

Treball Fi de Grau

Metodologia per a la situació d'estacions del sistema Bicing a Barcelona

Universitat Autònoma de Barcelona.
Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles.



Autor: David Santirso García

Tutor: Marc Castelló Bueno

Curs 2020-2021

Abstract

En aquest Treball Fi de Grau es proposa una metodologia per a la situació d'estacions del sistema Bicing. Es realitzarà un recorregut per la història del bikesharing, així com s'analitzaran els sistemes de bikesharing existents a les ciutats europees de Londres, París, Madrid i Lisboa. A continuació, es proposarà realitzar en base als diferents sistemes analitzats una metodologia per a la reubicació d'estacions de bikesharing aplicada a la ciutat de Barcelona basada en Sistemes d'Informació Geogràfica. Finalment, s'abordarà l'expansió metropolitana del sistema Bicing més enllà dels límits municipals de Barcelona.

Paraules clau: Bikesharing, Bicing, Barcelona, bicicleta, mobilitat, àrees metropolitanes, sostenibilitat, GIS, Open Data

Abstract

En este Trabajo Fin de Grado se propone una metodología para la situación de estaciones del sistema Bicing. Se realizará un recorrido por la historia del bikesharing, así como también se analizarán los sistemas de bikesharing existentes en las ciudades europeas de Londres, París, Madrid y Lisboa. A continuación, se propondrá realizar en base a los diferentes sistemas analizados una metodología para la reubicación de estaciones de bikesharing aplicada a la ciudad de Barcelona basada en Sistemas de Información Geográfica. Finalmente, se abordará l'expansió metropolitana del sistema Bicing fuera de los límites municipales de Barcelona.

Palabras clave: Bikesharing, Bicing, Barcelona, bicicleta, movilidad, áreas metropolitanas, sostenibilidad, GIS, Open Data

Abstract

In this *End of Grade Assignment* a methodology to situate Bicing bikesharing stations will be presented. The assignment contains a full historical journey through the bikesharing history, as well as an analysis for the bikesharing schemes operating at London, Paris, Madrid and Lisboa. Next, the methodology to resituate Bicing stations will be presented, taking into account the existing technology of Geographic Information Systems. Finally, the expansion of the Bicing cycle hire scheme outside Barcelona into his metropolitan area will be explained.

Key words: Bikesharing, Bicing, Barcelona, bicycle, mobility, metropolitan areas, sustainability, GIS, Open Data

Índex

1	Introducció i objectius.....	4
2	Antecedents històrics del bikesharing	5
2.1	Introducció	5
2.2	Visió general dels sistemes de bikesharing	6
2.3	Història del servei de Bicing Barcelona	8
3	Metodologia per a la comparativa de ciutats	9
4	Comparativa amb altres ciutats: quins elements usen per ubicar les estacions de bikesharing?	10
4.1	París.....	10
4.2	Londres.....	12
4.3	Madrid.....	15
4.4	Lisboa	16
4.5	Conclusions	18
5	Variables metodològiques teòriques	20
5.1	Introducció	20
5.2	Límits territorials	20
5.3	Distància entre estacions	21
5.4	Intermodalitat	21
5.5	Pendents.....	21
5.6	Públic objectiu	22
5.7	Carrils bici	22
5.8	Altres factors metodològics	22
5.9	Conclusions	23
6	Variables metodològiques aplicades.....	23
7	Resultats per al sistema Bicing a la ciutat de Barcelona	24
8	Expansió del Bicing als municipis de L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat i Sant Adrià de Besòs usant la metodologia aplicada	28
9	Conclusions	33
10	Referències.....	34
	Agraïments	35

Índex d'imatges i mapes

Imatge 1: Bicicletes de Bikesharing “dockless” a Berlín. Font: DWB	5
Imatge 2: Carril Bici segregat per “armadillos”. Font: El País.....	6
Imatge 3: Exemple de ciclocarril a Madrid. Font: El Mundo	6
Imatge 4: L'alcalde de Londres, Boris Johnson, inaugura el servei de Cycle Hire l'any 2010. Font: The Guardian.....	13
Mapa 1: Estacions del sistema Vélib a París i les seves proximitats metropolitanes. Font: Elaboració pròpia	12
Mapa 2: Distribució de les estacions del sistema Santander Cycle a Londres. Font: Transport for London.....	14
Mapa 3: Distribució del sistema BiciMAD l'any 2019 per fases. Noti's la frontera definida per la circumval·lació M-30. Font: Martín Sanchez, Á. (2019). Estudio de la movilidad en bicicleta pública compartida en Madrid a través de los datos abiertos de BiciMAD.....	15
Mapa 4: Distribució de les estacions del sistema GIRA a la ciutat de Lisboa. Font: Elaboració pròpia	18
Mapa 5: Seccions censals de Barcelona dins de les àrees d'influència de les estacions de Bicing. Font: Elaboració pròpia	24
Mapa 6: Pendants de la ZBE Barcelona. Font: Elaboració pròpia.....	26
Mapa 7: Seccions censals dins de l'àrea d'influència amb les pendants de Barcelona. Font: Elaboració pròpia	26
Mapa 8: Estacions de Bicing segons distància a un carril o vorera-bici. Font: Elaboració pròpia	27
Mapa 9: Proposta d'expansió del sistema Bicing a l'àmbit Besòs de l'AMB. Font: Elaboració pròpia	29
Mapa 10: Proposta d'expansió del Bicing a l'àmbit Llobregat de l'AMB. Font: Elaboració pròpia	30
Mapa 11: Proposta d'expansió metropolitana del Bicing per fases. Àmbit Besòs. Font: elaboració pròpia	31
Mapa 12: Proposta d'expansió metropolitana del Bicing per fases. Àmbit Llobregat. Font: Elaboració pròpia	32
Taula 1: Comparativa de sistemes de bikesharing de diverses ciutats. Font: Elaboració Pròpia	19
Taula 2: Nodes de transport públic segons tipus i distància. Font: Elaboració Pròpia	25

1 Introducció i objectius

El model de mobilitat de les ciutats del segle XXI és un debat d'actualitat: cap a on ha d'evolucionar la forma de moure's per les ciutats? Com es pot facilitar la mobilitat d'una població urbana cada vegada més intensa, i a la vegada millorar la qualitat de vida dels seus ciutadans? És possible una mobilitat més sostenible i segura, respectuosa amb el medi ambient i a la vegada ràpida i efectiva?

No existeix una única resposta a aquestes preguntes: cada ciutat intenta donar resposta a aquestes preguntes amb les denominades "polítiques de mobilitat". Algunes ciutats han apostat per millorar la oferta de transport públic, ja sigui expandint la seva xarxa o bé millorant la freqüència de pas, mentre que d'altres han apostat per donar major protagonisme als cotxes elèctrics, fent polítiques d'ampliació d'infraestructures viàries.

Però que fer quan sorgeix una pandèmia mundial que altera totes les previsions, i força a la població a adquirir nous hàbits de mobilitat diària? Què fer, quan la contaminació dels vehicles particulars amenaça la salut del ciutadans? Com es pot planificar la mobilitat en una societat on la tendència en augment és la compartició de béns i serveis?

El mes de maig de 2020, les preguntes plantejades van tenir resposta. Amb el desconfinament de la població, després d'un llarg confinament domiciliari causat per la pandèmia de la COVID-19, va canviar totalment els hàbits de mobilitat dels ciutadans: desplaçaments limitats a una distància màxima, manteniment de la distància de 2m entre persones, aforaments restringits al transport públic. Totes aquestes mesures van propiciar l'ús, d'un mitjà de transport fins feia poc relegat majoritàriament al lleure dels caps de setmana: la bicicleta.

La bicicleta es va convertir en poc temps, en un mitjà de transport quotidià apte per a temps de pandèmia: permetia mantenir les mesures sanitàries per a la contenció de la COVID-19, i a la vegada va facilitar una mobilitat de proximitat. Com a conseqüència, la venda de bicicletes de propietat es va disparar, de tal forma que es va esgotar gairebé tot l'estoc de bicicletes disponibles en aquell moment.

Però com es pot promoure, des dels governs locals, l'ús de la bicicleta en un entorn de màxima incertesa? Com es poden promoure els desplaçaments en bicicleta en un context de teletreball? Com es pot donar una resposta ràpida a tots aquells ciutadans que desitgen moure's en bicicleta, però que no poden comprar-ne una per manca d'estoc disponible?

El mes de juny de 2020 es va visualitzar la resposta a aquestes preguntes: els sistemes de bicicleta compartida de tota Europa van experimentar el major increment de la seva història de nombre de persones abonades, així com de trajectes realitzats. Els ciutadans havien optat per un model de mobilitat compartida: el bikesharing. Des d'aquell moment, als governs locals de tota Europa s'ha plantejat la necessitat d'expandir i reforçar territorialment els sistemes de bikesharing.

En aquest Treball Fi de Grau es pretén abordar una qüestió de gran importància del sistema de bikesharing existent a Barcelona: el Bicing de Barcelona és accessible als seus ciutadans? Cal fer canvis en la ubicació de les estacions del Bicing per atreure més usuaris? Amb quin criteris i

mètodes? Per saber-ho, es proposarà una metodologia objectiva, basada en elements urbans: segons la distància a nodes intermodals de transport públic, per la distància entre estacions de Bicing, per població servida dins la zona d'influència de cada estació, per distància als carrils bicicleta...

Es pretén realitzar una metodologia senzilla, de tal forma que les dades necessàries siguin de fàcil obtenció a través dels diferents organismes administratius i/o privats. Una vegada obtingudes, es representaran les dades a través dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) i es realitzarà una anàlisi usant els elements urbans anomenats anteriorment, de tal forma que es podran obtenir resultats numèrics que facilitin determinar la cobertura poblacional del sistema Bicing, així com poder indicar aquelles ubicacions més òptimes a l'hora d'instal·lar noves estacions o reubicar estacions ja existents.

2 Antecedents històrics del bikesharing

2.1 Introducció

Per tal d'entendre els elements que defineixen els sistemes de bikesharing, cal abans realitzar una breu introducció. Així, cal definir amb claredat alguns elements que formen part de l'urbanisme d'avui en dia.

Bikesharing: sistema compartit de lloguer de bicicletes. Pot ser públic (impulsat per les administracions), privat (empreses privades defineixen i gestionen el servei sota el permís de les administracions públiques) o bé mixt (l'Administració Pública defineix les condicions i les empreses privades operen el servei).

Bikesharing "fix": modalitat del bikesharing on les bicicletes es lloguen i/o retornen a determinats punts anomenats "docks" o estacions.

Bikesharing "dockless": modalitat del bikesharing on les bicicletes es poden llogar i/o retornar a qualsevol indret de la ciutat. En aquesta modalitat les bicicletes porten incorporat un cadenet intern per a evitar robatoris (Lazarus et al., 2020).



Imatge 1: Bicicletes de Bikesharing "dockless" a Berlín. Font: DWB

Carril bici: via pública reservada únicament a la circulació de bicicletes. Pot ser segregat en calçada (protegit del trànsit de vehicles per separadors anomenats "armadillos") o en vorera (on el carril bici es troba en el mateix nivell que els vianants).



Imatge 2: Carril Bici segregat per "armadillos". Font: El País

Ciclocarril: també conegut com a "sharrow", és la limitació d'un carril de circulació de vehicles a la velocitat de 30 km/h i posterior senyalització com a via apta per a la circulació de bicicletes. En els ciclocarrils es comparteix l'espai amb la resta del trànsit rodat.



Imatge 3: Exemple de ciclocarril a Madrid. Font: El Mundo

Node intermodal o intercanviador: indret on es pot realitzar canvis de mitjà de transport. Es sol aplicar a les ubicacions on múltiples mitjans de transport públic coincideixen. Exemple: una estació de tren connectada a una estació d'autobusos interurbans.

Integració tarifària: referent a la possibilitat d'usar un sol bitllet o targeta per a viatjar i/o usar múltiples modes de transport, tant públics com privats. Exemples: Oyster Card de Londres o Pass Navigo de París.

SIG: Referent a Sistemes d'Informació Geogràfica, és el conjunt de programes informàtics que permeten visualitzar, tractar, transformar i generar informació de caràcter geogràfic. Els més coneguts en la tècnica solen ser ArcGIS (ArcMap, ArcGIS Pro) i QGIS.

2.2 Visió general dels sistemes de bikesharing

La bicicleta, des de la seva invenció l'any 1817 aproximadament, ha sigut un element revolucionari de mobilitat. La facilitat d'ús, el no dependre de cap font d'energia i la seva ergonomia han resultat elements clau per a la seva expansió arreu del món. Així, la bicicleta es

considera un mitjà de transport, saludable, sostenible i respectuós amb el medi ambient, a més de ser un mode de transport a potenciar a les ciutats del segle XXI.

Per potenciar l'ús, s'han ideat sistemes de lloguer de bicicletes públiques. La mecànica de funcionament és senzilla: es disposa dins del territori urbà una xarxa àmplia de punts on poder llogar i recollir bicicletes, de forma que els ciutadans puguin usar-les per al seus trajectes diaris. A canvi, el ciutadà paga una petita quantitat econòmica per poder usar el servei, ja sigui a través del pagament per cada trajecte o bé una tarifa plana.

Aquests sistemes de lloguer públic de bicicletes, combinat amb la construcció d'infraestructura dedicada exclusivament a l'ús de la bicicleta (carrils bici segregats del trànsit rodat, principalment) han resultat tot un èxit a les ciutats on s'han implementat. Les conseqüències més directes han estat un augment de l'ús de la bicicleta com a mitjà de transport quotidià, reducció dels nivells de trànsit rodat i una reducció dels nivells de contaminació, tant per òxids de nitrogen (NOx) com per diòxid de carboni (CO₂).

El bikesharing sorgeix durant la dècada de 1960 com a iniciativa d'un grup particular de ciutadans a Amsterdam, preocupats pels alts nivells de contaminació provocats pel trànsit de cotxes. Així, aquest grup de ciutadans va decidir comprar unes quantes bicicletes, pintar-les de color blanc i deixar-les al carrer per a que qualsevol ciutadà les pogués usar. Aquest sistema primitiu de bikesharing es va anomenar *Witte Fietsenplan* (pla blanc de la bicicleta). El *Witte Fietsenplan* no va tenir gaire èxit, degut a diversos actes de vandalisme i robatoris, però va servir com a inspiració per a altres ciutats.

Durant la dècada de 1990, Copenhaguen va introduir una iniciativa semblant a la d'Amsterdam, però amb un sistema de dipòsit per a l'ús de la bicicleta per tal d'evitar robatoris. A diferència de la iniciativa holandesa, les bicicletes de lloguer estaven distribuïdes per tota la ciutat, de forma que els ciutadans les podien usar per al seus trajectes diaris. Posteriorment, el sistema de bikesharing va començar a evolucionar: es va introduir el pagament per trajecte i el pagament es podia fer amb targetes de subscripció al servei, de forma que s'evitava el pagament en efectiu. Per aquest motiu, l'any 2002 l'empresa de mobiliari urbà JCDecaux va decidir introduir els sistemes de bikesharing al seu catàleg de serveis, modernitzat amb llocs fixes on poder llogar i deixar la bicicleta de forma segura i amb el mínim de vandalisme. Ràpidament, les ciutats de Viena i Lió van decidir implementar aquest sistema de compartició de bicicletes, com a element per la promoció d'una mobilitat més sostenible. L'any 2007, la ciutat de París va encarregar a JCDecaux la implantació del seu servei de bicicletes compartides, sota el nom comercial de Vélib.

París sofreix una saturació important dels serveis de transport públic, així com un alt nivell de contaminació causada pel trànsit de cotxes. L'Ajuntament de París volia intentar reduir la pressió existent al transport públic, i va veure en els sistemes de bikesharing una possible solució al problema existent.

Poc després de la implementació del servei Vélib, la demanda es va disparar: molts ciutadans veien en el servei de Vélib una forma més ràpida d'arribar a les seves destinacions, despreocupant-se de problemes d'aparcament o de possibles robatoris. Durant les hores punta, la demanda de bicicletes superava l'oferta existent, de forma que es va procedir a l'expansió territorial del sistema, instal·lant més estacions de lloguer de bicicletes i augmentant el nombre de bicicletes disponibles.

L'èxit del Vélib a la ciutat de París va suposar l'expansió arreu del món de la bicicleta compartida. Des d'aquell moment, més empreses dedicades a la prestació de serveis urbans han dissenyat les seves solucions de bikesharing. Aquesta expansió també ha servit com a plataforma d'innovació per al bikesharing: integració tarifària amb altres mitjans de transport, introducció de la bicicleta elèctrica (especialment per a les ciutats en pendent), ús dels sistemes de geolocalització per evitar robatoris, sistemes on es pot deixar la bicicleta a qualsevol lloc...

Els sistemes de bikesharing proporcionen als ciutadans noves formes de mobilitat sostenible, a més de facilitar la combinació del transport públic i bikesharing com a sistema de transport complementari *d'última milla*, és a dir, per arribar a la destinació final. Per tant, podem assegurar que el bikesharing és un sistema apte per als requeriments de les ciutats del segle XXI: redueix el nombre de vehicles particulars, millora la salut dels ciutadans i aconsegueix tornar a donar el protagonisme de les metròpolis als seus ciutadans.

2.3 Història del servei de Bicing Barcelona

Tal i com s'ha comentat, els sistemes de bikesharing van començar la seva expansió mundial a partir de l'any 2007 amb la implementació del Vélib a la ciutat de París.

El mateix any 2007 Barcelona va adjudicar a la empresa nord-americana de mobiliari urbà Clear Channel la creació i gestió d'un sistema públic de bicicletes compartides a la ciutat de Barcelona. La intenció de l'ajuntament, comandat en aquell moment per Jordi Hereu, era promocionar l'ús de la bicicleta a la ciutat, de forma que els ciutadans de Barcelona tinguessin un sistema on provar la bicicleta com a mitjà quotidià de transport sense preocupar-se de possibles robatoris. Així, el primer sistema de Bicing a Barcelona va començar amb un abonament anual de 6€. Dins d'aquest abonament s'inclouen 30 minuts gratuïts per a cada trajecte, per tal de promocionar el seu ús. Les primeres estacions del Bicing es van instal·lar al voltant del Parc de la Ciutadella, i posteriorment el sistema es va anar expandint per l'Eixample, arribant finalment a tots els districtes de la ciutat.

En eliminar el factor robatoris, el nombre d'usuaris del recent estrenat Bicing va créixer exponencialment. Aquest increment de demanda tan gran va provocar reiterades vegades caigudes dels sistemes informàtics que controlaven el sistema Bicing, així com un desgast mecànic de les bicicletes del sistema.

Per tal d'evitar la competència amb les empreses de lloguer de bicicletes a turistes, l'Ajuntament de Barcelona va restringir l'ús del Bicing a persones residents a Espanya i únicament amb la opció d'un abonament anual.

El febrer de l'any 2015 Clear Channel va posar en marxa el servei de Bicing Elèctric com a prova pilot complementària al Bicing (Jordi, 2014). Es van introduir noves bicicletes elèctriques al sistema, però en aquest cas les estacions estaven situades dins dels aparcaments subterranis municipals propietat de la empresa pública B:SM. Per tal d'afavorir un ús responsable d'aquesta prova pilot, es cobrava a l'usuari un petit import per trajecte, a diferència del Bicing mecànic, on l'usuari gaudeix de 30 minuts gratuïts de trajecte. El nombre d'estacions elèctriques era significativament menor a les del Bicing mecànic, i per tant, es realitzaven un menor nombre de desplaçaments. No obstant, aquesta prova pilot va servir per a demostrar la utilitat de la bicicleta elèctrica com a complement dels sistemes de bikesharing a Barcelona.

L'any 2017 el contracte amb la empresa Clear Channel va finalitzar legalment. En el mateix any, l'Ajuntament de Barcelona va treure a licitació un nou model de contracte del sistema, anomenat Bicing 2.0. En aquesta licitació es va exigir noves condicions a les empreses que volguessin operar el Bicing. Entre les condicions, les de major interès són les següents(*El Bicing, 10 anys d'èxit circumscrit a Barcelona, s.d.*):

- Implementació d'una nova flota de bicicletes: Incorporació de 7.000 bicicletes, de les quals 1.000 haurien de ser del tipus "elèctriques". A més, s'obliga a la empresa adjudicatària a poder transformar de forma ràpida les bicicletes mecàniques en elèctriques si així s'indica per part de l'Ajuntament.
- Interoperabilitat tecnològica: les estacions haurien de ser universals, és a dir, vàlides per a l'ús de bicicletes elèctriques com mecàniques, sense cap diferència estètica.
- Flota de gestió del servei 0 emissions: tota la flota auxiliar del servei (camionetes repartidores de bicicletes, vehicles de manteniment) havia de ser 100% elèctrica.
- Interoperabilitat amb futurs mitjans de pagament, com la T-Mobilitat o el pagament sense contacte amb el mòbil.
- Millora de la gestió tecnològica: l'adjudicatari havia de poder facilitar la informació d'ús en temps real a l'Ajuntament de Barcelona.
- Reserva prèvia de bicicletes.
- Expansió territorial del servei: en el contracte es planteja un expansió territorial a aquelles zones on l'anterior servei de Bicing no arribava. És el cas dels barris de Zona Universitària, Nou Barris, Horta, Guinardó i Pedralbes. La majoria dels barris mencionats tenen uns desnivells poc amables per als usuaris de la bicicleta mecànica. Introduint la bicicleta elèctrica com a novetat al Bicing 2.0, aquesta problemàtica queda solucionada.

El desembre de 2017 es va adjudicar el concurs del Bicing a la Unió Temporal d'Empreses (UTE) Pedalem Barcelona, formada per la empresa Cespa (filial de la multinacional Ferrovial) i PBSC, empresa canadencs especialitzada en sistemes de bikesharing a grans ciutats com Londres (les popularment conegudes com a "Boris Bikes"), Toronto, Montreal, Valence, Rio de Janeiro...

Les estacions del Bicing 2.0 són del tipus modular, és a dir, poden ampliar ràpidament la seva capacitat. A més, la seva instal·lació no requereix de grans obres al carrer: la estació s'alimenta a través de panells solars i es fixa a terra, com si es tractés d'un puzzle. Com a novetat, les estacions de Bicing poden ser instal·lades allà on es vulgui, de forma que es poden instal·lar estacions de Bicing temporals per a grans esdeveniments.

L'adjudicació del servei a una nova empresa va suposar el desmantellament de l'anterior sistema de Bicing de Clear Channel. Per tal de no deixar els usuaris sense servei, el desmantellament es va realitzar de forma progressiva, i es va prorrogar fins 2019 el contracte amb Clear Channel.

El Bicing 2.0 va entrar en servei el 12 de gener de 2019 sota la denominació comercial "Nou Bicing".

3 Metodologia per a la comparativa de ciutats

Les ciutats triades per a la comparativa de ciutats han estat París, Madrid, Londres i Lisboa. S'ha elegit aquestes ciutats per diversos motius. El principal motiu és que totes les ciutats escollides es troben dins del continent europeu. Així, al estar dins del mateix continent, comparteixen un

tipus d'urbanisme similar: centres de les ciutats densos i grans barriades perifèriques amb una gran densitat de població. D'altra banda, aquestes ciutats han implementat sistemes de bikesharing amb grans similituds: control i concessió per part de l'Administració local/metropolitana.

Entre d'altres motius, es pretén realitzar una taula resum de característiques tècniques, per tal de facilitar la introducció de la metodologia proposada en aquest TFG. Per tant, s'analitzaran les següents característiques: Límits territorials, distància entre estacions, intermodalitat, pendents, públic objectiu, carrils bici, tarifes, ampliacions previstes i gestió del sistema.

4 Comparativa amb altres ciutats: quins elements usen per ubicar les estacions de bikesharing?

Per a poder realitzar aquest TFG, s'han elegit 4 ciutats que tenen sistemes de Bikesharing implementats. En aquest sentit, la selecció realitzada consisteix en les ciutats de París, Londres, Madrid i Lisboa. El denominador comú d'aquesta selecció és ser ciutats situades al continent europeu, amb una disposició urbanística molt similar (centre molt dens i grans àrees metropolitanes al seu voltant), facilitant la seva comparació. (García-Palomares et al., 2012)

Londres disposa d'un sistema molt similar al de Barcelona de bikesharing: les bicicletes són les mateixes tant en el Bicing 2.0 com a Londres.

París va ser la primera capital europea on es va implementar un sistema de bikesharing, i és l'origen de l'expansió del bikesharing per tot el món.

Madrid s'ha seleccionat per tenir un sistema de bikesharing totalment format per bicicletes elèctriques.

Lisboa s'ha seleccionat per poder observar el comportament i factibilitat d'un sistema de bikesharing a una ciutat amb certes zones de grans pendents.

4.1 París

París va ser la primera capital europea en introduir a gran escala un sistema de bikesharing.

A Lió l'any 2005 es va implementar un dels primers sistemes de bikesharing (vélo en libre-service), el Vélo'v. El sistema es va implementar de la mà de l'empresa gestora de mobiliari urbà francesa JCDecaux, i va resultar tot un èxit (Tironi, 2012). Per tant, l'any 2007 l'alcalde de París Bertrand Delanoë va decidir convocar un concurs públic per implementar dins del territori comprès per la circumval·lació Boulevard Périphérique un sistema similar al de Lió. JCDecaux va guanyar el concurs convocat per a tal ocasió, amb una duració de la concessió de 10 anys. El concurs del sistema de bikesharing anava lligat directament amb l'explotació de la publicitat als elements urbans, de tal forma que l'Ajuntament de París no assumís cap càrrega econòmica.

El sistema es va anomenar Vélib, i inicialment es va implementar amb 20.600 bicicletes distribuïdes uniformement entre 1.208 estacions repartides per tota la ciutat. No obstant, donades les disputes publicitàries entre JCDecaux i la Société National des Chemins de Fer Française (SNCF), no es va poder instal·lar estacions de Vélib a dins de les grans terminals ferroviàries parisienses fins l'any 2010 (Nair et al., 2012).

El sistema de JCDecaux permetia vincular l'abonament de transports amb l'abonament de Vélib, de tal forma que amb una sola targeta es permetia l'accés a múltiples modes de transport públic i sostenible.

No obstant, l'inici d'operacions va ser difícil: el vandalisme sobre les bicicletes i totes les errades inicials informàtiques van dificultar la seva adopció. En quant es van solucionar aquests errors, els parisins van veure en el Vélib una forma diferent de moure's per la ciutat, evitant les hores punta de congestió del Metro, i arribant abans a la seva destinació.

L'any 2017, amb la finalització del contracte de JCDecaux, es llença un nou concurs per a la operació del Vélib. Com a novetat principal, el nou Vélib comprendria tot el municipi de París i 100 ajuntaments de la metròpoli parisenc que desitjaven tenir un sistema de bikesharing. Un altre element de gran rellevància era la implementació de com a mínim un 30% de bicicletes elèctriques, per tal de facilitar encara més els desplaçaments i animar els ciutadans a provar-les pels seus desplaçaments diaris. A més, el contracte del nou Vélib no aniria lligat a l'explotació de la publicitat urbana, de tal forma que s'encariria el preu de l'abonament.

El nou sistema estaria finançat conjuntament per l'Ajuntament de París i la regió metropolitana, dins del pla de lluita contra la contaminació de l'aire a la metròpoli parisenc.

El nou concurs el va guanyar un consorci franco-espanyol anomenat Smovengo, format per les societats Smoove (empresa especialista en sistemes de bikesharing), Moventis (empresa operadora de múltiples sistemes de transport públic a Barcelona i la seva regió metropolitana), Movivia (empresa matriu dels tallers de reparació d'automòbil Norauto i Midas) i Indigo (principal operador d'aparcaments públics a França). La proposta d'Smovengo va destacar per oferir un sistema únic per solucionar el problema de les estacions de Vélib plenes: es podria ancorar una bicicleta a una altra bicicleta ja ancorada a la estació, de forma que es doblava el nombre d'espais disponibles per aparcar. El sistema de bikesharing va passar a anomenar-se Vélib Métropole, tot destacant la nova dimensió metropolitana que prenia el nou servei.

No obstant, des de l'any 2018, Smovengo va tenir grans dificultats per a instal·lar les seves noves estacions, donat que requerien nous ajustos elèctrics i bones telecomunicacions. Així mateix, Smovengo no va complir el pla de desplegament del nou sistema, de tal forma que les autoritats metropolitanes van imposar grans sancions al consorci.

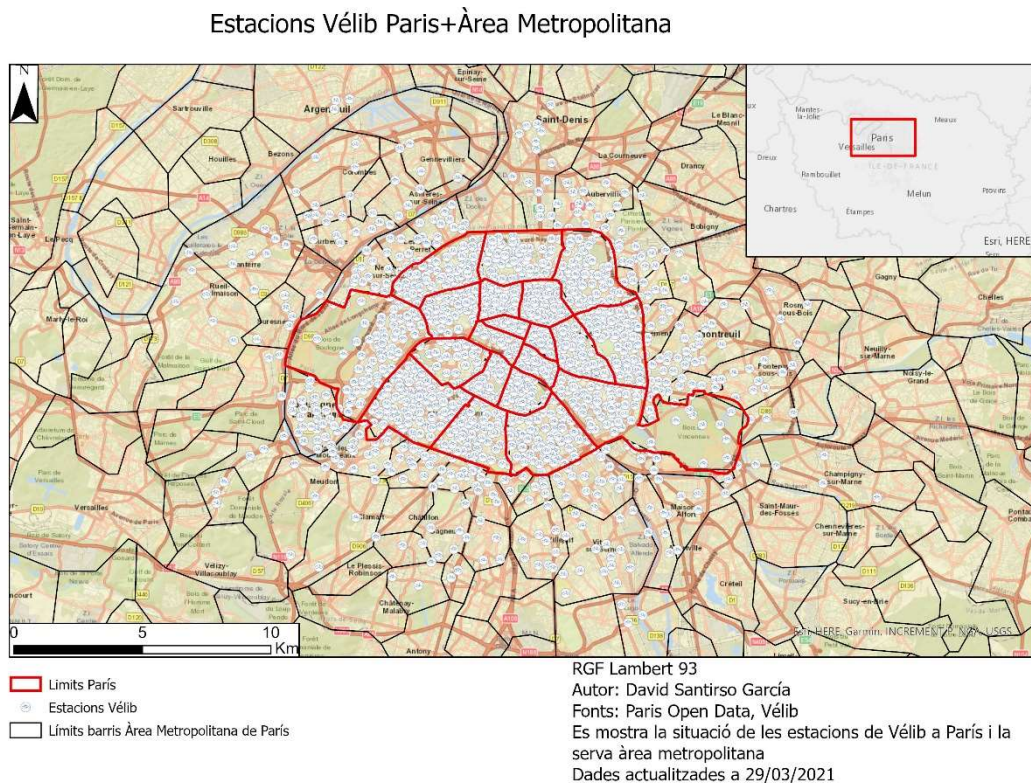
L'any 2019 es van solucionar els problemes després d'un ultimàtum de les autoritats amenaçant el consorci Smovengo amb una pèrdua de la concessió. Des de llavors, el sistema ha superat totes les expectatives gràcies a una política de construcció de carrils bici adjacents a les estacions i que formen una malla que uneix París i la seva regió metropolitana.

Les estacions del Vélib original es situaven cada 300 metres uniformement, i el més a prop possible de les estacions ferroviàries i de metro per tal de facilitar la intermodalitat. Tal i com s'ha comentat, el sistema estava delimitat per l'àmbit del Boulevard Périphérique, cosa que impedia el seu ús per aquells barris no pertanyents a aquest àmbit.

En el nou sistema de Vélib Métropole, les estacions dins del Boulevard Périphérique es mantenen. Les noves estacions fora del Boulevard Périphérique estan situades a prop de les estacions i intercanviadors de transport públic (tren de rodalia-RER). Per indicació de les autoritats, també s'han situat estacions a prop d'àmbits de lleure (parcs urbans, estadis municipals), àmbits educatius (escoles elementals, de secundària), i les principals facultats universitàries distribuïdes per l'àmbit metropolità. Cal destacar que per cada estació fora del

Boulevard Périphérique, les autoritats paguen al consorci Smovengo 10.000€ en concepte de déficit tarifari. Fora del Boulevard Périphérique, la regularitat d'estacions cada 300 metres es perd en benefici d'una major interconnexió en punts estratègics.

És probable que en el nou servei de Vélib Métropole s'hagi tingut molt en compte el concepte de la "ciutat del quart d'hora", proclamat conjuntament per l'alcalde actual de París, Anne Hidalgo, i el teòric urbà Carlos Moreno (Moreno, 2019). La "ciutat del quart d'hora" implica una distribució urbana de serveis, llocs de feina i transports per tal de satisfer la necessitat de poder realitzar totes les activitats quotidianes de la ciutadania en un temps de desplaçament inferior als 15 minuts.



Mapa 1: Estacions del sistema Vélib a París i les seves proximitats metropolitanes. Font: Elaboració pròpia

4.2 Londres

Londres disposa del seu propi sistema de bikesharing, anomenat actualment Santander Cycles. El sistema cobreix una gran part de Londres i la seva zona metropolitana, anomenada Greater London Area (GLA). El sistema consta de 11.500 bicicletes i 800 estacions, distribuïdes per un àrea de 40 milles quadrades (100 km²). És el sistema de bikesharing més gran de tota Europa. La seva història es remunta a l'any 2010, quan l'alcalde conservador Boris Johnson va decidir implementar els plans de millora de la qualitat de l'aire i transport públic dissenyats per l'anterior alcalde Ken Livingstone (Partit Laborista). En aquest pla es preveia instal·lar un sistema de "cycle hire" similar al de París, però amb una major cobertura territorial. Donada la promoció extravagant del sistema realitzada per l'alcalde Boris Johnson, els londinencs van donar al sistema el sobrenom de "Boris Bikes", tot i tenir oficialment el nom de "Barclays Cycle Hire".



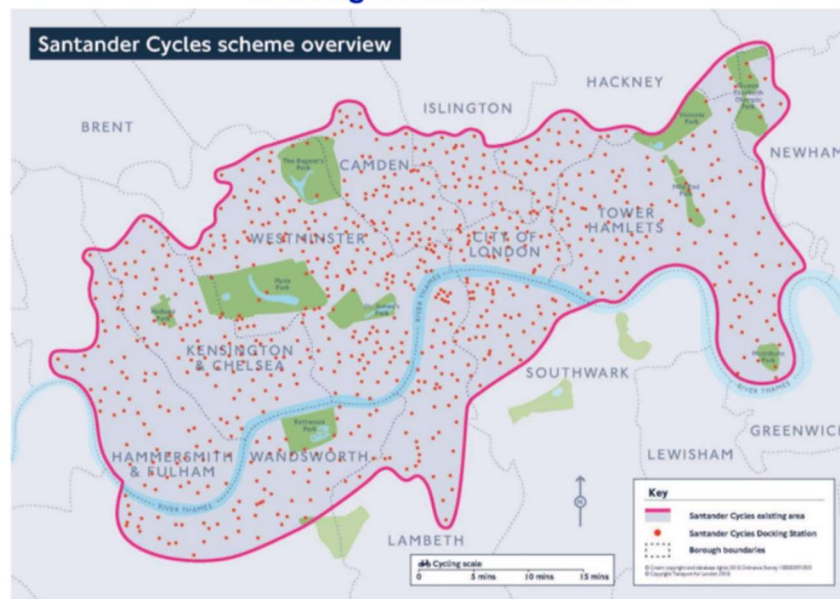
Imatge 4: L'alcalde de Londres, Boris Johnson, inaugura el servei de Cycle Hire l'any 2010. Font: The Guardian

En conseqüència la primera fase del sistema es va realitzar dins dels límits de la Zona 1 de transport públic, com a mesura per descongestionar el transport públic en hores punta. Les estacions estaven situades el més a prop possible de les estacions de metro i tren de la capital britànica, per tal de facilitar l'intercanvi modal entre transport públic i bicicleta. Un altre factor a destacar és que entre les estacions del sistema hi havia una distància de 300 metres.

L'any 2012, coincidint amb la celebració dels Jocs Olímpics a Londres, es va estendre el sistema a la nova zona olímpica, per tal de facilitar els desplaçaments dels assistents i evitar la saturació del transport públic. Posteriorment, donat l'èxit del sistema, es van anar realitzant successives ampliacions territorials, i actualment es cobreix una gran part de l'àrea territorial del GLA. El sistema ha suposat un mode alternatiu de gran importància quan es suspèn el servei al Metro (Underground) per disputes laborals, absorbint una bona part de la demanda de transport públic.

A la vegada, donada la gran demanda que va sorgir per l'ús de la bicicleta, es va procedir a la construcció i realització d'itineraris segregats per a bicicletes, donat el gran volum de trànsit que suporta el conjunt de la Greater London Authority.

Existing Scheme Network



4

Mapa 2: Distribució de les estacions del sistema Santander Cycle a Londres. Font: Transport for London

Transport for London (TfL), l'entitat encarregada de la gestió del transport a Londres i la seva àrea metropolitana, opera i dissenya les noves ubicacions de les estacions. En particular, segons TfL, cada vegada que es vol expandir el sistema s'analitza al detall dades d'accessibilitat, característiques geogràfiques, dades socio-econòmiques i d'altitud.

A nivell tècnic, TfL demana les següents característiques geogràfiques per instal·lar una estació de Cycle Hire:

- Espai mínim de 50 m².
- Distància màxima de 15 metres entre estació i aparcament legal dels vehicles de manteniment i càrrega de bicicletes. No hi poden haver obstacles visuals entre estació i aparcament legal.
- Espai suficient per al pas de vianants i vehicles. Les estacions no poden destorbar el flux de vianants i vehicles.
- Espais segurs, ben il·luminats i amb vigilància natural.
- Evitar àrees insegures per a ciclistes i/o amb gran concentració de vianants.
- No es permet la pèrdua de massa forestal.
- Drenatge eficaç: no es poden instal·lar a llocs inundables.
- Altura mínima de 2,8 m.
- Situació a la via pública: han de ser accessibles 24 hores els 365 dies de l'any.
- La presa elèctrica no pot estar allunyada més de 20 m d'una estació.

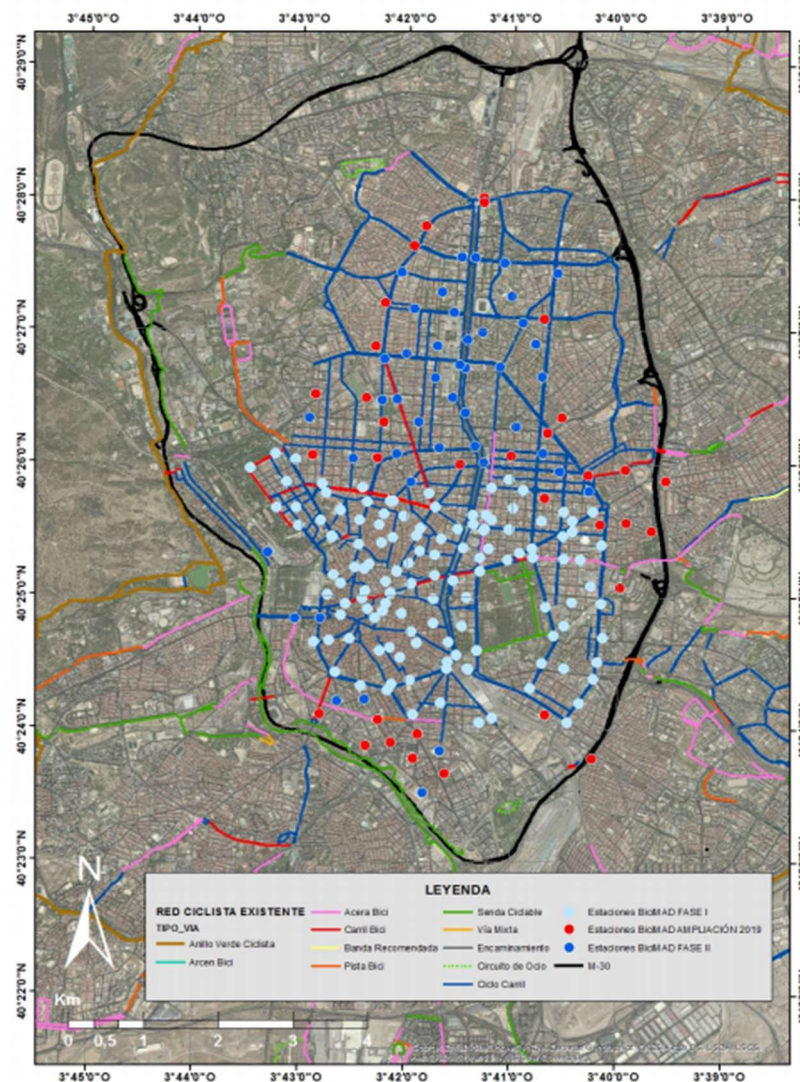
La decisió de la ubicació i instal·lació d'una estació de Cycle Hire sempre és una decisió acordada i conjunta entre TfL i l'Ajuntament del barri corresponent. En el cas d'una extensió del sistema que impliqui més d'un barri, es requereix en última instància l'aprovació de l'alcalde de Londres.

Com a element diferenciador, el sistema de Cycle Hire compta amb estacions portàtils, que poden ser instal·lades a grans esdeveniments sense haver de realitzar cap tipus d'obra civil.

4.3 Madrid

El cas de la capital espanyola és totalment diferent a qualsevol altra ciutat que ha implementat sistemes de bikesharing. L'any 2014 es va implementar el sistema BiciMAD, que està format exclusivament per bicicletes elèctriques, característica que el fa totalment diferent de qualsevol sistema de bikesharing implementat anteriorment. L'any 2014 es va adjudicar a la empresa BonoPark la instal·lació i gestió del sistema (Martín Sanchez, 2019).

El sistema de bikesharing elèctric es va implementar en 3 fases. En la primera fase es va delimitar l'àbast del sistema a l'anella interior que forma la circumval·lació M-30.



Mapa 3: Distribució del sistema BiciMAD l'any 2019 per fases. Noti's la frontera definida per la circumval·lació M-30.
Font: Martín Sanchez, Á. (2019). Estudio de la movilidad en bicicleta pública compartida en Madrid a través de los datos abiertos de BiciMAD.

En la primera fase, a causa d'un gran nombre d'errors informàtics i logístics, només es va implementar el sistema als districtes més cèntrics de Madrid: Centro, Moncloa i Retiro. La distribució espacial de les estacions es va basar inicialment en una distància de 300 metres entre estacions, cobrint unes 30 hectàrees.(Martín Sanchez, 2019). En aquesta fase es pot observar que el districte Centro cobreix la majoria dels principals nodes de transport públic de Madrid: l'estació ferroviària de Puerta de Atocha (node clau per la gran quantitat de connexions ferroviàries a tota Espanya, així com l'estació d'Atocha-Cercanías), l'intercanviador d'autobusos interurbans de Moncloa i l'intercanviador de Metro i Cercanías de Puerta del Sol.

En aquesta fase es pot distingir al mapa que les estacions es situen el més a prop possible dels anomenats *Ciclo Carril* (vies de circulació on la velocitat està limitada a 30 km/h i existeix pintura indicant al ciclista que ha de circular pel mig de la calçada). Així mateix, podem destacar algunes estacions situades en zones per a vianants.

L'estratègia de situar les estacions del sistema BiciMAD el més proper possible als anomenats *Ciclo Carril* respon a l'intent de promocionar aquesta tipologia de vies de circulació com a itineraris pacífics per a la bicicleta.

L'any 2015 es va produir la segona fase d'expansió. En aquesta fase es produeix una expansió cap al nord de la ciutat, cobrint els districtes d'Aravaca, Tetuán, Chamberí, Salamanca i Chamartín. En aquesta nova fase es cobreixen 3 nous intercanviadors de transport públic clau: Nuevos Ministerios, Chamartín i Plaza Castilla.

És destacable que en aquesta nova fase es produeix la cobertura territorial de tot el Paseo de la Castellana, on s'agrupen una gran quantitat d'oficines de grans empreses i administracions públiques espanyoles (Bankia, Ministeris del Govern d'Espanya, Jutjats...).

L'any 2018 BiciMAD va passar a ser gestionat directament per l'Ajuntament de Madrid a través de l'empresa pública Empresa Municipal de Transportes, donat que l'empresa concessionària BonoPark havia fallat en reparar els múltiples errors mecànics i informàtics del sistema, així com no haver iniciat a temps els preparatius per a una possible expansió del servei més enllà de la M-30.

A finals de l'any 2019, es va iniciar l'ampliació del servei més enllà del perímetre de la circumval·lació M-30, arribant als districtes de Puente de Vallecas i Ciudad Lineal.

L'agost de 2020 es va crear el sistema Bicimad GO!, on una part de les bicicletes de Bicimad ja no calia que fossin retornades a una estació de BiciMAD.

4.4 Lisboa

El cas de la capital portuguesa és totalment diferent de qualsevol altra ciutat europea. Degut al seu relleu irregular, amb carrers estrets i grans pendents, l'ús de la bicicleta a la ciutat de Lisboa queda relegat a només aquells barris i indrets on el terreny és pla. Així, fins l'any 2016, l'Ajuntament de Lisboa no decideix implementar un sistema de bikesharing com a tal, preferint fer una implementació d'una xarxa de carrils bici només en aquells eixos sense pendents fortes.

L'any 2017 l'Ajuntament de Lisboa decideix llençar una prova pilot d'un sistema de bikesharing a través de la multinacional tecnològica Siemens i l'empresa de bicicletes Órbita. El sistema s'anomena "Gira", en referència a la flexibilitat de la bicicleta com a mitjà de transport. La gestió serà similar a altres ciutats europees: la titularitat del servei serà pública (a través de l'empresa

EMEL-Empresa Municipal de Mobilidade e Estacionamento de Lisboa) i, l'operació i manteniment del sistema serà privada.

En una primera fase, es col·loquen 100 bicicletes a 10 estacions repartides pel "Parque das Nações" (parc públic a la part de recent construcció de Lisboa). La prova pilot resulta un èxit total, i més endavant s'instal·len més estacions a les parts més planeres de Lisboa. Com a novetat, 2 de cada 3 bicicletes instal·lades són elèctriques, per tal de preparar en un futur una expansió als barris amb major pendent.

Malaauradament, l'empresa fabricant de bicicletes Órbita no assoleix els objectius marcats al contracte, de forma que no es pot realitzar el desplegament previst. Per tant, l'Ajuntament de Lisboa decideix rescindir el contracte amb Órbita (en el moment de la rescissió només funcionaven 200 bicicletes de les 624 previstes).

Actualment, l'Ajuntament de Lisboa està en el procés d'adjudicació d'un nou contracte per tal de reprendre l'expansió del sistema Gira el més aviat possible.

El repartiment de les estacions del sistema Gira es concentra a les parts més planeres de Lisboa. Pertant, les àrees amb més densitat i cobertura del sistema Gira són els barris d'Entrecampos, Luz, Campus Universidade de Lisboa i Parque das Nações. Aquestes zones destaquen per ser de recent construcció, així com per formar part del teixit econòmic no turístic de Lisboa, ja que s'hi situen una gran quantitat d'edificis d'oficines de grans empreses. A més, són els barris amb major població (entre 30.000 i 50.000 habitants).

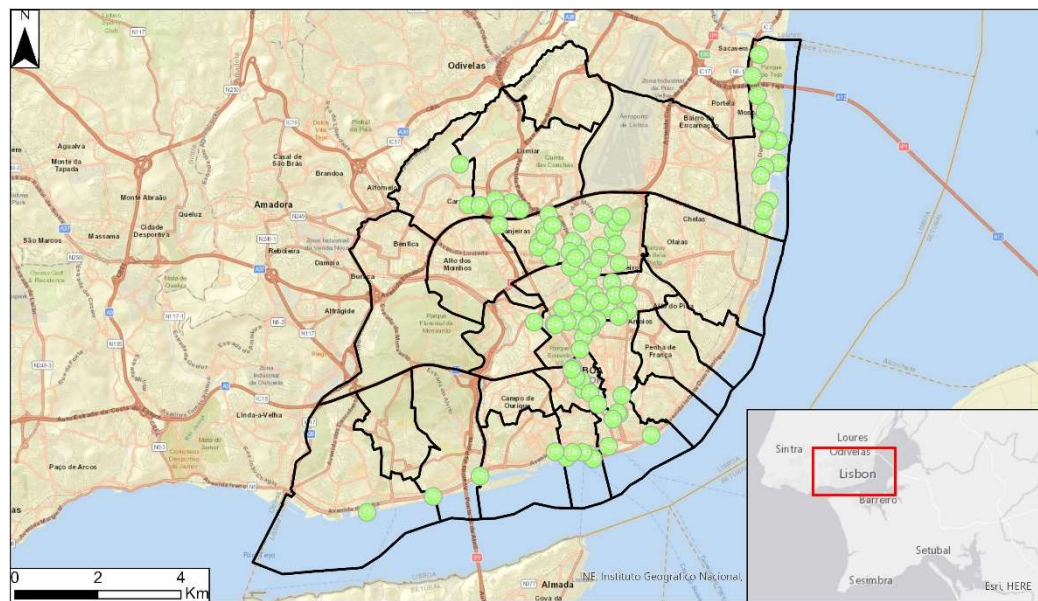
En menor quantitat, existeixen algunes estacions al centre de la ciutat i al passeig marítim, però sempre situades a les grans avingudes i evitant en tot moment barris amb gran pendent.

Les estacions es situen el més a prop possible dels carrils bici i de les estacions de metro i tren. No obstant, tal i com s'ha comentat anteriorment, es detecta una distribució molt irregular de les estacions. En els barris on existeix teixit econòmic (edificis d'oficines) les estacions es situen a 300 metres o menys, però fora d'aquests barris no es detecta una distribució clara de les estacions. Cal destacar que en cap moment el sistema surt dels límits municipals de la ciutat de Lisboa, no tenint en compte la dimensió metropolitana.

L'any 2020 es va prometre fer arribar el sistema a tots els barris de la capital portuguesa. En l'actualitat, encara resta resoldre problemes per part dels proveïdors privats del sistema. (*Gira – Bicicletas de Lisboa*, s.d.)

La distribució de les estacions de Gira a Lisboa és un clar indicador de la problemàtica de gentrificació que sofreix la ciutat: el centre de la capital i els antics barris populars s'han buidat d'habitants, quedant substituïts per turistes, de tal forma que no existeix necessitat d'un sistema de bikesharing per a la mobilitat diària (laboral com d'oci). Així, el sistema s'ha centrat només en aquells indrets on existeix mobilitat laboral, com a recurs d'última milla des de les estacions ferroviàries fins als llocs de treball per intentar descongestionar el Metro de Lisboa.

Sistema GIRA Lisboa



● Estacions GIRA
 — Límits barris Lisboa

UTM ETRS 89 29N

Autor: David Santirso García

Fonts: Lisboa Dados Abertos.

Es mostra la ubicació de les estacions de bikesharing (GIRA) a la ciutat de Lisboa
 Dades actualitzades el 29/03/2021

Mapa 4: Distribució de les estacions del sistema GIRA a la ciutat de Lisboa. Font: Elaboració pròpia

4.5 Conclusions

En l'anàlisi de les ciutats de París, Londres, Madrid i Lisboa, s'han trobat patrons comuns que defineixen trets característics dels sistemes de bikesharing. A continuació es resumeixen a la següent taula.

Element /Ciutat	París	Londres	Madrid	Lisboa	Barcelona
Any	2007	2010	2014	2017	2007
Límits territorials	Metropolitans	Metropolitans	Municipals	Municipals	Municipals
Distància entre estacions	300 m	300 m	300 m	300 m	300 m
Expansió	Antigament limitat per Boulevard Périphérique. Actualment a demanda metropolitana	Segons demanda dels barris	3 fases (perímetre M-30)	2 fases	2 fases: Bicing antic i Nou Bicing
Intermodalitat	Substitució del transport públic per a	Substitució del transport públic per a	Complement al transport públic	Complement al transport públic	Complement al transport públic

	determinats trajectes	determinats trajectes			
Ubicacions objectiu	Intercanviadors transport públic. Escoles i instituts	Intercanviadors transport públic. Cobertura territorial màxima de cada barri.	Intercanviadors transport públic. Oficines laborals.	Intercanviadors transport públic. Oficines laborals.	Tota la ciutat (sense objectius)
cost	N/D	225m (pounds)	N/D	N/D	N/D
ampliacions previstes	Sí-en expansió contínua	Sí-en expansió contínua	No	Si (pendent de nova concessió)	No
tarifa	Abonament anual+Dies puntuals	Abonament anual+Dies puntuals	Abonament anual+Dies puntuals	Abonament anual+Dies puntuals	Abonament anual
Gestió del sistema	Privada sota concessió pública	Privada sota concessió pública	Pública	Privada sota concessió pública	Privada sota concessió pública
Tipus de bicicletes	Mecàniques i elèctriques	Mecàniques	Elèctriques	Mecàniques i elèctriques	Mecàniques i elèctriques
Integració tarifària	Targeta de transports com a suport de l'abonament	No	Targeta de transports com a suport de l'abonament	No	No

Taula 1: Comparativa de sistemes de bikesharing de diverses ciutats. Font: Elaboració Pròpia

Podem observar a la taula que cada ciutat europea analitzada defineix el seu sistema de bikesharing d'acord amb les seves necessitats sociodemogràfiques i geogràfiques. No obstant, es poden destacar determinades variables comunes a qualsevol de les ciutats analitzades: límits territorials, distància entre estacions, intermodalitat, públic objectiu, etc.

Aquestes variables comunes s'usaran a l'hora d'establir una metodologia de situació de noves estacions de bikesharing. D'altra banda, s'afegiran algunes variables no analitzades en aquesta taula que es consideren rellevants per a l'assoliment de l'objectiu principal d'aquest TFG.

Cal destacar que existeixen més ciutats de les aquí descrites que disposen d'un sistema de bikesharing implementat i funcional. L'autor, però, vol remarcar que les ciutats escollides tenen característiques comunes que faciliten la seva comparativa. En d'altres ciutats, trobem que les iniciatives de bikesharing no tenen tant d'èxit, degut a l'existència d'una cultura de propietat de la bicicleta o bé per tenir unes dimensions que no poden ser recorregudes en bicicleta en un temps raonable.

5 Variables metodològiques teòriques

5.1 Introducció

Tal i com hem pogut veure a la comparativa amb altres ciutats europees, els sistemes de bikesharing analitzats tenen una component geogràfica comuna: la distància entre estacions no supera mai els 300 m. Una altra característica comuna és la proximitat a la xarxa existent d'intercanviadors de transport públic: les estacions es situen el més a prop possible de grans nodes de transport públic. La intenció d'aquesta decisió pot tenir dos sentits: descongestionar el transport públic per a determinats trajectes, o bé actuar com a mode de transport d'última milla, apropant l'usuari a la seva destinació (ITDP, 2018) .

En els sistemes de París, Londres i Lisboa, s'ha introduït la bicicleta elèctrica com a part fonamental del sistema. A pesar de suposar un cost major, tant en matèria d'inversió inicial com de manteniment, les bicicletes elèctriques de bikesharing permeten una reducció notable dels temps de trajecte, així com l'expansió territorial del sistema a zones amb pendents notables.

En alguns sistemes (en el cas de l'expansió territorial del Vélib a París) s'han instal·lat estacions a prop d'escoles i instituts, i en altres casos l'expansió territorial ha estat orientada als indrets generadors de llocs de feina estàtics. Podem veure aquesta expansió orientada especialment a oficines en els casos de Madrid i Lisboa, on bona part de les estacions de bikesharing es situen a zones amb alta presència de seus i oficines de grans empreses.

5.2 Límits territorials

Com a primer element a tenir en compte a l'hora de plantejar una metodologia de situació d'estacions de bikesharing a Barcelona, cal tenir en compte que actualment, les estacions de Bicing a Barcelona estan situades dins del límit municipal de la pròpia ciutat de Barcelona. Aquesta situació implica que la seva àrea metropolitana més immediata i que forma un continu urbà amb el municipi de Barcelona no disposa d'aquest servei. Així doncs, una bona part dels ciutadans de l'Àrea Metropolitana de Barcelona veuen com el sistema Bicing no arriba als seus municipis, malgrat estar a una distància relativament curta dels límits territorials del municipi de Barcelona.

Per tant, en aquest treball es proposa en primer lloc l'extensió del sistema Bicing a tota l'àrea interior del perímetre format per les Rondes de Barcelona (B-10 i B-20). Aquesta àrea forma un continu urbà de gran importància social i econòmica. Els municipis afectats per aquesta expansió serien Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat i Sant Adrià de Besòs.

Aquesta expansió coincidiria territorialment amb l'actual Zona de Baixes Emissions (ZBE), de tal forma que sembla congruent expandir el sistema Bicing a aquestes zones on l'ús de vehicles contaminants està prohibit.

Donat que als municipis de L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat i Esplugues de Llobregat existeixen estacions del sistema d'aparcament segur Bicibox i de lloguer de bicicletes elèctriques compartides E-Bicibox (gestionats per l'Àrea Metropolitana de Barcelona), es proposa afegir en les localitzacions d'ambdós sistemes noves estacions del sistema Bicing, com a pas per a facilitar la recepció entre la ciutadania de la possible expansió territorial del Bicing.

5.3 Distància entre estacions

Com hem vist, la distància entre estacions és un factor clau a l'hora d'establir un sistema de bikesharing. En tots els sistemes de bikesharing que s'han mencionat, la distància entre estacions tracta de no superar els 300m.

Donat que en el cas de Barcelona, el servei del Bicing s'ha consolidat des de la seva implementació l'any 2007, es proposa redefinir aquesta distància a 200m. Des del punt de vista tècnic, les estacions del Nou Bicing són modulars i flexibles, és a dir, es poden afegir o treure ancoratges de les estacions de forma senzilla sense haver de fer grans instal·lacions. Per tant, es proposa afegir més estacions per tal de complir el requisit de 200 m, però amb un nombre menor d'ancoratges (6-8 ancoratges). Amb aquesta proposta, es pretén millorar la cobertura territorial d'aquelles zones amb alta demanda del servei de Bikesharing, i a la vegada, poder facilitar la implementació de noves estacions de Bicing segons les demandes dels usuaris, ciutadans i grups d'interès.

5.4 Intermodalitat

La intermodalitat amb altres mitjans de transport és un factor clau a l'hora de desenvolupar un sistema de bikesharing. Així, cal entendre el bikesharing com a complement del transport públic, és a dir, com a ajuda a l'usuari per arribar a la seva destinació final.

La implementació del bikesharing a les grans ciutats europees no s'entén sense la intermodalitat. La clau de l'èxit dels sistemes de bikesharing radica en la intermodalitat: tant per a usos habituals com per a usos esporàdics, una gran part de la mobilitat generada es realitza amb més d'un mode de transport (López Lambas & Monzón De Cáceres, 2014).

Per tant, es proposa la instal·lació de parades de bikesharing segons el tipus de node intermodal:

- Nodes intermodals majors: nodes on es concentren la majoria de nodes de transport públic. Es proposa assenyalar amb aquesta categoria les estacions ferroviàries que tinguin serveis d'Alta Velocitat, Llarga Distància, Mitjana Distància, Rodalia i Metro, així com aquelles estacions d'autobús amb rutes nacionals i internacionals. En aquests nodes, les estacions de bikesharing han d'estar el més a prop possible dels accessos. La distància proposada per al compliment d'aquest objectiu és de 100 m.
- Nodes intermodals mitjans: nodes on es concentren serveis de transport públic de rodalia i regional. Són aquells que cobreixen les relacions metropolitanes i regionals de la ciutat. En aquests nodes es proposa una distància objectiu màxima de 150 m.
- Nodes intermodals comuns: nodes intermodals on no existeix connectivitat amb serveis de transport públic de rodalia. En aquests nodes es proposa una distància objectiu màxima de 200 m.

5.5 Pendent

Les inclinacions pròpies de la ciutat de Barcelona i la seva àrea més propera poden desincentivar l'ús de la bicicleta, especialment als barris de muntanya (Horta, Carmel, Guinardó...). Per tal de facilitar l'ús del sistema bicing, s'estableix que als barris que no superin un pendent del 4% es prioritzarà la instal·lació d'estacions amb un major número de bicicletes mecàniques. En aquelles zones on no es compleixi la condició anterior o bé existeixi un pendent major del 2% en

un interval de 4km es prioritzarà la instal·lació de bicicletes elèctriques, per tal de facilitar els desplaçaments.(*Plan Director de la Bicicleta de Zaragoza 2010-2025*, 2010)

5.6 Públic objectiu

Com hem vist, en determinats sistemes de bikesharing la distribució espacial de les estacions indica el públic objectiu al qual està dirigit. En el cas de Lisboa, les estacions es troben distribuïdes als barris on hi ha una major activitat econòmica de caire empresarial (també coneguts com a barris d'oficines). En aquesta proposta, la distribució espacial de les estacions de bikesharing es realitzarà amb l'objectiu de servir a tots els ciutadans, per a qualsevol tipus de trajecte realitzable en bicicleta, independentment del motiu del desplaçament.

Aquest criteri implica, a escala territorial, que tots els barris de la ciutat i conurbació metropolitana han de poder disposar d'estacions de bikesharing.

5.7 Carrils bici

L'existència d'infraestructura segregada per a la bicicleta és un element determinant a l'hora d'implementar un sistema de bikesharing. Conseqüentment, l'usuari de la bicicleta pot trobar seguretat a la hora de realitzar els seus desplaçaments si hi ha existència de carrils bici al llarg del seu trajecte. En aquest treball es consideraran com a carrils bici aquells que estiguin disposats de forma segregada a la calçada o bé aquells inscrits a la vorera (també coneguts com a vorera-bici).

En aquesta proposta, es considera convenient col·locar les estacions de bikesharing el més a prop possible dels carrils bici. Per tant, es cercarà la màxima proximitat a aquest tipus d'infraestructura urbana(Lin & Yang Ta-Hui, 2011). La disposició de les estacions es situarà el més a prop possible dins d'un radi de 100m d'un carril bici.

5.8 Altres factors metodològics

Cal tenir en compte que els elements anteriors poden quedar limitats i/o supeditats a altres factors i/o condicions de cada ciutat. Per tant, no s'ha tingut en compte a la hora de proposar aquests elements bàsics altres factors que poden condicionar fortament l'èxit o fracàs d'un sistema de bikesharing(Eren & Uz, 2020):

- Factors demogràfics: a la hora d'usar una bicicleta, l'ús d'aquest mitjà de transport és més adient per a les persones joves i adultes que no pas per a les persones de la tercera edat. Així, es pot deduir que un sistema de bikesharing pot tenir un major ús en aquells indrets de la ciutat on visquin un major nombre de persones amb una edat entre els 18 i 65 anys.
- Vandalisme i criminalitat: un sistema de bikesharing pot ser propens a sofrir vandalisme en aquelles zones on la criminalitat és més elevada. Aquesta problemàtica impedeix als usuaris utilitzar els sistemes de bikesharing de forma correcta, ja que es detecta un major nombre de bicicletes de bikesharing vandalitzades en aquestes zones. Així doncs, per resoldre aquesta problemàtica cal continuar innovant en mètodes tecnològics per garantir la fortalesa dels sistemes de bikesharing enfront el vandalisme.(Nikiforiadis et al., 2021)
- Factors socioeconòmics: els barris de la ciutat amb una major renda per càpita son més propensos a usar modes de transport privat (cotxe i moto, principalment) en comptes

d'un sistema públic de lloguer de bicicletes. Per atraure usuaris d'aquests barris a l'ús de la bicicleta compartida, cal aplicar polítiques de reducció de l'ús de vehicles privats contaminants.

- Factors meteorològics: una clima advers (pluges intenses) pot condicionar fortament l'ús de sistemes de bikesharing(El-Assi et al., 2017).

5.9 Conclusions

La metodologia presentada té en compte 6 elements bàsics per a situar noves estacions de bikesharing en una ciutat. Aquests elements poden ser sistematitzats i utilitzats de forma objectiva en un Sistema d'Informació Geogràfica, facilitant la tasca a la hora de proposar i desplegar un sistema de bikesharing. Tanmateix, pot ser útil per planificar una expansió d'un sistema de bikesharing a noves zones de la ciutat.

Cal destacar que poden haver-hi variables que estiguin fora de l'abast d'aquest Treball Fi de Grau i que poden tenir un gran impacte a l'hora de situar noves estacions de bikesharing en una ciutat.

6 Variables metodològiques aplicades

Per tal d'aplicar la metodologia proposada, s'utilitzarà el programari ArcGIS Pro. Per mantenir la integritat i la simplicitat de les dades, s'emmagatzemaran les dades en una única GeoDataBase generada pel programa, de tal forma que s'evitarà la fragmentació dels fitxers. L'ús d'una GeoDatabase és el mètode recomanat pel desenvolupador d'ArcGIS Pro, ESRI, per facilitar la tasca de recerca, obtenció i neteja de dades sense perdre la seva integritat informàtica.

Per començar, es realitza la obtenció de les següents dades:

- Estacions de Bicing de Barcelona (Portal Open Data BCN): Es realitza una conversió de format JSON a GeoDataBase, aplicant diversos mètodes i conversors per obtenir un únic fitxer de fàcil reconeixement geogràfic.
- Carrils bici a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (Portal IDE AMB): es realitza el pas de format Shapefile a GeoDataBase
- Límits de la Zona de Baixes Emissions: A partir del producte "Redes de Transporte" del Instituto Geográfico Nacional, es realitza la selecció de les vies que formen part de la Zona de Baixes Emissions de Barcelona (B-10, B-20 i C-32).
- Estacions dels operadors de transport públic (FGC, Rodalies de Catalunya, Metro i Tram). S'obtenen les dades en format GTFS (General Transit Feed Specification), i posteriorment es converteixen en format GeoDataBase, obtenint aquelles estacions que pertanyen a dins del territori format per la Zona de Baixes Emissions.
- Model Digital d'Elevacions de Catalunya del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).
- Seccions censals d'Espanya, Institut Nacional d'Estadística(INE, s.d.)
- Població per seccions censals del municipi de Barcelona. Barcelona Open Data

A continuació es realitza la neteja i adequació de les dades. De vegades ha estat necessari fer múltiples transformacions de formats, donada la incompatibilitat del tipus de dades que han presentat determinades fonts. És el cas de les dades referents a les seccions censals d'Espanya i la població per seccions censals del municipi de Barcelona, on s'han trobat dificultats tècniques per a la unió d'ambdós conjunts de dades.

Posteriorment, es creen els buffers o àrees d'influència segons les variables de metodologia desitjades usant l'eina de Zones d'Influència. Per a la obtenció dels resultats descrits, s'extreuen les dades a través de combinacions de consultes per atributs i per ubicació, que es detallaran més endavant.

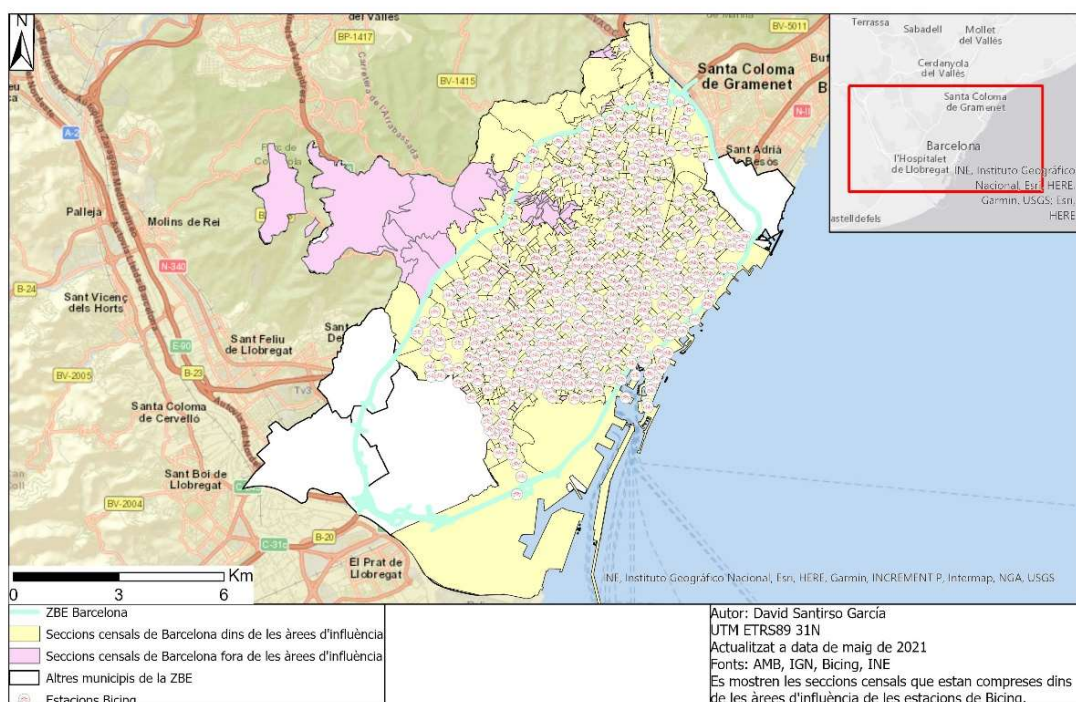
7 Resultats per al sistema Bicing a la ciutat de Barcelona

Es realitza una primera aproximació, usant la primera i segona variables de metodologia proposades: límits territorials i distància entre estacions. Per tant, s'usen les eines de Zona d'influència per dibuixar circumferències de radi 200m al voltant de les estacions de Bicing de Barcelona.

D'aquesta primera aproximació, obtenim que l'àrea coberta per les estacions de Bicing al municipi de Barcelona és de 63,46 km². Tenint en compte que la superfície del municipi Barcelona és de 101,35 km², les estacions de Bicing cobreixen un 62,6% de la superfície del municipi de Barcelona.

Si s'intersecten els buffers obtinguts amb les seccions censals, podem veure que l'actual sistema Bicing cobreix 1.025 de les 1.068 seccions censals existents a Barcelona. No obstant, la dada més interessant i rellevant és que dins d'aquestes 1025 seccions censals hi viuen 1.365.035 habitants, dada que representa que el 95,55% de la població de la ciutat de Barcelona es troba dins d'una secció censal amb una distància no superior a 200 metres a una estació de Bicing.

Àrees d'influència de les estacions de Bicing per seccions censals



Mapa 5: Seccions censals de Barcelona dins de les àrees d'influència de les estacions de Bicing. Font: Elaboració pròpia

De les seccions censals que no han complert els requisits esmentats, podem observar que la majoria estan situades a la part superior de la ciutat de Barcelona, a prop de la serralada de Collserola. Aquestes seccions es situen majoritàriament als barris de Vallvidrera, Sant Genís dels

Agudells, la Teixonera, el Coll i el Carmel, barris històricament amb un dèficit de comunicacions amb la resta de la ciutat de Barcelona.

Per tant, la cobertura del Bicing a la ciutat de Barcelona arriba a gairebé tota la seva població, fent palès que el Nou Bicing té una major capacitat d'atracció per a la població de la capital catalana.

D'altra banda, es procedeix a consultar els nodes de transport públic de la ciutat de Barcelona que disposin com a mínim d'una estació de Bicing que compleixi els requisits d'intermodalitat descrits a l'apartat 5.4.

Nom node transport públic	Operador	Tipus de node intermodal	Distància (metres)	Cobert per estació de Bicing
Barcelona-Estació de França	Renfe/Adif	Major	100 m	Sí
Barcelona-Sants	Renfe/Adif	Major	100 m	No
Arc de Triomf	Renfe/Adif/Metro	Mitjà	150 m	Sí
Passeig de Gràcia	Renfe/Adif/Metro	Mitjà	150 m	Sí
Sant Andreu Arenal	Renfe/Adif/Metro	Mitjà	150 m	Sí
Sant Andreu Comtal	Renfe/Adif/Metro	Mitjà	150 m	Sí
Plaça Catalunya	Renfe/Adif/Metro/FGC	Mitjà	150 m	Sí
El Clot-Aragó	Renfe/Adif/Metro	Mitjà	150 m	Sí
Sagrera-Meridiana	Renfe/Adif/Metro	Mitjà	150 m	No
Plaça Espanya	FGC/Metro	Mitjà	150 m	Sí
Provença/Diagonal	FGC/Metro	Mitjà	150 m	Sí

Taula 2: Nodes de transport públic segons tipus i distància. Font: Elaboració Pròpia

En el cas de l'operador FGC, per a les 17 estacions dins del municipi de Barcelona classificades com a "node intermodal comú", s'obté de l'anàlisi realitzat que 11 estacions d'aquest operador disposen d'una estació de Bicing a una distància no superior als 200 metres.

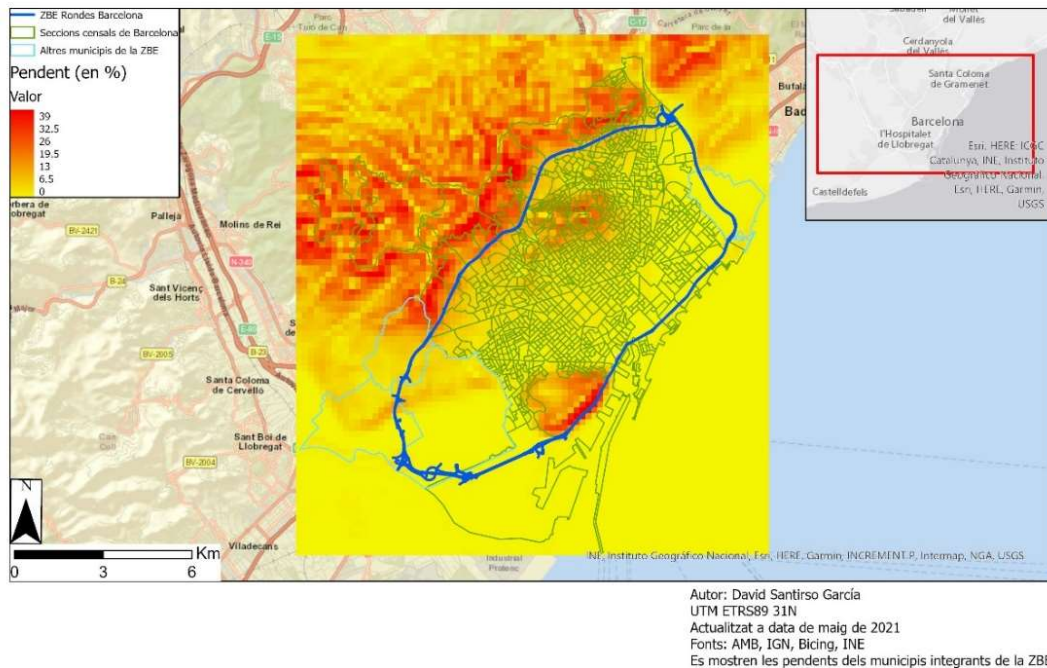
Per a les estacions de Metro, 92 parades dins del municipi de Barcelona han estat classificades com a "node intermodal comú". D'aquestes estacions, 69 compleixen el requisit de tenir una estació de Bicing a menys de 200 metres.

Per a les parades del TRAM, 10 parades dins del municipi de Barcelona han estat classificades com a "node intermodal mitjà". D'aquestes estacions, 9 compleixen el requisit de tenir una estació de Bicing a menys de 150 metres, sent Zona Universitària l'única estació de TRAM dins del municipi de Barcelona amb la qualificació de "node intermodal mitjà" que no disposa d'una estació de Bicing a menys de 150 metres.

Per a les parades del TRAM, 16 parades dins del municipi de Barcelona han estat classificades com a "node intermodal comú". D'aquestes estacions, 13 compleixen el requisit de tenir una estació de Bicing a menys de 200 metres.

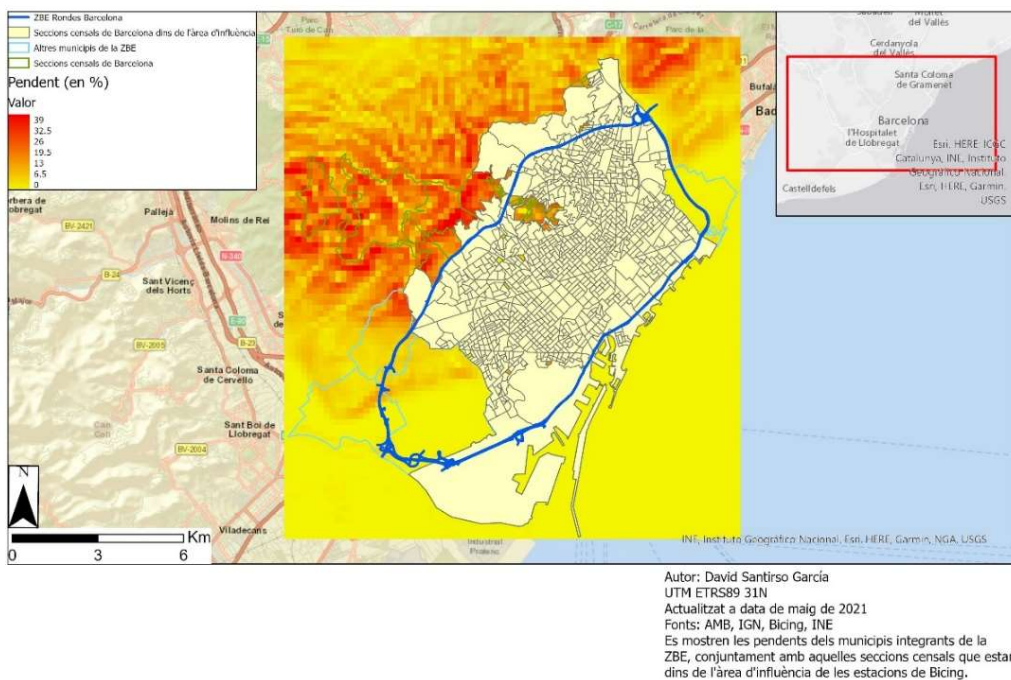
A continuació s'aplica el criteri de pendents, usant un Model Digital d'Elevacions de la ciutat de Barcelona. En els mapes es poden visualitzar les pendents per a la zona d'estudi, així com per a les seccions censals que han quedat fora de les àrees d'influència de les estacions.

Pendents de la ZBE



Mapa 6: Pendents de la ZBE Barcelona. Font: Elaboració pròpia

Pendents de la ZBE. Seccions censals

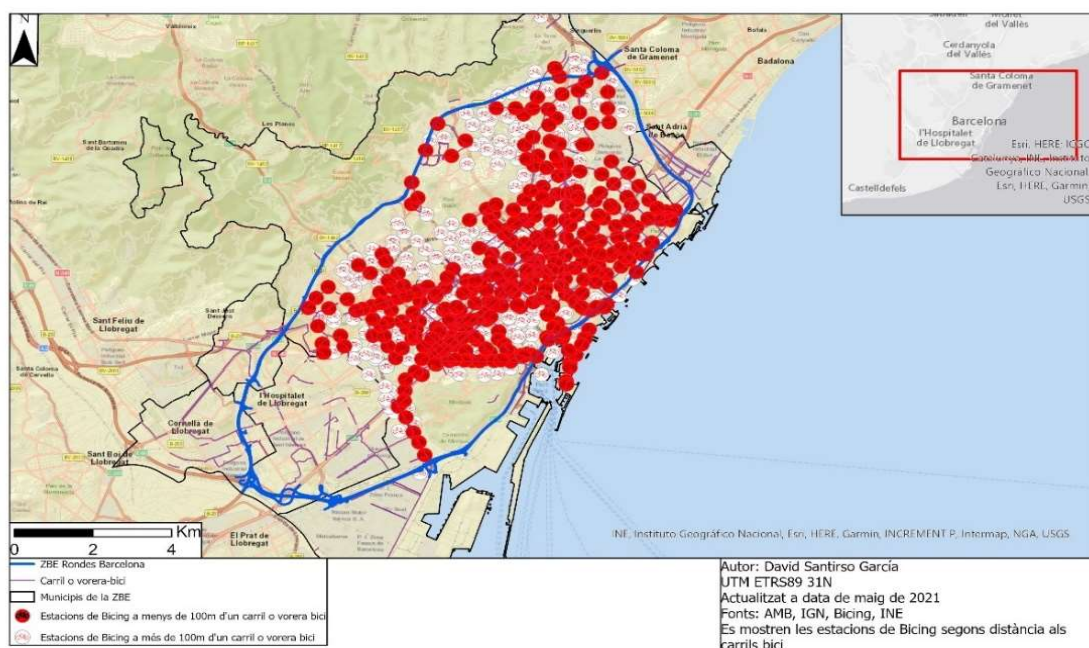


Mapa 7: Seccions censals dins de l'àrea d'influència amb les pendents de Barcelona. Font: Elaboració pròpia

Podem veure que en les seccions censals que no estan dins de la distància d'influència d'una estació de Bicing es caracteritzen per unes pendents del terreny significatives. Aquesta circumstància geogràfica no facilita l'incentiu de l'ús del Bicing en la seva versió mecànica.

Per últim, s'aplica el criteri dels carrils bici. Es determinen les àrees d'influència dels carrils bici, aplicant buffers de 100m de radi. Una vegada dibuixats els buffers, es procedeix a realitzar la selecció d'estacions de Bicing, quedant 340 estacions de Bicing dins de la zona d'influència dels carrils bici, el que representa que un 67% de les estacions de Bicing disposen d'un carril bici a una distància no superior a 100 metres.

Estacions Bicing per distància als carrils bici



Mapa 8: Estacions de Bicing segons distància a un carril o vorera-bici. Font: Elaboració pròpia

És important destacar que en el moment de decidir usar les dades dels carrils bici, s'han usat únicament aquells carrils bici que estan totalment segregats del trànsit rodat o bé estan sobre la vorera. Per tant, no s'ha tingut en compte la existència de carrers 30 i/o zones de vianants, resultat que es reflecteix en el mapa anterior en el centre de Barcelona (Districte de Ciutat Vella) i en el districte de Sarrià-Sant Gervasi. En aquests districtes, la majoria de la xarxa pedalable es del tipus ciclocarril o carrer 30.

Una vegada analitzades les principals variables proposades, es pot definir el sistema Bicing a la ciutat de Barcelona com un sistema molt accessible des dels punts de vista analitzats. Tanmateix, és necessari reforçar la intermodalitat del sistema per facilitar els desplaçaments més enllà del municipi de Barcelona. En aquest sentit, cal destacar de l'informe executiu provinent de l'Enquesta de Mobilitat en Dia Feiner 2019 (Autoritat del Transport Metropolità & IERMB, 2019) que el municipi de Barcelona presenta cada dia uns 2,02 milions de desplaçaments de connexió, és a dir, desplaçaments entre Barcelona i altres municipis, essent la majoria per motius de mobilitat ocupacional. A més, el municipi de Barcelona presenta una dinàmica cada vegada més

important d'expansió metropolitana, essent els municipis més propers a la capital catalana els més immersos en aquest procés de "metropolinització".

Però el sistema Bicing actual no té en compte aquesta component d'expansió metropolitana. Totes les estacions del sistema Bicing es situen única i exclusivament dins del terme municipal de la ciutat de Barcelona. Algunes estacions es situen a tocar dels límits dels municipis tangents, però mai arribant a servir-los completament.

A partir d'aquest moment, es proposa a partir d'aquest moment realitzar una nova orientació del Treball Fi de Grau: s'aplicarà la metodologia proposada als apartats anteriors per a l'expansió del sistema Bicing dins del perímetre comprès per la Zona de Baixes Emissions. El municipis als quals s'aplicarà la metodologia seran els següents:

- L'Hospitalet de Llobregat
- Cornellà de Llobregat
- Esplugues de Llobregat
- Sant Adrià de Besòs

Donat que els municipis mencionats tenen part del seu terme municipal fora del perímetre comprès per la Zona de Baixes Emissions, es procedirà a l'aplicació de la metodologia proposada únicament en el terme municipal que estigui comprès dins del perímetre de la Zona de Baixes Emissions.

8 Expansió del Bicing als municipis de L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat i Sant Adrià de Besòs usant la metodologia aplicada

Per tal de dur a terme l'expansió del sistema Bicing als municipis de L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat i Sant Adrià de Besòs, es procedeix a tornar a aplicar la metodologia proposada al marc teòric d'aquest Treball Fi de Grau.

Donat que ja s'ha definit l'àmbit territorial, es procedeix a aplicar la variable de metodologia basada en la distància entre estacions de 200 metres.

Per tal de reflectir aquesta variable a través del programari ArcGIS Pro, es defineix en una nova capa vectorial els eixos principals dels municipis mencionats anteriorment.

Els eixos seleccionats compleixen la condició principal de ser eixos estructurants, és a dir, carrers principals. En gran part, aquests carrers són continuació dels carrers principals de la ciutat de Barcelona.

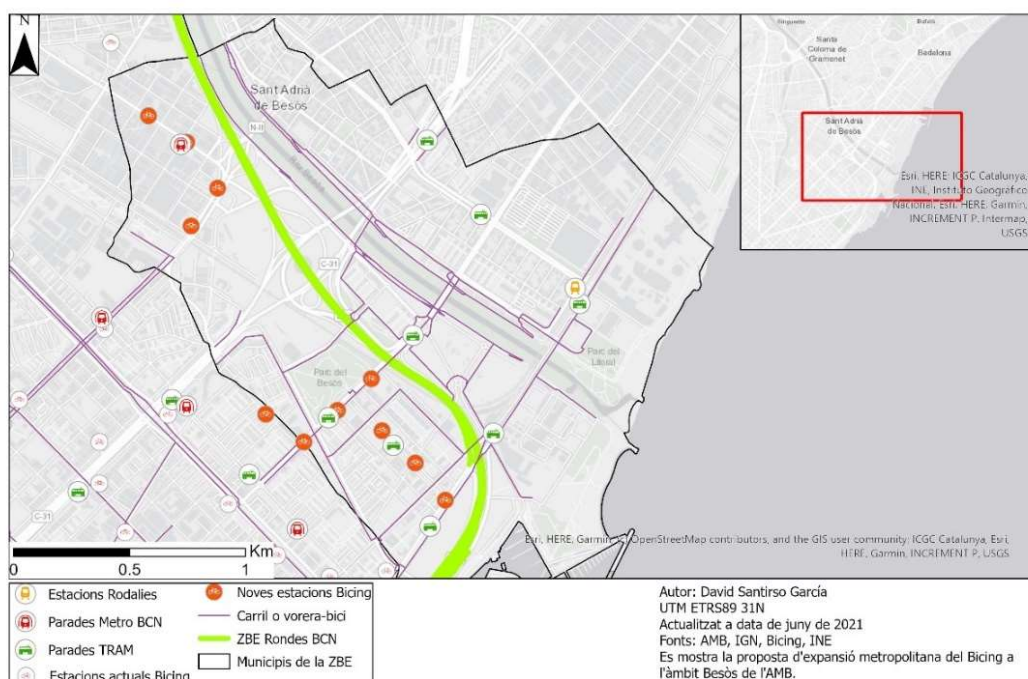
Nom del carrer principal	Municipi
General Batet	Barcelona
Molí	Esplugues de Llobregat
Gran Via	Hospitalet de Llobregat
Just Oliveras	Hospitalet de Llobregat
Carrilet	Hospitalet de Llobregat
Santa Eulalia	Hospitalet de Llobregat
Narcís Monturiol	Hospitalet de Llobregat
Amadeu Torner	Hospitalet de Llobregat
Fabregada	Hospitalet de Llobregat

Isabel Catòlica	Hospitalet de Llobregat
Mas	Hospitalet de Llobregat
Collblanc	Hospitalet de Llobregat
Esplugues	Hospitalet de Llobregat
Major	Hospitalet de Llobregat
Joan Carles I	Hospitalet de Llobregat
Botànica	Hospitalet de Llobregat
Cobalt	Hospitalet de Llobregat
Torrent Gornal	Hospitalet de Llobregat
Josep Tarradellas	Hospitalet de Llobregat
Cristòbal de la Moura	Sant Adrià de Besòs
Eduard Maristany	Sant Adrià de Besòs
Rambla Mina	Sant Adrià de Besòs
Perpinya	Sant Adrià de Besòs
Tibidabo	Sant Adrià de Besòs
Balmes	Sant Adrià de Besòs

Una vegada definits els eixos principals, s'aplica l'eina "Crear punts a lo largo de la línea" per tal de definir una distància entre noves estacions de Bicing de 200 metres. Una vegada aplicada l'eina a tots els eixos principals de les ciutats metropolitanes, es comproven manualment les ubicacions de les estacions proposades, per tal d'evitar ubicacions incompatibles amb la trama urbana (vies ferroviàries, zones de càrrega i descàrrega...).

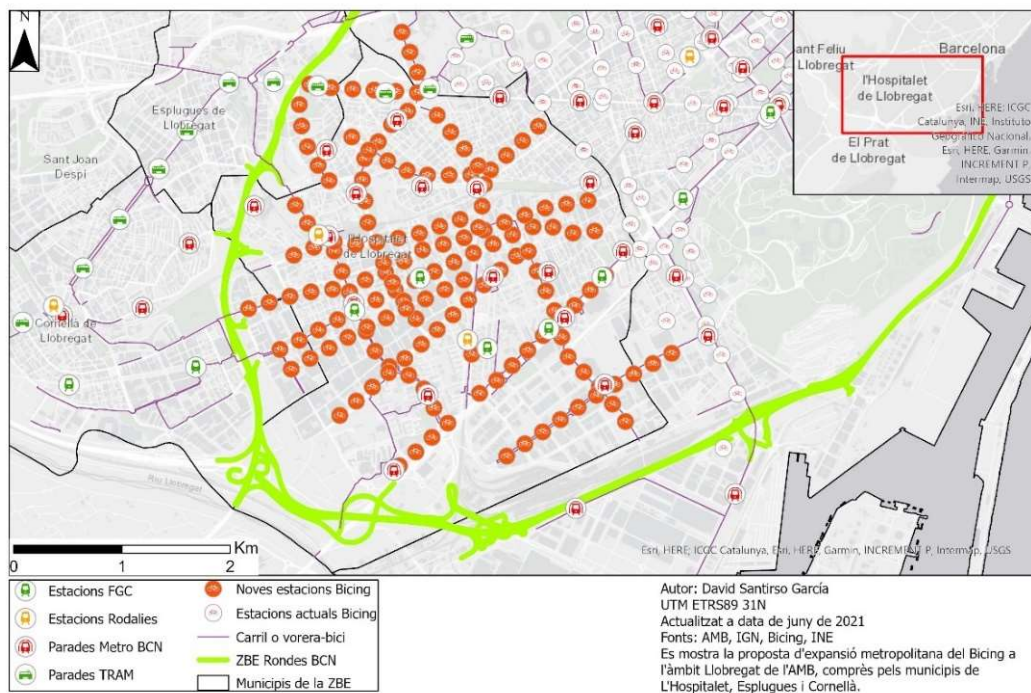
El resultat es pot visualitzar al següent mapa:

Proposta expansió metropolitana Bicing. Àmbit Besòs



Mapa 9: Proposta d'expansió del sistema Bicing a l'àmbit Besòs de l'AMB. Font: Elaboració pròpia

Proposta expansió metropolitana Bicing. Àmbit Llobregat



Mapa 10: Proposta d'expansió del Bicing a l'àmbit Llobregat de l'AMB. Font: Elaboració pròpia

D'acord amb la metodologia aplicada, a la següent taula es pot visualitzar el nombre d'estacions de Bicing necessàries per a cada municipi

Municipi	Estacions de Bicing
L'Hospitalet de Llobregat	136
Cornellà de Llobregat	7
Esplugues de Llobregat	6
Sant Adrià de Besòs	10

Tal i com es visualitza a la taula, el municipi de L'Hospitalet de Llobregat és el municipi amb major nombre d'estacions de Bicing a instal·lar per satisfer el requisit d'una distància màxima de 200 metres entre estacions. Aquest major número d'estacions contrasta amb els altres municipis metropolitans de l'àmbit d'estudi per ser L'Hospitalet de Llobregat el segon municipi amb major superfície dins de la ZBE després de Barcelona. A més, el municipi de L'Hospitalet de Llobregat compta amb una densitat de població de 21.724 hab/km², fet que el situa entre els municipis més densos de tota la Unió Europea.

No obstant, donat que la implementació d'un sistema de bikesharing pot ser difícil per motius operacionals i tècnics, es proposa realitzar una expansió del sistema Bicing en aquests municipis consistent en 4 fases.

Fase 1-Estacions ferroviàries principals: Es proposa instal·lar noves estacions de Bicing als nodes de transport públic mitjans de les ciutats metropolitanes, aplicant els criteris d'intermodalitat per a nodes majors i mitjans tal i com s'han definit a l'apartat 5.4. Aplicant el criteri mencionat, s'instal·larien noves estacions de Bicing al voltant de les estacions de FGC d'Ildelfons Cerdà,

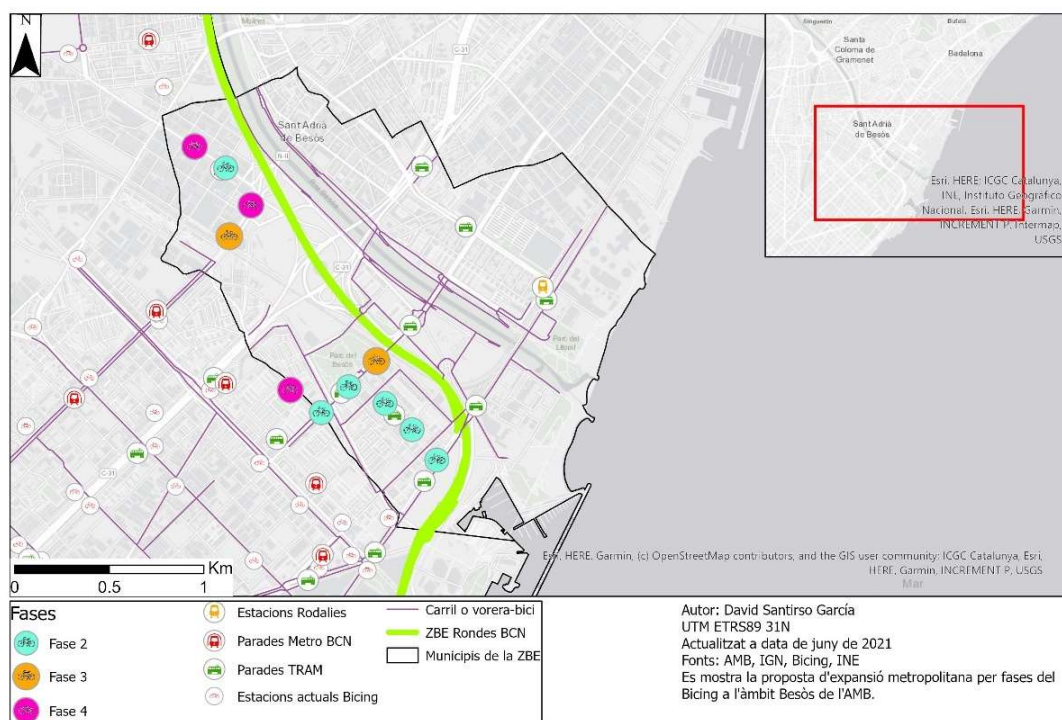
Europa Fira i L'Hospitalet Avinguda Carrilet. En el cas de les estacions de Rodalies, s'afegirien les estacions de Bellvitge i L'Hospitalet de Llobregat

Fase 2-Resta de nodes de transport públic: Instal·lació d'estacions de Bicing a la resta de la xarxa de transport públic ferroviari, aplicant els criteris de l'apartat 5.4 per a nodes intermodals menors. Consisteix en la instal·lació de noves estacions de Bicing al voltant de les parades xarxa de Metro, FGC i TRAM dels municipis metropolitans inclosos a l'expansió.

Fase 3-Equipaments educatius: Es proposa la instal·lació de noves estacions en els principals equipaments municipals (escoles i instituts), tal i com s'ha realitzat en l'expansió del sistema Vélib a París. Es proposa la instal·lació d'estacions de Bicing com a eina de foment de la mobilitat en bicicleta, així com per facilitar la conciliació familiar i reduir el nombre de vehicles privats (cotxes i motos) que circulen en àmbits escolars.

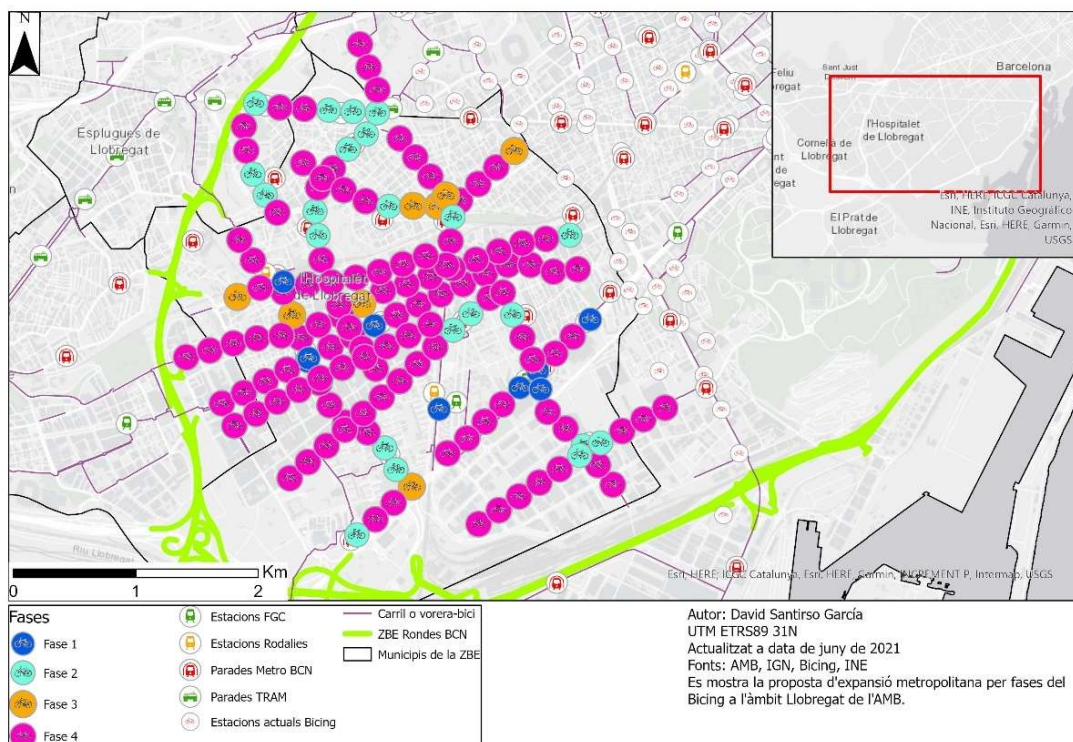
Fase 4: Resta d'estacions de Bicing proposades fins a acomplir la distància de 200m. Aquesta fase aniria condicionada al nivell d'ús de les bicicletes que s'ha donat en realitzar la posada en marxa de les fases 1, 2 i 3.

Proposta expansió metropolitana Bicing per fases. Àmbit Besòs



Mapa 11: Proposta d'expansió metropolitana del Bicing per fases. Àmbit Besòs. Font: elaboració pròpia

Proposta expansió metropolitana Bicing per fases. Àmbit Llobregat



Mapa 12: Proposta d'expansió metropolitana del Bicing per fases. Àmbit Llobregat. Font: Elaboració pròpia

Cal remarcar que en aquesta expansió del sistema Bicing no es proposa l'eliminació del sistema Bicibox, existent en alguns municipis metropolitans existents. L'expansió metropolitana del sistema Bicing no substitueix en cap moment l'objectiu del sistema Bicibox (aparcament segur de bicicletes privades), sinó més bé es proposa com a complement per al foment de la mobilitat sostenible.

9 Conclusions

Com a objectiu inicial, aquest Treball Fi de Grau tenia com a objectiu principal es volia investigar si el sistema Bicing de la ciutat de Barcelona era accessible a la població de Barcelona. Així, per tal de poder fer una anàlisi objectiva, s'han usat múltiples indicadors i fonts de dades per poder respondre a l'objectiu inicial. Com a eina clau en el desenvolupament d'aquest treball, es va decidir usar els Sistemes d'Informació Geogràfica, donat que permeten plasmar sobre el mapa la informació digital, així com poder realitzar transformacions de les dades per a la seva posterior anàlisi.

El procés més difícil d'aquest treball ha estat l'obtenció de dades i el seu tractament, és a dir, decidir quines transformacions calia fer per poder facilitar una anàlisi tenint en compte múltiples elements urbans. Tanmateix, s'ha treballat amb el programari de SIG ArcGIS Pro com a eina base per a tal objectiu.

Una vegada realitzada l'anàlisi i obtinguts el resultats, es va determinar que la cobertura poblacional del sistema Bicing a la ciutat de Barcelona era molt elevada: gairebé tots els barris de la Ciutat Comtal queden coberts pel sistema, a excepció d'aquells amb pendents elevades. No obstant, en matèria d'intermodalitat amb altres modes de transport, el sistema Bicing necessita millorar: alguns nodes intermodals majors, com ara l'estació de Sants o Sagrera-Meridiana, necessiten tenir més a prop una estació de Bicing, donat que són nodes on es concentra una bona part dels desplaçaments en transport públic de la Regió Metropolitana de Barcelona.

Una vegada realitzada l'anàlisi, s'ha proposat realitzar una expansió metropolitana del sistema, per tal de reforçar la component metropolitana que caracteritza els municipis de la rodalia de Barcelona. En aquest sentit, s'ha tingut en compte l'oportunitat que ofereix l'àrea formada per la Zona de Baixes Emissions (ZBE), donat que els municipis inclosos dins d'aquesta àrea tenen continuïtat urbana amb la ciutat de Barcelona. A la vegada, la investigació realitzada per a altres sistemes de bikesharing de diverses ciutats europees reafirma la necessitat de realitzar aquesta expansió del Bicing més enllà del municipi de Barcelona.

Per a l'expansió, s'ha usat la metodologia proposada en aquest Treball Fi de Grau, amb la diferència de no tenir una ubicació inicial de les estacions, tal i com succeïa al sistema Bicing al municipi de Barcelona. Donat el nombre elevat d'estacions resultants, s'ha previst un desplegament per fases d'aquesta expansió per tal de facilitar tant a nivell tècnic com econòmic la seva correcta implantació.

En definitiva, la metodologia usada permet obtenir una anàlisi acurada de l'estat de l'accessibilitat del Bicing a Barcelona usant dades de caràcter geogràfic de múltiples fonts. També la metodologia proposada permet tenir una guia base per a futures expansions del sistema a altres localitats de l'entorn metropolità, facilitant l'expansió metropolitana dels sistemes de bikesharing, tal i com es va realitzar a la ciutat de París.

Finalment, cal destacar que aquest Treball Fi de Grau s'ha realitzat en un període de temps relativament breu, i per tant es podria discutir sobre la conveniència de realitzar una expansió més ambiciosa, que implicaria a més municipis metropolitans fora del perímetre de la ZBE. No obstant, l'autor d'aquest Treball creu que és millor realitzar petites expansions territorials del sistema Bicing per tal de garantir el seu èxit i adaptació més enllà de la capital catalana. D'aquesta forma, es podrà facilitar l'accés a la mobilitat en bicicleta als habitants situats més enllà dels límits administratius de la ciutat de Barcelona, aconseguint un major nombre de

desplaçaments sostenibles, i per tant, la millora global de la salut de tots els ciutadans de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, independentment dels límits territorials i administratius vigents.

10 Referències

- Autoritat del Transport Metropolità, & IERMB. (2019). *EMEF 2019*.
https://doc.atm.cat/ca/_dir_emef/emef2019.pdf
- El-Assi, W., Salah Mahmoud, M., & Nurul Habib, K. (2017). Effects of built environment and weather on bike sharing demand: a station level analysis of commercial bike sharing in Toronto. *Transportation*, 44(3), 589-613. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9669-z>
- El Bicing, 10 anys d'èxit circumscrit a Barcelona*. (s.d.). Recuperat 25 febrer 2021, de <https://revistamirall.com/2017/05/23/el-bicing-10-anys-dexit-circumscrit-a-barcelona/>
- Eren, E., & Uz, V. E. (2020). A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand. En *Sustainable Cities and Society* (Vol. 54). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101882>
- García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J., & Latorre, M. (2012). Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach. *Applied Geography*, 35(1-2), 235-246.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.07.002>
- Gira – Bicicletas de Lisboa. (s.d.). Recuperat 6 juny 2021, de <https://www.gira-bicicletasdelisboa.pt/>
- INE. (s.d.). *Productos y Servicios / Informacion estadística / Cartografía secciones censales y callejero de Censo Electoral*. Recuperat 6 juny 2021, de https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=Page&cid=1259952026632&p=1259952026632&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout
- ITDP. (2018). The Bikeshare Planning Guide. *Institute for Transportation & Development Policy*.
- Jordi, M. E. (2014). Barcelona tindrà Bicing elèctric a partir de diciembre. *Ediciones El País*.
- Lazarus, J., Pourquier, J. C., Feng, F., Hammel, H., & Shaheen, S. (2020). Micromobility evolution and expansion: Understanding how docked and dockless bikesharing models complement and compete – A case study of San Francisco. *Journal of Transport Geography*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102620>
- Lin, J. R., & Yang Ta-Hui, T. H. (2011). Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(2), 284-294. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2010.09.004>
- López Lambas, M. E., & Monzón De Cáceres, A. (2014). Sistemas de bicicleta pública: Vehículos inteligentes para ciudades sostenibles. *Carreteras*, 4(194).
- Martín Sanchez, Á. (2019). *Estudio de la movilidad en bicicleta pública compartida en Madrid a través de los datos abiertos de BiciMAD*.
- Moreno, C. (2019). *La ville du ¼ d'heure : pour un nouveau chrono urbanisme ! - Pr Carlos Moreno - Carlos Moreno*. <http://www.moreno-web.net/la-ville-du-¼-dheure-pour-un-nouveau-chrono-urbanisme-pr-carlos-moreno/>
- Nair, R., Miller-Hooks, E., Hampshire, R. C., & Bušić, A. (2012). Large-Scale Vehicle Sharing Systems: Analysis of Vélib'. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(1), 85-106. <https://doi.org/10.1080/15568318.2012.660115>

Nikiforiadis, A., Aifadopoulou, G., Grau, J. M. S., & Boufidis, N. (2021). Determining the optimal locations for bike-sharing stations: Methodological approach and application in the city of Thessaloniki, Greece. *Transportation Research Procedia*, 52, 557-564. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.066>

Plan Director de la Bicicleta de Zaragoza 2010-2025. (2010).

Tironi, M. (2012). Mettre l'écologie en mouvement. Les controverses aux origines du projet Vélib'. *Tracés*, 22, 65-83. <https://doi.org/10.4000/traces.5440>

Agraïments

Vull agrair a les següents persones i institucions per haver-me ajudat en la realització d'aquest Treball Fi de Grau:

En primer lloc, a en Marc Castelló Bueno, per haver acceptat la tutorització d'aquest TFG. Sense la seva supervisió i el seu guiatge i consell durant tot el 2021 no hauria estat possible la realització del meu del Treball.

A la Ruth Lamas Borraz, tècnica a la Oficina Metropolitana de la Bicicleta a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), per haver-me facilitat la meva iniciació en el món de l'administració pública, així com per l'oportunitat de demostrar els meus coneixements. També vull agrair a la Montserrat Maño Cabogil, administrativa de l'AMB i la Maria Elisa Ojeda, arquitecta, per ajudar-me des de diferents disciplines tècniques.

A Transport For London, fer facilitar-me amb gran rapidesa i diligència les dades necessàries

Al Laboratori d'Informació Geogràfica i Teledetecció de la UAB, per facilitar-me l'accés al programari necessari de SIG.

A en Guillem Briones Torrent, pel seu acompanyament com a geògraf consolidat i el seu bon humor tan necessari en temps incerts.

A en Carlos Vilés, per sempre aportar el seu toc seriós d'enginyer civil.

A la Carme García Lores, per confiar en la meua persona en moments difícils.

A en Manuel Santirso, per donar-me l'oportunitat de reorientar el meu futur en un moment de màxima incertesa. Sense ell mai hauria cursat el Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles.

I per descomptat, a la meua família, per estar en tot moment darrere meu, recolzant-me en els millors i pitjors moments de la meua vida.

Finalment, vull agrair també l'ajuda inestimable de tots els professors que formen part del Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles. Sense el seu coneixement transferit, jo no podria haver fet mai aquest TFG.