁶. L'evolució d'un aeroport amb una alta component turística cap a un *hub* encara està pendent.

El nombre d'operacions acompanya, d'una forma general, l'augment del nombre de passatgers, principalment fins 2010. Després de la crisi econòmica del 2008, les companyies semblen que han optimitzat el passatge, ja que han transportat més passatgers amb menys avions. A partir de 2016, possiblement degut a una saturació d'ocupació dels avions, les operacions tornen a augmentar, acompanyant la pujada del nombre de passatgers.

Gràfic 14. Evolució del nombre d'operacions de l'aeroport de Barcelona, 1992 – 2020.



Font: Barcelona Regional a partir de les dades d'AENA.

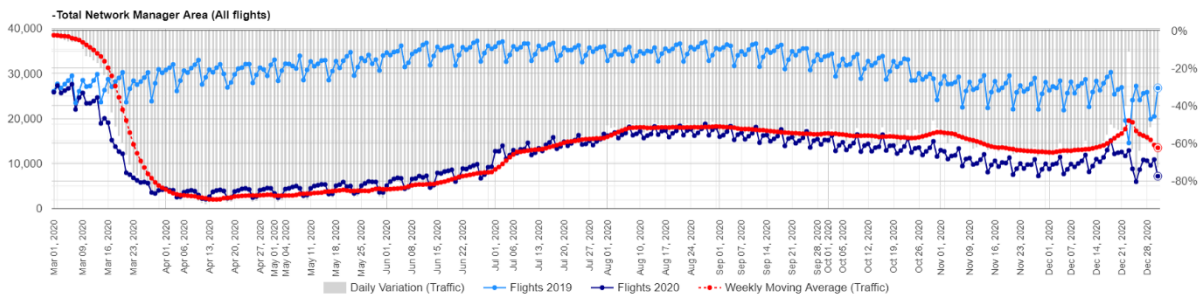
⁶ Suau, P. 2020

5.2. Impacte de la COVID-19

La declaració de pandèmia de la Organització Mundial de Salut (OMS), degut al virus de la COVID-19, a l'11 de març de 2020, ha precipitat un conjunt de mesures per part dels diversos estats, que han significat majoritàriament, un tancament de les fronteres i restriccions de la mobilitat. El sector aeri ha estat un dels sectors més afectats per la pandèmia.

Segon dades de l'Organització Europea per la Seguretat de la Navegació Aèria (Eurocontrol), la disminució mitjana del trànsit aeri en l'espai europeu en 2020 és d'un -54%. En els mesos posteriors a la declaració de pandèmia, pràcticament es va paraitzar els vols en l'espai europeu, amb reduccions d'un -90%. Posteriorment, el nombre de vols es van recuperar, però sempre amb valors inferiors al 50% en relació a 2019.

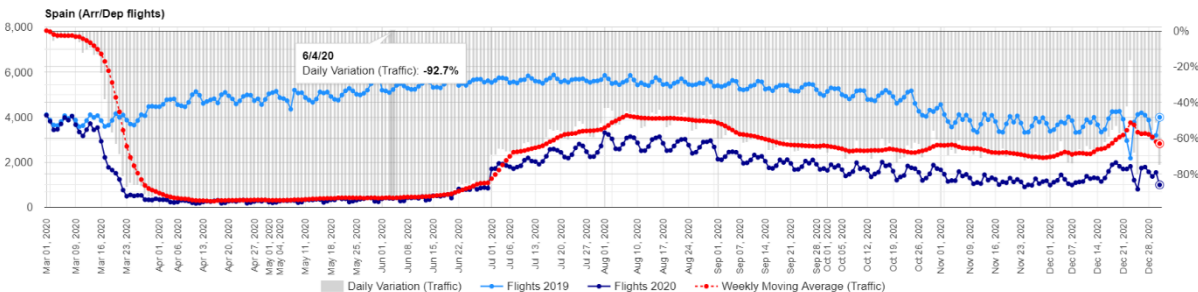
Gràfic 15. Variació diària del trànsit aeri en l'espai europeu (espai Eurocontrol) entre 2019 i 2020.



Font. Eurocontrol.

En el cas de l'estat espanyol, les reduccions en els dos mesos següents a la declaració de l'estat d'alarma, encara van ser més dramàtiques, amb reduccions del -94% en nombre de vols. A partir de juliol, es registra una pujada del nombre de vols, que arriben a valors del 50% dels vols en relació a 2019. En els mesos següents, es confirma una disminució gradual del nombre de vols, d'acord amb la fi del període de vacances. Espanya tanca l'any amb reduccions d'un -70% en nombre de passatgers, un -53% en nombre de vols, i un -26% en transport de càrrega.⁷

Gràfic 16. Variació diària del trànsit aeri en Espanya entre 2019 i 2020.

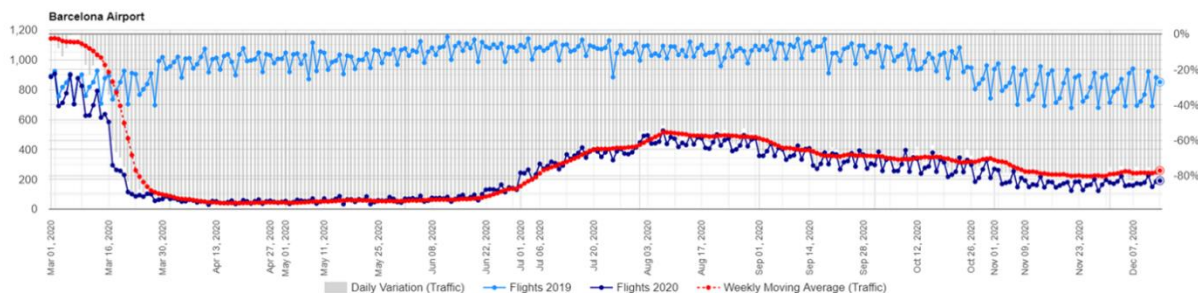


Font. Eurocontrol.

⁷ Dades d'AENA

A l'aeroport de Barcelona l'impacte és encara més accentuat. En 2020, a l'aeroport de Barcelona van arribar 12.739.259 passatgers, que significa una reducció mitjana d'un -76% en relació a 2019. Les dades diàries d'Eurocontrol mostren una reducció abrupta posterior a la declaració de l'estat d'alarma i una evolució positiva durant els mesos d'estiu, però que mai van arribar a la meitat dels vols de 2019.

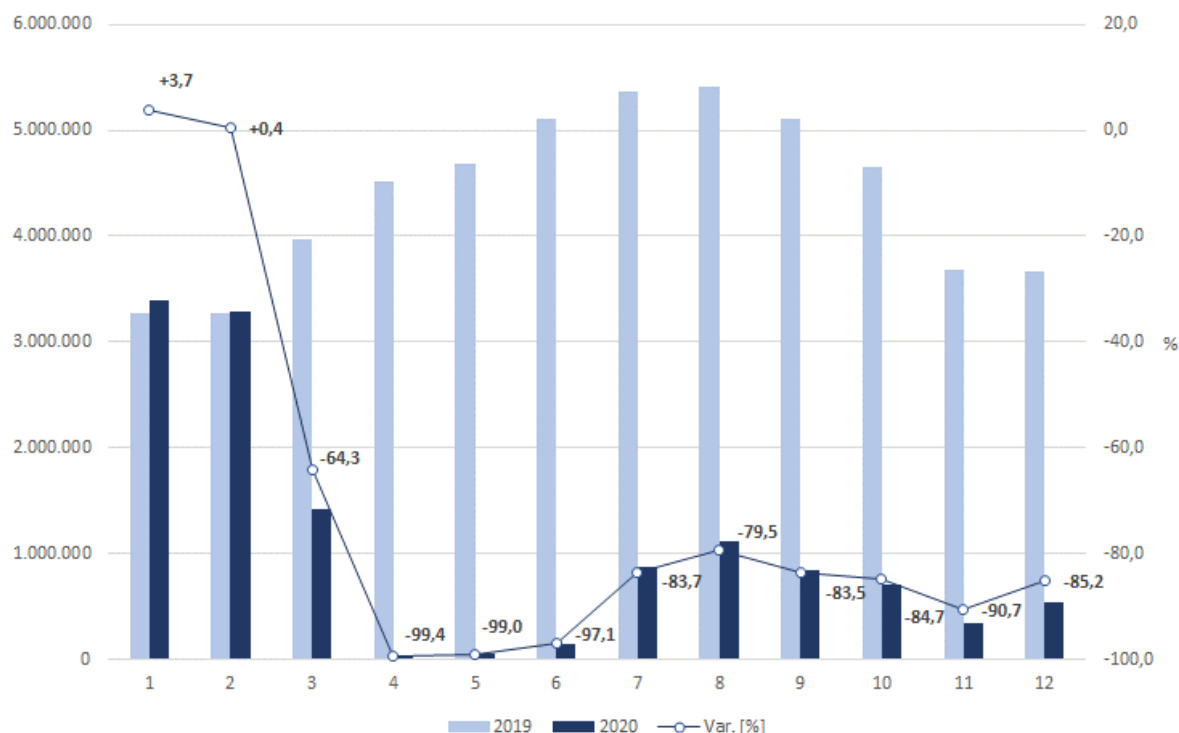
Gràfic 17. Variació diària del nombre de vols en l'Aeroport de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas entre 2019 i 2020.



Font. Eurocontrol.

Les dades d'AENA de 2020 (provisionals), només confirmen els valors de la organització europea. L'aeroport de Barcelona-El Prat, pràcticament es va paritzar durant els mesos d'abril, maig i juny. L'agost de 2020, van arribar 1,1 milió de passatgers, quan l'any anterior en van arribar més de 5,4 milions.

Gràfic 18. Variació mensual del nombre de passatgers en l'Aeroport de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas, 2019 - 2020.

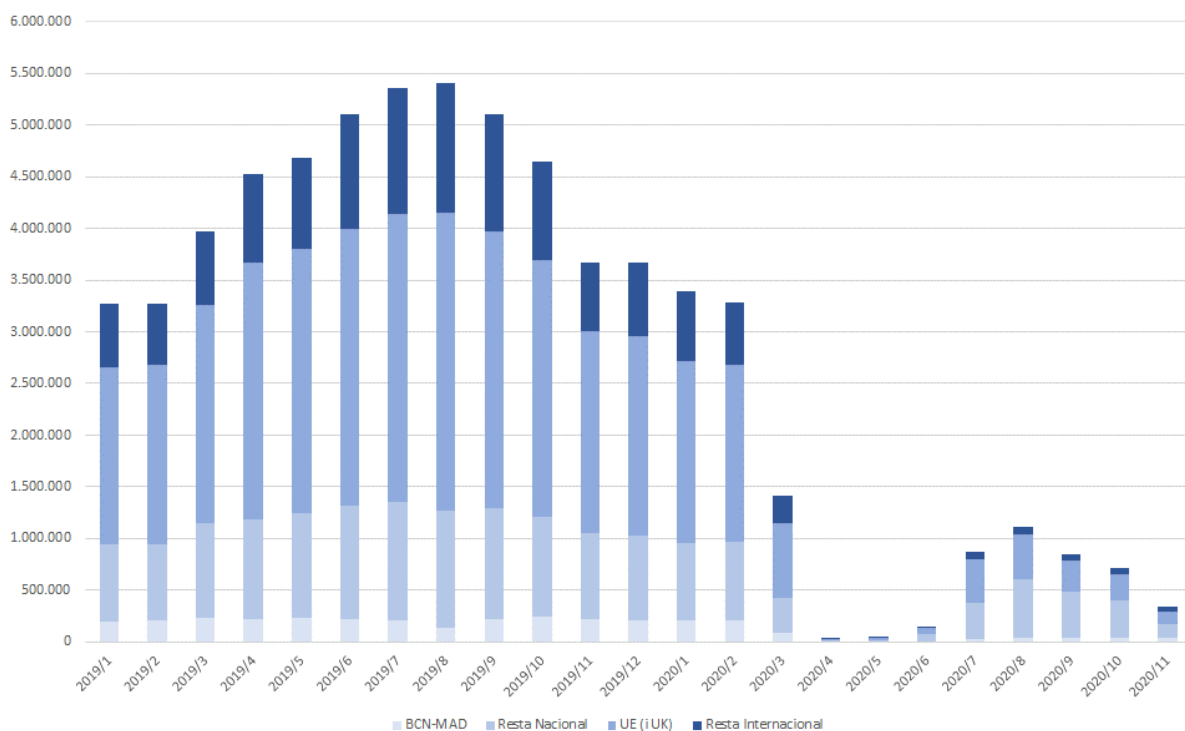


Font. Barcelona Regional a partir de les dades d'AENA.

Per origen-destí el transit internacional es va reduir un -78%, mentre que el trànsit nacional un -65%, i un -69% del pont aeri Barcelona-Madrid. Al trànsit aeri internacional, les reduccions en el nombre de passatgers en vols de l'UE i UK va ser d'un -73% i de la resta internacional un -74% (dades provisionals).

Comparativament, el tren d'alta velocitat (AVE) en tota la seva xarxa, en 2020 va registrar reduccions superiors, però de la mateixa magnitud, -73,5%⁸.

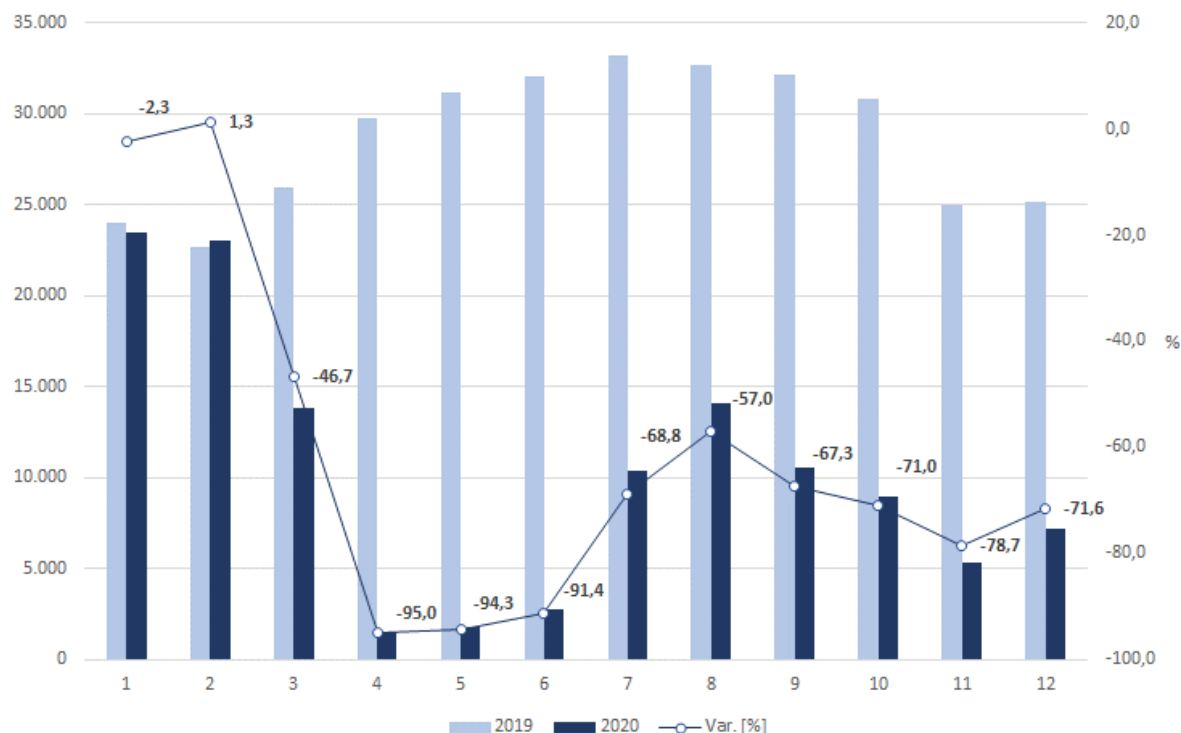
Gràfic 19. Nombre de passatgers per origen-destí a l'Aeroport de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas, 2019 - 2020.



Font. . Barcelona Regional a partir de les dades d'AENA.

El nombre d'operacions es van reduir un -61% en mitjana, amb reduccions d'un -95% a l'abril i -57% a l'agost. Mentre que en 2019 es va registrar una mitjana de 28,7 mil vols mensuals, al 2020 es van observar 10,2 mil operacions.

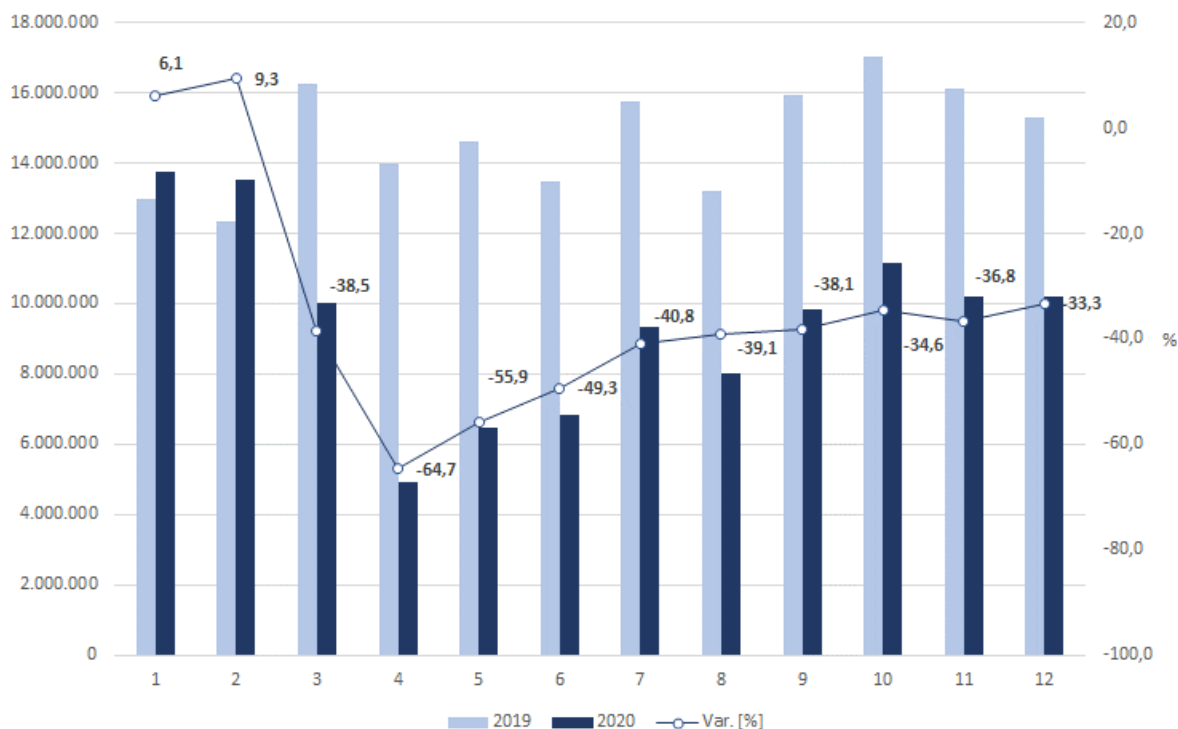
⁸ INE, 2021. [<https://www.ine.es/daco/daco42/daco4210/tv1220.pdf>]

Gràfic 20. Variació mensual del nombre d'operacions en l'Aeroport de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas, 2019 - 2020.

Font. . Barcelona Regional a partir de les dades d'AENA.

Al transport de mercaderies no es va observar una disminució tan abrupta com en el nombre de passatgers o d'operacions, molt probablement pel menor volum que encara representen a l'aeroport de Barcelona-El Prat. En tot cas, es va registrar una reducció mitjana anual d'un -35% en el transport de mercaderies aèries.

Gràfic 21. Variació mensual en el transport de mercaderies en l'Aeroport de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas, 2019 - 2020.



Font. . Barcelona Regional a partir de les dades d'AENA.

Eurocontrol en el seu informe de gener de 2021 sobre l'impacte de la pandèmia en el sector aeri⁹ calcula que:

- 56 bilions d'euros de pèrdues econòmiques entre companyies i aeroports,
- menys 1,7 bilions de passatgers,
- menys 6,1 milions de vols,
- disminució d'un 59% del transit aeri entre Europa i el rest del mon
- disminució del mercat aeri entre un 40% i 73%
- disminució del nombre de vols per grup entre un 53% i un 67%
- 51% dels avions en europea no ha volat durant el 2020
- pèrdua de 191.000 llocs de treball directes

Aquest impacte amb aquesta magnitud, s'ha manifestat en tota una reestructuració del mercat aeri, amb rescats a companyies aèries, fusions i congelament d'inversions. Tot i que és encara prematur elaborar previsions, principalment amb noves variants del virus, que poden significar més restriccions, mentre no sigui visible els efectes de les vacunes, Eurocontrol preveu, en el mateix informe de gener, una recuperació cap als valors abans de la pandèmia del trànsit aeri pel 2023.

⁹ Font: Eurocontrol. [<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-01/eurocontrol-think-paper-8-impact-of-covid-19-on-european-aviation-in-2020-and-outlook-2021.pdf>]

6. ESTIMACIÓ DE L'EVOLUCIÓ DE LES EMISSIONS DEL SECTOR AERONÀUTIC VINCULAT A L'AEROPORT DE BARCELONA

Aquest document fa una aproximació de les emissions a diferents escales del sector del transport aeronàutic vinculat a l'aeroport de Barcelona.

Aquestes emissions no es poden atribuir totes a la infraestructura aeroportuària, sinó només aquelles que van més lligades a les emissions dins de l'àmbit d'operació, però també cal afegir aquelles que deriven de l'operativa de terra i garanteixen la funcionalitat d'aquesta gran infraestructura.

Des del punt de vista de ciutat, tampoc ens podem atribuir totes les emissions de l'aeroport ja que l'activitat d'aquesta excedeix l'àmbit territorial de la ciutat.

En qualsevol cas totes les emissions contribueixen a agreujar la problemàtica del canvi climàtic. L'atribució d'emissions és necessària ja que cal que es plantegin objectius de mitigació per a la ciutat, per a les grans infraestructures i per al sector del transport (carretera, aviació, marítim i ferroviari) i cal que tothom actuï i ho faci el més aviat possible per reduir emissions.

6.1. Sector aeronàutic

Al 2019 a l'aeroport de Barcelona es van produir un total de 344.558 operacions d'aterratge i enlairament i es van transportar un total de 52.657.556 passatgers.

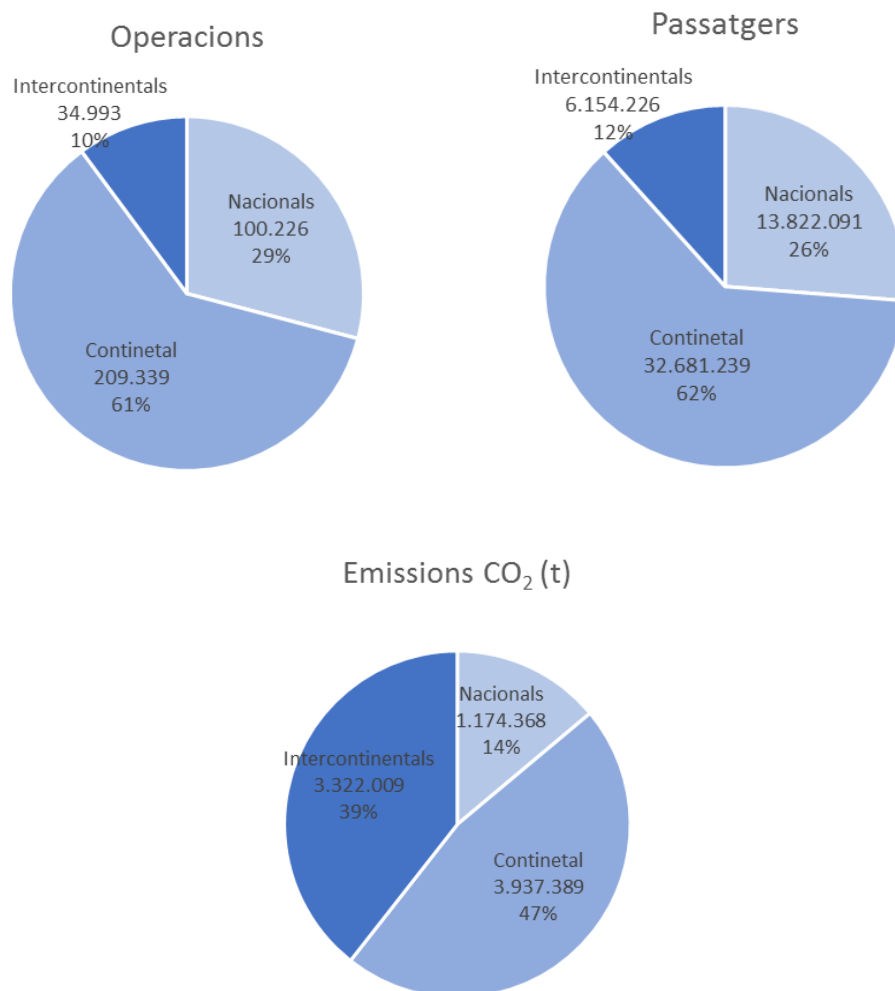
Si es tenen en compte el 96% de les operacions i el 94% dels passatgers transportats, les emissions associades als vols, i per tant del sector aeronàutic vinculat a l'Aeroport de Barcelona, és de 8.118.722 tones de CO₂, incloent la part de LTO de l'aeroport de Barcelona, i si s'extrapola al 100% de les operacions les emissions se situarien a l'entorn de les 8.433.766 tones de CO₂ que per tenir un ordre de magnitud equivaldrien a més del doble que les emissions vinculades a la ciutat de Barcelona.

Els vols dins del territori nacional van suposar aproximadament un 29% de les operacions i aproximadament un 26% dels passatgers. Pel que fa als vols a la resta d'Europa van suposar un 61% de les operacions i un 62% dels passatgers, i els intercontinentals van suposar un 10% de les operacions i un 12% de passatgers.

Les proporcions en les emissions canvien donat que els vols de més llarga distància són més emissius en valor absolut, ja que implica un major consum de combustible per operació i per passatger.

Així, del total d'emissions dels vols del 2019 un 13,9% (1.174.368 t CO₂) van correspondre a vols dins del territori espanyol, incloent els desplaçaments insulars, un 46,7% (3.937.389 t CO₂) van ser vols a destins europeus i el 39,4% (3.322.009 t CO₂) restant van ser vols intercontinentals.

Gràfic 22: Distribució de les operacions, passatgers i emissions de CO₂ dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona al 2019



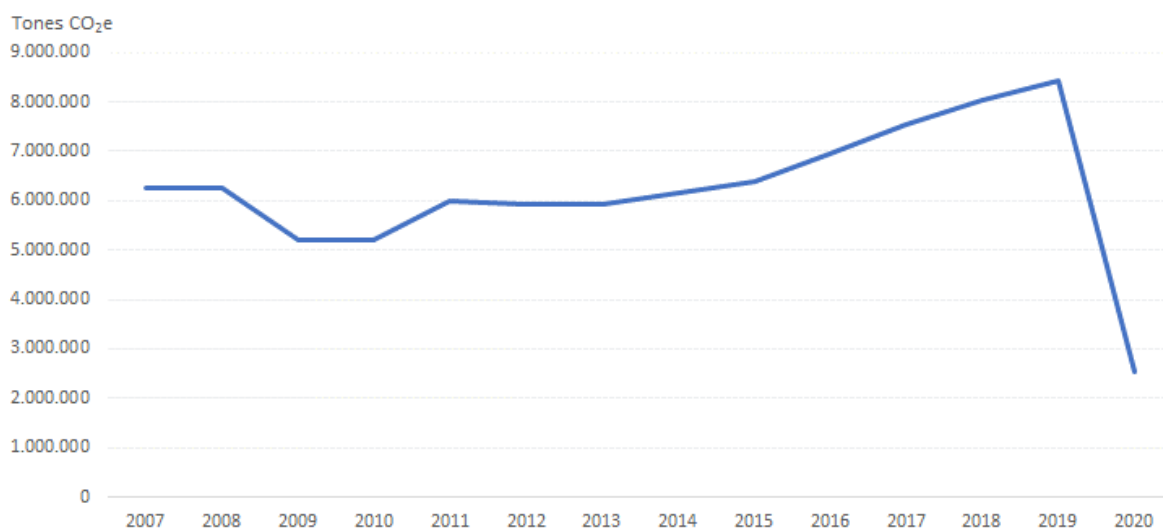
Font: Barcelona Regional

Aquesta mateixa estimació s'ha realitzat des de 2007 fins al 2020, amb les dades disponible d'AENA, per veure com han evolucionat les emissions aquests darrers anys.¹⁰

Deixant de banda el 2020 clarament afectat per la pandèmia de la COVID-19 i que posteriorment tractem, des del 2007 fins al 2013 s'identifica un període d'estabilització de les emissions però a partir de llavors clarament s'identifica una tendència alcista.

Gràfic 23: Evolució de les emissions dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona

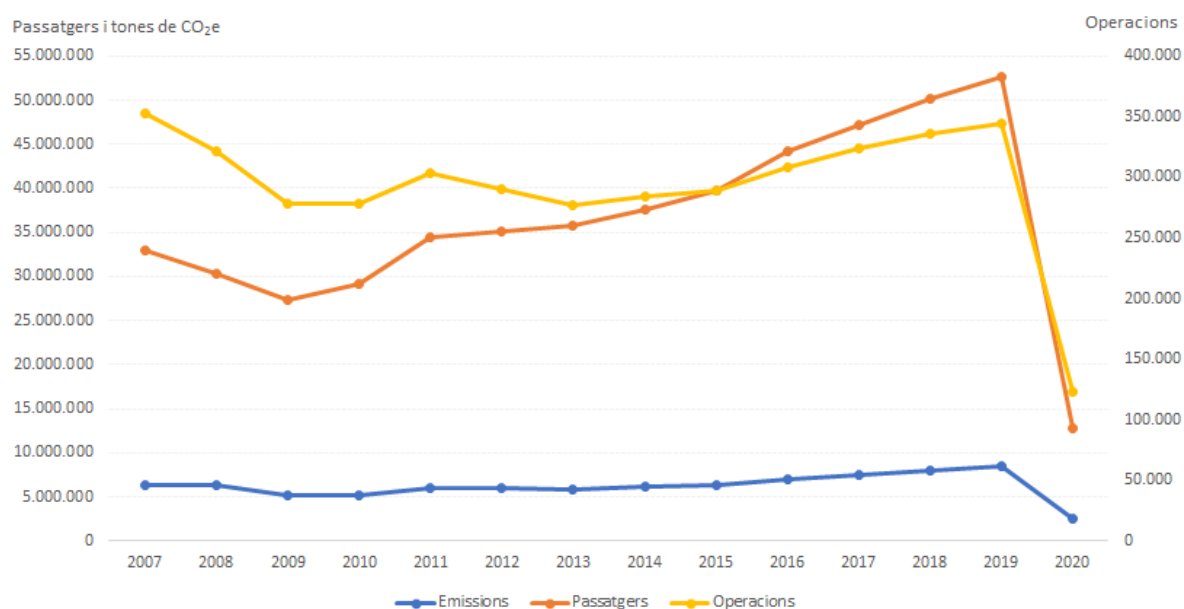
¹⁰ S'ha suposat que el consum de combustible s'ha mantingut constant i s'ha partit de les dades obtingudes per a cada ruta per l'ICAO pel 2019. Caldria incloure algun factor de millora de l'eficiència del sector, però no es disposen de dades que puguin ser aplicades. Cal destacar addicionalment que es tracta d'un sector amb una important inèrcia donat la necessitat d'amortitzar els avions i per tant les millores només es produeixen en la mesura que el parc d'avions es renova i això no es fa de forma uniforme per totes les rutes.



Font: Barcelona Regional

Tal i com es mostra al següent gràfic, l'evolució de les emissions, especialment entre el 2010 i 2015 on la tendència al creixement es veia parcialment contrarestada per l'optimització dels passatgers i les operacions amb l'ús d'avions de major capacitat i un major aprofitament.

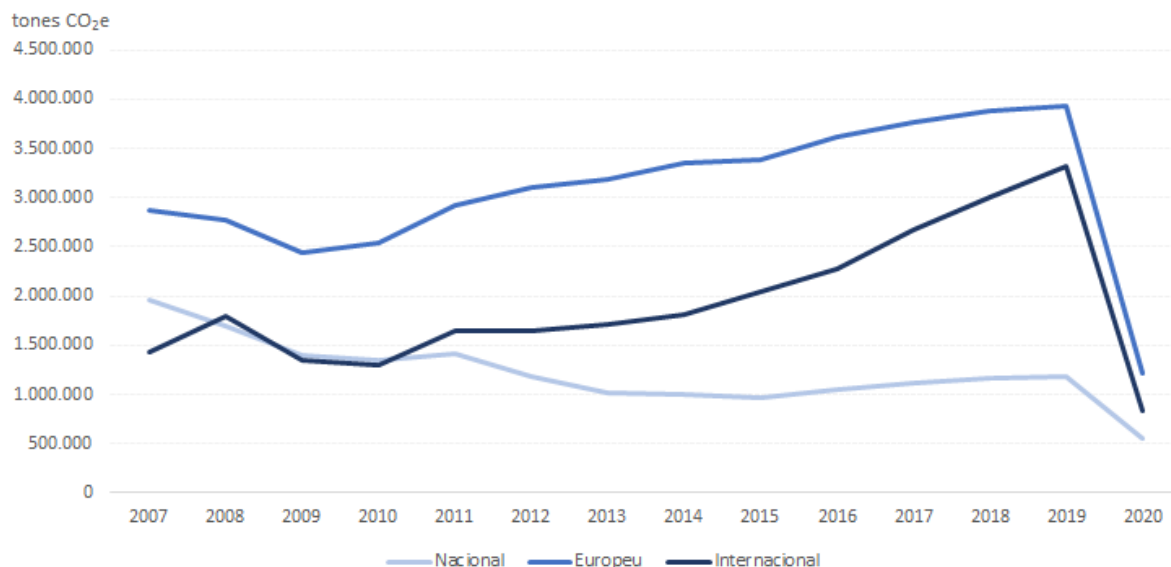
Gràfic 24: Comparativa de l'evolució de passatgers, operacions i emissions dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona



Font: Barcelona Regional

Tot i aquesta optimització, el creixement de les emissions va lligat al creixement de passatgers i operacions que ha experimentat l'aeroport de Barcelona, però aquest increment es especialment sensible en els vols europeus i, en els darrers anys, els intercontinentals que s'han vist incrementats amb força, i per la seva major distància recorreguda tenen unes emissions associades superiors.

Gràfic 25: Comparativa de l'evolució les emissions dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona, en funció del seu abast: nacional, europeu o intercontinental



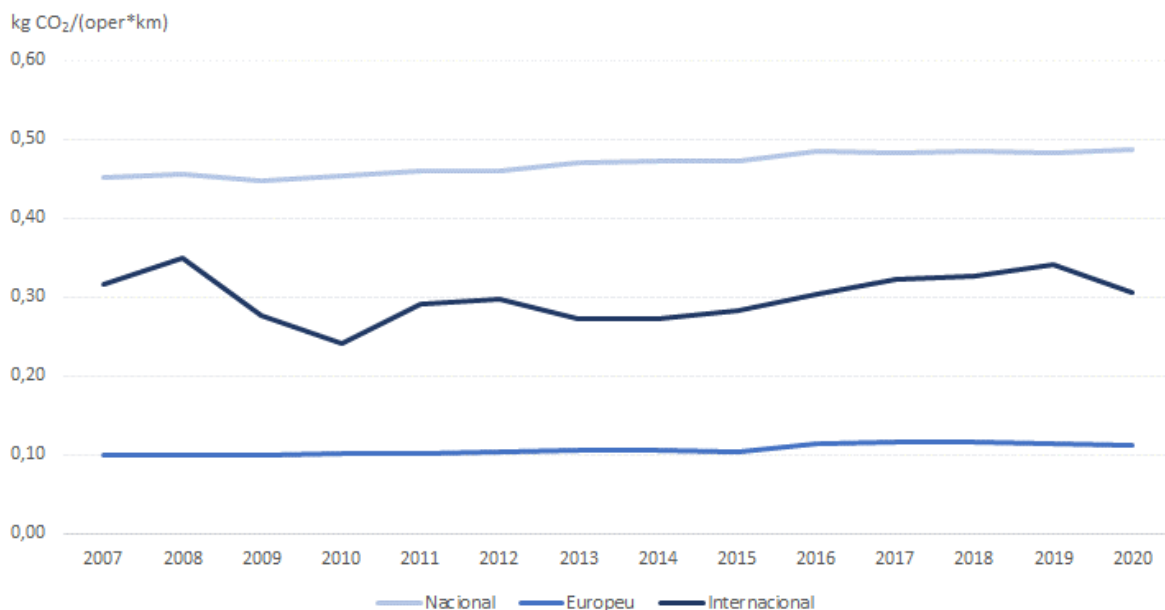
Font: Barcelona Regional

Si s'analitzen les emissions unitàries per operació i quilòmetre es pot observar com els valors són força estables (en part degut a la metodologia emprada) i per tant no s'identifica una tendència a l'alça o a la baixa.

El que sí que s'identifica com els vols nacionals, majoritàriament de curt abast tenen unes emissions unitàries més elevades segurament derivat del pes relatiu superior dels LTO en el conjunt del consum de la ruta.

Curiosament i seguint aquest raonament seria d'esperar que els vols intercontinentals tinguessin unes emissions unitàries més baixes però entén entremig, i això podria ser pel fet que en general aquests vols fan la ruta a una major alçada.

Gràfic 26: Comparativa de l'evolució les emissions dels vols per amb origen o destí l'aeroport de Barcelona per operació i per quilòmetre, en funció del seu abast: nacional, europeu o intercontinental

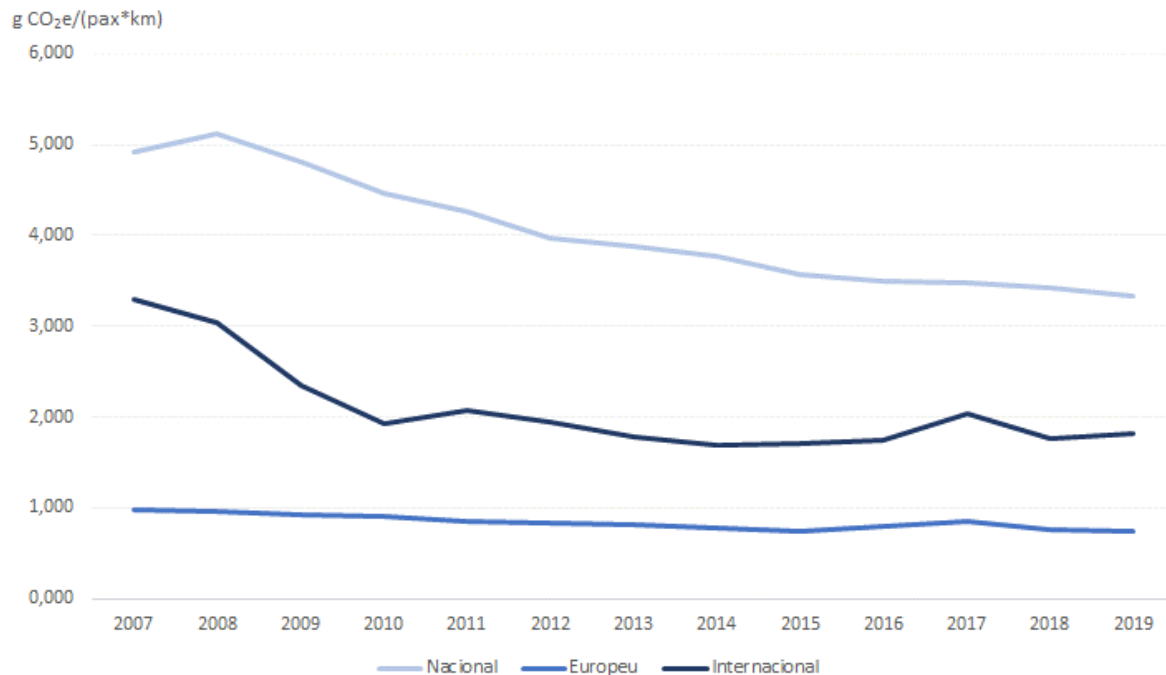


Font: Barcelona Regional

En el cas dels valors unitaris per passatger i per quilòmetre es torna a veure que les emissions unitàries més gran són pels vols nacionals i per tant els de més curt abast. En aquesta cas però sí que s'identifica una certa tendència a la reducció de les emissions per passatger, especialment en els vols nacionals des del 2008.

En els vols intercontinentals la reducció més forta es va produir entre el 2007 i 2010 i a partir d'aquí es veu una certa estabilitat.

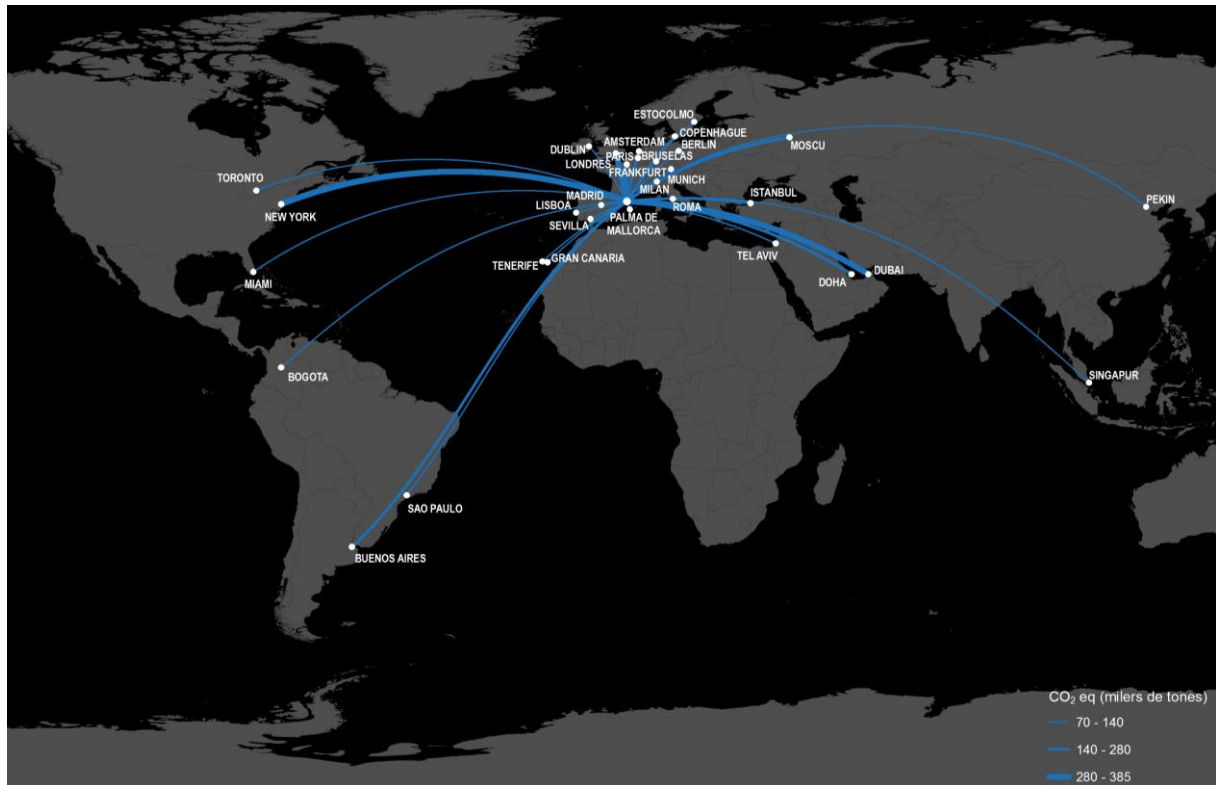
Gràfic 27: Comparativa de l'evolució les emissions dels vols per amb origen o destí l'aeroport de Barcelona per passatger i per quilòmetre, en funció del seu abast: nacional, europeu o intercontinental



Font: Barcelona Regional

Cal destacar que les rutes de major distància són les que major contribució tenen a les emissions de GEH derivades dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona tal i com a mostra el mapa següent on es destaquen els destins que al 2017 van contribuir amb més de 70.000 tones de CO₂. Però cal remarcar com alguns vols nacionals queden inclosos en aquesta categoria, especialment els de Madrid i els destins insulars.

Imatge 5: Emissions dels vols amb origen o destí l'Aeroport de Barcelona amb un major impacte global anual (dades 2017)



Font: Barcelona Regional

Les emissions de CO₂ no són les úniques que s'emeten cap a l'atmosfera, des de l'*European Aviation Safety Agency* (EASA) han dut a terme un estudi que conclou que l'impacte total de l'aviació és 3 vegades més que les emissions de CO₂ que s'estan comptabilitzant avui en dia. Degut a l'altura és molt complicat estimar quines són les emissions i de quins elements provenen. El que determina l'estudi és que en global no generen ningun impacte sobre la temperatura, però si s'analitzen independentment sí que generen un canvi sobre aquesta.

Un d'aquests gasos és el NO_x i en l'estudi realitzat per la EASA demana que es contempli aplicar una taxa a aquest gas. Per evitar aquestes emissions generades per gasos que no són CO₂, els experts de la UE recolzen l'ús de la mescla de combustibles, potenciant els combustibles sostenibles.

Impacte de la COVID-19

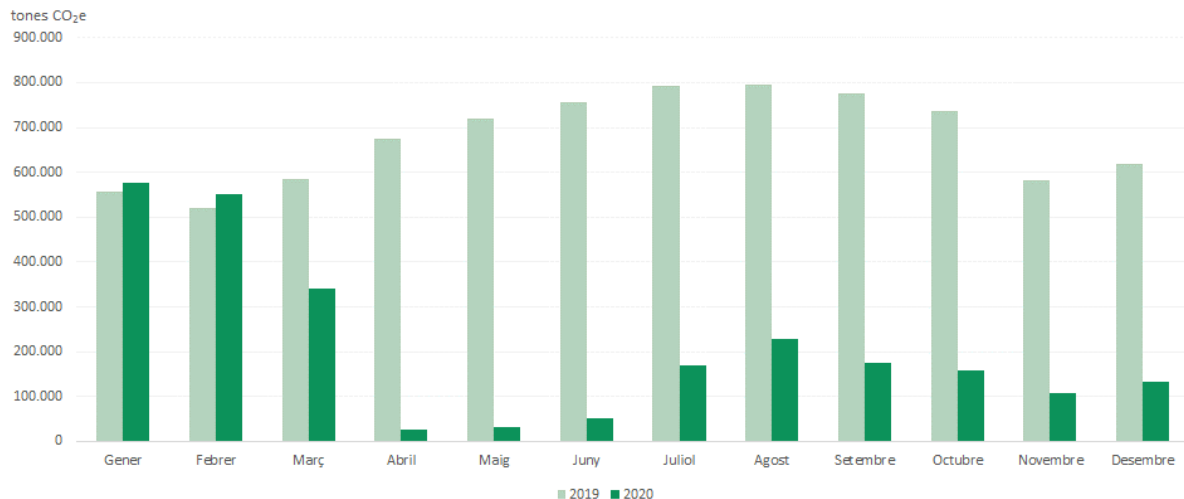
Tot i que l'evolució de les emissions s'està reduir-se si es valora de forma unitària per operació o per passatger i per quilòmetre, la realitat és que tant les operacions com els passatgers no han parat de créixer en els darrers anys i pe tant les emissions també o han fet.

Però el 2020, amb la irrupció de la pandèmia de la COVID-19, ha suposat un canvi dràstic en la tendència derivat de l'aturada que ha suposat sobre el sector aeronàutic.

Així si es compara les emissions dels vols amb origen o destí a l'aeroport de Barcelona del 2019 amb les del 2020 i la seva evolució mensual, podem veure que tot i que a l'inici d'any

s'intuïa un cert creixement, a partir de que l'OMS decretés l'estat de pandèmia mundial el tràfic aeri s'ha vist fortament afectat. Així a l'abril i maig, amb ple confinament a l'Estat espanyol la davallada d'emissions va arribar a ser del -96% respecte el mateix període del 2019.

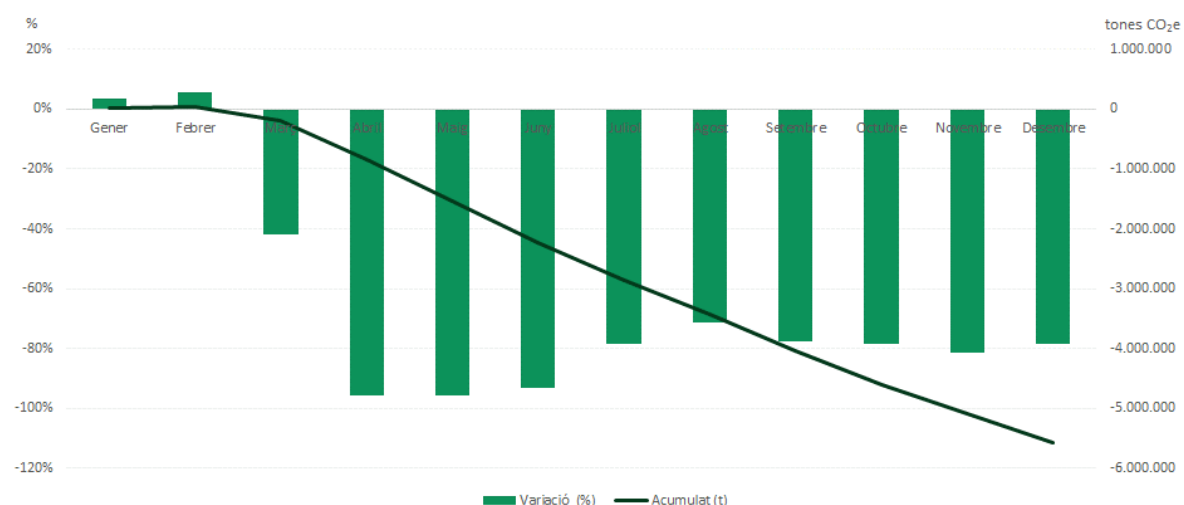
Gràfic 28: Comparativa entre el 2019 i 2020 de l'evolució les emissions dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona



Font: Barcelona Regional

En el conjunt de l'any 2020 les emissions vinculades als vols amb origen o destí a l'aeroport de Barcelona van ser de 2.550.642 tones de CO₂e, el que va suposar una reducció de -69% respecte a l'any 2019, i en valor absolut una reducció de -5.568.079 tones de CO₂e, el que equival a reduir 1,6 vegades les emissions de tota la ciutat de Barcelona (segons les dades del 2017).

Gràfic 29: Reducció les emissions dels vols amb origen o destí l'aeroport de Barcelona al 2020 respecte al 2019 (relativa i absoluta acumulada)



Font: Barcelona Regional

Des del punt de vista de la reducció de les emissions “locals”, associades a la infraestructura de l'aeroport, s'ha estimat que derivada a la reducció de cicles d'aterratge i enlairament, al 2020 es van reduir un -65% les emissions de GEH respecte al 2019, el que aproximadament va suposar unes -302.712 tones de CO₂e.

Des del punt de vista de la ciutat de Barcelona aquesta reducció suposa també una disminució en unes -145.302 tones de CO₂e (de les emissions que de l'aeroport que es vinculen a la ciutat) i que aproximadament suposen un -4% de les emissions de tota la ciutat (a partir de les dades del 2017)

6.2. Emissions de l'Aeroport de Barcelona

De les emissions del sector aeronàutic a l'aeroport de Barcelona únicament es poden imputar les que pertocuen a la part corresponent dels cicles d'aterratge i enlairament (LTO) que es produeixen en aquest aeroport.

En aquest cas, tal com s'explica a l'annex I, s'ha fet una estimació a partir dels models d'avió que han operat en aquesta infraestructura.

Al 2019 a l'aeroport de Barcelona es van produir 344.558 operacions i segons AENA les emissions per LTO a l'aeroport de Barcelona van ser 457.302 tones de CO₂.

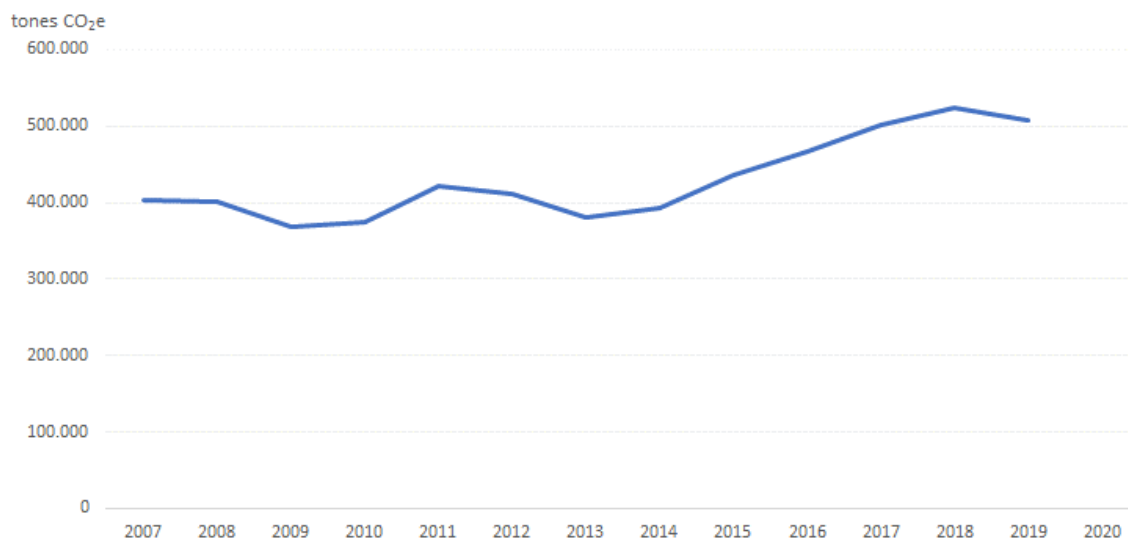
A aquestes emissions, a l'aeroport de Barcelona també cal assignar-li les corresponents a tots els consums energètics d'aquesta infraestructura (abast 1 i 2) i també les derivades de les operacions de *handling* i unitats auxiliars de potència dels avions (APUs), que s'estima que al 2019 van ser de 57.016 tones de CO₂.

En total al 2019 l'aeroport de Barcelona va contribuir a les emissions de GEH amb unes 514.318 tones de CO₂, de les quals s'assigna a la ciutat de Barcelona aproximadament unes 246.873 tones de CO₂.¹¹

De la evolució històrica, es pot veure com les emissions de forma considerable a partir del 2015, donat l'increment d'operacions i el pes molt elevat de les emissions dels LTO. Destaca el que sembla una lleugera tendència al 2019 a reduir-se però caldrà veure futures evolucions tot i que ara quedaran condicionades per la pandèmia de la COVID-19.

¹¹ Aproximadament se l'assigna el 48% de les emissions ja que s'estima que aquesta és la contribució al PIB de la ciutat.

Gràfic 30: Estimació de l'evolució de les emissions de l'aeroport de Barcelona

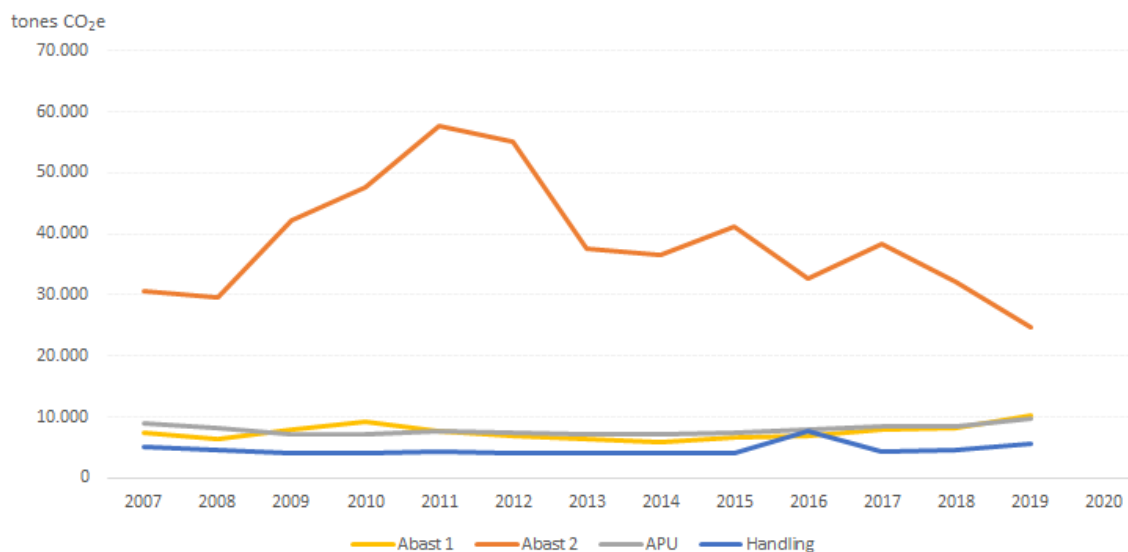


Font: Barcelona Regional

Si analitzem més en detall les emissions de terra destaquen les corresponents a l'abast 2 (consums elèctrics) que en un primer període es disparen per la posada en servei de la T1 i el desplegament del potencial total de la infraestructura però des del 2013 es produeixen reduccions considerables que per una banda es poden derivar de la millora del mix elèctric espanyol però també per l'aplicació de mesures d'estalvi.

La resta d'emissions, abast 1, APU's i *Handling* es mantenen força estable tot i que amb una lleugera tendència a l'alça, segurament derivat de l'increment de l'activitat a l'aeroport.

Gràfic 31: Estimació de l'evolució de les emissions de terra de l'aeroport de Barcelona



o

Font: Barcelona Regional

7. PROPOSTES DE REDUCCIÓ D'IMPACTE

7.1. Reducció de les emissions a escala local

Tot i que les emissions en terra, ja siguin les de *handling*, les *APU* o les corresponents a la pròpia infraestructura de l'aeroport no són les més rellevants, cal dur a terme un esforç per reduir les emissions en totes les facetes possibles.

En aquest sentit es planteja que des de l'escala local es duguin a terme accions per reduir les emissions associades tant a la mobilitat, la gestió de residus o els consums energètics necessaris pel funcionament de la infraestructura aeroportuària.

AENA, a nivell nacional té previst iniciar algunes accions amb l'objectiu de reduir i/o compensar les emissions de GEH de les seves infraestructures, però cal accelerar l'acció per complir amb els compromisos a escala europea.

En aquest sentit AENA s'ha adherit al compromís de zero emissions de CO₂ (*NetZero2050*) als seus aeroports, acord subscrit per 194 aeroports de 24 països europeus.

Aquest compromís s'emmarca en la Estratègia de Canvi Climàtic d'Aena realitzada amb l'objectiu de garantir uns aeroports sostenibles i respectuosos amb el planeta.

Mobilitat associada a l'aeroport

Tot i que les emissions derivades dels vehicles que accedeixen a l'aeroport no es comptabilitzen com a tal, sí que es poden considerar vinculades a aquesta infraestructura.

Reduir aquestes emissions passa per potenciar els modes de transport més sostenibles i per tant, per una banda cal **potenciar el transport col·lectiu, preferentment ferroviari**, i en aquest sentit, seria clau garantir la connexió amb ferrocarril de la T1.

El taxi és un servei de transport públic força utilitzat tant per accedir com per sortir de l'aeroport, i en general la flota de taxis a Barcelona i el seu entorn disposa d'una proporció molt elevada de vehicles híbrids, però cal fer un pas endavant i promocionar o forçar que els **taxis que donin servei a l'aeroport siguin elèctrics** i que la seva recarrega sigui amb fonts renovables.

En aquesta línia es planteja que a l'aeroport s'habilitin, a les zones d'espera dels taxis, **sistemes de recarrega elèctrica** i que l'energia subministrada sigui de procedència renovable, preferentment generada localment, convertint l'aeroport en una gran electrolinera.

En aquesta mateixa línia es podria garantir que l'**aerobús fos elèctric**, disposant de punts de recarrega en l'origen i el final de la línia.

Gestió de residus

La generació de residus i el seu posterior tractament implica també unes emissions de GEH que convé minimitzar.

Cal doncs la implantació d'una estratègia de reducció de residus, fent especial èmfasis en la reducció del plàstic, i potenciar la recollida selectiva, amb la separació de les fraccions per millorar així el nivell de reutilització i reciclatge.

Electrificació i ús de combustibles alternatius

Com s'ha esmentat a l'apartat de l'històric de les emissions, l'aeroport de Barcelona al 2019 va emetre l'equivalent a unes 556.076 tones de CO₂e, de les quals la majoria (82%) correspon als cicles des d'aterratge i enlairaments dels avions, però de la resta el 8% correspon al consum energètic de la infraestructura (47.757 t CO₂e), el 2% als APU (9.688 t CO₂e) i l'1% al *Handling* (5.571 t CO₂e).

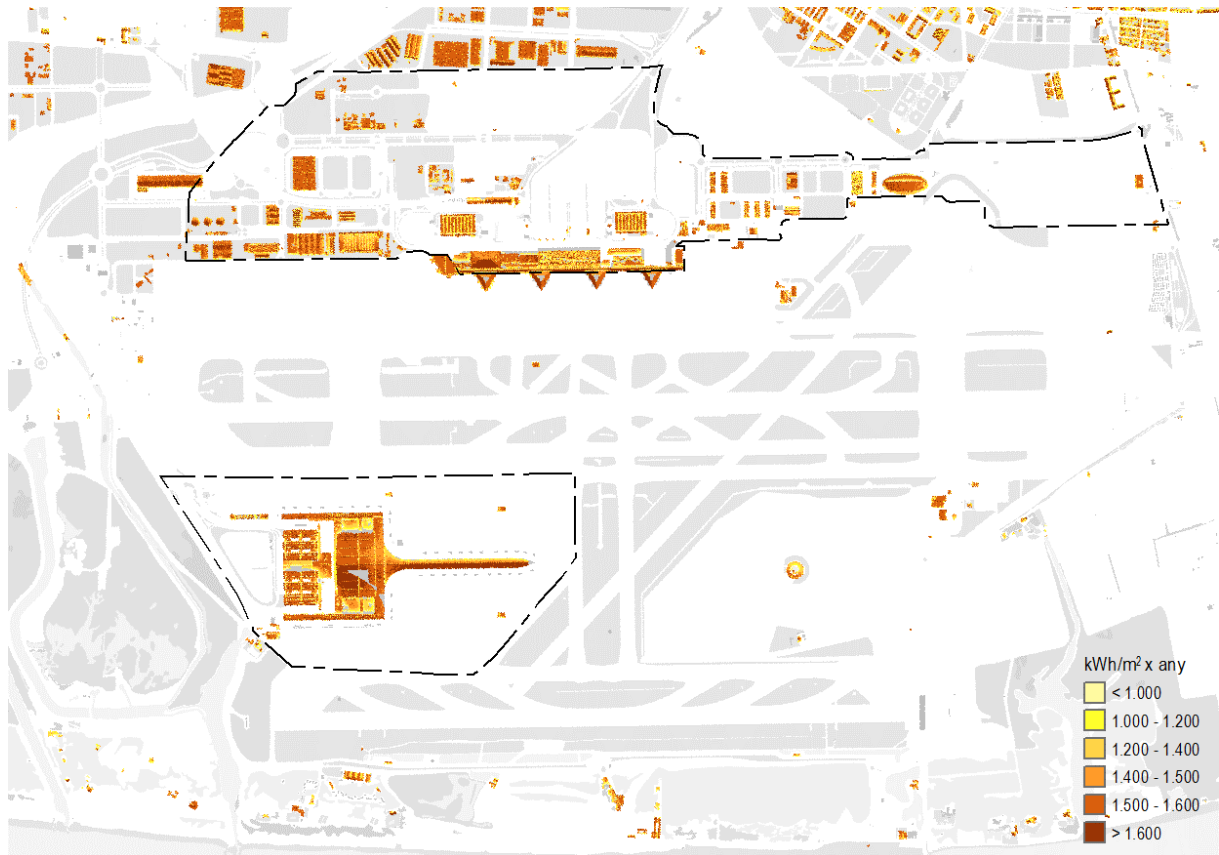
Cal, doncs, incorporar mesures d'eficiència que permetin **reduir el consum energètic** i dur a terme un procés d'**electrificació** i **substitució de combustibles fòssils** per alternatives descarbonitzades i que es puguin produir a partir d'energies renovables (gas verd, hidrogen, etc.).

Implementació de sistemes de generació renovable

L'aprofitament dels recursos locals renovables és clau per tal de minimitzar l'impacte global a escala local i per tant com a mesura complementaria a l'electrificació o la implementació de combustibles alternatius cal desenvolupar projectes que aprofitin el principal recurs que hi ha en aquest entorn que és l'energia solar.

Es planteja la necessitat de l'**aprofitament dels espais de cobertes** de l'edificació aptes per la implantació de sistemes de generació solar, principalment fotovoltaica, així com als **espais destinats a l'aparcament de vehicles**, ja sigui aprofitant pèrgoles existents o bé amb la instal·lació de noves.

Per fer una primera estimació del potencial fotovoltaic de les cobertes dels edificis s'ha emprat la informació disponible al mapa del potencial fotovoltaic de les cobertes de l'àrea metropolitana de Barcelona, elaborat per l'AMB en el marc del Pla de sostenibilitat (PSAMB).

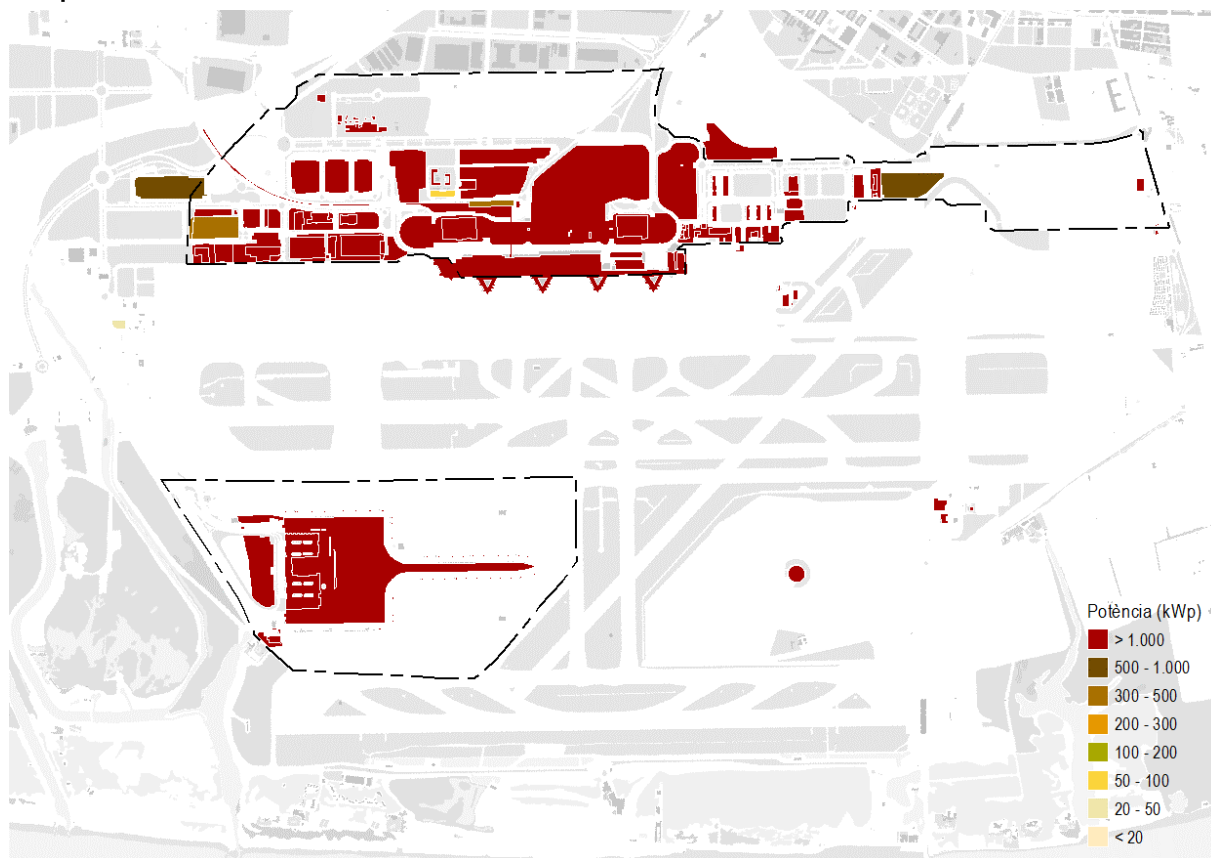
Imatge 6: Radiació incident a les cobertes dels edificis i construccions de l'àmbit aeroportuari

Nota: algunes construccions corresponen a pèrgoles d'aparcaments

Font: Barcelona Regional a partir del mapa solar de l'àrea metropolitana de Barcelona (PSAMB)

A l'entorn aeroportuari es podria arribar a implementar prop de 38 MWp que permetria una generació d'uns 50 GWh anuals.

Imatge 7: Estimació del potencial fotovoltaic de les cobertes dels edificis o construccions de l'àmbit aeroportuari

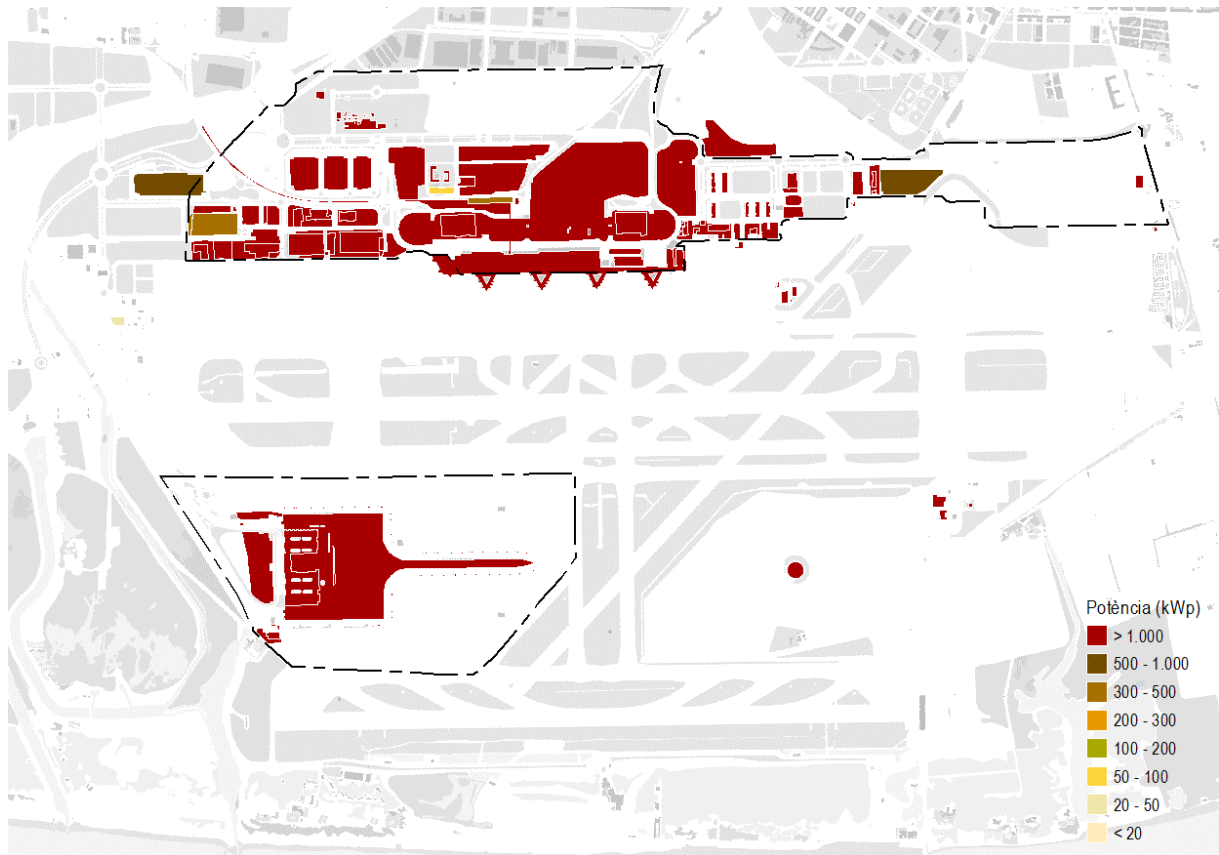


Nota: No s'inclouen les pèrgoles d'aparcaments ja existents

Font: Barcelona Regional a partir del mapa solar de l'àrea metropolitana de Barcelona (PSAMB)

Destaca el potencial dels edificis de la T1 i T2.

Adicionalment caldria considerar el potencial de les zones d'aparcament que en una primera estimació, considerant que es podria aprofitar una tercera part de la superfície d'aquestes per la implantació de sistemes fotovoltaics, es podria disposar de 25 MWp addicional amb una generació anual d'uns 33 GWh anuals.

Imatge 8: Potencial fotovoltaic a les zones d'aparcament de l'àmbit aeroportuari

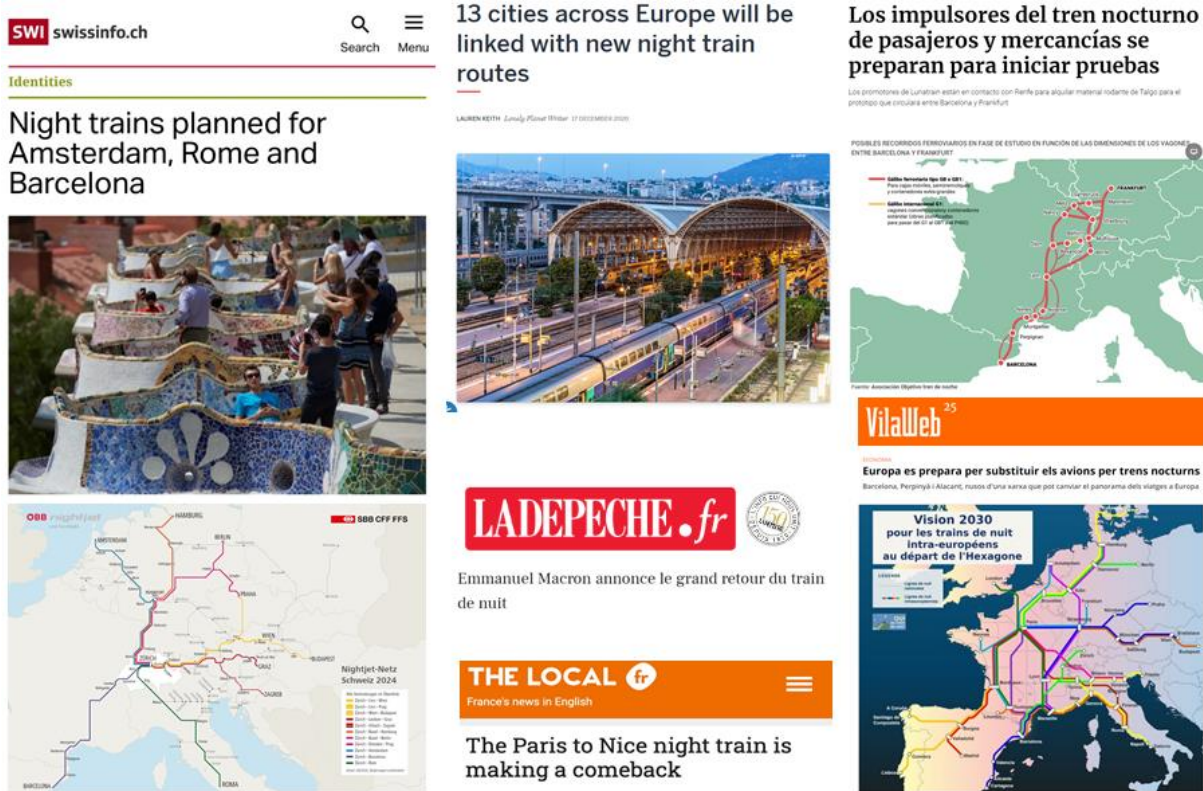
Aquesta generació a banda de permetre l'autoconsum per part de la pròpia infraestructura podria tenir sinergies amb la recarrega de vehicles plantejada en les propostes de mobilitat o per contribuir a la generació de combustibles alternatius descarbonitzats.

7.2. Racionalització de vols de curt abast

Com es deriva de l'apartat 3, tot i que les emissions del sector aeronàutic només representen un de l'entorn d'un 14% de les emissions del transport a nivell mundial cal destacar que per passatger o per tona transportada és de lluny el mitjà de transport més emissiu, i per tant amb un major impacte.

Diffícilment es pot substituir els vols de llarg recorregut perquè no hi ha alternatives i en el cas dels vols de mitja distància les alternatives no són competitives, especialment des del punt de vista del temps de viatge, tot i que comencen sorgir a nivell europeu iniciatives per recuperar els trens nocturns com a alternativa.

Imatge 9: Extractes publicacions relacionades amb el retorn del tren nocturn Europa



Font: Barcelona Regional a partir de notícies publicades

En els vols de curt abast la possible eliminació o substitució de rutes per les seves alternatives ferroviàries sí que podria ser una solució competitiva i mostra d'això diversos països com Holanda, Alemanya i França estan plantejant mesures en aquest sentit.

Imatge 10: Extractes de publicacions relacionades amb la substitució de rutes d'avió per alternatives ferroviàries

Substitution from Air to High-Speed Rail: The Case of Amsterdam Airport

Kroes and Savelberg. Transportation Research Record:
Journal of the Transportation Research Board. April 2019.

"Empirical evidence reveals that high-speed trains dominate the market for **journeys of 2 hours or less**, only a tiny market share of journeys longer than 5 to 6 hours."



Why Germans are flying less

BBC News, 30 April 2020

"the high-speed Munich-Berlin link, which opened in 2017, overtook the plane as the most popular mode of transport within a year." (**just over 4 hours**)

French government sets green conditions for Air France bailout

Flightglobal, 30 April 2020

"As soon as there is a rail alternative to domestic flights with a duration of **less than 2.5h**, these domestic flights will have to be drastically reduced and limited to hub transfers,"



Font: ADW (Aviation DataWorks) a partir de notícies publicades

7.2.1. Anàlisi de la racionalització per les rutes amb alternativa ferroviària

L'Ajuntament de Barcelona, en la seva Declaració d'Emergència Climàtica, va plantejar la necessitat de que el sector aeronàutic s'involucris en la lluita contra el canvi climàtic i ajudi accelerar les accions i com a proposta plantejava la necessitat d'analitzar la possible substitució de rutes en els casos que hi hagués una alternativa ferroviària a menys de 7 hores.

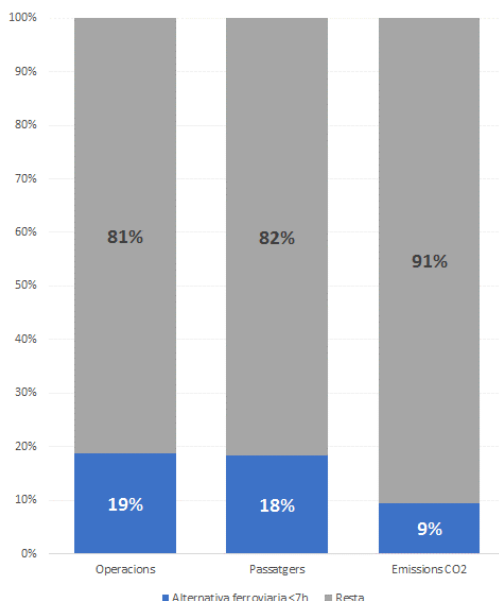
Si es tenen en compte les dades del 2019 (no s'ha volgut treballar amb dades del 2020 per la distorsió que la pandèmia de la COVID-19 pot suposar), hi ha unes 15 rutes amb origen o destí l'aeroport de Barcelona que disposen d'una alternativa ferroviària de menys de 7 hores.

A nivell estatal hi ha les rutes (11) que connecten Barcelona amb Alicante, Bilbao, Burgos, Donostia, Granada, León, Madrid, Málaga, Sevilla, Valencia i Valladolid, i a nivell europeu hi ha 4 rutes a França, Lyon, Marsella, París i Toulouse.

Aquestes 15 rutes al 2019 van representar unes **64.616 operacions** (19% del total de l'aeroport de Barcelona), **9.613.431 passatgers** (18%) i unes **794.387 tones CO₂e** (9% de les emissions de dels vols amb origen o destí Barcelona).

El fet que el pes en les emissions sigui inferior és perquè les rutes més curtes són les que en valor absolut tenen una menor contribució, ja que quan més llarga és la ruta més és la quantitat de les emissions de GEH produïdes.

Gràfic 32: Contribució de les 15 rutes amb una alternativa ferroviària de menys de 7 hores a les operacions, passatgers de l'aeroport de Barcelona i emissions vinculades a l'activitat aeronàutica



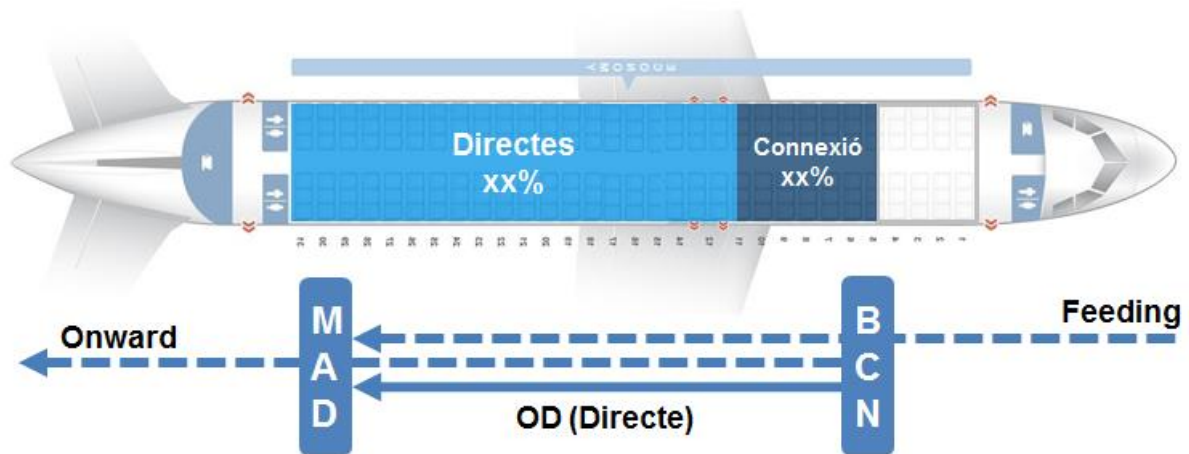
Font: Barcelona Regional

Així doncs la possible racionalització de vols de curt abast planteja com a sostre màxim una reducció en les emissions d'unes 800.000 tones anuals a gairebé una quarta part de les emissions totals de la ciutat de Barcelona.

La millora en les infraestructures ferroviàries podria fer que noves destinacions passessin a estar incloses en aquesta categoria, incrementant llavors aquest potencial.

Però la racionalització de vols pot tenir implicacions sobre un gran nombre d'aspectes, i és per això que amb la col·laboració d'*Aviation DataWorks* s'ha realitzat un anàlisi detallat del potencial de racionalització (veure annex II): *"La racionalització de vols de curta distància a l'aeroport de Barcelona: una anàlisi quantitativa"*.

Un dels aspectes que pot tenir una especial incidència és en el fet que a la cabina d'un avió hi ha 2 tipus de passatgers: directes i de connexió. Això significa que un vol pot estar donant servei a passatgers que tenen itineraris diferents, en altres paraules, un vol dona servei múltiples mercats.

Imatge 11: Esquema de la composició d'un vol en funció del destí o origen dels passatgers

Font: ADW (Aviation DataWorks)

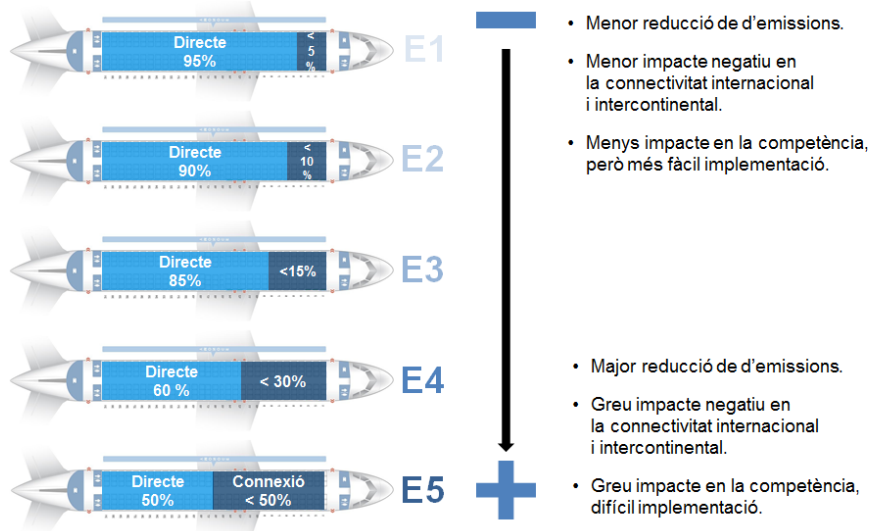
Des del punt de vista de la racionalització dels vols, es considera que els que tenen un menor impacte sobre els usuaris i també sobre el conjunt del mercat són aquells que tinguin una alta proporció de passatgers d'origen-destí alta i de connexió baixa.

Precisament en l'anàlisi dut a terme s'ha procurat identificar justament el vols que tenen una menor quota de passatgeres de connexió ja que aquests ofereixen un major potencial de racionalització.

Per dur a terme aquesta identificació hi ha la dificultat de que no hi ha dades públiques de la composició de passatgers a nivell de vol individual, és per això que s'ha dut a terme una demanda (itineraris de passatgers, però que no identifiquen el vol).

Un cop identificats s'han plantejat diversos escenaris de racionalització en funció del nivell de passatgers de connexió que es considera acceptable en els vols a racionalitzar. S'han plantejat 5 escenaris, des d'un mínim del 5% de passatgers de connexió (E1) i fins arribar a un màxim amb proporció del 50% de passatgers de connexió (E5).

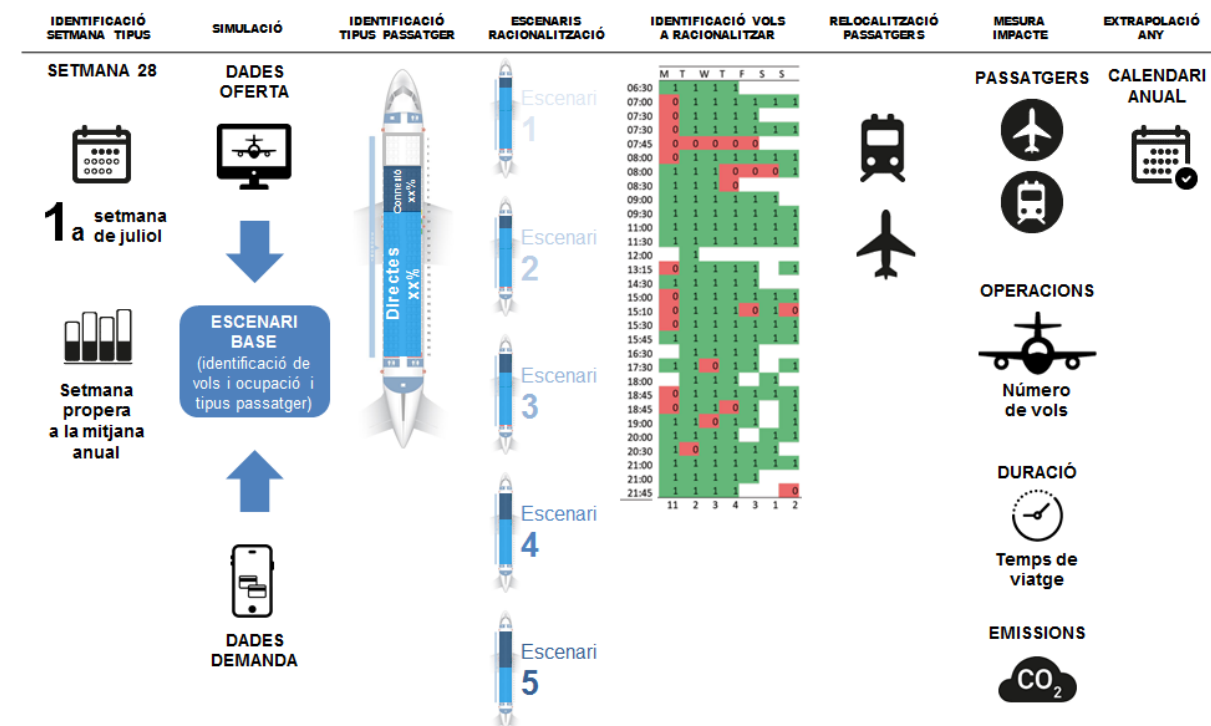
Imatge 12: Escenaris de racionalització i les seves implicacions



Font: ADW (Aviation DataWorks)

A banda de valorar la composició dels vols s'han avaluat altres aspectes que poden afectar com la disponibilitat d'una alternativa ferroviària, l'increment de temps de viatge o disponibilitat d'una ruta alternativa, així com es veu afectada la competència.

Imatge 13: Esquema de treball per l'avaluació quantitativa del potencial de racionalització per a cada destí



Font: Barcelona Regional a partir del treball d'ADW (Aviation DataWorks)

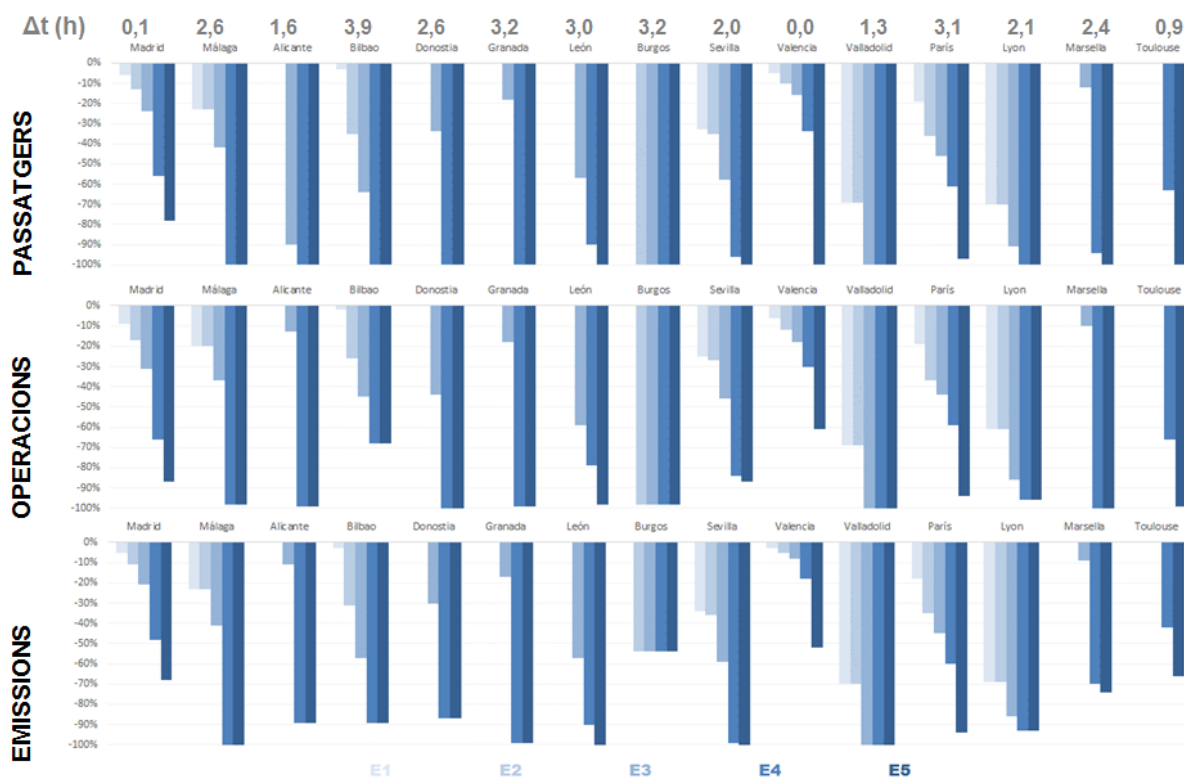
A continuació es presenta en forma de taula i de forma gràfica un resum dels resultats de variació de temps, passatgers, operacions i emissions per a cada escenari i ruta. Els resultats d'altres variables es poden consultar en detall a l'estudi de ADW a l'annex II.

Taula 1: Variacions en temps de viatge, passatgers, operacions i emissions per a cada ruta i escenari de racionalització

DESTÍ	Δt	E1			E2			E3			E4			E5		
	h	PAX	VOLS	CO ₂	PAX	VOLS	CO ₂	PAX	VOLS	CO ₂	PAX	VOLS	CO ₂	PAX	VOLS	CO ₂
Madrid	+0,1	-6%	-9%	-5%	-13%	-17%	-11%	-24%	-31%	-21%	-56%	-66%	-48%	-78%	-87%	-68%
Málaga	+2,6	-23%	-20%	-23%	-23%	-20%	-23%	-42%	-37%	-41%	-100%	-98%	-100%	-100%	-98%	-100%
Alicante	+1,6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-90%	-13%	-11%	-100%	-99%	-89%	-100%	-99%	-89%
Bilbao	+3,9	-3%	-2%	-3%	-35%	-26%	-31%	-64%	-45%	-57%	-100%	-68%	-89%	-100%	-68%	-89%
Donostia	+2,6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-34%	-44%	-30%	-100%	-123%	-87%	-100%	-123%	-87%
Granada	+3,2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-18%	-18%	-17%	-100%	-99%	-99%	-100%	-99%	-99%
León	+3,0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-57%	-59%	-57%	-90%	-79%	-90%	-100%	-98%	-102%
Burgos	+3,2	0%	0%	0%	-100%	-98%	-54%	-100%	-98%	-54%	-100%	-98%	-54%	-100%	-98%	-54%
Sevilla	+2,0	-33%	-25%	-34%	-35%	-27%	-36%	-58%	-46%	-59%	-96%	-84%	-99%	-100%	-87%	-102%
Valencia	+0,0	-5%	-6%	-3%	-10%	-12%	-5%	-16%	-18%	-8%	-34%	-30%	-18%	-100%	-61%	-52%
Valladolid	+1,3	-69%	-69%	-70%	-69%	-69%	-70%	-100%	-108%	-102%	-100%	-108%	-102%	-100%	-108%	-102%
París	+3,1	-19%	-19%	-18%	-36%	-37%	-35%	-46%	-44%	-45%	-61%	-59%	-60%	-97%	-94%	-94%
Lyon	+2,1	-70%	-61%	-69%	-70%	-61%	-69%	-91%	-86%	-86%	-100%	-96%	-93%	-100%	-96%	-93%
Marsella	+2,4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-12%	-10%	-9%	-94%	-103%	-70%	-100%	-113%	-74%
Toulouse	+0,9	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-63%	-66%	-42%	-100%	-99%	-66%

Font: Barcelona Regional a partir del treball d'ADW (Aviation DataWorks)

Gràfic 33: Variacions en temps de viatge, passatgers, operacions i emissions per a cada ruta i escenari de racionalització



Font: Barcelona Regional a partir del treball d'ADW (Aviation DataWorks)

Des del punt de vista dels resultats destacar:

- Des del punt de vista del temps de viatge actualment les rutes a Madrid i València en tren son plenament competitives mentre que la resta disten molt i caldria fer millores sobre el sistema ferroviari per reduir aquests temps de viatge.
- A excepció de les rutes a Madrid i París, la resta si s'accepta que pot haver fins al 50% de passatgers de connexió es podrien racionalitzar la totalitat d'operacions, però en destins com Màlaga, Alicante, Bilbao, Donostia, Granada i Lyon això es podria acceptant fins al 30% de passatger de connexió, i a Burgos i Valladolid encara podria ser inferior.
- En el cas de les rutes a París i Madrid, els passatgers de connexió tenen un pes molt elevat per la seva condició de *hubs*, però alguns escenaris mostren un important marge per la racionalització.

Un aspecte a tenir en compte és que el tren d'alta velocitat (TAV), a dia d'avui, només té potencial per ser una alternativa als mercats d'origen-destí i en canvi no representa una alternativa pels mercats de connexió pel fet que no hi ha una intermodalitat, i la compra de bitllets no integra el sistema ferroviari.

Un altre fet rellevant és que l'eliminació dels vols de curt radi amb una alta proporció de passatgers de connexió significaria limitar de manera significativa la connectivitat de mig i llarg radi pel ciutadà de Barcelona, ja que aquesta és tant directe com indirecta, i limitar el desenvolupament *hub* a Barcelona.

Del resultats obtinguts i de la complexitat de la proposta de racionalització es deriva que cal un enfoc específic per a cada ruta doncs cadascuna és diferent i que un enfoc uniforme (*blanket approach*) no seria el més adequat.

Per tant es planteja dues aproximacions, una de més immediata plantejant accions sobre aquelles rutes en les que la racionalització generi menys impacte en el temps de viatge i disposin de més capacitat per absorbir la demanda ferroviària addicional, i una altra a més llarg termini més vinculada a la millora de les infraestructures ferroviàries que millorin la competitivitat d'aquesta alternativa en front a la ruta aèria.

Aquesta aproximació requeriria d'un diàleg amb els diversos actors implicats i es la que es considera com la potencialment més efectiva, considerant el context actual i els punts de vista dels diversos actors sobre la qüestió.

Cal destacar que la racionalització representa una intervenció en el mercat i com a tal requereix de supervisió (*market oversight*).

En general, només les intervencions horitzontals que no distorsionin en el nivell de competència poden ser implementades amb èxit, però en qualsevol cas cal analitzar bé les implicacions i com es poden dur a terme aquestes intervencions.

A mode d'exemple destaquem dos casos, el d'Àustria i França com a exemples d'intervenció del mercat però en ambdós casos part de les mesures anaven vinculades al rescat de la companyia aèria nacional.

Àustria – 2020

Mesures de caire horitzontal

- Regulació anti-dumping per a totes les companyies.
- No permetrà a les companyies aèries vendre bitllets per sota del preu de cost de 40 €.
- Taxa de 12 €.
- Taxa de 30 € pels vols de més curta distància (<350 km) (Passatgers de connexió, personal de cabina i menors de 2 anys estan exempts).

Mesura lligada al rescat d'Austrian Airlines

- Tancament de rutes per destins als que es pot arribar en 2,5 hores amb tren.

Mesura ineficient:

- Ja es pot arribar a Praga, Salzburg, Graz i Budapest de manera eficient des de Viena.
- Altres destinacions com Klagenfurt, Zagreb, Krakovia, Ljubljana, Katowice, Wroclav o Pecs tenen temps de viatge amb tren molt poc competitius per la orografia.

Air France – 2020

Mesures lligades al rescat d'Air France

- Millora de l'eficiència de la flota (CO₂ per pax per km) del 50% (2030 vs 2005).
- Reduir en un 50% les emissions dels vols domèstics pel 2024 (No determina l'any de referència)
- Limitar els vols en els que hi hagi una alternativa ferroviària per sota dels 2,5 h. (aquests representen només el 0,8% de les emissions de l'aviació francesa).
 - Posteriorment estendre la mesura a distàncies ferroviàries de fins a 5 h (augment fins al 4,5% de les emissions)
- Un mínim de 2% de fuels alternatius pel 2025 (No es determina el tipus de fuel).

Aquestes condicions no són vinculants jurídicament, així que queden en mans de la bona voluntat d'Air France.

Per contribuir a la racionalització de vols i que aquesta sigui possible cal que la principal alternativa, el sistema ferroviària introdueixi algunes millores.

Coordinació de serveis

- Adequar els transbordaments de tren a la mateixa estació i els horaris, per poder prendre corredors diferents amb menys de 30' d'espera.

Recuperació de serveis nocturns / tren hotel

- Compra de trens adequats amb les darreres millores
- Introducció de serveis complementaris
- Millorar la velocitat comercial d'alguns trens en aquests corredors per poder arribar més lluny. Actualment velocitats d'entre 60 i 80 km/h de mitjana, no cal córrer més arribarien massa aviat a la matinada.

Serveis complementaris

- Càtering
- Mini sales de reunions
- Wifi amb inclusió directa de pel·lícules, jocs i entreteniment
- Trasllat maletes directa a l'Aeroport
- Serveis de Taxi o altre o Rodalies en Destí/Origen i/o a les interconnexions

Millora de les infraestructures ferroviàries

- Desenvolupar en l'àmbit estatal o europeu les inversions ferroviàries que permetrien una millor connectivitat de Barcelona.

7.2.2. Proposta d'acció immediata

Com **acció immediata** es proposa actuar sobre les rutes de **Madrid i València** (*Quick wins routes*) que són competitives des del punt de vista del temps de viatge i disposen de capacitat ferroviària suficient.

En el cas de València es planteja l'eliminació de la ruta pel poc volum de passatgers implicats i pel fet que la proporció de passatgers de connexió no és especialment significativa.

En el cas de Madrid cal valorar els efectes que pot suposar en el mercat i les afectacions sobre l'aeroport de Barcelona com a hub, però es planteja una proposta que implicaria una reducció del -66% dels vols de la ruta Barcelona-Madrid afectant a aquells que tenen una proporció de passatgers de connexió inferiors al 30%.

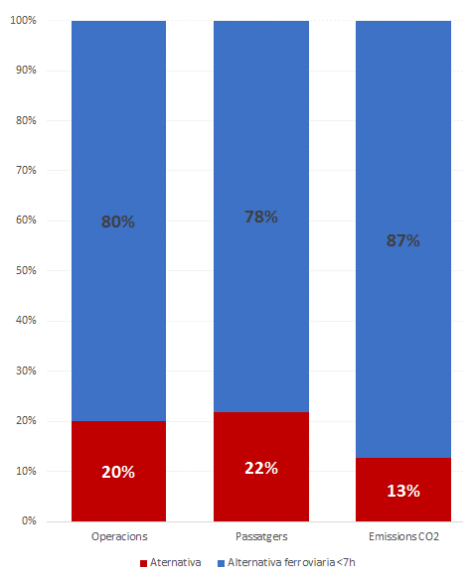
Imatge 14: Vols racionalitzats en la ruta Barcelona-Madrid considerant com a límit un 30% de passatgers de connexió

BCN-MAD								MAD-BCN								
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S
IB631	06:30	0	1	1	1			IB630	06:30	0	1	1	1			
VY7010	07:00	0	0	0	0	0	1	VY7000	07:00	0	1	1	1	1	1	1
IB721	07:20	0	0	0	0	0		IB730	07:30	0	1	1	1	1		
IB801	08:00	0	0	0	0	0		UX7701	07:30	0	1	1	1	1	1	1
IB81	08:00	0	0	0	0	0	0	VY7460	07:45	0	0	0	0	0	0	
IB831	08:30	0	0	0	0	0	0	IB80	08:00	0	0	0	0	0	0	0
VY9010	09:00	0	0	0	0	1	1	IB800	08:00	0	0	0	0	0	0	0
IB931	09:30	1	1	1	1	1		IB830	08:30	0	0	0	0			
VY9450	09:45	1	0	0	0	0		VY9000	09:00	0	0	0	1	1	0	
IB1001	10:00	1	1	1	1	1	1	IB930	09:30	1	1	1	1	1	0	0
IB101	10:00	1	1	1	1	1	1	IB110	11:00	0	1	1	1	1	1	1
IB1101	11:00	1	1	1	1			IB1130	11:30	0	0	0	1	0	1	0
UX7706	11:50	1	0	0	1	1	0	UX7995	12:00							
IB1201	12:00	1	0	0	0	1	1	IB1316	13:15	0	1	1	1	1		1
UX7702	12:30		1	1			1	IB1430	14:30	0	1	1	1	1		
IB131	13:00	1	1	1	1	1	1	VY1500	15:00	0	1	1	1	1	1	1
IB1331	13:30	1	1	1	1	1	1	UX7703	15:10	0	0	0	0	0	0	0
IB1515	15:15	0	1	0	0	0	0	IB152	15:30	0	0	1	0	0	0	0
IB1631	16:30	0	0	0	0	0	0	IB1546	15:45	1	0	0	0	0	0	0
VY1701	17:00	0	0	0	0	0	0	IB1630	16:30	0	0	0	0	0	0	0
IB173	17:30	0	0	0	0	0	0	IB1730	17:30	0	0	0	0	0	0	0
IB1751	17:50	1	0	0	0	0	1	IB1800	18:00	0	0	0	0	0	0	0
IB1835	18:35	0	0	0	0	0	0	IB184	18:45	0	0	0	0	1	0	0
IB1931	19:30	0	0	0	0	0	0	IB1846	18:45	0	0	0	0	0	0	0
IB2001	20:00	0	0	0	0	0	0	VY1900	19:00	0	1	0	0	0	0	1
UX7708	20:30	0	0	0	0	0	1	IB2000	20:00	0	0	0	0	0	0	0
IB2045	20:45	0	0	0	0	0	0	UX7707	20:30	1	0	0	1	1	1	1
VY2131	21:30	1	1	1	1	1	1	IB210	21:00	0	0	0	0	0	0	0
UX7710	22:50							IB2100	21:00	0	0	0	0	0	0	0
								IB2146	21:45	0	0	0	0	0	0	0
Flights banned		14	18	20	18	15	9	Flights banned		24	19	19	17	13	11	13

Font: ADW (Aviation DataWorks)

Aquesta racionalització, juntament amb l'eliminació de la ruta Barcelona-València suposaria una reducció de **-12.941 operacions**, **-2.097.915 passatgers** i **-100.389 tones de CO₂e**, que aproximadament correspon a un 13% del potencial de reducció que plantejaven la racionalització màxima de les 15 rutes amb una alternativa ferroviària de menys de 7 hores.

Gràfic 34: Reducció d'operacions, passatgers i emissions per l'eliminació de la ruta de Valencia-Barcelona i la reducció 66% dels vols de la ruta Barcelona-Madrid d'un respecte al potencial màxim de les 15 rutes amb un alternativa ferroviària de menys de 7 hores



Font: Barcelona Regional

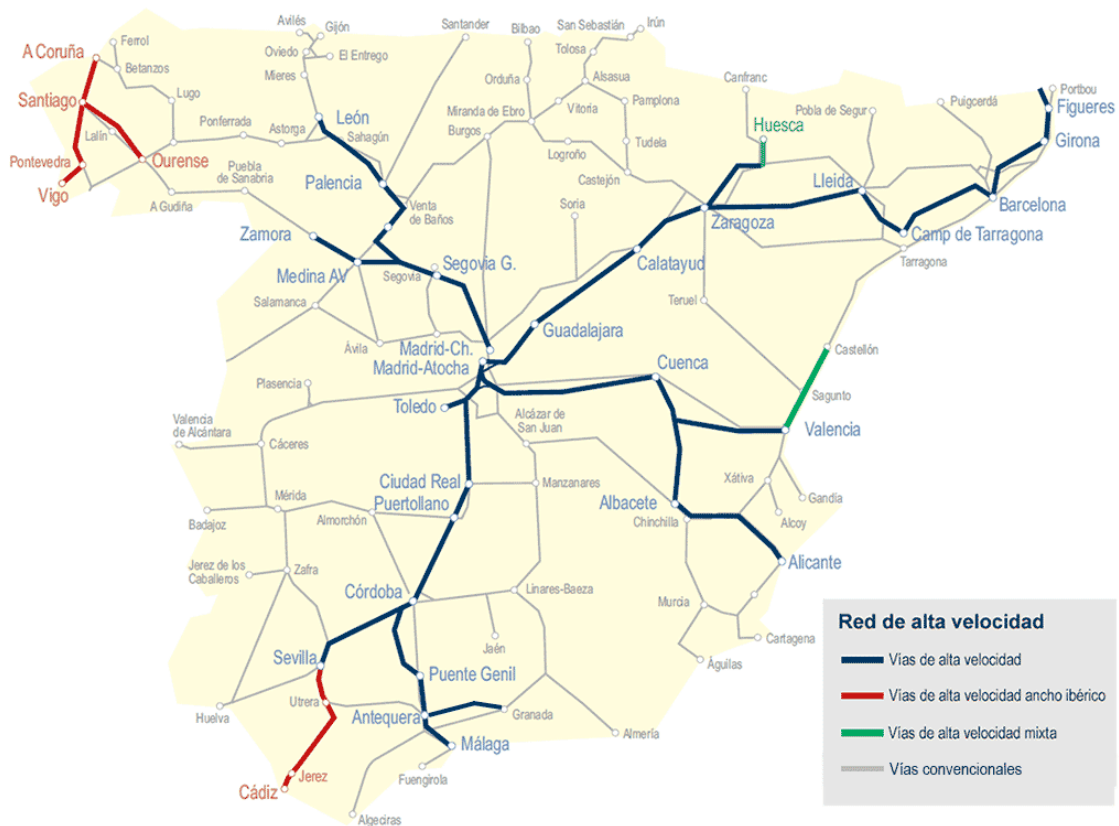
Per qualsevol d'aquestes dues accions immediates cal millorar alguns aspectes de connectivitat en aquestes rutes i a la vegada incloure el TAV i connexions locals en els cercadors, així com la compra unificada de bitllets.

7.2.3. Proposta 2030, vinculada a la millora de les infraestructures ferroviàries

Espanya és el segon país amb més km de xarxa d'alta velocitat, però...

- té un **baix ús**,
- és una **xarxa radial** amb Madrid com a eix principal,
- no aprofita les connexions amb més demanda,
- no està connectada als aeroports,
- i no està pensada per crear sinèrgies amb l'avió.

Imatge 15: Xarxa ferroviària d'alta velocitat a l'estat espanyol



Font: ADIF

A banda hi ha inversions ferroviàries que cal desenvolupar en l'àmbit estatal o europeu que permetrien una millor connectivitat de Barcelona i tot l'arc mediterrani que garantirien una major competitivitat econòmica i plantejarien una millor alternativa als vols de curt radi.

Per l'horitzó 2030, per tal de contribuir als objectius de reducció d'emissions de forma decidida, amb una clara aposta de potenciar els sistemes de transport menys emissius, es planteja una proposta vinculada al desenvolupament de les infraestructures ferroviàries que bàsicament s'agrupen en tres paquets:

- **Connexió ferroviària de hubs:** Intermodalitat entre *hubs* (Madrid-Barcelona) amb la connexió directa entre aeroports amb tren d'alta velocitat (TAV) o mitjançant altres

connexions ràpides. Aquestes infraestructures permetrien l'eliminació del 100% dels vols de la ruta Barcelona-Madrid.

- **Corredor del mediterrani:** millora dels trams pendents de la xarxa i desplegament complet d'aquest corredor. Aquestes infraestructures permetrien plantejar la racionalització altres rutes com Alicante, Granada, Almeria i Màlaga.
- **Connexions amb França:** Millora dels trams pendents de la xarxa que permeti una adequada connexió ferroviària entre els dos països. Aquestes infraestructures permetrien plantejar la racionalització altres rutes com Lyon, Marsella i Toulouse, i en el cas de París s'hauria d'analitzar com es podria fer tenint en compte la seva condició de *hub* i en elevat nombre de passatgers de connexió. Per aquesta proposta s'ha suposat una reducció del -37% dels vols a París que correspon al vols que com a molt tenen un 10% de passatgers de connexió.

Imatge 16: Vols racionalitzats en la ruta Barcelona-París considerant com a límit un 10% de passatgers de connexió

BCN-Paris									Paris-BCN										
Flight No.	Dest.	Dep. tim	M	T	W	T	F	S	S	Flight No.	Origin	Dep. tim	M	T	W	T	F	S	S
AF1449	CDG	06:15	1	1	1	1	1	1	1	AF1148	CDG	07:20	1	1	1	1	1	1	1
VY8242	CDG	07:50	1	1	1	1	1	1	1	AF1348	CDG	09:40	1	1	1	1	1	1	1
AF1149	CDG	10:05	1	1	1	1	1	1	1	VY8243	CDG	10:40	1	1	1	1	1	1	1
AF1349	CDG	12:20	1	1	1	1	1	1	1	AF1648	CDG	12:40	1	1	1	1	1	1	1
U23920	CDG	13:00	0	0	0	0	0	0	0	AF1548	CDG	15:25	1	1	1	1	1	1	1
AF1649	CDG	15:15	1	1	1	1	1	1	1	U23919	CDG	15:40	0	0	0	0	0	0	0
VY8244	CDG	16:05	1	1	1	1	1	1	1	AF1248	CDG	17:50	1	1	1	1	1	1	1
AF1549	CDG	18:05	1	1	1	1	1	1	1	VY8245	CDG	18:50	1	1	1	1	1	1	1
U23922	CDG	18:05	0	0	0	0	0	0	0	U23921	CDG	20:35	0	0	0	0	0	0	0
VY8226	CDG	19:20	1	1	1	1	1	1	1	PK720	CDG	20:50							1
VY8248	CDG	20:15	1	0	0	0	0	0	0	AF1448	CDG	21:05	1	1	1	1	1	1	1
AF1249	CDG	20:25	1	1	1	1	1	1	1	PK770	CDG	21:10							0
VY8036	ORY	06:00	0	0	0	0	0	0	1	VY8225	CDG	22:25	1	1	1	1	1	1	1
VY8012	ORY	07:00	0	1	1	0	1	0	1	VY8249	CDG	23:00	1	0	0	0	0	0	0
VY8024	ORY	08:20	0	0	0	0	0		0	TO3230	ORY	06:40	0	0	0	0	0	0	0
TO3231	ORY	09:05	0	0		0	0	0	0	VY8007	ORY	07:10	1	0	0	1	1		1
VY8008	ORY	09:35	1	0	0	1	1		1	VY8037	ORY	09:15	0	0	0	0	0	0	1
VY8016	ORY	11:05	0	0	0	0	0	0	0	VY8013	ORY	09:30	0	1	1	0	1	0	1
VY8030	ORY	12:50	1	1	1	1	1	1	1	VY8015	ORY	10:50	0	0	0	0	0		0
VY8018	ORY	14:05	1	1	1	1	1	0	1	VY8017	ORY	13:35	0	0	0	0	0	0	0
VY8020	ORY	17:35	0	0	1	1	0	1	0	VY8031	ORY	15:25	1	1	1	1	1	1	1
VY8022	ORY	19:20	0	0	1	0	1	0	1	VY8019	ORY	16:45	1	1	1	1	1	0	1
VY8028	ORY	20:20	1	1	1	1	1	1	0	VY8029	ORY	17:55	1	1	1	1	1	1	0
Flights banned			9	10	7	9	8	9	7	Flights banned			9	10	7	9	8	9	8

Font: ADW (Aviation DataWorks)

En cas de poder-se dur a terme aquesta proposta de racionalització vinculada al desenvolupament d'infraestructures ferroviàries s'obtidria una reducció considerable de les operacions i passatgers de l'aeroport de Barcelona.

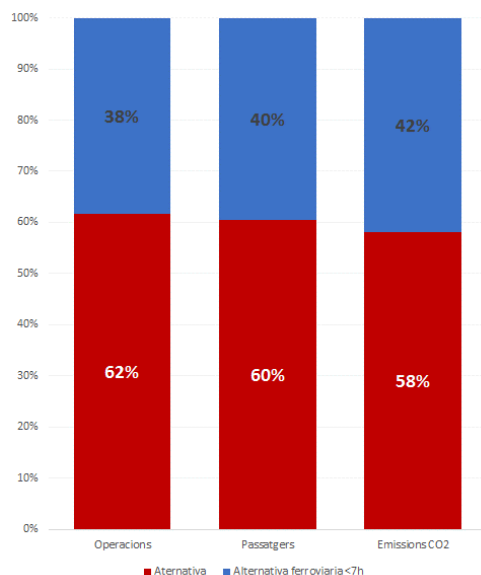
Pel que fa a les operacions es reduirien en unes **-39.790 operacions**, que corresponen al 62% de les operacions que plantejaven la racionalització màxima de les 15 rutes amb una alternativa ferroviària de menys de 7 hores i gairebé un 12% de les operacions anuals del 2019.

En relació als passatgers es reduirien en uns **-5.809.161 passatgers**, que corresponen al 60% dels passatgers que plantejaven la racionalització màxima de les 15 rutes amb una alternativa ferroviària de menys de 7 hores i gairebé un 11% de les operacions anuals del 2019.

Pel que fa a les emissions es reduirien unes **-462.087 tones de CO₂e**, que aproximadament correspon a un 58% del potencial de reducció que plantejaven la racionalització màxima de les 15 rutes amb una alternativa ferroviària de menys de 7 hores, i respecte al total de

l'aeroport la proporció és menor (5,5%) pel fet que els vols de curt radi impliquen menys emissions.

Gràfic 35: Reducció d'operacions, passatgers i emissions per l'eliminació de les rutes de Madrid, València, Alicante, Málaga, Granada, Lyon, Marsella, Toulouse i la reducció 37% dels vols de la ruta Barcelona-París respecte al potencial màxim de les 15 rutes amb un alternativa ferroviària de menys de 7 hores



Font: Barcelona Regional

Destacar que aquesta racionalització permetria reduir les emissions equivalents al **14% del total de les emissions de Barcelona** o el 50% de les emissions en transport de la ciutat de Barcelona.

Cal destacar que en aquesta proposta només s'inclou la racionalització des del punt de vista de l'activitat de l'aeroport de Barcelona, però que aquesta s'ha d'emmarcar dins d'una estratègia a nivell de tot l'estat i llavors els efectes es podrien multiplicar de forma substancial, assolint unes reduccions d'emissions molt rellevants, especialment a Madrid per la seva connectivitat i posició.

7.3. Fiscalitat ambiental

Un dels aspectes claus per tal de reduir l'impacte del sector aeronàutic, a llarg termini i en el conjunt de la seva activitat, és establir mesures que forcin un canvi tecnològic (per part de les companyies) i d'hàbits de consum (per part de la ciutadania) i que permetin una transformació del sector cap a un model més sostenible des del punt de vista ambiental i climàtic.

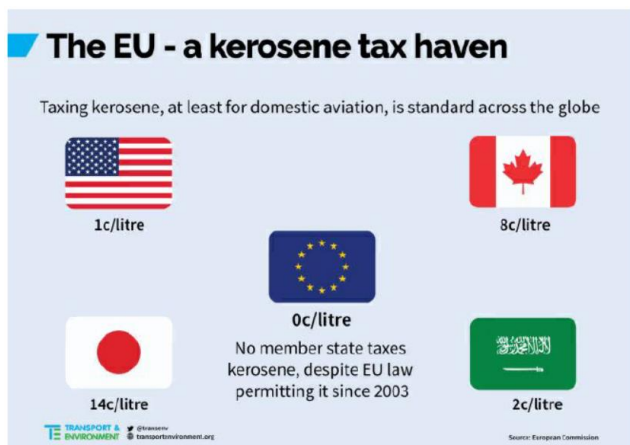
La fiscalitat sobre el consum de combustible i/o sobre les emissions generades pot ser una eina essencial per tal d'accelerar aquest canvi, però aquestes mesures cal plantejar-les en el context global perquè tinguin un sentit i un efecte real, i valorant els efectes socials i econòmics que poden implicar.

El 2003 es va determinar des de l'*Energy Taxation Directive* (ETD) que tots els fuels i productes energètics havien d'estar taxats. Però hi ha una excepció amb els combustibles a l'aviació, els quals estant exempts de taxes per vols tant nacionals, europeus com internacionals. En l'àmbit internacional aquestes excepcions venen donades per la post guerra de la Segona Guerra Mundial, en un moment on l'aviació s'estava expandint i es volia promocionar i des de llavors s'han mantingut.

Aquestes excepcions no són obligatòries a nivell europeu, ja que cada país pot decidir si taxar el querosè als vols nacionals o fer acords amb altres països per taxar-lo en els vols entre ambdós.

Fora d'Europa hi ha països que han fixat taxes en el combustible dels vols nacionals com EEUU, Canadà, Japó, Índia i Brasil entre altres.

Imatge 17: Alguns exemples de taxes sobre el querosè pels vols nacionals



Font: Transport & Environment (Maig 2019)

A Europa trobem algun cas com són Suïssa i Noruega on hi ha algun tipus de taxació sobre combustible o emissions per als vols nacionals, però a la resta de països la majoria de taxes són per bitllets o passatger, i per tant, sense una vinculació directa amb el consum de combustible o les emissions.

En el cas de Noruega ha implementat una taxa (*CO₂ tax*) per tots els consums de combustible i està previst que aquesta taxa vagi en augment per aconseguir els objectius que té el país de cara al 2030.

Per altra banda, des del 2012 les emissions de l'aviació han estat incloses dins del mercat d'emissions europeu (*EU Emissions Trading System*). Aquest mecanisme estableix per a cada companyia que opera en l'espai europeu i implica la necessitat de compra de drets d'emissió un cop superen el màxim establert que poden produir en un any. Aquest ha permès monitoritzar, quantificar i verificar les emissions de les companyies que operaven en l'espai europeu. Aquest mecanisme no deixa de ser un tipus de taxació sobre el CO₂ però només sobre aquella part que supera els límits establerts i o per la totalitat de les emissions.

Per tant tot i que cada país pot aplicar noves taxes a nivell nacional són pocs casos els que ho fan directament respecte el consum de combustible o les emissions, i per tant la majoria únicament aplica l'impost de valor afegit (IVA) i en alguns altres casos han introduït taxes que van vinculades a cada passatger o bitllet comprat però que no van vinculades ni al consum de combustible ni a les emissions produïdes.

Imatge 18: Mapa de les taxes aèries a Europa



Font: Transport & Environment (Maig 2019)

De cara al juny del 2021, a causa del *Green Pact for Europe* i dels objectius de reducció d'emissions de GEH pel 2030, es preveu que es pugui debatre al parlament europeu la possibilitat d'implementar una taxa al querosè, però ja al 2011, la Comissió Europea es va plantejar introduir taxes al querosè i no es va arribar a aprovar ni a plantejar cap solució.

La implantació d'una taxa sobre el querosè o sobre les emissions planteja algunes qüestions al debat parlamentari com el preu de la taxa, el temps necessari per implementar-la o quins

vols estaran exclosos i quins inclosos, o fins i tot les conseqüències econòmiques sobre el sector i o sobre la població.

Sembla doncs no hi ha un posicionament uniforme sobre la possibilitat d'implementar aquesta taxa. Pocs països, segons l'article de *Florence Schulz a Euroactiv*, han afirmat públicament que hi estan a favor, com són França, Holanda, Bèlgica, Luxemburg o Suècia. En canvi, pel que fa als països mediterranis no han dit res, ja que són països on el turisme té un pes molt important en la seva economia i la majoria arriba amb avió i per tant, un major gravamen podria tenir una repercussió sobre l'activitat turística i per tant sobre les economies d'aquests àmbits.

Les aerolínies, per la seva banda, estan en contra de la possible implantació de la taxa, doncs consideren que ja fan front a un gran nombre de taxes (soroll, aeroports, seguretat), a més que l'arribada d'aquestes taxes podrien fer-se efectives en un moment en que les companyies aèries estan immerses en una important crisi derivada de la pandèmia de la COVID-19, amb el conseqüent impacte econòmic i laboral.

Transport & Enviroment va dur a terme un estudi de 3 models possibles per aplicar taxes sobre l'aviació als països europeus i els seus efectes, fent una predicció de quina situació es donaria en cada un dels casos:

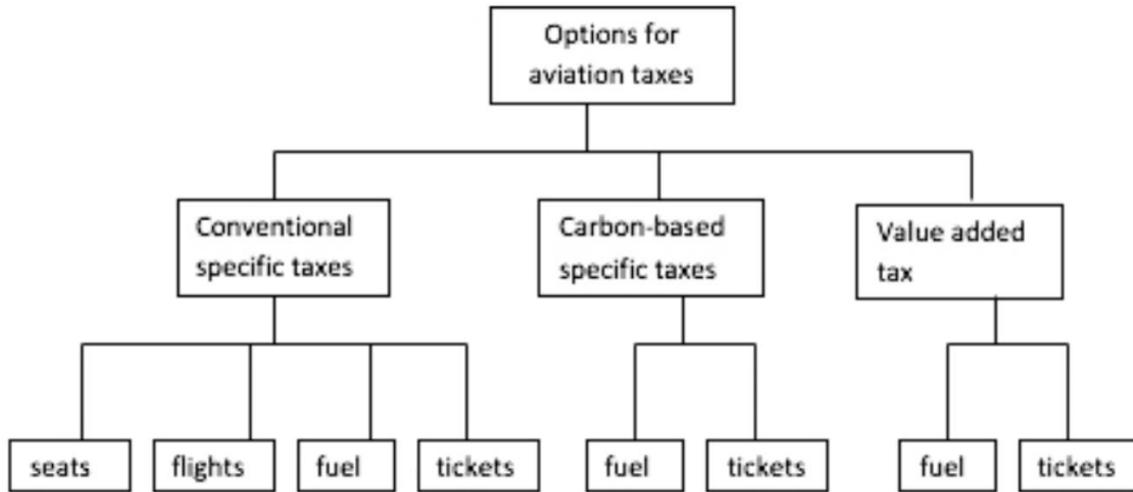
- El primer escenari que es contempla és que totes les taxes existents siguin retirades. Això provocaria que la demanda de passatgers i vols incrementés un 4%, el preu dels bitllets disminuís un 4% i la població afectada pel soroll dels avions incrementés un 2%. Per l'Estat suposaria perdre l'ingrés del 74% de les taxes del sector aeronàutic (corresponents a l'IVA de vols nacionals). Pel que fa als llocs de treball augmentarien un 4%, però en canvi en qualsevol altre sector es reduiria aquest 4%, per tant, no suposaria cap augment ja que quedarien compensades.
- El segon escenari estudia l'opció d'imposar taxes al combustible a tots els vols, ja siguin nacionals o internacionals. La taxa que es contempla imposar és de 0,33 €, ja que és la taxa mínima perquè els bitllets dels vols incrementin un 10%. Aquestes mesures provocarien que tant les emissions com els passatgers disminuïssin un 11%, la població afectada pel soroll es reduiria un 8% i els impostos recaptats pugessin de 10 a 27 billions d'euros. L'impacte als llocs de treball i al valor afegit seria una disminució de l'11%, però quedaria compensat amb l'impacte global d'aquests ítems a la UE.
- El tercer i últim escenari és augmentar l'IVA al 19% com s'està aplicant actualment a Alemanya. La reducció de vols i passatgers seria del 19%, i la de llocs de treball i el valor afegit de l'aviació un 18%, tot i això, l'efecte global de treballadors a la UE i el PIB serien negligibles. Els estats passarien a recaptar de 10 billions d'euros a 40, a més a més, que les emissions descendirien un 18% i les persones afectades pel soroll un 12%.

Els escenaris de major recaptació podrien plantejar la possibilitat de reinvertir en la investigació d'alternatives menys emissives pels avions i altres transport alternatius.

Per ser medi ambientalment efectius les taxes aèries haurien d'incentivar a reduir l'ús de combustible i utilitzar avions més eficients, canviar el combustible per un que emeti menys,

maximitzar l'ocupació dels avions (reduint així les emissions per passatger i també el número de vols), reduir el nombre de vols particulars.

Imatge 19: Opcions per les taxes de l'aviació



Font: Taxes in the Field of Aviation and their impact

CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) és un instrument per protegir el medi ambient que s'està posant en marxa aquest 2021 (posat en marxa per la ICAO, aviació internacional) per reduir les emissions de tots els països que estiguin voluntàriament dins del pla. Aquest pla propugna la compensació de les emissions com a principal acció i es planteja en contraposició a la imposició de taxes sobre el querosè o el CO₂.¹²

Un aspecte que caldrà valorar a l'hora de plantejar una nova fiscalitat pel que fa a les emissions de GEH i el sector de l'aviació són aspectes socials.

Segons un estudi de la revista *Global Environmental Change* dut a terme per *Stefan Gössling* estima que l'1% dels passatgers del transport aeri genera més d'un 50% de les emissions de CO₂ que emet tota la població mundial. En aquest estudi realitzat al 2018 abans de la pandèmia, es va calcular que un 11% d'habitants fan ús de l'avió, concretament entre un 2% i 4% fan ús per viatjar internacionalment.

Un aspecte que aprofundeix aquesta desigualtat en les emissions ve donada per les diferències a nivell de les rentes i l'ús que se'n fa. Per exemple, hi ha gran part de la població mundial que no agafa cap vol l'any i en un altre extrem n'hi ha que pot arribar a agafar-ne 300 l'any.

Més concretament, l'estudi determina que un africà no arriba a produir 2 tones de CO₂ l'any per desplaçament en avió, un europeu 8 tones l'any i un estatunidenc arriba fins a 20 tones. És tant gran la diferència entre persones, que l'1% de les persones més riques, principalment

¹² Matthias von Randow (director de l'Associació de la Indústria del Transport Aeri d'Alemanya)

d'Estats Units, Luxemburg, Singapur, Arabia Saudí i Canadà; sobrepassen les 200 tones/any cadascuna.

Imatge 20: Emissions de l'aviació comercial de passatgers del 2018 i previsions pel 2050, globals i per capità a diferents regions del món

	CO ₂ global 2018 (millones toneladas)	CO ₂ global 2050 (millones toneladas)	CO ₂ per cápita 2018 (kilos)	CO ₂ per cápita 2050 (kilos)
Asia-Pacífico	241	956	57	196
Norteamérica	190	366	521	860
Europa	169	363	250	546
Oriente Medio	47	182	278	683
Latinoamérica	44	158	69	207
Países Commonwealth	19	41	78	160
África	14	53	11	21

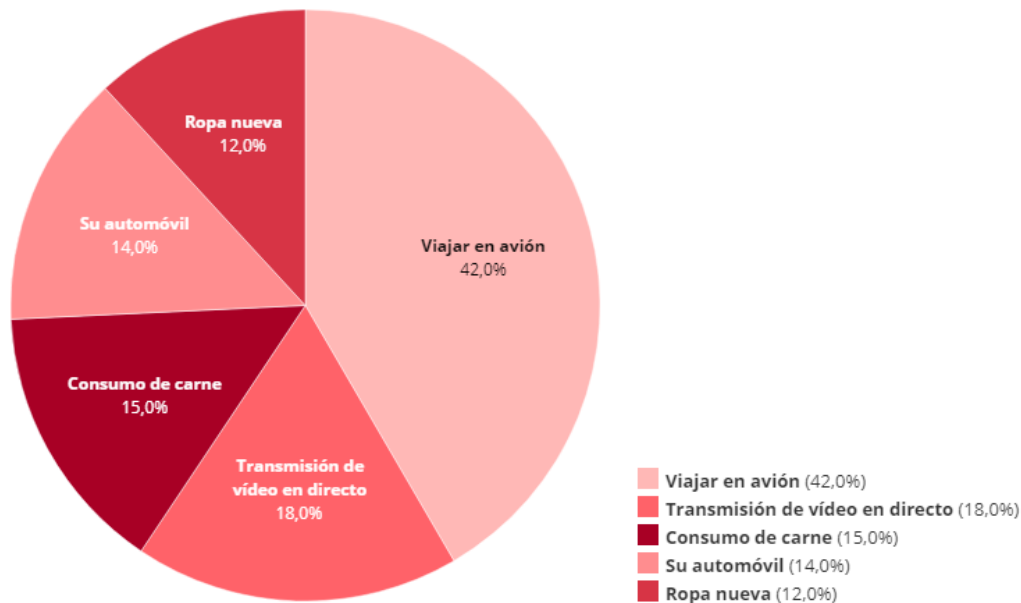
Font: S. Gössling and A- Humpe (2020)

Un altre estudi de Piketty i Chancel va calcular que el 10% dels habitants que més emeten generen el 45% d'emissions de CO₂, mentre que el 50% que menys emet genera el 13% de les emissions mundials.

Aquesta visió ens ha de fer reflexionar sobre quines alternatives de fiscalitat ambiental i com han de ser perquè no eixamplin les diferències socials i per contra contribueixin als objectius de reducció i sostenibilitat del sector de l'aviació.

Per altra banda, la crisi provocada per la COVID-19 en el sector de l'aviació planteja molts dubtes de quina serà la seva futura evolució. S'han produït canvis com l'extensió del teletreball i la minimització dels desplaçaments per motius laborals que poden consolidar-se en gran mesura però d'altres s'espera que es recuperin tan bon punt es surti de la crisi.

Però no només la crisi sanitària està tenint un efecte, la crisi climàtica pot fer que un gran nombre de ciutadans estigui disposat a canviar alguns dels seus hàbits, especialment en el que es refereix a al transport aeri. Així a l'enquesta sobre el clima 2020-2021 publicada pel Banc Europeu d'Inversions (BEI) el 42% dels espanyols creu que renunciar als vols és l'alternativa més assumible per a mitigar el canvi climàtic. Són valors similars als que es donen a nivell europeu (40%), Estats Units (38%) i la Xina (43%) segons aquest mateix estudi.

Imatge 21: A que renunciaren amb més facilitat els espanyols per lluitar contra el canvi climàtic

Font: La Vanguardia a partir de les dades del BEI

Caldrà veure doncs com podrà ressorgir el sector de l'aviació i amb quin model ho ha de fer, però queda clar que és una oportunitat perquè el transport aeri es basi en criteris de sostenibilitat i justícia social.

Cal doncs **instar a acords internacionals** tant a escala europea com mundial per la **implantació de taxes sobre els combustibles fòssils** que no siguin d'origen renovable i **les emissions de l'aviació** precisament per forçar al sector a una aposta per la introducció de sistemes alternatius menys o gens emissius com a estratègia de futur del sector de l'aviació, però cal avaluar quin tipus de taxa per garantir l'equilibri ambiental però també social.

La recaptació d'aquestes taxes podria anar vinculada a la investigació en alternatives de futur i afavorir altres mitjans de transport que ja garanteixen una reducció dràstica de les emissions tal i com es planteja amb la racionalització de les rutes de curt abast.

7.4. Condicionants ambientals pel creixement de l'aeroport

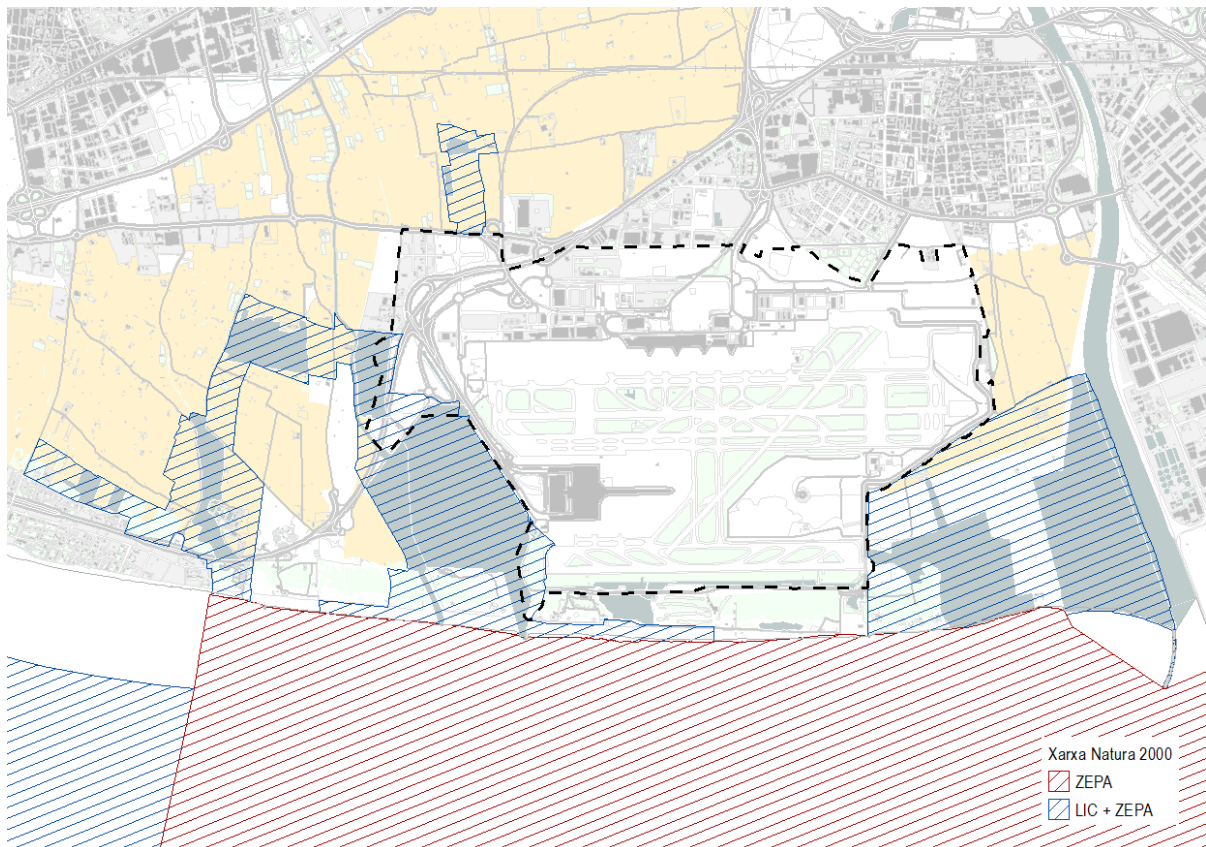
L'Aeroport Barcelona-El Prat Josep Tarradellas es troba encaixat entre dos reserves naturals, espais PEIN i Xarxa Natura, reserves integrals, el parc agrari, la població del Prat de Llobregat i el mar mediterrani, en ple delta del riu Llobregat. Aquesta ubicació, configura una problemàtica a una hipotètica ampliació de la superfície aeroportuària.

- Ampliacions del costat est o oest, pot significar impactes greus, que podrien ser irreversibles a les reserves naturals de la Ricarda Ca l'Arana i el Remolar-les Filipines, a més de possibles efectes negatius per a la qualitat acústica.
- Propostes d'ampliació nord o sud, menys probables, representarien afectacions a la població del Prat de Llobregat, o una disminució de la superfície del parc agrari, compromentent la seva continuïtat física.
- L'ampliació cap el mar, de totes la menys plausible, significaria un alt cost econòmic i impactes ambientals elevats, alterant la franja litoral, pinedes litorals i anul·lant l'ús de la platja.

Aquest context fa que, qualsevol ampliació de l'aeroport implica uns costos ambientals significatius, que cal tenir en compte.

Els espais naturals del Delta del Llobregat són una xarxa d'espais protegits de 969,4 hectàrees que pertanyen a 4 municipis: el Prat de Llobregat, Viladecans, Gavà i Sant Boi de Llobregat.

Imatge 22: Espais protegits del Delta del Llobregat.



Font: Barcelona Regional

El seu valor resideix en el fet de presentar una elevada diversitat d'hàbitats, molts protegits en la Directiva Habitats, ser un biòtop pont entre grans zones humides i té una especial importància com a zona de refugi i hivernada d'ocells. A més, representa un espai privilegiat, per la seva ubicació dins de l'àrea metropolitana, com a zona d'educació ambiental i divulgació científica, i com a zona d'oci.

Els espais naturals del Delta del Llobregat presenten diversos habitats d'interès comunitari, dels quals tres són prioritaris, com per exemple: 1150-llacunes litorals (prioritari), 1410-prats i jonqueres halòfits mediterranis, 1420-matollars halòfils mediterranis i termoatlàntics, 2110-dunes movents embrionàries, 2120-dunes movents del cordo litoral, 92D0-bosquines i matollars meridionals, o 9540-pinedes mediterrànies.

Respecte a la fauna es troben més de 350 espècies d'aus, 30 espècies de mamífers, 20 espècies de amfibis i rèptils, 17 espècies de peixos, 38 espècies de papallones diürnes, més de 220 espècies de papallones nocturnes, unes 230 espècies d'heteròpters, 20 espècies d'odonats, i 22 espècies d'ortòpters, i que en conjunt són una mostra de la varietat de fauna que alberguen els espais protegits del Delta.

No obstant de presentar una gran diversitat d'hàbitats i d'espècies, el seu especial interès per la conservació està com a zona de descans entre les rutes migratòries de la mediterrània occidental entre Europa i Àfrica.

Imatge 23: Principals rutes migratòries i aiguamolls d'importància internacional del Conveni RAMSAR en l'àmbit ibèric.



Font: Barcelona Regional

És precisament per aquest fet i per albergar importants poblacions d'ocells d'interès comunitari prioritari, que els espais naturals del Delta del Llobregat van constituir-se com a zona d'especial protecció per a les aus (ZEPA).

Hi destaquen importants poblacions nidificants de cames llargues, corriols camanegres, corriols petits i cabussets. També hi nidifiquen altres espècies de distribució molt restringida a Catalunya, amb una o dues úniques zones de cria al país, com el bec d'alena, la perdiu de mar, el xatrac menut i l'ànec blanc. Les poblacions d'ocells hivernants també són de gran interès, en sobresurten els anàtids de diferents espècies.

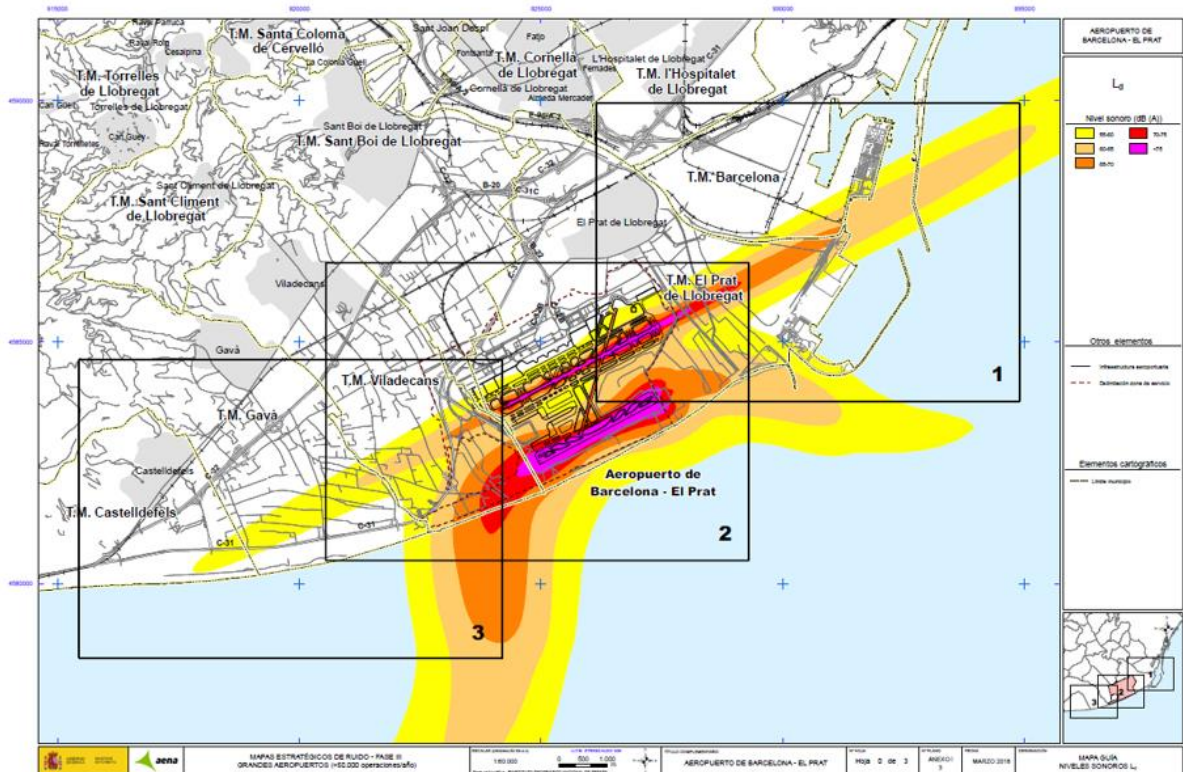
El Delta del Llobregat acull regularment 3 de les 15 espècies en perill crític d'extinció a Espanya: el bitó, la baldriga balear i l'àliga pescadora. D'aquestes 15 espècies, 7 més hi han estat citades o hi són presents en migració. A més de les espècies en perill crític, s'hi poden trobar tàxons en perill, vulnerables i quasi amenaçats.

També hi ha una destacada població autòctona de tortugues de rierol i de fartets, petit peix endèmic dels aiguamolls litorals de l'oest del Mediterrani. Als soralls costaners destaca la població de l'escàs sargantaner petit.

Entre els mamífers, destaca la població de ratpenats, si bé no és tan nombrosa com fa uns anys: espècies migradores com el ratpenat de Nathusius i altres espècies que crien en els massissos del voltant utilitzen el Delta com a zona d'alimentació.

Per altra banda, ampliacions de l'espai aeroportuari, malgrat els diferents usos que es puguin atribuir als nous espais, pot significar un impacte greu en la qualitat acústica dels municipis propers, principalment Gavà, Castelldefels, Viladecans o el Prat de Llobregat. Actualment, alguns barris de Gavà i de Castelldefels, ja són afectats per nivells sonors elevats dependent de les configuracions que s'utilitzen.

Ampliacions principalment referents a les pistes, pot implicar un agreujament de les condicions acústiques de les poblacions properes, que durant els darrers anys (excepció a 2020), ja s'han sentit afectats per l'augment del trànsit aeri de l'aeroport. A més, cal referir, que una hipotètica ampliació, generaria nous accessos i nous vials que afectarien als valors ambientals ja exposats anteriorment.

Imatge 24: Mapa Estratègic de Soroll Fase III de l'aeroport de Barcelona, període diürn (7.00 h - 21.00 h).

Font: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020.

[<https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/participacion-publica/fase-III-aeropuerto-barcelona>]

En aquest context territorial, una possible ampliació ha de respondre a una necessitat de primer ordre. Una ampliació, depenent de la seva extensió, pot tenir una afectació significativa o fins i tot irreversible en espais naturals ja per si molt amenaçats.

Aquests espais naturals, que són també espais lúdics i educatius, són espais extremadament fràgils, amb una dinàmica elevada, i que ja pateixen les afectacions de conviure al costat d'una gran infraestructura. En un context de canvi climàtic, una nova afectació pot tenir un efecte acumulatiu que pot significar un retrocés important en als espais naturals del delta.

Un dels aspectes que també cal valorar és com la pandèmia afectarà a mig i llarg termini al sector de l'aviació, ja que canvis de comportament com el teletreball o les reunions telemàtiques poden modificar de forma important l'esquema de negoci del sector i condicionar el seu creixement i quins són els mercats que tenen una major incidència.

Per altra banda les propostes de racionalització de vols de curt abast també podrien tenir un important incidència en el volum de passatgers a l'aeroport de Barcelona i per tant condicionar les necessitats d'ampliació d'aquesta infraestructura.

En aquest sentit, cal una estratègia ampla, que tingui l'aeroport de Barcelona-El Prat com a element central, però que es complementi amb altres aeroports satèl·lits i les propostes de racionalització, fent que en conjunt pugui significar una optimització de l'actual aeroport de Barcelona-El Prat.

Dins d'aquesta perspectiva, és d'especial interès trobar models i alternatives que garanteixin el futur de l'aeroport i un desenvolupament territorial equilibrat, conciliant els valors econòmics, ambientals i socials.

ANNEX I: METODOLOGIA DE CàLCUL DE LES EMISSIONS DEL SECTOR AERONÀUTIC

Emissions del 100% del vol

El càlcul d'emissions del sector aeronàutic inclouen el 100% del vol per trajecte i es pot desglossar en el cicle d'aterratge i enlairament (cicle LTO) i la resta del vol fins arribar a destí.

Per al càlcul d'emissions del sector aeronàutic tant del cicle LTO com de la resta del vol s'han utilitzat les dades anuals que proporciona Aena a les seves estadístiques¹³ diferenciades en tres tipologies:

- Passatgers anuals per aeroport origen/destí
- Operacions anuals per aeroport origen/destí
- Operacions anuals per tipologia d'avió

Primer s'ha realitzat una estimació de les emissions del total del vol (LTO i vol en velocitat de creuer) mitjançant els factors d'emissions proporcionat per la calculadora d'emissions del ICAO (Organización de Aviación Civil Internacional).¹⁴

Taula 2: Exemple del resultat obtingut per un vol Barcelona-Madrid

Flight Stage Detail					
Dep Airport	Arr Airport	Distance (KM)	Aircraft	Aircraft Fuel Burn/leg (KG) ^a	Passenger CO ₂ /pax/leg (KG)
BCN	MAD	481.0	319, 320, 321, 32A, 332, 333, 73H, 788, 789, E90	3448.0	64.6

a. Fuel Burn information provided are for 1 aircraft per leg

b. Aircraft Fuel Burn/Journey = $\sum \text{Aircraft Fuel Burn/leg}$

c. Total passengers' CO₂/Journey = $\sum \text{Passenger CO}_2/\text{pax/leg} \times \text{Number of pax}$

Font: ICAO

Aquest consum de combustible facilitat per l'ICAO correspon a dades del 2019, però al no disposar dades d'altres anys s'ha suposat el mateix valora l'hora de calcular l'històric d'emissions, tot i que s'han pogut produir millores tecnològiques que faci que s'estiguin subestimant les emissions dels anys anterior..

Un cop obtingudes les distàncies en km i el kg de fuel utilitzats per trajecte s'han calculat les emissions anuals de CO₂ a partir de les operacions realitzades segons origen o destí.

¹³ <http://www.aena.es/csee/Satellite?c=Page&cid=1113582476715&pagename=Estadisticas%2FEstadisticas>

¹⁴ <https://applications.icao.int/icec>

Els factors utilitzats són els estàndards pel tipus de combustible utilitzat per l'aviació.

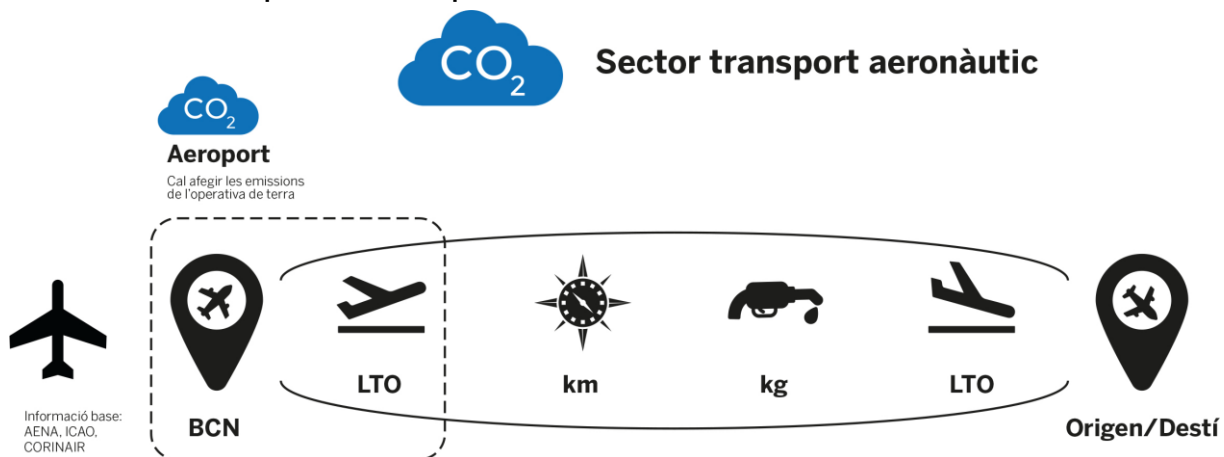
Taula 3: Factors d'emissions del querosè d'aviació

	kg CO ₂ /kg	kg NO _x /kg	kg SO ₂ /kg	kg CO/kg	kg HC/kg	kg PM _x /kg
Querosè aviació	3,15	0,01111	0,00093	0,00074	0,00015	0,00004

Font: CORA/R

La calculadora del ICAO no mostra totes les rutes per a les quals existeixen vols amb l'aeroport de Barcelona com a origen o destí, així doncs es calcula les emissions d'un percentatge molt significatiu de les operacions i es fa una extrapola al conjunt d'operacions considerant un ajust ponderat per obtenir les emissions del 100% de les operacions anuals.

Imatge 25: Esquema per la metodologia per l'estimació de les emissions de CO₂ del sector de transport aeronàutic i les corresponents a l'Aeroport de Barcelona



Font: Barcelona Regional

Emissions dels cicles d'aterratge i enlairament

Per al càlcul d'emissions corresponents al cicle LTO s'ha decidit utilitzar la calculadora que proporciona l'*European Environment Agency* per al càlcul de les emissions en el cicle LTO.¹⁵

Aquesta calculadora permet obtenir les emissions de fuel i dels diferents contaminants per als diferents models d'avió.

A més la calculadora atribueix un temps d'operacions en funció del aeroport on s'opera i l'any en que es va realitzar l'operació. Així doncs, mitjançant les dades proporcionades per Aena d'operacions per tipologia d'avió s'ha pogut obtenir les emissions totals del cicle LTO a l'Aeroport de Barcelona.

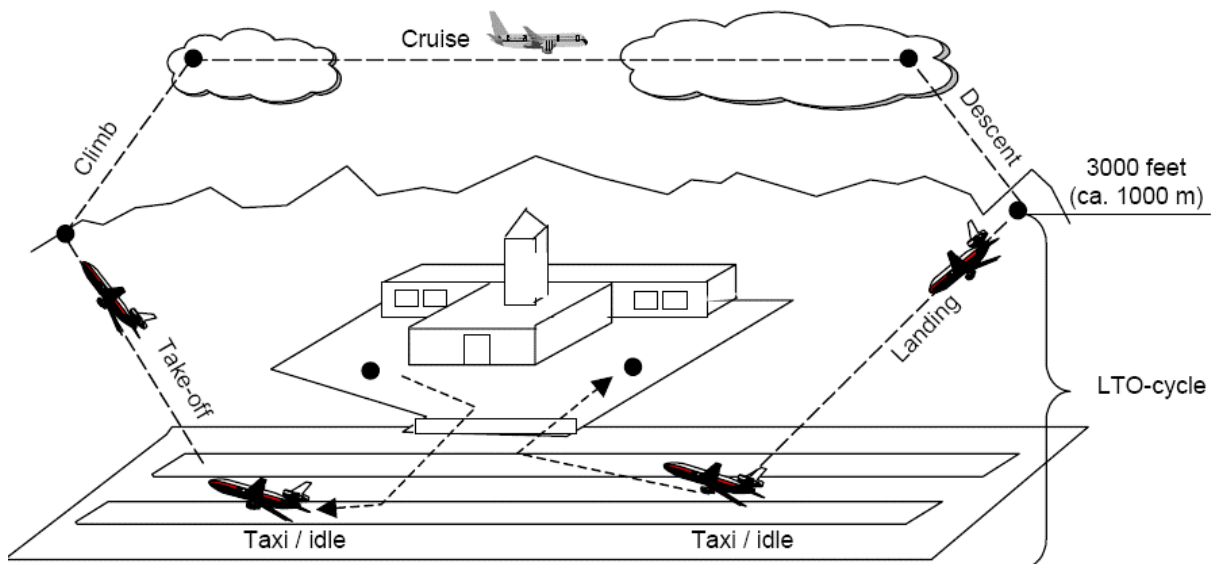
Les nomenclatures d'Aena i les proporcionades per la calculadora difereixen i per tant només s'ha pogut estimar aquells models d'avió que apareixen a la base de dades de la calculadora,

¹⁵<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1-annex5-LTO/view>

que en general representen un percentatge molt significatiu de les operacions i es fa un ajust proporcional al 100% de les operacions.

Cal destacar que cada operació a l'Aeroport de Barcelona només representa el 50% del cicle LTO ja que la total del LTO inclou les fases de *taxi out*, *take off*, *climb out*, *approach* i *taxi in*.

Imatge 26: Esquema del cicle LTO



Font: EMEP/CORINAIR 2006, Emission inventory guidebook, Group 8: Other mobile sources and machinery

Emissions de l'aeroport de Barcelona

Pel que fa a altres tipus d'emissions de l'aeroport com són l'abast 1 i 2, Aena proporciona les dades des del 2010 fins l'actualitat.

Altres dades facilitades són els valors de LTO del 2015 al 2019 i APU i *Handling* del 2016-2019.

Per estimar els anys que Aena no recollia les dades, s'han extrapolat els valors a partir de les dades proporcionades de l'APU, *Handling*, els abasts 1 i 2 i les operacions anuals.

Pel que fa a les aproximacions de LTO s'han dut a terme càlculs de les emissions que es produïen en funció de l'any i el model d'aeronau utilitzada, seguint el procés que ja s'ha explicat per cada any.

ANNEX II: LA RACIONALITZACIÓ DE VOLS DE CURTA DISTÀNCIA A L'AEROPORT DE BARCELONA: UNA ANÀLISI QUANTITATIVA - ADW

BR

BARCELONA
REGIONAL
AGÈNCIA
DESENVOLUPAMENT
URBÀ



La racionalització de vols de curta distància a l'aeroport de Barcelona: una anàlisi quantitativa

Març 2021



ADW
Aviation DataWorks

CLIENT



BARCELONA
REGIONAL
AGÈNCIA
DESENVOLUPAMENT
URBÀ

CARRER 60, 25-27.
EDIFICI Z, PLANTA 2
SECTOR A, ZONA FRANCA
08040 BARCELONA
T 932 237 400
F 932 237 414

www.bcnregional.com

br@bcnregional.com

REDACCIÓ

Pere Suau-Sanchez, Aviation DataWorks

Augusto Voltes-Dorta, Aviation DataWorks

COORDINACIÓ

Marc Montlleó, Àrea de Medi Ambient i Eficiència Energètica, Agència Barcelona Regional

Pere Suau-Sanchez, Aviation DataWorks

COL·LABORACIÓ

Miquel Pybus, Cap d'Estratègia, Agència Barcelona Regional

i l'equip tècnic i administratiu de Barcelona Regional

© 2021, **BARCELONA REGIONAL**

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, distribuïda, transformada, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars de la seva propietat intel·lectual.



ÍNDEX

RESUM EXECUTIU.....	5
1. INTRODUCCIÓ	7
2. DADES I METODOLOGIA.....	10
2.1. Cas d'estudi i bases de dades	10
2.2. Metodologia	13
2.2.1. Algoritme de connexions entre vols	13
2.2.2. Llindars de connectivitat i prohibició de vols	15
2.2.3. Recol·locació de passatgers	20
2.2.4. Mesura de l'impacte	22
3. RESULTATS I DISCUSSIÓ.....	25
3.1. Resultats generals.....	25
3.1.1. La ruta Barcelona-Madrid.....	26
3.1.2. La ruta Barcelona-Paris	27
3.1.3. La ruta Barcelona-Sevilla	28
3.1.4. La ruta Barcelona-Valencia	29
3.1.5. La ruta Barcelona-Màlaga	30
3.1.6. La ruta Barcelona-Alacant.....	31
3.1.7. Altres rutes	32
3.2. Aspectes i limitacions a considerar per a la implementació	35
4. SUMARI I CONCLUSIONS.....	37
REFERÈNCIES	39
APÈNDIX.....	41

RESUM EXECUTIU

1. Aquest estudi proporciona una anàlisi quantitativa de l'impacte potencial d'una racionalització de vols de curta distància a l'Aeroport de Barcelona i la seva substitució per freqüències ferroviàries d'alta velocitat en quinze rutes seleccionades.
2. Utilitzant un mètode basat tant en l'oferta d'horaris (OAG), com en dades de demanda provinient de reserves de viatgers (MIDT), simulem cinc escenaris diferents de racionalització de vols, suposant que els vols individuals han de servir una proporció mínima de passatgers de connexió (5%, 10%, 15%, 30% o 50%). Això es fa amb l'objectiu de protegir la connectivitat de llarg radi, per la qual les rutes de curt radi tenen un paper clau en la facilitació dels fluxos de tràfic d'alimentació (feeding) i de tràfic cap endavant (onward).
3. Segons l'escenari, l'augment estimat globalment de la demanda ferroviària oscil·laria entre 1,5 i 7,2 milions de passatgers anuals a les xarxes d'alta velocitat espanyoles i franceses, cosa que suposa un augment d'entre el 6,7% i el 35,2% respecte als nivells de trànsit del 2019. Per tant, aquestes polítiques s'haurien d'implementar gradualment per permetre que les inversions requerides de capacitat puguesin absorbir l'increment de la demanda.

Resum dels passatgers que canviaria del mode aeri al TAV per ruta i escenari (2019).

Ruta \ Escenari	5%	10%	15%	30%	50%
Madrid	155.644	305.740	565.622	1.188.356	1.529.071
Paris	467.614	872.747	1.088.553	1.395.750	2.013.863
Sevilla	344.140	366.185	565.127	891.869	920.528
Màlaga	193.742	193.742	328.008	742.498	742.498
Valencia	4.151	8.301	12.452	23.442	57.495
Alacant	0	0	46.920	363.161	363.161
Altres rutes	366.860	519.532	892.996	1.630.928	1.653.860
Total canvi modal (pax)	1.532.150	2.266.247	3.499.677	6.236.003	7.280.476

4. L'estalvi anual previst en les emissions de CO2 oscil·laria entre les 130.416 i les 703.254 tones anuals, amb els majors estalvis a les rutes a Madrid, París i Sevilla.

Resum de la reducció d'emissions de CO2 per ruta i escenari (2019).

Ruta \ Escenari	5%	10%	15%	30%	50%
Madrid	10.081	20.426	39.158	89.737	125.985
Paris	47.210	91.007	116.073	154.297	243.709
Sevilla	31.282	33.546	54.679	91.659	95.087
Màlaga	16.797	16.797	30.479	73.426	73.426
Valencia	274	584	892	1.907	5.572
Alacant	0	0	3.078	25.826	25.826
Altres	24.502	38.066	70.586	132.270	133.648
Reducció total CO2 (t)	130.146	200.427	314.945	569.122	703.254

5. D'altra banda, els passatgers trigarien entre un 54% i un 57% més de temps a arribar a les seves destinacions (1-3 hores), el que pot comportar un cost econòmic. Dit això, amb les velocitats actuals de servei, només les rutes a Madrid i València no patirien un augment significatiu dels temps de viatge.
6. En relació a la implementació d'aquestes mesures, cal esmentar la situació de competència derivada de l'augment del domini del ferrocarril d'alta velocitat en els mercats escollits, particularment en els escenaris de racionalització més estrictes (30% i 50%). Una implementació general i uniforme a les diferents rutes d'aquestes prohibicions de vol (amb llinars de connectivitat uniformes) pot ser menys eficient que un enfocament individual i objectiu (llindars específics per rutes concretes). Atès el menor impacte en els temps de viatge a les rutes de Madrid i València, aquestes podrien ser les primers on intentar aplicar les mesures de racionalització. Pel que fa a la implementació pràctica de les prohibicions de vols, segurament requeriria una vigilància normativa minuciosa per garantir un accés just i no discriminatori a les franges horàries que afavoreixin la connectivitat.
7. Les nostres conclusions han de ser tingudes en compte amb precaució, donades les limitacions del nostre enfocament. Per exemple, no modelem el comportament dels viatges, que es pot veure afectat per les tarifes aèries i altres factors, com ara el desenvolupament d'alternatives de teletreball. D'altra banda, en no integrar els horaris ferroviaris d'alta velocitat en el nostre algorisme de simulació, tampoc som capaços de modelar els itineraris intermodals de viatges (ferrocarril + vol) amb prou detall, cosa que ens permetria analitzar escenaris de prohibicions de vols amb més detall.

1. INTRODUCCIÓ

En temps recents, l'aviació ha estat objecte de crítiques a causa de la seva creixent contribució com a font d'emissions (Baumeister, 2019). Això és especialment cert per als vols de curt radi, que poden generar el doble d'emissions per tona-quilòmetre que els vols de llarg radi (Grimme i Jung, 2018). A Europa, els moviments contra el canvi climàtic, com el “flygskam” (vergonya a volar) tenen com a objectiu animar a la gent a deixar de viatjar en avió (BBC, 2019) i moltes autoritats públiques de nivell nacional i internacional estan actualment considerant la idea de prohibir alguns vols de curta distància i substituir-los per opcions ferroviàries d'alta velocitat (TAV) menys contaminants. Com a exemple paradigmàtic, la ruta aèria entre Amsterdam i Brussel·les, dues ciutats connectades per ferrocarril en menys de dues hores, ha estat objectiu de polítics belgues i holandesos per aturar els vols entre les dues ciutats (VRT.be, 2019). El debat també s'ha estès a d'altres països com Alemanya (The Washington Post, 2019) o Espanya (El Nacional, 2020), on l'Alcalde de Barcelona s'ha compromès a deixar d'utilitzar vols si hi ha una alternativa TAV en menys de set hores de viatge.

A nivell europeu, si bé les polítiques recents no mencionen explícitament la substitució aèria-ferroviària, el creixent paper del TAV pels viatges intra-UE està clarament present en la seva intenció de declarar el 2021 “Any Europeu del Ferrocarril” (CE, 2020). A més a més dels aspectes mediambientals, alguns estudis també preveuen un canvi substancial per part dels viatgers del mode aeri cap al ferrocarril com reacció a la Covid-19 (UBS, 2020). De fet, l'operador ferroviari espanyol RENFE preveu que seria capaç de capturar 3,4 milions de passatgers anuals de les companyies aèries com a resultat de les preocupacions relacionades amb la salut d'alguns viatgers (El Periódico, 2020).

Dit això, l'únic exemple tangible d'aquest tipus de política de substitució és el recent moviment del Govern francès que, com a part del rescat d'Air France en el context de la Covid-19, ha obligat a la companyia aèria a eliminar algunes freqüències de vols a destins nacionals de curta distància en les que existeix una alternativa ferroviària de menys de 2,5 hores de viatge i, per tant, deixant de competir amb l'operador ferroviari en aquestes rutes (Flightglobal, 2020). Però aquesta política té una excepció, els vols de curt radi que serveixin per connectar passatgers amb vols de llarg radi (hub transfers), que poden seguir operant. Això respon a dues raons principals: a) els viatges que connecten a un hub no sempre poden canviar-se al TAV per arribar als seus destins de llarg radi, b) els vols de llarg radi als grans hubs, que sovint són claus per garantir la connectivitat global d'un país, depenen de manera crítica dels passatgers indirectes que arriben als hubs a través dels vols indirectes.

Es podria arribar a afirmar que els aeroports que funcionen com a nodes intermodals (és a dir, que tenen una bona integració amb els modes de transport en superfície, per exemple, amb estació TAV pròpia) no necessitarien de vols de curt radi per a les connexions amb els vols de llarg radi (Janic, 2011). Tanmateix, **la realitat és que la majoria dels aeroports encara estan lluny de proveir aquest nivell d'intermodalitat. Per tant, almenys a mig termini, l'única opció és la substitució selectiva.**

Existeixen diversos estudis per part d'autoritats públiques (Ajuntament de Barcelona, 2020), acadèmics (Baumeister, 2019; Dalkic et al., 2017; Robertson, 2013 o Wang et al., 2019) i empreses privades (per exemple, UBS, 2020) que documenten el potencial estalvi d'emissions de CO₂ amb la substitució dels vols per ferrocarril. **Tot i així, cap d'aquests estudis considera específicament l'aspecte de connectivitat mencionat anteriorment.** En concret, Ajuntament de Barcelona (2020) estableix un conjunt de rutes aèries que parteixen de l'Aeroport de Barcelona (BCN) i que són potencialment substituïbles per ferrocarril, així com també determina un estalvi d'emissions hipotètic en funció del nombre total de passatgers anuals d'aquestes rutes.

Així doncs, **la principal contribució d'aquest estudi és proporcionar un nivell addicional de detall en l'anàlisi del cas de BCN tenint en compte els aspectes de la connectivitat dels vols.** En aquest sentit, les preguntes que es plantegen són: a) S'han de prohibir o permetre els vols de curta durada en funció de la seva capacitat de connectar els passatgers a freqüències de llarg radi? b) Quants vols podrien ser eliminats en cada ruta? c) Quants dels passatgers afectats podrien canviar realment a ferrocarril? d) Quina seria la reducció de les emissions de CO₂?

Més enllà d'aquests punts, **el treball també reflexiona sobre els possibles impactes d'aquests canvis en la competència als mercats afectats.** Diversos estudis estableixen que el TAV pot ser un substitut important del mode aeri, però que també pot afectar a la competència (per exemple, Jiménez i Betancor, 2012; Albalade et al., 2013; Bergantino i Madio, 2020). **Aquest punt és important per permetre implementacions que no siguin impugnades per les autoritats de competència,** com la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC).

En relació amb l'àmbit geogràfic de la competència i la substitució entre el mode aeri i el ferroviari, no hi ha límits estrictes en termes de distància i temps, però molts estudis semblen utilitzar un rang de 500-600 km com a referència (per exemple, Albalade et al., 2013 ; Chen et al., 2019), que es pot ampliar fins a 1.000 km en països amb serveis TAV més ràpids (Zhang et al., 2018). En termes de temps de viatge, Kroes i Savelberg (2019) suggereixen un interval d'entre dues i sis hores per a la substitució més intensa. **Per tal de facilitar la comprensió i**

la continuïtat entre els diversos estudis, el present treball segueix el criteri de l'estudi original de Barcelona i analitza els quinze destins de curta distància d'aquell estudi que tenen temps de viatge fins a un màxim de set hores. La contribució addicional està en l'anàlisi específic de cada ruta i el detall a nivell de vol.

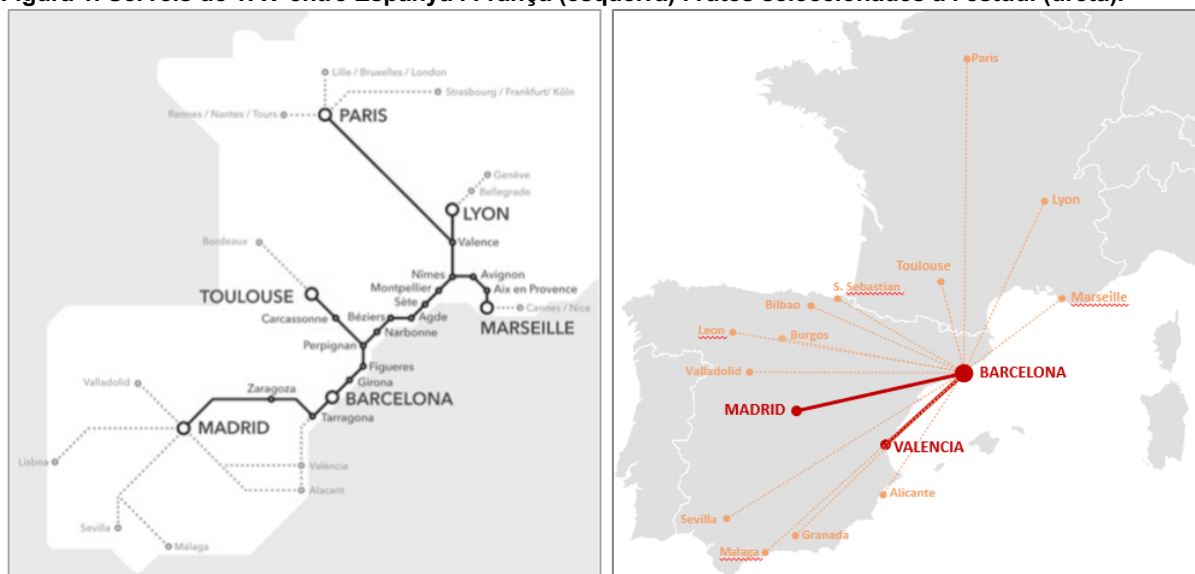
Utilitzant dades d'oferta d'horaris de companyies aèries (OAG) i de demanda de reserves de passatgers (MIDT), **simulem cinc escenaris de racionalització de vols, suposant que els vols individuals han de servir una proporció mínima de passatgers de connexió.** Proporcionem taules amb el resum dels resultats que reporten el nombre de viatgers que canvien de mode, l'estalvi d'emissions de CO2 i els canvis en el nivell de competència del mercat, així com un calendari complet de vols potencialment eliminables en cada ruta.

2. DADES I METODOLOGIA

2.1. Cas d'estudi i bases de dades

El present estudi es centra en quinze rutes nacionals i internacionals de vols des de l'Aeroport de Barcelona (BCN), tal com es mostra a la Figura 1 dreta. El criteri de selecció és que les ciutats de destinació siguin accessibles, totalment o parcialment, amb tren d'alta velocitat (TAV) en menys de set hores. La mostra inclou onze ciutats d'Espanya (Madrid, València, Alacant, Granada, Màlaga, Sevilla, Valladolid, Lleó, Burgos, Bilbao i Sant Sebastià) i quatre destins de França (París-CDG i París-Orly, Tolosa, Lió i Marsella). La inclusió de les destinacions franceses és possible per la disponibilitat de serveis internacionals de TAV operats tant per Renfe com per SNCF (Figura 1 esquerra). Dins de les quinze rutes, només Madrid i València són accessibles des de Barcelona en menys de 3 hores i, per tant, els vols respectius es poden considerar els principals objectius de racionalització, d'acord amb els aspectes discutits en els apartats anteriors.

Figura 1. Serveis de TAV entre Espanya i França (esquerra) i rutes seleccionades a l'estudi (dreta).



Font: Renfe; Elaboració pròpia.

La quota de mercat total (en terme de places ofertes d'anada i tornada) d'aquestes rutes "substituïbles" a l'aeroport BCN va ser del 19% durant el 2019, essent el 6% pertanyent a vols a Madrid i València. Així, cal tenir en compte que les hipotètiques mesures discutides en aquest estudi podrien afectar potencialment fins a una cinquena part del trànsit anual de l'aeroport. En aquest sentit, les rutes de major volum són les de Madrid i París (Aeroports CDG i Orly), cadascuna amb uns 2,5 milions de passatgers d'anada i tornada anuals el 2019, seguides de Sevilla (1 milió) i Màlaga (850 mil).

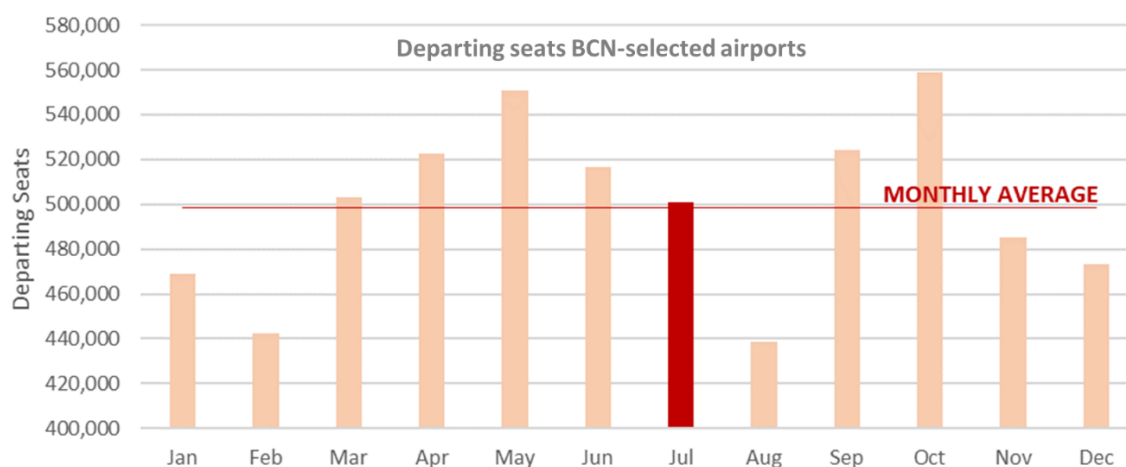
Com a principals perdedors en la racionalització dels serveis aeris, convé detallar els impactes absoluts i relatius a les companyies aèries que operen les rutes seleccionades (Taula 1). En termes generals, aproximadament 6 milions de passatgers anuals viatgen entre BCN i les ciutats seleccionades a les quals es pot arribar amb TAV en menys de 7 hores. Els vols de Madrid i València (3h-) estan operats per Iberia, Vueling i Air Europa, que serveixen a més d'1,8 milions de passatgers anuals (dos sentits), dels quals aproximadament just per sobre d'un milió viatgen amb Iberia. Aquest operador seria, amb diferència, el que patiria un impacte més important, enfrontant-se potencialment a restriccions superiors al 80% de les seves operacions a BCN (basat en dades del 2019). Quan es consideren les altres tretzes rutes (3h+), Vueling seria la companyia més afectada amb 2,8 milions de passatgers anuals, als que s'hi sumem els 520 mil viatgers que volen en les rutes a Madrid i València. En conjunt, el 27% de les seves operacions estarien afectades.

Taula 1. Passatgers (Pax) a Barcelona que potencialment podrien canviar l'avió pel tren, dades per companyia aèria, 2019.

Companyia	Pax que canvien a trajectes de tren de 3h-	Pax que canvien a trajectes de tren de 3h+	% operacions afectades
Iberia	1.056.866	39.040	80%
Vueling	520.288	2.885.176	27%
Air Europa	269.084	15.066	43%
Ryanair		423.171	10%
Easyjet		263.058	13%
Air France		433.254	100%
Transavia		72.666	100%
Evelop Airlines		6.516	82%
Total	1.846.238	4.137.947	

Nota: Inclou passatgers en els dos sentits. Font: MIDT, AENA.

Figura 2. Places ofertes mensuals des de Barcelona en les rutes seleccionades, 2019.



Font: OAG Schedules, Elaboració pròpia.

Per a facilitar l'anàlisi i reduir la dificultat computacional s'ha seleccionat una setmana mitjana de mostra a l'any. La Figura 2 mostra la capacitat mensual de places ofertes a BCN per a les

quinze rutes seleccionades. El juliol és el mes més proper a la mitjana que, a primera vista, sembla contra-intuïtiu. El juliol és, certament, el mes de major del trànsit a BCN, però aquest trànsit es basa principalment en viatges de vacances a destins costaners, com Canàries i Balears, i també a d'altres destins d'Europa i el Mediterrani, però cap dels quals es troba inclòs en la nostra selecció de rutes. Destinacions com Madrid, amb la seva elevada quota de viatges de negocis, no assoleixen el pic als mesos d'estiu. Per tant, escollim la primera setmana de juliol de 2019 (de l'1 al 7 de juliol) com a setmana mitjana.

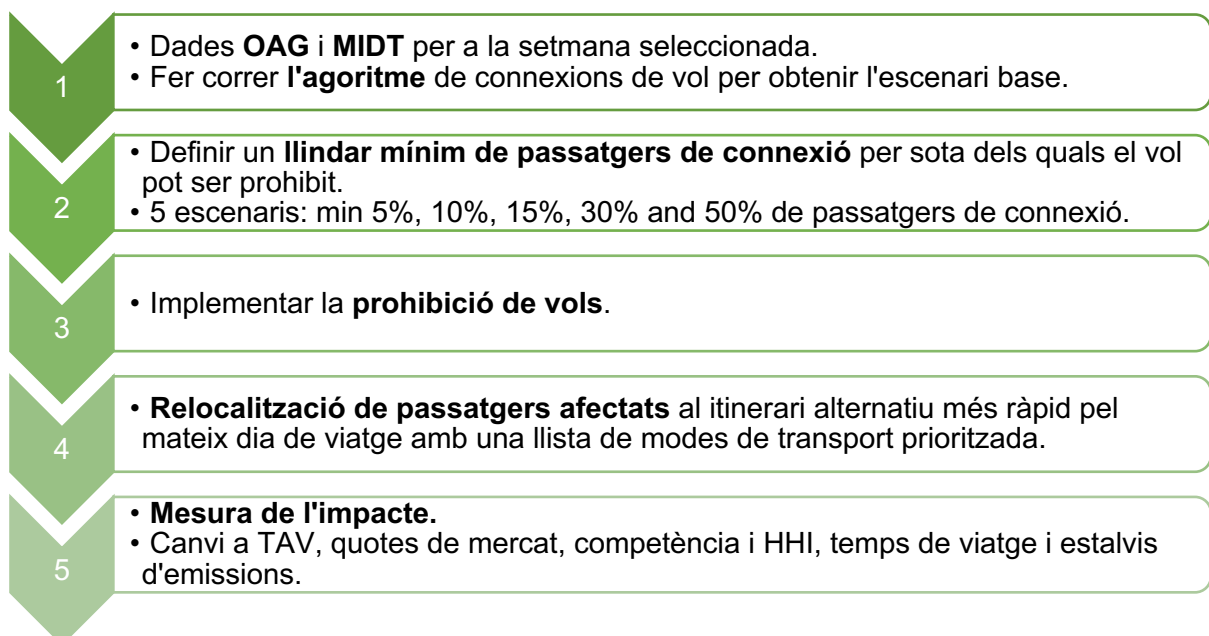
La nostra metodologia requereix d'informació sobre les reserves de passatgers i els horaris de les companyies aèries (demanda i oferta respectivament). La dades de demanda provenen del Market Information Data Tapes (conegut com a MIDT), que conté reserves a companyies aèries que utilitzen qualsevol dels quinze segments de vol seleccionats durant la primera setmana mitjana de juliol de 2019. Com que el MIDT no està disponible a nivell setmanal, ajustem cada registre mensual de forma proporcional. Cada registre MIDT conté informació sobre la companyia aèria, els aeroports d'origen i destinació (així com els seus països i regions geogràfiques), l'aeroport de connexió i el nombre de reserves de passatgers en aquest itinerari. Per simplificar, només es tenen en compte els itineraris de fins a una connexió de vol. Les dades inclouen 180.908 viatges en 3.053 itineraris servits per 110 companyies aèries diferents entre 325 aeroports. Això proporciona una idea de les diferents maneres d'utilitzar els vols seleccionats pels passatgers que van a bord. Les fonts d'informació originals de les dades MIDT són els Sistemes de distribució global (GDS) com Amadeus, Galileu o Saber, tot i que han estat processats pel proveïdor de dades OAG i per Travelport per tal d'ajustar els valors i considerar els bitllets comprats per canals directes. La validesa d'aquests ajustos s'ha analitzat en treballs anteriors que van utilitzar-los per analitzar les connexions de vols en contextos similars (per exemple, Suau-Sanchez, et al., 2016).

Les dades d'oferta comprenen el conjunt d'horaris de vols entre els 325 aeroports del fitxer MIDT per a la primera setmana de juliol de 2019, pels quals la font principal és l'OAG Schedules Analyser. El conjunt de dades d'oferta inclou 229.470 registres únics de sortides programades de vols de passatgers, dels quals 1.187 fan referència a les quinze rutes seleccionades. Cada registre indica la companyia aèria, l'adhesió a una aliança (si escau), el número de vol, els codis dels aeroports d'origen i destí, el tipus d'aeronau, el nombre de places, la distància de vol i l'hora d'arribada i sortida (UTC). A més, també hem considerat dades dels temps mínims de connexió específics per a cada aeroport, incloent al voltant de 70.000 excepcions específiques per a les diferents companyies aèries vàlides pel juliol de 2019. Finalment, s'ha obtingut informació addicional de renfe.es i de Google Maps.

2.2. Metodologia

Seguim un procés metodològic de cinc passos, que es detalla a la Figura 3. En primer lloc, es combinen les dues bases de dades de demanda i d'oferta mitjançant un algoritme de connexions amb l'objectiu de fer coincidir les reserves de passatgers amb seients en els vols reals durant la setmana de la mostra. Això ens permet determinar el factor de càrrega i el nivell de connectivitat de cada vol individual. El segon pas consisteix a definir un llindar regulatori basat en la proporció de passatgers de connexió present a cada vol. Considerem cinc escenaris diferents que marquen diferents llindars en la proporció de passatgers de connexió a la cabina de l'avió: 5%, 10%, 15%, 30% i 50%. El tercer pas implementa la prohibició dels vols que superin el llindar definit. Apliquem criteris diferents per a vols únicament d'anada o vols que realitzen la tornada amb la mateixa aeronau. El quart pas tracta de reubicar els passatgers afectats dels vols eliminats en nous itineraris de viatge segons una llista predeterminada de modes de viatge, incloent el TAV, vols directes i indirectes. El resultat d'aquest pas de reubicació ens permet, finalment, calcular una sèrie d'impactes tant pels mercats ferroviaris com aeris. Aquests indicadors són l'impacte potencial en els temps de viatge i l'estalvi d'emissions, principalment com a resultat del canvi de passatgers cap a l'alternativa ferroviària que consumeix energia verda certificada.

Figura 3. Passos metodològics



Font: Elaboració pròpia.

2.2.1. Algoritme de connexions entre vols

La principal limitació de les bases de dades disponibles és la manca d'informació sobre el factor d'ocupació dels vols, és a dir, no es disposa d'un registre de reserves de passatgers a

nivell de número de vol. Per superar aquest obstacle, s'executa un algorisme de connexió de vols amb l'objectiu d'assignar les reserves de passatgers del conjunt de dades MIDT als itineraris de vol sense escales i indirectes (fins a una connexió) que es poden construir de forma fefaent a partir de l'OAG publicada. horaris.

Taula 2. Mostra d'un registre MIDT (1a setmana de juliol de 2019)

Op. Airline Leg 1	Op. Airline Leg 2	Origin	Gateway 1	Destination	Passengers
IB (Iberia)	IB (Iberia)	BCN (Barcelona)	MAD (Madrid)	EZE (Buenos Aires)	216

Per a cada registre MIDT (Taula 2), es realitza una cerca per a tots els itineraris disponibles entre els aeroports indicats, segons l'operació de les companyies aèries llistades a la setmana de mostra.

Taula 3. Selecció de connexions per a la mostra del registre MIDT (Sortides del dilluns des de BCN)

Connecting times (min)		MAD-EZE	
BCN-MAD	Arrival time	Departure time	
	...	12:10	23:55
	09:25:00	...	...
	09:55:00	165	870
	10:55:00	135	840
	...	75	780
	20:55:00	...	...
	22:10:00	...	180
			105

Notes: Temps mínim de connexió = 90 min. Connexió setmanal més ràpida = 105 min. Temps màxim de connexió = 165 min. El gris indica les connexions seleccionades.

Pels itineraris indirectes, un algorisme SAS genera les millors connexions de vols setmanals amb les restriccions següents (adaptat de Seredynski et al., 2014): a) Els temps mínims de connexió publicats (minct) s'han de complir, b) el temps màxim de connexió (maxct) està establert arbitràriament a una hora per sobre del temps de connexió més ràpid setmanal (com a Voltes-Dorta et al., 2017), c) els passatgers de cada vol d'anada prefereixen l'alternativa amb el temps de viatge més curt i d) els passatgers de l'últim sector també prefereixen els temps de viatge més curt. Per exemple, a la Taula 2, el minct publicat era de 90 min, mentre que el millor temps de connexió setmanal era de 105. Així, el maxct és de 165 min.

La conseqüència de la implementació d'aquestes restriccions és l'eliminació d'itineraris de viatge que requereixen temps de connexió excessivament llargs. Tanmateix, això no és estrictament realista, ja que els passatgers poden triar temps de connexió més llargs a canvi de tarifes més barates. Dit això, en el context de la nostra anàlisi sobre els efectes del canvi a TAV en termes de temps de viatge, sembla adequat utilitzar les opcions de connexió entre vols més òptimes com a punt de referència.

Després de seleccionar les combinacions de vols, el nombre de passatgers del registre MIDT es distribueix en base a la capacitat de places, que es determina pel nombre mínim de places a tots els segments de l'itinerari. La proporció de passatgers assignats a cada opció de viatge és igual a la proporció de la seva capacitat en relació a la capacitat total. Amb l'objectiu de no perdre ni afegir reserves a causa de l'arrodoniment, els resultats s'arrodoneixen a l'alça o a la baixa de manera aleatòria fins que s'assignen tots els passatgers de MIDT, sempre donant preferència a les connexions de vols més ràpides.

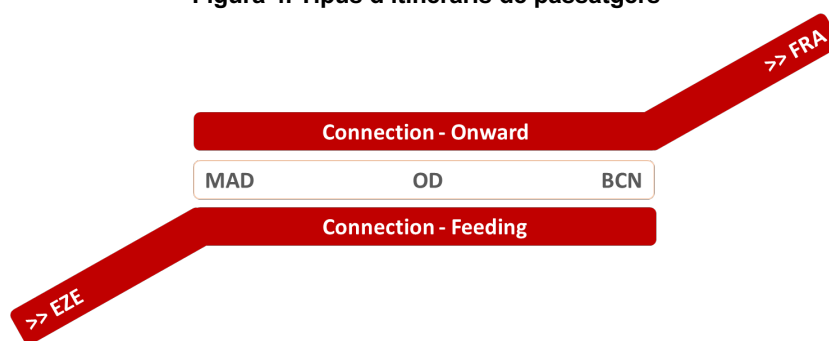
Després d'una primera ronda de processament, els registres de viatges resultants s'agrupen per nombre de vol i data de sortida per tal de comprovar si el nombre de passatgers en tots els mercats OD assignats a cada vol individual no supera la capacitat de places de l'aeronau. Els passatgers que sobrepassen la capacitat són retirats del registre de viatges i s'incorporen a noves rodes de processament amb capacitats de places actualitzades en la base de dades d'OAG. Per a aquest estudi, dos rondes seqüencials van ser suficients per assegurar que el 99% de tots els itineraris del conjunt de dades MIDT s'assignessin a combinacions de vols vàlides.

El resultat d'aquesta etapa és un "registre base de viatges de referència" que detalla les reserves de viatges per a cada número de vol.

2.2.2. Llindars de connectivitat i prohibició de vols

Malgrat l'abast geogràfic limitat de les rutes seleccionades (quinze ciutats d'Espanya i França), convé recordar que aquests vols potencialment "substituïbles" serveixen una àmplia diversitat de mercats, definits pels veritables punts d'origen i destinació dels itineraris dels passatgers. Aquests punts d'origen i destinació no sempre poden coincidir amb els aeroports d'arribada i sortida d'un vol determinat. De fet, això només es produeix per a passatgers sense escales (en endavant, denominats passatgers "OD" (origen-destí). A la Figura 4, aquests passatgers són els que viatgen entre aeroports MAD i BCN de manera directe en el segment de vol MAD-BCN. La capacitat de places que ofereixen les companyies aèries en aquest segment, però, es comparteix amb diferents tipus de passatgers que connecten. És possible que alguns viatgers hagin iniciat el seu viatge des d'un altre aeroport abans d'arribar a Madrid (per exemple, Buenos Aires-EZE a la Figura 4). Aquests es denominen passatgers "d'alimentació de connexions" (Connection-Feeding passengers), ja que la freqüència EZE-MAD que arriba "alimenta" de viatgers al segment MAD-BCN. La tercera categoria de viatgers està formada per passatgers que van començar el viatge a MAD, que van a Barcelona per connectar amb un vol cap a una destinació de més endavant (per exemple, Frankfurt-FRA a la Figura 4). Es coneixen com a viatgers de "connexió cap endavant" (Connection-Onward passengers).

Figura 4. Tipus d'itineraris de passatgers



Font: Elaboració pròpia.

El motiu principal per separar els passatgers segons el tipus d'itinerari en què viatgen és que, tot i que el principal criteri per considerar un vol “substituïble” és la disponibilitat d’una opció de viatge en TAV entre les ciutats d’origen i destinació, els viatgers afectats no pertanyen necessàriament al mercat OD en qüestió. En aquest sentit, cal reconèixer que l’impacte és més ampli i va molt més enllà d’Espanya i França. Observant les dades de la nostra setmana mostral (de l’1 al 7 de juliol de 2019) presentades a la Taula 4, els passatgers que connecten (agregant passatgers feeding i passatgers onward) ocupen, de mitjana, el 20% de la capacitat de les places dels vols de la mostra.

Taula 4. Distribució de passatgers per itinerari

Tipus	Pax afectats	%
OD	145.334	80,3%
Connexió	35.574	19,7%
Total	180.908	100,0%

Nota: passatgers (2-way). 1-7 Juliol 2019. Font: MIDT, AENA.

L’impacte podria ser més sever pels passatgers que viatgen a o des de destinacions de llarg recorregut, on els modes de viatge alternatius són inexistents o extremadament poc competitius. En aquest sentit, les xifres de la Taula 5 indiquen que al voltant de 16.000 passatgers per setmana utilitzen algun dels vols seleccionats per viatjar des de o cap a destinacions a Amèrica, Àfrica, Àsia i Pacífic o Orient Mitjà. Sense l’opció de canviar-se al TAV, perdre les seves freqüències de connexió significaria que aquests passatgers han d’optar per altres opcions de viatge aeri, com, per exemple, vols sense escales o connexions en hubs alternatius.

Per il·lustrar l’impacte en els mercats onward i feeding de BCN, la Taula 5 mostra la mida total del mercat per a cada regió. Per exemple, a la setmana de la mostra, 52.857 passatgers van viatjar a Amèrica del Nord (Estats Units i Canadà) a través de BCN, dels quals només 2.087 (el 4%) van fer ús de qualsevol dels quinze vols seleccionats. És evident que l’únic mercat geogràfic en què BCN depèn excessivament de les connexions de llarg recorregut és “Amèrica

Llatina i el Carib” (LAC), on el 34% dels itineraris dels viatgers es veurien compromesos en perdre les freqüències de feeding i onward.

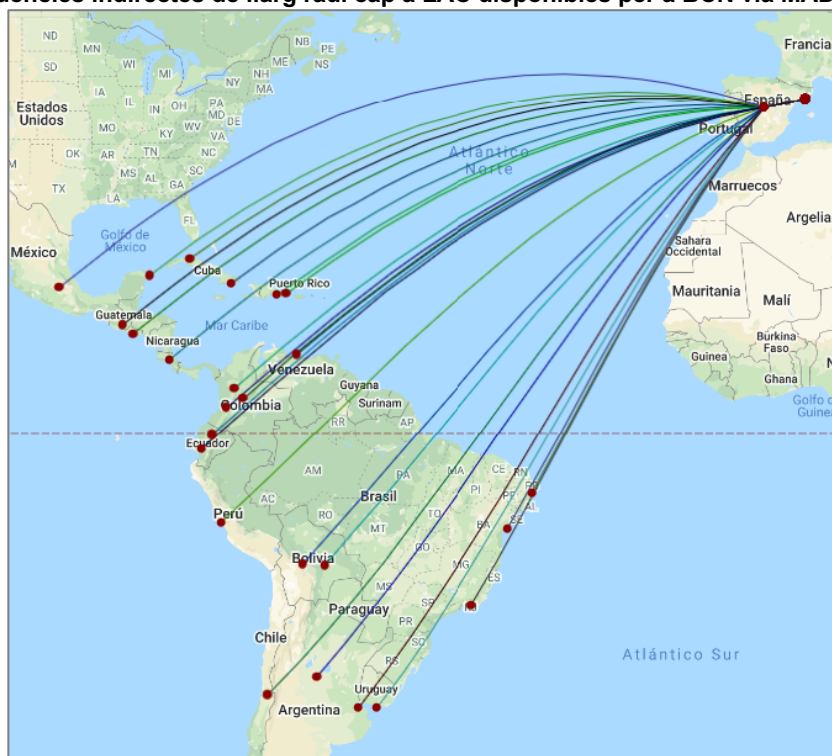
Taula 5. Proporció de passatgers de connexió en mercats de connexió amb origen o destí Barcelona.

Regió	Pax connexió	Mercat total BCN	%
Llatinoamèrica i carib	10.680	31.655	34%
Amèrica del nord	2.087	52.587	4%
Àfrica	1.729	28.071	6%
Àsia i Pacífic	1.724	39.820	4%
Orient Mitjà	538	16.962	3%

Nota: passatgers (2-way). 1-7 de juliol de 2019. Font: MIDT, AENA.

El motiu d'aquesta dependència es troba a l'estructura de la xarxa d'Iberia, que concentra a Madrid la majoria de freqüències de llarg recorregut des de o cap a la regió del Llatinoamèrica i el Carib (LAC). Així, els passatgers amb origen o final a BCN poden aprofitar el nombre més elevat de connexions a MAD per completar els seus viatges. Tal com es mostra a la Figura 5 (que també fa referència a la setmana de la mostra), hi havia 25 destinacions a LAC que es podien accedir des de BCN via MAD. Per contra, aquella setmana BCN només servia sis destinacions de manera directa (Bogotà, Buenos Aires, Lima, São Paulo, Santiago i Mèxic). Ciutat). **A menys que BCN es pugui desenvolupar un hub d'entitat, aquest exemple il·lustra la necessitat de protegir algunes freqüències de curt radi per assegurar la connectivitat global de la ciutat.**

Figura 5. Freqüències indirectes de llarg radi cap a LAC disponibles per a BCN via MAD. 1-7 juliol 2019.



Font: OAG Connections Analyser.

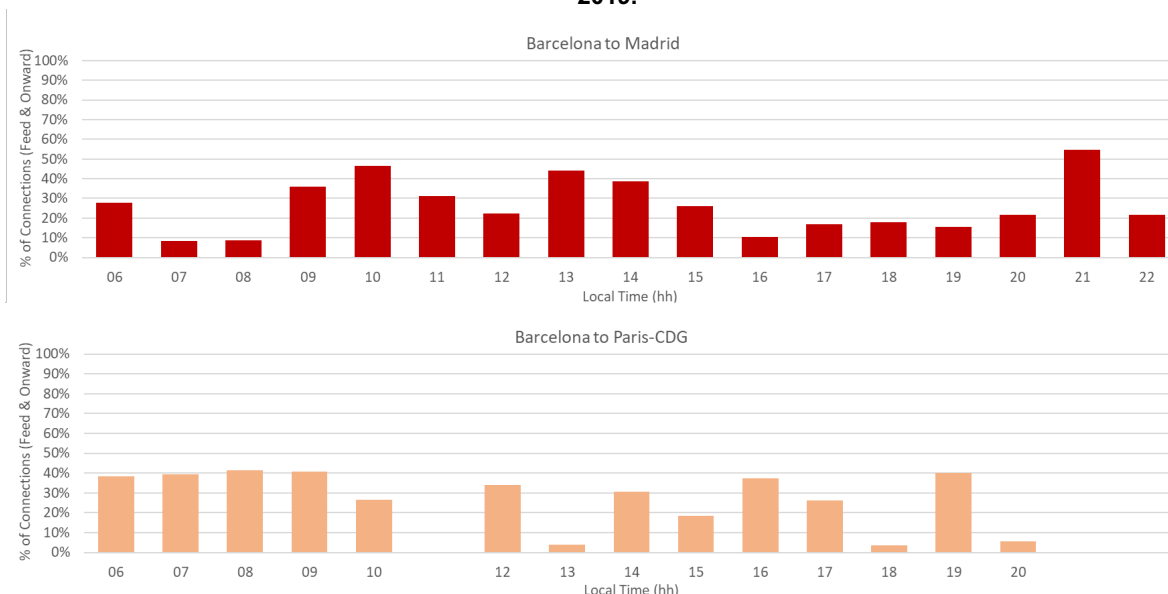
Taula 6. Detall dels diversos tipus de passatgers a la mostra d'aeroports estudiats.

Aeroport	Codi	Passatgers OD	Passatgers de connexió	%	Total passatgers (dos sentits)	# Vols
Madrid	MAD	33.702	15.053	31%	48.755	336
Paris-CDG	CDG	20.187	6.275	24%	26.462	169
Paris-ORY	ORY	21.430	3.042	12%	24.472	147
Sevilla	SVQ	15.450	2.107	12%	17.557	110
Màlaga	AGP	14.544	2.045	12%	16.589	98
Granada	GRX	8.051	1.272	14%	9.323	56
Bilbao	BIO	8.018	1.284	14%	9.302	59
Alacant	ALC	6.997	1.687	19%	8.684	62
Lió	LYS	5.563	301	5%	5.864	38
Valladolid	VLL	3.388	355	9%	3.743	22
San Sebastià	EAS	2.765	500	15%	3.265	28
Marsella	MRS	2.521	645	20%	3.166	22
València	VLC	1.219	593	33%	1.812	17
Tolosa	TLS	588	261	31%	849	6
Lleó	LEN	662	135	17%	797	10
Burgos	RGS	249	19	7%	268	6
Total		145.334	35.574	20%	180.908	1.187

Nota: passatgers (2-way) del 1 al 7 de juliol de 2019. Font: MIDT, AENA.

Un podria argumentar que això només es aplicable als vols dels grans hubs com MAD o París-Charles de Gaulle (CDG), però, en realitat, en general no és difícil trobar una proporció substancial de passatgers de connexió en la majoria dels vols de la mostra. La Taula 6 desglossa els tipus de passatgers a les rutes de la mostra. La ruta de València (VLC) és la que té una proporció més gran de connexions (33%), no perquè els passatgers connectin a VLC, sinó perquè connecten a BCN cap destinacions onward. Tot i així, la proporció de passatgers de connexió als vols de MAD i CDG és de les més altes (31% i 24% respectivament), mentre que a la majoria dels aeroports que no pertanyen a la xarxa tendeixen tenir valors inferiors al 20%, reflectint vols amb una proporció de OD més alt.

Figura 6. Proporció de passatgers de connexió per hora als vols de Madrid i Paris-CDG, 1-7 de juliol de 2019.



Font: OAG Schedules, MIDT, AENA, Elaboració pròpia.

La presa de decisions sobre la prohibició de vols de curta durada basats en dades de nivell d'aeroport pot ser ineficient. Ni tots els vols cap al grans hubs protegeixen la connectivitat ni tots els vols dels aeroports no hub són dominats per tràfic OD. La Figura 6 tracta d'il·lustrar aquest argument desagregant la proporció mitjana de connexions per hora en els vols de Madrid i París-CDG durant la setmana de mostra. Es pot veure clarament que la connectivitat de feeding i onward de les freqüències horàries fluctua al llarg del dia. Es pot esperar que els vols que surten de BCN a MAD entre les 10:00 i les 10:59, les 13:00 i les 13:59 i les 21:00 i les 21:59 transportin més de 40% de passatgers de connexió. Això es deu a la proximitat en el temps a les freqüències de mig i llarg radi que arriben i surten a MAD i, per tant, ofereixen les millors possibilitats pels passatgers de tenir temps de connexió òptim. En la mesura del que sigui possible establir prioritats per a la racionalització gradual dels vols de curta distància, són precisament aquests vols ben connectats els que haurien de mantenir-se.

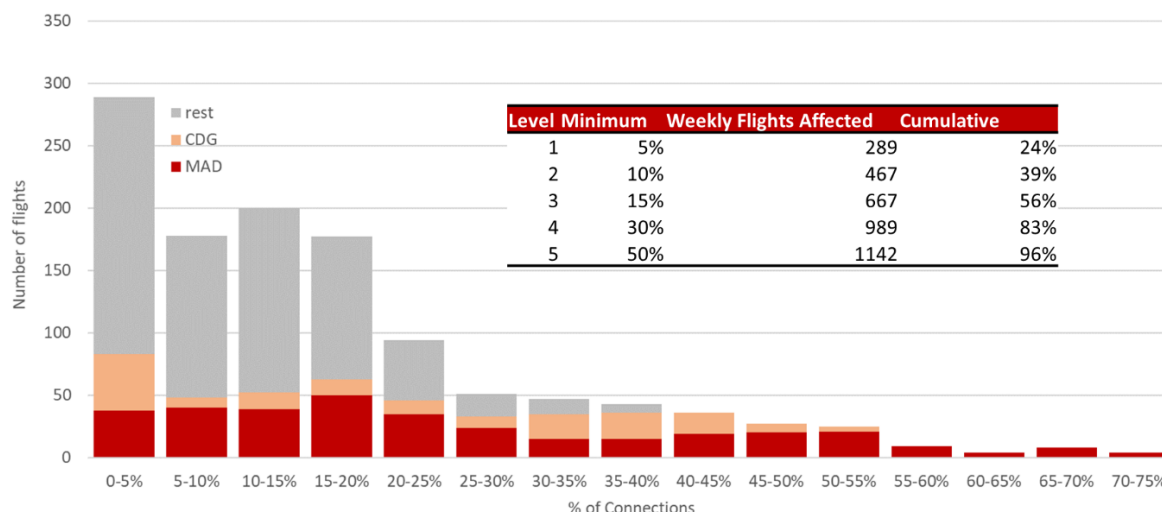
Per les raons anteriors, es proposa utilitzar la proporció de passatgers de connexió com a mètrica hipotètica i reguladora per a guiar la racionalització de vols a BCN. Si s'estableix una quota mínima de connexions com a requisit per prohibir o permetre freqüències individuals, es pot protegir la valuosa connectivitat de llarg radi. En aquest estudi es presenten cinc escenaris ad-hoc (5%, 10%, 15%, 30% i 50%). Un llindar del 5%, per exemple, significaria que només les freqüències de vol que puguin demostrar que el 5% o més de la capacitat de places es utilitzada per a passatgers de connexió poden operar.

En relació amb el nostre estudi de cas, la Figura 7 mostra quants vols de la mostra serien prohibits en cada cas. **Imposar únicament un llindar mínim del 5% eliminaria el 24% de les freqüències (289 vols) i la proporció augmentaria fins al 96% de les freqüències per a l'escenari més estricte del 50%.** Cal remarcar que un dels impactes controvertits que s'observen és que els vols des de els aeroports més petits desapareixen abans, i per sobre del límit del 30% la majoria de vols des d'aeroports petits desapareixen quasi per complet. Això, òbviament, pot plantejar importants i diverses consideracions polítiques sobre les diferències regionals en l'accessibilitat aèria a través de Barcelona que queden fora de l'abast d'aquest estudi.

Un cop establert un determinat llindar de connectivitat, s'ha de realitzar una consideració addicional prèvia a etiquetar un vol com a "prohibit". Una part important dels vols s'utilitzen com a viatges d'anada i tornada, amb un avió sortint inicialment de l'aeroport base i viatjant de tornada després d'un curt temps a l'aeroport de destinació. Generalment és fàcil identificar aquests "vols emparellats" ja que normalment tenen números de vol consecutius (parells o imparells en funció de l'aeroport de sortida) i temps de sortida menys de 3 hores de distància. L'excepció d'aquesta regla és el Pont Aeri a Madrid, on els números de vol consecutius

apareixen en sortides simultànies, en lloc de seqüencials (per exemple, IB630 i IB631 surten simultàniament a les 06:30 de Madrid i Barcelona).

Figura 7. Proporció de vols prohibits per a diferents límits reguladors. 1-7 de juliol de 2019.



Font: OAG Schedules, MIDT, AENA.

Aquests vols aparellats només es marcaran com a "prohibits" si els dos segments estan per sota del llindar de connectivitat indicat (Taula 7). Aquesta condició ens permet ser conservadors a l'hora de prohibir els vols (per protegir la connectivitat aèria) i minimitzar la interrupció de les operacions de la companyia aèria, ja que serà difícil (des de la perspectiva de gestió de la flota i de rendibilitat) operar determinades rutes en una única direcció.

Taula 7. Condicions per prohibir parelles de vols

Flight No	Segment	%Connexions	Flight No	Segment	%Connexions
AF1148	CDG-BCN	Per sobre del límit	AF1148	CDG-BCN	Per sota del límit
AF1149	BCN-CDG	Per sota del límit	AF1149	BCN-CDG	Per sota del límit
No Prohibit			Prohibit		

Source: Own Elaboration

2.2.3. Recol·locació de passatgers

Un cop obtingut el vector dels vols prohibits per a un llindar de connectivitat determinat, el següent pas és determinar l'alternativa de viatge òptima pels passatgers afectats. Per òptim, entenem "minimitzar el temps de viatge", ja que a causa de la manca d'informació sobre tarifes aèries pels itineraris de la mostra, no podem utilitzar una mesura més completa de "cost generalitzat del viatge" com a criteri d'orientació. Les opcions de viatge alternatives només es consideren al mateix dia que els itineraris originals.

Per a cada tipus de passatger afectats, s'utilitza una llista prioritzada de modes de viatge alternatius. Això es resumeix a la Figura 8. Com que un dels objectius principals d'aquesta

anàlisi és preveure la capacitat addicional de TAV necessària per cobrir la demanda provinent del mode aeri, tots els passatgers OD seran assignats als respectius serveis TAV.

Figura 8. Modes alternatius de viatge per tipus de passatger.



En aquesta fase, diferenciem dos tipus de passatgers que connecten (diferents dels de la Figura 4). Un número molt petit de viatgers corresponent al tipus "Connexió A", que viatgen en combinacions de vols de curt radi i molt ineficients entre els seus orígens i destins, connectant en un punt entremig (per exemple, BCN-MAD-SVQ). Aquest tipus de passatger, que són un nombre molt petit, és recol·locat, si no s'ha prohibit en un pas anterior, a un vol sense escales (és a dir, BCN-SVQ). Si no fos possible, se'ls recol·loca a un servei TAV directe sense transbordament, i si aquesta opció no estigués disponible els passatgers es traslladarien a un vols de connexió alternatiu que oferís l'opció de viatge més ràpida.

Els passatgers de "Connexió B" representen la gran majoria de viatgers indirectes en connexions de mig i llarg radi (per exemple, BCN-MAD-LPA). La primera opció alternativa de viatge és el vol directe (és a dir, BCN-LPA) i la segona opció és el vol de connexió més ràpid disponible aquell mateix dia. En aquest cas, per a les connexions a MAD de més de tres hores per a vols de llarg radi, traslladem aquests passatgers a un itinerari intermodal TAV-aeri, ja que hi hauria prou temps per a que els viatgers transferissin entre l'estació TAV i l'aeroport.

L'algoritme SAS corre els criteris anteriors i comprova que el nombre de passatgers assignats a cada opció de viatge alternativa no vagi més enllà de la capacitat de places disponibles als vols que continuen en disponibles en cada escenari.

El resultat d'aquesta etapa és una base de dades amb el "registre de viatges recol·locats".

2.2.4. Mesura de l'impacte

Comparant la base de dades de l'escenari base i la del registre de viatgers recol·locats ens permet mesurar una sèrie d'impactes de la racionalització de vols proposada. Es proporcionen diversos indicadors que es poden classificar en quatre grans categories (Taula 8).

Taula 8. Impactes mesurats

Categoria	Indicadors i descripció
Canvi a TAV	Increment en la demanda de places de TAV Canvi en temps de viatge
Canvi a una altra opció aèria	Vols prohibits Tràfic de connexió hub perdut a favor d'altres aeroports Canvi en temps de viatge
Efectes en la competència	Canvis en quotes de mercat aeri/TAV Herfindahl-Hirschman Index (HHI) post-racionalització
Sostenibilitat	Canvi Net en emissions de CO ₂

Font: Elaboració pròpia.

Primer, mesurem el nombre de passatgers OD que canvien als serveis TAV (Canvi a TAV), que s'interpreta com l'augment necessari en la capacitat de TAV per acollir els passatgers que ja no poden volar. També es proporciona l'augment percentual del temps de viatge respecte de l'itinerari original dels passatgers. En segon lloc, es registra el nombre de segments de vol prohibits, el trànsit de connexió (és a dir, hub) perdut a BCN en favor d'altres aeroports (és a dir, passatgers que deixen de connectar a BCN a causa de la pèrdua de les freqüències onward o feeding.), així com els canvis en els temps de viatge pels passatgers que canvien a opcions alternatives amb mode aeri (Canvi a una altra opció aèria).

La Taula 9 resumeix els valors del temps de viatge emprats en els nostres càlculs. Assumim que tots els passatgers tenen l'origen i acaben en un punt fix de cada ciutat, escollit com a lloc representatiu del "centre de la ciutat" (per exemple, la plaça Catalunya de Barcelona i la Puerta de Sol a Madrid) i han d'accedir (Access) i retornar (Egress) de l'aeroport o de l'estació de TAV mitjançant transport públic o privat (Dobruszkes, 2011). El temps total de viatge té sis components: espera, accés des del centre, temps de processament, viatge, temps d'espera i temps de retorn al centre.

$$Travel\ Time = Waiting + Access + Lead\ Time + Trip + Waiting + Egress$$

Els temps d'espera es refereixen al temps d'espera al punt de transport públic (per exemple, la parada d'autobusos o l'estació de metro), durant les etapes d'accés i retorn (Figura 9). S'ha calculat com la meitat de la freqüència màxima del servei de transport públic corresponent. Les hores d'accés i retorn fan referència al temps que de viatge entre el centre de la ciutat i

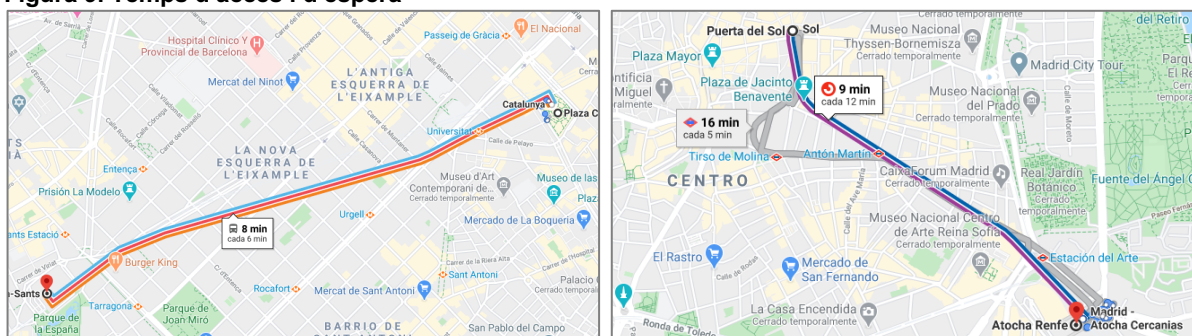
l'aeroport o l'estació de TAV. Les dades s'obtenen de Google Maps mitjançant condicions de tràfic mitjanes.

Taula 9. Temps de viatge.

Ciutat	Punt - Centre	TAV a BCN més ràpid (hh:mm)	Access/retorn estació tren (min)	Access/retorn aeroport (min)
Paris/BVA	Garde du Nord	06:38	12	75
Paris/CDG	Garde du Nord	06:38	12	30
Lió	Palais de la Burse	05:00	10	25
Marsella	Vieux-Port	04:57	8	19
Paris/ORY	Garde du Nord	06:38	12	46
Tolosa	Place du Capitole	03:16	13	24
Màlaga	Pl. de la Constitución	05:56	8	36
Alacant	Plaza de los Luceros	04:22	4	27
Bilbao	Plaza Moyúa	06:34	5	21
S. Sebastià	Catedral	05:33	4	37
Granada	Gran Vía	06:20	11	37
Lleó	Catedral	05:44	8	17
Madrid	Puerta de Sol	02:30	9	30
Burgos	Plaza de España	05:37	10	13
Sevilla	Pl. de San Agustín	05:30	10	45
València	Pl. del Ayuntamiento	02:35	4	28
Valladolid	Catedral	04:20	13	38
Barcelona	Plaza Catalunya		8	39

Font: Renfe, Google Maps.

Figura 9. Temps d'accés i d'espera



Font: Elaboració pròpia.

Els passatgers han d'arribar sempre amb el temps suficient per comprovar els seus vols i passar per seguretat. Així doncs, assumim un temps de processament (Lead Time) de 60 minuts pels vols de sortida (30 minuts pel Pont Aeri) i 15 minuts pels serveis TAV. Pels vols, els temps de viatge s'obtenen d'OAG. Pel TAV, sempre considerem el servei més ràpid disponible entre les ciutats, per tal de reflectir una situació d'inversió creixent en els corredors.

En tercer lloc, hem de considerar la important disrupció en l'estructura i la competència del mercat, ja que les quotes de mercat de totes les companyies aèries i l'operador TAV poden canviar significativament. Pels mercats més importants des de Barcelona (Madrid, Sevilla,

València, Màlaga i Alacant), calculem les quotes de mercat basades en la demanda tenint en compte el nombre de passatgers anuals de cada opció de viatge, fent servir dades públiques d'AENA i dades internes de RENFE. Els canvis anuals en les quotes de mercat també afecten el nivell de concentració de l'escenari de post-racionalització. La concentració es mesura amb l'Índex d'Hirschman-Herfindahl (HHI) de manera específica per a cada ruta. El HHI es calcula com la suma de les quotes de mercat al quadrat de totes les companyies aèries i l'operador TAV que operen la ruta. L'HHI oscil·la entre 0 i 10.000, el 0 indica un mercat perfectament competitiu i el 10.000 denota una situació de monopoli. Com més alt és l'HHI, més concentrat és el mercat, que normalment s'interpreta com una situació menys competitiva.

Finalment, tenint en compte que les operacions de TAV estan certificades com a zero emissions des del 2019 (RENFE, 2018), l'impacte ambiental de les prohibicions de vol es mesura per les emissions de CO₂ associades als mateixos. Per a això, utilitzem la calculadora d'emissions de carboni de l'Organització per l'Aviació Civil Internacional (OACI, 2016).

Les mètriques s'anualitzen multiplicant per 52 els resultats de la setmana de la nostra mostra.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

3.1. Resultats generals

Els resultats anuals de les quinze rutes seleccionades es resumeixen a la Taula 10. En total, entorn a 9,4 milions de passatgers anuals van fer ús d'aquestes rutes potencialment substituïbles el 2019. Amb només un 5% de restricció en la quota de connexions, el trànsit de passatgers aeri es veuria reduït en un 16,2%, fins a 7,9 milions de passatgers. En l'escenari més estricte (50%), només hi viatjarien uns 2,1 milions de passatgers (itinerari original + canvi a una altra opció aèria), cosa que implica una reducció de més del 93% del trànsit aeri. Sota els supòsits del nostre model, la gran majoria d'aquests passatgers passarien a opcions de viatge TAV, donant lloc a un augment global de la demanda que oscil·laria entre 1,5 i 7,2 milions per a la xarxes TAV espanyola i francesa. Tenint en compte que l'AVE va transportar 22,4 milions de passatgers durant el 2019 (RENFE, 2020), l'aplicació d'aquestes polítiques de racionalització podria augmentar la demanda dels seus serveis entre el 6,7% i el 35,2%. El fet que aquests canvis modals massius es poguessin demanar només a partir d'una intervenció a BCN és un signe clar que aquestes polítiques haurien de ser introduïdes gradualment per permetre que les inversions necessàries en capacitat de TAV puguin absorbir l'augment de la demanda.

Taula 10. Resum dels resultats per a totes les rutes analitzades (2019)

Indicador	Originals de referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	9.436.312	7.912.734	7.068.606	5.612.337	2.239.453	649.481
Canvi a TAV (pax)	-	1.511.516	2.282.470	3.528.867	6.249.632	7.288.378
Increment de temps amb TAV (%)	-	57%	61%	60%	58%	57%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	12.062	85.236	295.108	947.227	1.498.453
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	5.336	54.852	215.741	667.929	784.030
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-19%	-24%	-21%	-18%	-15%
Vols prohibits	-	9.620	15.600	25.064	47.996	58.656
Estalvi net de CO2 (tones)	-	130.146	200.427	314.945	569.122	703.254

Pel que fa als passatgers que canvien per una altra opció aèria, BCN perdria la major part del trànsit de connexió als mercats afectats, el que suposa un impacte negatiu. En l'escenari més estricte, més de 700 mil passatgers anuals que es connecten actualment a través de BCN deixarien de fer-ho per una connexió alternativa a un altre aeroport hub. Curiosament, aquests passatgers estalviarien temps en relació amb els seus itineraris original de viatge, el que demostra que la xarxa de transport aeri global té algun grau d'ineficiència estructural des del punt de vista que els passatgers poden triar opcions menys atractives des del punt de vista

del temps de viatge però amb preus més baixos, el que pot generar recorreguts més llargs i, en conseqüència, un major impacte de les emissions de CO₂.

Un altre aspecte a remarcar és l'augment substancial del temps de viatge experimentat pels passatgers que canvien a TAV. Independentment de l'escenari, trigaran, de mitjana, entre un 54% i un 57% més de temps a arribar a les seves destinacions. Això representa entre una i tres hores addicionals, depenent de la ruta, que pot ser acceptable per a un viatger de lleure, però obre preguntes pels viatges de negocis i que comportarà un cost econòmic.

D'altra banda, l'estalvi previst d'emissions de CO₂ amb els diversos vols prohibits, que oscil·larien entre els 9,6 i els 58,6 milers, oscil·laria entre les 130 i les 703 milers de tones anuals de CO₂.

3.1.1. La ruta Barcelona-Madrid

Els resultats anuals de la ruta a Madrid es resumeixen a la Taula 11, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat de vols individuals prohibits per a la setmana de mostra (Taules A1 i A2).

En total, gairebé 2,6 milions de passatgers van volar entre Barcelona i Madrid el 2019, volum que converteix a la ruta en la més transitada de totes les de la mostra. No obstant això, en l'escenari d'origen, l'opció TAV es la que té la quota de mercat més elevada amb el 63,2% del trànsit. La introducció del primer nivell de racionalització (5%) reduiria el trànsit aeri a 2,4 milions (un 6,3% menys). En l'escenari més estricte, només 1,04 milions de passatgers seguirien volant (una reducció del 59,6%). A causa dels relativament temps curts d'accés i sortida des del centre de la ciutat, així com els temps de viatge de l'opció TAV, els nostres càlculs indiquen que els viatges en ferrocarril són pràcticament tan ràpids com els viatges aeris (són només un 4% més lents), fent que aquests vols siguin candidats ideals per a la racionalització.

Des d'una perspectiva de competència, la introducció d'un límit de connectivitat del 5% augmentarà la concentració al mercat. Iberia capturaria més passatgers a causa de la seva capacitat d'operar més vols de connexió des del seu hub. En canvi, Air Europa i Vueling, que centren les seves activitats en els passatgers OD, perdrien vols i quota de mercat. Dit això, a mesura que augmenta el llindar de connectivitat, l'opció TAV augmenta la seva quota de mercat fins al màxim del 84,3%. Amb un augment de HHI de 2.570 punts, això planteja preocupacions des del punt de vista de la competència que haurien de ser ateses per les autoritats competents.

Taula 11. Resum dels resultats: ruta a Madrid (2019)

Companyia \ Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Iberia	25,7%	26,4%	25,3%	21,8%	14,0%	8,9%
Air Europa	4,2%	3,0%	3,1%	2,9%	2,7%	2,5%
Vueling	6,9%	5,1%	4,1%	4,1%	3,3%	3,9%
HSR	63,2%	65,4%	67,5%	71,2%	79,9%	84,7%
HHI	4.721	5.010	5.222	5.564	6.600	7.275
Itinerari original (pax)	2.575.836	2.414.803	2.249.544	1.950.302	1.142.339	563.297
Canvi a TAV (pax)	-	155.644	305.740	565.622	1.188.356	1.529.071
Increment de temps amb TAV. (%)	-	4%	4%	4%	4%	4%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	5.389	20.552	59.912	245.142	483.468
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	2.008	6.234	16.589	58.855	76.395
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-23%	-26%	-21%	-16%	-8%
Vols prohibits	-	1.508	2.964	5.304	11.232	14.820
Estalvi net de CO2 (tones)	-	10.081	20.426	39.158	89.737	125.985

En conjunt, la demanda addicional de l'AVE Madrid-Barcelona per al dos sentits de la ruta oscil·laria entre els 155 mil i els 1,5 milions de passatgers anuals, cosa que suposa un augment de la demanda de TAV en aquesta ruta (respecte a un nivell de base de 4,4 milions de passatgers pel 2019) d'entre. 3,5% i 34%, respectivament. La proporció de passatgers que canvien a altres opcions aèries augmenta també amb el llindar regulatori (a mesura que més passatgers que connecten perden les seves freqüències viables de feeding i onward), però BCN conservaria la majoria d'ells, ja que els passatgers que canvien d'opció d'aeroport de connexió són una minoria de tots els passatgers que canvien d'opció aèria. Amb un número de vols prohibits que oscil·larien entre 1,5 i 14,8 mil, els estalvis previstos en emissions de CO2 oscil·len entre les 10 i les 125 mil tones anuals. Aquest valor és inferior que a d'altres rutes estudiades a causa de la curta distància de viatge entre les ciutats (480 km).

3.1.2. La ruta Barcelona-Paris

Els resultats anuals de la ruta de París (inclosos CDG i ORY) es resumeixen a la Taula 12, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat dels vols prohibits per a la setmana de mostra (Taules B1 i B2).

En total, el 2019 van volar poc més de 2,5 milions de passatgers entre Barcelona i París, cosa que el converteix en la segona ruta amb més passatgers de la nostra mostra. La introducció del primer nivell de racionalització (5%) reduiria els passatgers aeris fins a 2 milions (una reducció del 18,5%). En l'escenari més estricte, només 500 mil passatgers anuals utilitzarien la via aèria. Els vols entre Barcelona i Orly (ORY), caracteritzats pel transit punt a punt de baix

cost, són menys resistents a l'augment del llindar de connectivitat i cap seguiria essent viable al nivell del 50% (vegeu l'apèndix).

En relació amb els temps de viatge, la substitució dels vols pel ferrocarril en aquesta ruta obligaria als viatgers a augmentar el seu temps de viatge a entorn el 77%, el que podria ser un temps de viatge excessiu per a determinats viatgers. Així, és probable que les companyies aèries aprofitessin la capacitat de places limitada i ajustessin les seves tarifes per satisfer el segment de negocis, impulsant el viatger de lleure cap al TAV més lent i (presumiblement) més assequible. Segons els nostres supòsits, la demanda bidireccional addicional dels serveis TAV entre Barcelona i París oscil·laria entre els 467 mil i els 2 milions de passatgers anuals, cosa que suposaria un augment substancial de la demanda de TAV en la ruta. Això no es pot aconseguir de forma realista a curt termini i requeriria d'un augment substancial de la capacitat a llarg termini.

Amb la prohibició dels diversos vols, que oscil·len entre els 3,2 i els 15,9 milers, l'estalvi previst en les emissions de CO₂ oscil·la entre 47,2 i 243 mil tones anuals, amb diferència la ruta amb més potencial de reducció d'emissions.

Taula 12. Resum dels resultats: ruta París (inclou CDG i ORY), 2019.

Companyia \ Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	2.525.709	2.053.137	1.614.730	1.363.815	981.195	86.184
Canvi a TAV (pax)	-	467.614	872.747	1.088.553	1.395.750	2.013.863
Increment de temps amb TAV (%)	-	78%	77%	77%	77%	78%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	4.959	38.232	73.340	148.764	425.662
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	2.281	28.910	64.514	121.094	179.012
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-9%	-21%	-22%	-21%	-18%
Vols prohibits	-	3.224	6.188	7.436	9.932	15.964
Estalvi net de CO₂ (tones)	-	47.210	91.007	116.073	154.297	243.709

3.1.3. La ruta Barcelona-Sevilla

Els resultats anuals per a la ruta de Sevilla es resumeixen a la Taula 13, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat de vols prohibits per a la setmana de mostra (Taula C1).

Amb una quota modal del 16,6%, l'opció TAV és clarament una opció de viatge secundària entre Barcelona i Sevilla, dues ciutats que són a més de 800 km de distància. Del milió de viatgers aeris anuals, la introducció del primer nivell de racionalització (5%) deixaria uns 700 mil passatgers aeris (una reducció del 30%). En l'escenari més estricte, no existiria trànsit aeri

directe entre les ciutats i 125 mil passatgers anuals utilitzarien un itinerari aeri alternatiu, majoritàriament.

Taula 13. Resum dels resultats: ruta a Sevilla (2019)

Companyia \ Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Vueling	59,1%	59,5%	57,9%	44,1%	21,3%	0,0%
Ryanair	24,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HSR	16,6%	40,5%	42,1%	55,9%	78,7%	100,0%
HHI	4.362	5.179	5.126	5.070	6.643	10.000
Itinerari original (pax)	1.046.065	701.925	677.020	444.534	37.715	0
Canvi a TAV (pax)	-	344.140	366.185	565.127	891.869	920.528
Increment de temps amb TAV (%)	-	49%	49%	50%	51%	51%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	2.860	36.404	116.481	125.537
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	2.681	32.948	108.855	118.566
Increment de temps amb aeri. (%)	-	0%	-21%	-22%	-19%	-18%
Vols prohibits	-	1.664	1.768	3.016	5.512	5.720
Estalvi net de CO2 (tones)	-	31.282	33.546	54.679	91.659	95.087

Els vols de Ryanair són molt menys resistents que els de Vueling i s'esvaeixen amb el llindar regulador inferior a favor de l'opció de viatge TAV. Vueling podria ser una alternativa competitiva al TAV per als tres primers escenaris (5%, 10%, 15%). Tanmateix, quan el nivell mínim de connexions s'eleva fins al 30% o superior, el TAV comença a dominar i al 50% aquest operaria la ruta en monopoli. En relació amb els temps de viatge, la substitució del mode aeri pel ferrocarril obligaria als viatgers a invertir vora d'un 50% més de temps de viatge.

La demanda addicional de serveis de TAV entre Barcelona i Sevilla oscil·laria entre els 344 mil i 920 mil passatgers anuals, el que suposa un augment de la demanda de TAV a la ruta (respecte a un nivell inicial de 208 mil passatgers) d'entre el 144% i 386%, respectivament. De nou, caldria una planificació i inversió acurades per proporcionar aquesta capacitat addicional a llarg termini.

El nombre de vols prohibits oscil·laria entre 1,6 i 15,9 mil, mentre que els estalvis previstos en emissions de CO2 oscil·larien entre els 31 i els 95 milers de tones anuals, els valors més grans de totes les rutes nacionals.

3.1.4. La ruta Barcelona-València

Els resultats anuals per a la ruta a València es resumeixen a la Taula 14, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat dels vols prohibits per a la setmana de mostra (Taula D1).

Clarament el TAV domina la ruta amb una quota de mercat de base superior al 90%. De fet, es tracte d'un mercat de mida petita on només 85 mil trien l'avió. D'aquests, uns 58 mil es transferirien a TAV si es suprimissin tots els vols amb el llinar de connectivitat més elevat (un 6% més respecte la demanda actual de TAV). Pel que fa als temps de viatge, la substitució dels vols pel ferrocarril no afectaria els temps de viatge, el que converteix la ruta en un altre candidat ideal per a la racionalització. Amb un número de vols prohibits que oscil·laria entre 104 i 1.040 mil, l'estalvi anual previst en les emissions de CO2 oscil·laria entre 0,3 i 5,6 milers de tones, els valors més petits de totes les rutes.

Taula 14. Resum dels resultats: ruta a Valencia (2019)

Companyia \ Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Vueling	4,5%	4,8%	5,1%	5,4%	5,3%	0,0%
Iberia	3,0%	2,4%	1,7%	0,9%	0,0%	0,0%
HSR	92,4%	92,8%	93,3%	93,7%	94,7%	100,0%
HHI	8,576	8,649	8,725	8,802	9,001	10,000
Itinerari original (pax)	85,465	81,267	76,503	71,787	56.222	0
Canvi a TAV (pax)	-	4,151	8,301	12,452	23.442	57.495
Increment de temps amb TAV (%)	-	0%	0%	0%	0%	1%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	47	660	1,226	5.801	27.970
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	47	566	1,132	5566	27.262
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-38%	-18%	-19%	-24%	-32%
Vols prohibits	-	104	208	312	520	1.040
Estalvi net de CO2 (tones)	-	274	584	892	1.907	5.572

3.1.5. La ruta Barcelona-Màlaga

Els resultats anuals de la ruta de Màlaga es resumeixen a la Taula 15, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat de vols prohibits per a la setmana de mostra (Taules E1 i E2).

Dels 846 mil viatgers aeris anuals, la introducció del primer nivell de racionalització (5%) en quedarien uns 653 mil passatgers (una reducció del 23%). En l'escenari més estricte, no existiria trànsit aeri entre les ciutats i 104 mil passatgers anuals utilitzarien un itinerari aeri indirecte alternatiu, evitant majoritàriament BCN com a punt de connexió.

Amb una quota més alta de connexions, Vueling podria mantenir la majoria dels seus vols, a diferència de Ryanair. Tanmateix, quan el llinar regulador s'eleva al 30% o superior, el TAV esdevé un monopoli. En aquesta ruta, el temps de viatge augmenta al voltant d'un 66%. La demanda addicional dels serveis de l'AVE entre Barcelona i Màlaga oscil·laria entre els 193 mil i els 742 mil passatgers anuals, el que suposa un augment del trànsit TAV a la ruta d'entre el 180% i 691%, respectivament. Una vegada més, això no es pot aconseguir a curt termini i

requeriria d'un augment substancial de la capacitat a llarg termini. L'estalvi previst en les emissions de CO2 oscil·laria entre 16.7 i 73.4 mil tones anuals.

Taula 15. Resum dels resultats: ruta a Màlaga route (2019)

Companyia \ Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Vueling	70.5%	67.9%	67.9%	53.6%	0.0%	0.0%
Ryanair	18.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
HSR	11.4%	32.1%	32.1%	46.4%	100.0%	100.0%
HHI	5,425	5,642	5,642	5,026	10,000	10,000
Itinerari original (pax)	846,899	653,157	653,157	495,356	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	193,742	193,742	328,008	742,498	742,498
Increment de temps amb TAV (%)	-	65%	65%	66%	67%	67%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	23,535	104,401	104,401
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	20,012	94,701	94,701
Increment de temps amb aeri. (%)	-	0%	0%	-28%	-22%	-22%
Vols prohibits	-	1,040	1,040	1,924	5,096	5,096
Estalvi net de CO2 (tones)	-	16.797	16.797	30.479	73.426	73.426

3.1.6. La ruta Barcelona-Alacant

Els resultats anuals de la ruta d'Alacant es resumeixen a la Taula 16, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat de vols prohibits per a la setmana de mostra (Taules E1 i E2).

Taula 16. Resum dels resultats: ruta a Alacant (2019)

Companyia \ Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Vueling	62,0%	62,0%	62,0%	55,6%	0,0%	0,0%
HSR	38,0%	38,0%	38,0%	44,4%	100,0%	100,0%
HHI	5.290	5.290	5.290	5.062	10.000	10.000
Itinerari original (pax)	450.720	450.720	450.720	397.001	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	0	46.920	363.161	363.161
Increment de temps amb TAV (%)	-	0%	0%	51%	51%	51%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	6.799	87.559	87.559
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	5.865	70.587	70.587
Increment de temps amb aeri. (%)	-	0%	0%	-23%	-22%	-22%
Vols prohibits	-	0	0	416	3.224	3.224
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	0	3.078	25.826	25.826

Ni els llinars reguladors del 5% o del 10% tindrien cap impacte en els vols d'Alacant, donades les proporcions de passatgers de connexió. D'altra banda, en els dos escenaris més estrictes (30% i 50%), no existiria trànsit aeri entre les ciutats i 88 mil passatgers anuals utilitzarien un itinerari aeri indirecte alternatiu, evitant majoritàriament BCN com a punt de connexió. Vueling preservaria la majoria dels vols i una quota de mercat dominant per sota del límit regulador del 30%. Per sobre d'aquest nivell, el TAV es convertiria en un monopoli. Els temps de viatge

pels passatgers OD augmentaria un 51% en aquesta ruta. La demanda bidireccional addicional dels serveis de TAV entre Barcelona i Alacant oscil·laria entre els 47 mil i els 363 mil passatgers anuals, el que suposaria un augment del trànsit TAV a la ruta d'entre el 17% i el 131%, respectivament. Novament, només una important inversió en capacitat podria donar lloc a aquest creixement substancial a llarg termini. L'estalvi d'emissions de CO₂ projectat oscil·laria entre 3 mil i 25,8 mil tones anuals.

3.1.7. Altres rutes

Els resultats anuals per a les altres rutes es resumeixen a la Taula 17, mentre que a l'Apèndix es mostra un esquema detallat de vols prohibits per a la setmana de mostra (taules E1 i E2). Es tracta de Bilbao, Sant Sebastià, Granada, Lleó, Lió, Marsella, Burgos, Valladolid i Tolosa. En resum, l'augment de la demanda ferroviària d'aquests mercats pujaria a 1,6 milions de passatgers anuals a l'escenari del 50%, amb un estalvi d'emissions de CO₂ d'entre 24 mil i 133 mil de tones. Tot i així, és important destacar els increments substancials en els temps de viatge (fins al 83%), cosa que podria comprometre l'accessibilitat dels visitants d'aquestes ciutats a Barcelona per raons de negoci. Per exemple, per sobre del límit del 30%, BCN no tindria connexions regulars per via aèria amb el País Basc.

Taula 17. Resum dels resultats: Altres rutes (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	1.905.618	1.557.725	1.346.931	889.541	21.982	0
Canvi a TAV (pax)	-	346.226	535.755	922.186	1.644.556	1.661.763
Increment de temps amb TAV (%)	-	55%	73%	79%	83%	83%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	1.668	22.932	93.891	239.079	243.855
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	1.001	16.461	74.681	208.272	217.506
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-32%	-30%	-19%	-13%	-14%
Vols prohibits	-	2.080	3.432	6.656	12.480	12.792
Estalvi net de CO₂ (tones)	-	24.502	38.066	70.586	132.270	133.648

Taula 18. Resum dels resultats: ruta a Bilbao (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	620.498	601.353	401.636	226.400	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	17.477	196.716	346.537	534.848	534.848
Increment de temps amb TAV (%)	-	123%	123%	123%	123%	123%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	1.668	22.146	47.561	85.650	85.650
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	1.001	15.676	33.220	63.904	63.904
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-36%	-30%	-28%	-23%	-23%
Vols prohibits	-	104	1.144	1.976	3.016	3.016
Estalvi net de CO₂ (tones)	-	1.187	13.569	24.434	38.471	38.471

Taula 19. Resum dels resultats: ruta a San Sebastià (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	127.280	127.280	127.280	83.502	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	0	38.515	107.788	107.788
Increment de temps amb TAV (%)	-	-	-	78%	78%	78%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	5.263	19.492	19.492
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	4.717	19.492	19.492
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	7%	4%	4%
Vols prohibits	-	0	0	520	1.456	1.456
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	0	2.924	8.502	8.502

Taula 20. Resum dels resultats: ruta a Granada (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	492.258	492.258	492.258	405.296	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	0	77.405	425.096	425.096
Increment de temps amb TAV (%)	-	-	-	86%	86%	86%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	9.557	67.162	67.162
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	6.125	65.525	65.525
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	-5%	5%	5%
Vols prohibits	-	0	0	520	2.912	2.912
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	0	7.027	39.774	39.774

Taula 21. Resum dels resultats: ruta a Lleó (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	34.783	34.783	34.783	14.969	3.622	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	0	17.282	23.043	28.891
Increment de temps amb TAV (%)	-	-	-	90%	90%	90%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	2.531	8.117	5.892
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	2.400	3.448	5.717
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	9%	2%	2%
Vols prohibits	-	0	0	312	416	520
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	0	2.586	4.066	4.539

Taula 22. Resum dels resultats: ruta a Lió (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	303.163	90.887	90.887	26.418	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	212.276	212.276	266.095	287.602	287.602
Increment de temps amb TAV (%)	-	62%	62%	62%	63%	63%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	10.650	15.561	15.561
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	9.926	14.372	14.372
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	-22%	-25%	-25%
Vols prohibits	-	1.248	1.248	1.768	1.976	1.976
Estalvi net de CO2 (tones)	-	14.859	14.859	19.372	21.221	21.221

Taula 23. Resum dels resultats: ruta a Marsella (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	115.186	115.186	115.186	101.215	6.658	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	0	12.515	87.390	91.719
Increment de temps amb TAV (%)	-	-	-	78%	78%	78%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	1.455	21.138	23.467
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	1.419	19.610	21.938
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	-16%	-29%	-31%
Vols prohibits	-	0	0	104	1.040	1.144
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	0	746	5.795	6.151

Taula 24. Resum dels resultats: ruta a Burgo (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	11.076	11.076	0	0	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	10.291	10.291	10.291	10.291
Increment de temps amb TAV (%)	-	-	105%	105%	105%	105%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	785	785	785	785
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	785	785	785	785
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	-	-	-
Vols prohibits	-	0	312	312	312	312
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	1.182	1.182	1.182	1.182

Taula 25. Resum dels resultats: ruta a Toulouse (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	31.741	31.741	31.741	31.741	11.702	0
Canvi a TAV (pax)	-	0	0	0	14.955	21.983
Increment de temps amb TAV (%)	-	-	-	-	29%	29%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	0	5.085	9.758
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	0	5.047	9.683
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	-	-34%	-36%
Vols prohibits	-	0	0	0	208	312
Estalvi net de CO2 (tones)	-	0	0	0	942	1.492

Taula 26. Resum dels resultats: ruta a Valladolid (2019)

Escenari	Referència	5%	10%	15%	30%	50%
Itinerari original (pax)	169.633	53.160	53.160	0	0	0
Canvi a TAV (pax)	-	116.473	116.473	153.544	153.544	153.544
Increment de temps amb TAV (%)	-	36%	36%	36%	36%	37%
Canvi a una altra opció aèria (pax)	-	0	0	16.089	16.089	16.089
Tràfic de connexió perdut a BCN (pax)	-	0	0	16.089	16.089	16.089
Increment de temps amb aeri. (%)	-	-	-	-9%	-9%	-9%
Vols prohibits	-	728	728	1.144	1.144	1.144
Estalvi net de CO2 (tones)	-	8.456	8.456	12.315	12.315	12.315

3.2. Aspectes i limitacions a considerar per a la implementació.

Tot i que els aspectes d'implementació queden fora de l'abast d'aquest estudi, seguidament es realitzen una sèrie de consideracions que es consideren importants.

Potser la conclusió principal dels resultats anteriors és que un enfocament general i uniforme (blanket approach) per implementar aquestes prohibicions de vol (és a dir, intervenir en totes les rutes amb el mateix llindar de connectivitat) pot ser menys adequat que un enfocament dirigit i específic (és a dir, iniciar la implementació per les rutes més adequades) podent tenir proves pilot i proves de concepte. De fet, les rutes a Madrid i a València són les que tenen menys impacte en els temps de viatges i tenen més capacitat per absorbir la demanda ferroviària addicional. Així, aquestes podrien ser les primeres rutes objectiu i, si la implementació pilot tingués èxit, es podrien incloure gradualment els llindars de connectivitat a les altres rutes.

Una forma d'implementar la normativa de connectivitat podria ser exigint que les companyies aèries que serveixen freqüències de curt radi bloquegin una proporció dels seus seients per a viatgers indirectes que vagin o vinguin de destinacions de mig i llarg recorregut. Aquest requisit permetria a les companyies aèries decidir quins vols mantenir i quins eliminar en funció dels seus propis criteris de maximització de beneficis i estratègies de gestió dels ingressos. Els vols de curt radi sense bona connectivitat tendirien a desaparèixer amb el pas del temps, ja que les companyies aèries es podrien veure obligades a operar amb seients buits, el que augmentaria els preus i simultàniament faria decreixer la demanda. Si bé aquesta política pot ser potencialment implementada per a les companyies aèries de xarxa (i les seves respectives aliances) en els seus hubs principals, així com en el context dels acords de codis compartits, planteja preguntes importants sobre la seva possible implementació a les companyies aèries de baix cost.

En aquest sentit, convé recordar que els vols de connexió són principalment un concepte relacionat amb la demanda (és a dir, depèn de l'elecció del passatger). Això planteja una pregunta important. Podria, la capacitat d'operar vols de curt radi, dependre de l'habilitat d'una companyia aèria d'alimentar passatgers de connexió a una altra companyia, possiblement competidora, del mateix aeroport? Aquests incentius podrien potencialment portar a les companyies aèries dominants de llarg radi a realitzar pràctiques d'exclusió per evitar que els operadors no aliats accedeixin als slots adequats per alimentar els passatgers a les seves freqüències de llarg recorregut a costa dels seus propis vols de curta distància. De fet, si es vol assegurar un nivell suficient de competència, semblaria necessari implementar algun grau

de supervisió reguladora per assegurar un accés just i no discriminatori als slots per a freqüències que alimentin els vols de llarg recorregut.

A més a més, tenint en compte que les companyies aèries són conscients de la seva capacitat d'afectar l'elecció del passatger mitjançant els preus, aquestes podrien potencialment utilitzar aquesta habilitat per distribuir els seus passatgers de connexió de manera més uniforme entre els seus diversos vols diaris, per exemple, oferint descomptes més importants per a connexions més llargues amb l'objectiu de maximitzar el nombre de vols de curt radi que se'ls permeti operar. Alternativament, les companyies també podrien limitar als seus sistemes de reserva el nombre de seients de connexió disponibles a cada vol. Això repartiria els passatgers de connexió i reduiria l'impacte de l'estratègia de racionalització.

En els aeroports amb freqüències de llarg recorregut fortament dependents de l'alimentació de curt radi i sense una bona intermodalitat, hi podrien haver implicacions pel desenvolupament de rutes de llarg radi si les freqüències d'alimentació es redueixen significativament per les prohibicions de vol. Per altra banda, si es proposés un nou vol en un horari en el que no hi ha cap connexió de llarg recorregut a l'aeroport, podria aparèixer un problema tipus "ou o gallina": la freqüència de llarg radi podria requerir d'alimentació de curta radi per ser viable comercialment, però aquests vols de curt radi podrien haver estat prohibits anteriorment per la falta de passatgers de connexió que utilitzarien el vol de llarg radi.

Finalment, en situacions extremes, la manca de freqüències de mig o llarg recorregut en determinats moments podria generar hores "fantasma" en determinats aeroports. En funció de la seva mida i la seva dependència dels hubs, això podria provocar la desaparició de l'activitat en els aeroports més petits o generar problemes d'utilització eficient de la capacitat de l'aeroport. Al cap i a la fi, és clar que una racionalització dels vols de curta durada conduiria inevitablement a la racionalització de la infraestructura aeroportuària, particularment a un país com Espanya, amb molts aeroports petits i regionals molt dependents de les connexions OD a Madrid i Barcelona..

4. SUMARI I CONCLUSIONS

Aquest estudi proporciona una anàlisi quantitativa de l'impacte potencial d'una racionalització de vols de curta distància a l'Aeroport de Barcelona i la seva substitució per freqüències ferroviàries d'alta velocitat. En particular, pretenem estimar a) l'augment de la demanda de serveis ferroviaris a cada mercat i b) l'estalvi potencial d'emissions de CO₂ com a conseqüència d'aquest canvi modal. En aquest estudi s'analitzen un total de quinze rutes, aquelles que tenen un temps de viatge inferior de set hores amb tren.

Utilitzant un mètode basat tant en horaris com en dades de reserves de viatgers, simulem cinc escenaris diferents de racionalització de vols, suposant que els vols individuals han de servir una proporció mínima de passatgers que connecten (5%, 10%, 15%, 30% o 50%). Això es fa amb l'objectiu de protegir la connectivitat de llarg radi de l'aeroport, per la qual les rutes de curt radi tenen un paper clau en la facilitació dels fluxos de tràfic d'alimentació (feeding) i de tràfic cap endavant (onward). Els resultats de les principals rutes es resumeixen a les Taules 27 i 28.

Taula 27. Resum dels passatgers que canviaria del mode aeri al TAV per ruta i escenari (2019).

Ruta \ Escenari	5%	10%	15%	30%	50%
Madrid	155.644	305.740	565.622	1.188.356	1.529.071
Paris	467.614	872.747	1.088.553	1.395.750	2.013.863
Sevilla	344.140	366.185	565.127	891.869	920.528
Màlaga	193.742	193.742	328.008	742.498	742.498
Valencia	4.151	8.301	12.452	23.442	57.495
Alacant	0	0	46.920	363.161	363.161
Altres	346.226	535.755	922.186	1.644.556	1.661.763
Total canvi modal (pax)	1.511.516	2.282.470	3.528.867	6.249.632	7.288.378

Taula 28. Resum de la reducció d'emissions de CO₂ per ruta i escenari (2019).

Ruta \ Escenari	5%	10%	15%	30%	50%
Madrid	10.081	20.426	39.158	89.737	125.985
Paris	47.210	91.007	116.073	154.297	243.709
Sevilla	31.282	33.546	54.679	91.659	95.087
Màlaga	16.797	16.797	30.479	73.426	73.426
Valencia	274	584	892	1.907	5.572
Alacant	0	0	3.078	25.826	25.826
Altres	24.502	38.066	70.586	132.270	133.648
Reducció total CO₂ (tones)	130.146	200.427	314.945	569.122	703.254

L'augment global estimat de la demanda ferroviària oscil·laria entre 1,5 i 7,2 milions de passatgers anuals a les xarxes d'alta velocitat espanyoles i franceses, cosa que suposa un augment d'entre el 6,7% i el 35,2% respecte als nivells de trànsit actuals. Per tant, aquestes

polítiques s'han d'implementar gradualment per permetre que les inversions requerides de capacitat puguin absorbir l'increment de la demanda.

L'estalvi anual previst en les emissions de CO2 oscil·la entre les 130 mil i 703 mil tones, amb els majors estalvis a les rutes a Madrid, París i Sevilla. D'altra banda, els passatgers trigarien entre un 54% i un 57% més de temps a arribar a les seves destinacions (1-3 hores), el que pot comportar un cost econòmic. Dit això, amb les velocitats actuals de servei, només es poden canviar les rutes a Madrid i València a ferrocarril d'alta velocitat sense un augment significatiu dels temps de viatge. A més, cal esmentar les inquietuds sobre la competència derivades de l'augment del domini del ferrocarril d'alta velocitat en els mercats escollits, particularment en els escenaris de racionalització més estrictes (30% i 50%).

Un enfocament general per implementar aquestes prohibicions de vol (amb llindars de connectivitat uniformes) pot ser menys eficient que un enfocament objectiu (llindars específics per rutes concretes). Atès el menor impacte en els temps de viatge a les rutes de Madrid i València, aquestes podrien ser les primers on intentar aplicar les mesures de racionalització. Posteriorment, es podrien incloure progressivament altres rutes. Pel que fa a la implementació pràctica de les prohibicions de vols, les companyies aèries es podrien veure obligades a reservar una proporció de la seva capacitat per connectar vols, però això requeriria una vigilància normativa minuciosa per garantir un accés just i no discriminatori a les franges horàries que afavoreixin aquesta connectivitat. També es plantegen preguntes sobre el paper de les companyies de baix cost, model de negoci tradicionalment basat en viatges punt a punt amb una connectivitat de vols limitada.

Les nostres conclusions han de ser tingudes en compte amb precaució, donades les limitacions del nostre enfoc. Per exemple, no modelem el comportament dels viatges, que es pot veure afectat per les tarifes aèries i altres factors, com ara el desenvolupament d'alternatives de teletreball, que poden motivar als viatgers de negocis a evitar viatges. D'altra banda, al no integrar els horaris ferroviaris d'alta velocitat en el nostre algorisme de simulació, tampoc som capaços de modelitzar els itineraris intermodals de viatges (ferrocarril + vol) amb prou detall, cosa que ens permetria analitzar escenaris de prohibicions de vols totals en el rutes amb els nivells de connectivitat més alts.

REFERÈNCIES

- Ajuntament de Barcelona. 2020. ELS GRANS EMISSORS: Racionalització dels vols amb alternativa ferroviària. Barcelona Regional. January 2020.
- Albalade, D., Bel, G. and Fageda, X. 2013. Competition and cooperation between high-speed rail and air transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography* 42, 166-174.
- Baumeister, S., 2019. Replacing short-haul flights with land-based transportation modes to reduce greenhouse gas emissions: the case of Finland. *Journal of Cleaner Production* 225, 262-269.
- BBC. 2019. What is flygskam? Greta speaks up about 'flight-shaming'. 19/07/2019. Available at: <https://www.bbc.co.uk/newsround/49032117>
- Bergantino, A., and Madio, L. 2020. Intermodal competition and substitution. HSR versus air transport: Understanding the socio-economic determinants of modal choice. *Research in Transportation Economics* 79 (in press).
- Chen, Z., Wang, Z., and Jiang, H. 2019. Analyzing the heterogeneous impacts of high-speed rail entry on air travel in China: A hierarchical panel regression approach. *Transportation Research Part A* 127, 86-98.
- Dalkic, G., Balaban, O., Tuydes-Yaman, H., and Celikkol-Kocak, T. (2017). An assessment of the CO2 emissions reduction in high speed rail lines: Two case studies from Turkey. *Journal of cleaner production*, 165, 746-761.
- Dobruszkes, F. 2011. High-speed rail and air transport competition in Western Europe: a supply-oriented perspective. *Transport Policy* 18, 870-879.
- EC. 2020. Proposal for a DECISION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on a European Year of Rail (2021). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0078&from=EN>
- El Nacional. 2020. L'equip de Colau evitarà vols de menys de 1.000 km si hi ha tren alternatiu. 14/01/2020. Available at: https://www.elnacional.cat/ca/politica/equip-colau-evitar-vols-tren-alternatiu_460140_102.html
- El Periódico. 2020. Renfe prevé que el AVE robe 3,4 millones de viajeros al avión por la crisis. 31/05/2020. Available at: <https://www.elperiodico.com/es/economia/20200531/renfe-preve-ave-robe-viajeros-avion-tesis-7981598>
- Flightglobal. 2020. French government sets green conditions for Air France bailout. 30/04/2020. <https://www.flightglobal.com/strategy/french-government-sets-green-conditions-for-air-france-bailout/138160.article>
- Grimme, W., Jung, M., and Höhe, L. 2018. Towards more sustainability?—The development of aviation emissions from Germany between 1995 and 2016. In *Proceedings in the 22nd Air Transport Research Society World Conference in Seoul/Korea* <http://www.atrsworld.org/docs/2018officialconferencebook.pdf>.
- ICAO. 2016. ICAO Carbon Emissions Calculator. International Civil Aviation Organization. Available at: <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>

- Janic, M. 2011. Assessing some social and environmental effects of transforming and airport into a real multimodal transport mode. *Transportation research Part D* 16, 137-149.
- Jiménez, J., and Betancor, O. 2012. When trains go faster than planes: the strategic reaction of airlines in Spain. *Transport Policy* 23, 34-41.
- Kroes, E. and Savelberg, F. 2019. Substitution from Air to High-Speed Rail: The Case of Amsterdam Airport. *Transportation Research Record* 2673 (5), 166–174.
- OAG, 2016. Self-Connection: The Rise and Roadblocks of a Growing Travel Booking Strategy. OAG Reports.
- RENFE. 2018. El transporte de viajeros y mercancías de Renfe evita la emisión de 1,8 millones de toneladas de dióxido de carbono en España. Available at: <https://saladeprensa.renfe.com/el-transporte-de-viajeros-y-mercancias-de-renfe-evita-la-emision-de-18-millones-de-toneladas-de-dioxido-de-carbono-en-espana/>
- RENFE. 2020. Renfe superó los 510 millones de viajeros en 2019. 22/01/2020. Available at: <https://saladeprensa.renfe.com/renfe-supero-los-510-millones-de-viajeros-en-2019/>
- Robertson, S. 2013. High-speed rail's potential for the reduction of carbon dioxide emissions from short haul aviation: a longitudinal study of modal substitution from an energy generation and renewable energy perspective. *Transportation Planning and Technology* 36 (5), 395-412.
- Seredynski, A., Rothlauf, F. & Grosche, T., 2014. An airline connection builder using maximum connection lag with greedy parameter selection. *Journal of Air Transport Management*, 36(0), pp. 120-128.
- The Washington Post. 2019. Should short-haul flights be banned? Climate change is a major issue in elections in Europe and Australia. 17/05/2019. <https://www.washingtonpost.com/world/2019/05/17/europe-discusses-banning-short-haul-flights-climate-change-is-suddenly-top-campaign-agendas-worldwide/>
- UBS. 2020. "By train or by plane?" The traveller's dilemma after Covid-19 and amid climate change concerns. UBS Evidence Lab. www.ubs.com/investmentresearch
- Voltes-Dorta, A., Rodríguez-Déniz, H., and Suau-Sanchez, P. 2017. Vulnerability of the European air transport network to major airport closures from the perspective of passenger delays: Ranking the most critical airports. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 96, 119-145.
- VRT.be. 2019. Ban flights Brussels-Amsterdam. 06/03/2019. Available at: <https://www.vrt.be/vrtnws/en/2019/03/06/ban-flights-brussels-amsterdam/>
- Wang, B., O'Sullivan, A., and Schäfer, A. 2019. Assessing the Impact of High-Speed Rail on Domestic Aviation CO2 Emissions in China. *Transportation Research Record* 2673 (3), 176–188.
- Zhang, F., Graham, D., and Wong, M. 2018. Quantifying the substitutability and complementarity between high-speed rail and air transport. *Transportation research Part A* 118, 191-215.

APÈNDIX

Taula A1. Vols de BCN a MAD (1-7 juliol 2019)

BCN-MAD		5%							10%							15%							30%							50%						
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
IB631	06:30	1	1	1	1				1	1	1	1				1	1	1	1				0	1	1	1				0	1	1	1			
VY7010	07:00	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
IB721	07:20	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	0	1	0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0		
IB801	08:00	1	1	1	1	1			1	1	1	0	0			0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			0	0	0	0	0		
IB81	08:00	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB831	08:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY9010	09:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	
IB931	09:30	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	0	1	0	1		
VY9450	09:45	1	1	1	0	1			1	0	1	0	0			1	0	1	0	0			1	0	0	0	0			0	0	0	0	0		
IB1001	10:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
IB101	10:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
IB1101	11:00	1	1	1	1				1	1	1	1				1	1	1	1				1	1	1	1				0	0	0	0			
UX7706	11:50	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
IB1201	12:00	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
UX7702	12:30		1	1		1				1	1		1				1	1		1				1	1		1			1	1		1		1	
IB131	13:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	
IB1331	13:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	
IB1515	15:15	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			0	1	0	0	0			0	0	0	0			
IB1631	16:30	1	1	1	1	1		1	0	1	1	1	1		0	0	1	1	1	1		0	0	0	0	0			0	0	0	0		0	0	
VY1701	17:00	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB173	17:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB1751	17:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
IB1835	18:35		1	1	1	1				1	1	1	1				1	1	1	1			0	0	0	0				0	0	0	0			
IB1931	19:30	1	1	0	1	1			1	1	0	0	1			1	1	0	0	1			0	0	0	0	0			0	0	0	0			
IB2001	20:00		1	1	1		1	1		1	1	1		1	1		1	0	0		1	1		0	0	0		0	0		0	0		0	0	
UX7708	20:30	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
IB2045	20:45	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			0	0	0	0	0			0	0	0	0			
VY2131	21:30	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1		
UX7710	22:50			1							1							1						0						0						
Flights banned		2	5	4	4	2	0	1	5	6	4	7	4	1	4	6	9	8	9	6	4	5	14	18	20	18	15	6	9	22	23	25	23	21	10	11

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Taula A2. Vols de MAD to BCN (1-7 juliol 2019)

MAD-BCN		5%							10%							15%							30%							50%							
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
IB630	06:30	1	1	1	1				1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			0	1	1	1	1			0	1	1	1	1			
VY7000	07:00	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
IB730	07:30	1	1	1	1	1	1			0	1	1	1	1	1		0	1	1	1	1	1		0	1	1	1	1			0	0	0	0	0		
UX7701	07:30	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
VY7460	07:45	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			0	0	0	0	0		
IB80	08:00	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IB800	08:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB830	08:30	1	1	1	1	1				1	1	1	0			1	0	1	0				0	0	0	0				0	0	0	0				
VY9000	09:00	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	0	
IB930	09:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0		
IB110	11:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	
IB1130	11:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
UX7995	12:00		1								1							1						1							1						
IB1316	13:15	1	1	1	1	1		1	0	1	1	1	1	1		1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		1	0	1	0		0		
IB1430	14:30	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		0	1	1	1	1			0	1	0	1	0		
VY1500	15:00	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
UX7703	15:10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IB152	15:30	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB1546	15:45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB1630	16:30		1	1	1	1				1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			0	0	0	0				0	0	0	0			
IB1730	17:30	1	1	0	1	1		1	1	1	0	1	1			1	0	0	0	0	1		1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	
IB1800	18:00		1	1	1	1		1		1	1	1	1		1		1	1	1	1		1		0	0	0		0			0	0	0		0		
IB184	18:45	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
IB1846	18:45	1	1	1	1	1	1		1	0	1	1	0	1		1	0	0	0	0	1		1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	
VY1900	19:00	1	1	1	1	1	1		1	1	0	1	1		1	1	1	1	0	1	1		1	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0		0	
IB2000	20:00	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1	0	0			1	1	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
UX7707	20:30	1	0	1	1	1	1		1	0	1	1	1	1	1		1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0	0	
IB210	21:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB2100	21:00	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	0	0	1	1	1		1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	
IB2146	21:45	1	1	1	1			0	1	1	1	1			0	1	0	0	0			0		0	0	0	0			0	0	0	0			0	
Flights banned		4	2	2	1	1	0	1	11	2	3	4	3	1	2	12	11	10	11	4	3	4	24	19	19	17	13	11	13	26	24	25	25	20	14	16	

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Taula B1. Vols de BCN a Paris (1-7 juliol 2019)

BCN-Paris			5%							10%							15%							30%							50%								
Flight No.	Dest.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S		
AF1449	CDG	06:15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
VY8242	CDG	07:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
AF1149	CDG	10:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
AF1349	CDG	12:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	
U23920	CDG	13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AF1649	CDG	15:15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
VY8244	CDG	16:05	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0		0		
AF1549	CDG	18:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
U23922	CDG	18:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8226	CDG	19:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
VY8248	CDG	20:15	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
AF1249	CDG	20:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
VY8036	ORY	06:00	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY8012	ORY	07:00	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
VY8024	ORY	08:20	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		
TO3231	ORY	09:05	0	0		0	0	0	0		0	0		0	0	0		0	0		0	0	0		0	0		0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	
VY8008	ORY	09:35	1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	1	1		1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	
VY8016	ORY	11:05	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8030	ORY	12:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8018	ORY	14:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8020	ORY	17:35	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8022	ORY	19:20	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8028	ORY	20:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Flights banned			6	5	3	5	5	4	3	9	10	7	9	8	9	7	12	11	8	12	11	9	8	14	15	12	15	14	13	12	23	22	21	23	23	20	21		

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Source:

Taula B2. Vols de Paris a BCN (1-7 juliol 2019)

Paris-BCN			5%							10%							15%							30%							50%						
Flight No.	Origin	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
AF1148	CDG	07:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AF1348	CDG	09:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VY8243	CDG	10:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
AF1648	CDG	12:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
AF1548	CDG	15:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
U23919	CDG	15:40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AF1248	CDG	17:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
VY8245	CDG	18:50	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1			1			0		
U23921	CDG	20:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PK720	CDG	20:50							1							1							1											1			
AF1448	CDG	21:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
PK770	CDG	21:10																																		0	
VY8225	CDG	22:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
VY8249	CDG	23:00	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
TO3230	ORY	06:40	0	0			0	0	0		0	0			0	0	0		0	0			0	0	0	0		0	0	0		0	0	0			
VY8007	ORY	07:10	1	1	1	1	1	1		1	0	0		1	1			1	0	0		0	0		0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	
VY8037	ORY	09:15	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8013	ORY	09:30	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
VY8015	ORY	10:50	1	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		
VY8017	ORY	13:35	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8031	ORY	15:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8019	ORY	16:45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8029	ORY	17:55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8021	ORY	20:05	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY8023	ORY	21:55	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Flights banned			5	4	3	5	6	4	4	9	10	7	9	8	9	8	12	11	8	12	11	9	9	14	15	12	15	14	13	13	23	22	21	23	23	20	22

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Taula C1. Vols de BCN a/des de Sevilla (1-7 juliol 2019)

BCN-SVQ		5%							10%							15%							30%							50%						
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
VY2212	06:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
FR6396	08:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2224	09:10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2216	11:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2226	16:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2268	18:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FR2958	20:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FR6398	21:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2220	22:45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Flights banned		2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	4	5	4	4	5	2	5	8	8	7	8	9	4	9	8	8	8	8	9	5	9

SVQ-BCN		5%							10%							15%							30%							50%						
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
FR6397	06:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2223	06:45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2211	09:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
VY2251	13:45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2221	15:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2227	18:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FR6399	19:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2269	20:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FR2959	23:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flights banned		2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	4	5	4	4	5	2	5	8	8	7	8	9	4	9	8	8	8	8	9	5	9

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Taula D1. Vols de BCN a / des de Valencia (1-7 juliol 2019)

BCN-VLC		5%							10%							15%							30%							50%						
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
IB8836	05:45	1	1	1	0				1	0	1	0				0	0	1	0				0	0	0	0				0	0	0	0			
VY1314	16:35	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	0	1		1	0	0	0	0	0		0
Flights banned		0	0	0	1	0		0	0	1	0	1	0		0	1	1	0	1	0		0	1	1	1	2	0		0	2	2	2	2	1		1

VLC-BCN		5%							10%							15%							30%							50%						
Flight No.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S
IB8835	09:00	1	1	1	0				1	0	1	0				0	0	1	0				0	0	0	0				0	0	0	0			
VY1315	18:05	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	0	1		1	0	0	0	0	0		0
Flights banned		0	0	0	1	0		0	0	1	0	1	0		0	1	1	0	1	0		0	1	1	1	2	0		0	2	2	2	2	1		1

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Taula E1. Vols de BCN a altres ciutats (1-7 juliol 2019)

BCN-Other			5%							10%							15%							30%							50%							
Flight No.	Dest.	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
VY2115	AGP	07:10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2111	AGP	09:10	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			
FR6386	AGP	11:25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2125	AGP	12:05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2123	AGP	15:15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2119	AGP	19:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2113	AGP	21:45	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0			0	0	0	0			0
FR3082	AGP	14:55				0							0							0						0												
FR3080	AGP	19:50						0						0								0		0				0		0				0		0		0
VY1302	ALC	06:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY1312	ALC	08:55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY1306	ALC	14:05	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0			0	0	0	0			0
VY1316	ALC	18:10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY1310	ALC	19:40	1	1			1	1		1	1			1	1		1	1	1		1	1		1	0	0		0	0			0	0		0			0
VY1420	BIO	07:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1		0	1	0	1	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY1432	BIO	08:55	1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0	0			0
VY1428	BIO	11:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY1434	BIO	17:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	0	0	1		1		0	0	0	0	0			0	0	0	0			0
VY1424	BIO	21:45	1	1	1	1	1	1		0	0	0	0	1	1		0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
VY2486	EAS	06:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2488	EAS	16:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2010	GRX	07:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2020	GRX	10:20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2014	GRX	17:10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY2016	GRX	20:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IB8758	LEN	14:10	1			1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1		0	0	1		0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0			0
U24416	LYS	09:00	0			0			0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY1220	LYS	10:35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U24420	LYS	19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U24418	LYS	16:45				0							0								0						0						0				0	0
VY1512	MRS	07:50	1			1			1			1			1		1		1			1		1	0		1		0		0		0		0		0	0
VY1508	MRS	15:55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IB8370	RGS	10:35	1			1			1			0		0		0	0	0		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY9001	TLS	12:40		1			1			1			1			1		1		1		1		1	0		0			1		0		0			0	
VY1584	VLL	10:35	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FR6320	VLL	15:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flights banned			4	3	5	4	5	3	6	7	5	8	5	8	3	7	13	10	16	13	13	9	14	32	28	30	31	32	19	28	32	28	31	31	33	19	29	

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.

Taula E2. Vols d'altres ciutats a BCN (1-7 juliol 2019)

Other-BCN			5%							10%							15%							30%							50%														
Flight No.	Origin	Dep. time	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S								
VY2110	AGP	06:50	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0									
VY2114	AGP	09:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
FR6387	AGP	13:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
VY2124	AGP	14:35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
VY2122	AGP	17:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
VY2112	AGP	19:25	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0					
VY2118	AGP	21:45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
FR3081	AGP	12:40			0			0				0			0					0		0		0			0		0			0		0		0		0		0					
VY1311	ALC	07:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
VY1303	ALC	08:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
VY1307	ALC	12:10	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
VY1313	ALC	17:45	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY1317	ALC	20:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY1431	BIO	07:00	1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY1421	BIO	08:55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1		0	1	0	1	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY1429	BIO	13:20	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		0	0	1	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY1435	BIO	15:25	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	0	0	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY1423	BIO	19:50	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1		0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VY2487	EAS	08:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2489	EAS	18:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2011	GRX	09:50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2021	GRX	12:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2015	GRX	19:15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY2017	GRX	22:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IB8759	LEN	20:15	1		1	1	1	1		1		1	1	1		1	1		0	0	1		0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
U24415	LYS	07:05	0		0			0	0	0	0		0		0	0	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VY1221	LYS	12:40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U24419	LYS	21:00	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
U24417	LYS	14:50					0						0				0				0			0				0			0			0			0			0			0	0	
VY1519	MRS	09:40	1		1			1		1		1		1		1	1		1		1		1	0	0	1		0		0		0		0		0		0		0		0	0	0	
VY1509	MRS	22:25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IB8371	RGS	12:20	1		1			1		0		0		0		0	0		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VY9002	TLS	14:20		1			1			1		1		1		1	1		1		1		1		0		0		0		1		0		0		0		0		0	0	0	0	
VY1585	VLL	12:35	1				1	1	1	1		1		1	1	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FR6321	VLL	17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flights banned			4	3	5	4	5	3	6	7	5	8	5	8	3	7	13	10	16	13	13	9	14	32	28	30	31	32	19	28	32	28	31	31	33	19	29								

Nota: El verd indica que el vol és permès. El vermell indica que el vol és candidat a ser prohibit.