

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol: Estudi de la implementació d'un tramvia a la ciutat de Girona

Document: Memòria

Alumne: Oriol Roura Vidal

Tutor: Josep Daunis i Estadella, Remei Calm Puig

Departament: Informàtica i Matemàtica aplicada

Àrea: EOI i MA

Convocatòria (mes/any): Juny 2017

1	INTRODUCCIÓ	4
1.1	Antecedents	5
1.2	Objecte.....	5
1.3	Abast	6
2	EL DESENVOLUPAMENT HISTÒRIC DEL TRAMVIA	7
2.1	Inicis i evolució	7
2.2	El tramvia a Espanya.....	10
3	COMPARACIÓ DEL TRAMVIA RESPECTE ELS SEUS COMPETIDORS	15
3.1	El tramvia respecte l'autobús	15
3.2	El tramvia respecte el troleibús	16
3.3	El tramvia respecte el metro	18
3.4	Comparativa numèrica.....	19
3.4.1	Viatgers anuals	19
3.4.2	Consum energètic	20
3.4.3	Capacitat de passatgers	21
4	TIPOLOGIES DE TRAMVIES.....	23
4.1	El tramvia modern.....	23
4.2	El metro lleuger	24
4.3	El tren-tram	26
4.4	El tramvia amb rails electrificats	27
4.5	Tramvies híbrids o súper condensadors	28
4.6	Tramvies unidireccionals i bidireccionals	30
4.7	Tramvies d'una sola via	31
5	SITUACIÓ ACTUAL DEL TRANSPORT PÚBLIC A GIRONA	33
5.1	Servei de línies d'autobús.....	33
5.1.1	Tarifas del Transport Municipal del Gironès.....	34
5.2	Servei de bicicletes públiques: Girocleta.....	36
5.2.1	Tarifas de la Girocleta	37
5.3	Afluència diària en el transport públic gironí	38

6	PROPOSTA D'IMPLEMENTACIÓ DEL TRAMVIA	40
6.1	Recorregut del tramvia	40
6.1.1	Línia 1: Pavelló de Salt – Campus universitari Montilivi	43
6.1.2	Línia 2: Polígon Mas Gri – Hospital Josep Trueta.....	45
6.2	Ubicació de les parades	47
6.2.1	La densitat de població	48
6.2.2	Zones d'alt interès per a la població	50
6.2.3	Afluència de passatgers TMG	53
6.2.4	L'ús de les isòcrones	56
6.2.5	Situació de les parades.....	58
6.3	Estudi del temps de parada.....	68
6.4	Característiques de la via	77
6.4.1	Número de vies	78
6.4.2	Distàncies de seguretat	83
6.4.3	Posició de la via	86
6.4.4	Pas per gloriets i corbes	89
6.4.5	Creació de derivacions	100
6.4.6	Priorització en les interseccions	106
6.5	Tipus de tramvia	111
6.6	Pagament del viatge	115
6.7	Ampliacions de la via	118
6.7.1	Fase I: C.C. Espai Gironès i Hospital Santa Caterina.....	118
6.7.2	Fase II: Domeny i Germans Sàbat	120
7	PRESSUPOST.....	123
8	CONCLUSIONS	124
9	TREBALL FUTUR	128
10	AGRAÏMENTS.....	129
11	BIBLIOGRAFIA.....	130

A	MAPES DE POBLACIÓ.....	138
A.1	Mapa de Girona. Domeny, Germans Sàbat, Fontajau i Sant Ponç.....	138
A.2	Mapa de Girona. Barri Vell i Eixample Nord.....	139
A.3	Mapa de Girona. Santa Eugènia, Sant Narcís i Eixample Sud.....	140
A.4	Mapa de Salt.....	141

1 INTRODUCCIÓ

El transport urbà és i continua sent un dels temes més importants a tractar en les grans ciutats. Anteriorment, el vehicle particular no era freqüent en la gran majoria de famílies, així que el transport públic es presentava com l'opció de trajecte més accessible per a qualsevol família, sense tenir en compte la condició social.

Contràriament al que es podria pensar, el concepte de tramvia va sorgir abans que el de l'autobús, sempre des del punt de vista cronològic. Aquest vehicle era àmpliament usat pels treballadors que vivien en una determinada ciutat i havien de traslladar-se als afores d'aquesta, o bé en una altra ciutat a causa del treball.

La preocupació sobre el medi ambient que s'ha generat en els últims anys ha reactivat l'ús dels tramvies, després d'una època on es va veure superat per l'autobús i l'accés de la població a un vehicle particular. El fet de ser un vehicle que funciona elèctricament significa que es deixa de produir una quantitat tan elevada d'emissions contaminants.

Actualment són moltes les ciutats que han apostat pel tramvia com a mitjà de transport urbà. Les ciutats més importants d'Espanya, com serien Madrid, Barcelona, Sevilla, Bilbao o València ja fa anys que disposen d'un sistema de tramvies al llarg de la ciutat, i a més continu apostant per ell a través de diverses ampliacions en els últims anys.

De les ciutats mencionades, la que té menys habitants és Bilbao que en té 345.000 aproximadament. Observant les xifres d'habitants de les ciutats on s'ha implementat una xarxa de tramvia, podríem considerar que Girona, que té un cens de població pròxim als 100.000, no necessitaria un tramvia.

El fet important és el creixement potencial de la ciutat de Girona. La població mundial augmenta contínuament, i de la mateixa manera succeeix en aquesta ciutat. En uns anys, els municipis de Salt, Sarrià i Vilablareix seran absorbits per Girona, o si més no, estaran costat a costat. Un exemple proper seria Barcelona, Hospitalet de Llobregat i Badalona.

Anticipant aquest creixement, la implementació d'un sistema tramviari no és només una opció de futur, sinó que és una alternativa present a les línies d'autobús, o almenys a unes quantes d'aquestes. Per tal de competir amb aquestes la xarxa de tramvies necessita oferir als usuaris millors prestacions: necessita rapidesa, comoditat i accessibilitat.

Aquesta és la meta d'aquest estudi, proporcionar una base sòlida i completa de la implementació d'un tramvia a la ciutat de Girona.

1.1 Antecedents

El transport públic s'ha presentat com una alternativa eficient davant la demanda de reducció de contaminació. L'autobús, màxim exponent del transport urbà, adopta la mateixa idea que l'automòbil, però amb la diferència que permet mobilitzar en el seu interior una quantitat superior de persones, evitant la circulació d'un major nombre de vehicles, a més de ser menys contaminant.

En el camp de vehicles de transport urbà però, l'autobús perd entens davant el tramvia o el metro, ja que aquests són capaços de transportar un nombre superior de persones, i realitzar recorreguts més directes.

La ciutat de Girona té un potencial de creixement elevat, i no és el primer cop que s'introdueix la idea d'implementar un tramvia. Tot i que la població de la ciutat està rondant els 100.000 habitants, i la majoria de les ciutats amb servei de tramvia superen els 500.000 individus, la possible fusió amb els pobles veïns i el pla d'edificació i construcció augmentaria considerablement la xifra d'habitants.

1.2 Objecte

La primera etapa del projecte és la recopilació d'informació. Es buscarà documentació dels possibles plans d'introducció de tramvia a la ciutat de Girona, així com informació sobre la implementació de tramvies en altres ciutats.

La segona etapa és estudiar els diferents tipus de tramvies que s'estan utilitzant en l'actualitat. Conèixer les seves característiques, punts forts i adaptabilitat a les

condicions de la mateixa ciutat és un pas molt important per determinar quina tipologia és l'adequada per a la ciutat de Girona.

La tercera etapa consisteix a establir la proposta completa de la implementació del tramvia a la ciutat, emfatitzant en temes com el recorregut del tramvia, les característiques de la via i el seu pas a través dels diferents carrers de la ciutat, i la ubicació de les parades entre d'altres.

1.3 Abast

Durant el treball es tractaran els següents temes:

- Determinació del millor recorregut pel tramvia juntament amb les parades, donant importància a la distància entre elles, la població al seu voltant, i els punts d'alta afluència adjunts.
- Les característiques de la inserció de la via en cadascun dels carrers, establint el nombre de vies, la posició d'aquestes dins del mateix carrer, la prioritització en els encreuaments amb la resta de tràfic, l'estudi del pas del tramvia per rotondes i la creació de derivacions per tal d'oferir un servei més freqüent.
- El tipus de tramvia que més s'adapta a les necessitats i condicions de la ciutat, distingint entre els models que s'ofereixen i les diferents solucions possibles, juntament amb la forma de pagament del bitllet.
- Futures ampliacions de la línia per tal de cobrir més recorregut en zones on la densitat de població és molt elevada, o bé hi ha una gran demanda de transport públic.

2 EL DESENVOLUPAMENT HISTÒRIC DEL TRAMVIA

Com la majoria d'invents al llarg de la història, el tramvia ha patit el cicle compost per naixement, desenvolupament i decadència. Aquesta última etapa és un preludi de la desaparició o del desús, però en el cas del tramvia, després del període de decadència va arribar l'època de renaixement.

En els seus inicis va ser un mitjà de transport potent i popular, però l'aparició dels vehicles motoritzats va ser l'inici del fi del tramvia, el qual va ser substituït per l'autobús. La sostenibilitat i la preocupació pel medi ambient van retornar l'interès per al tramvia com a transport públic.

2.1 Inicis i evolució

El tramvia és un mitjà de transport inventat l'any 1775 per *John Outram* a Gal·les, Regne Unit. En aquell moment, aquest vehicle tenia la característica de ser impulsat per dos cavalls, de manera que no gastava petroli ni carbó. Encara que associem el terme tramvia a un tren de ciutat, en els seus inicis, aquest mitjà de transport no fou explotat en les ciutats.

La ciutat de *Swansea* va ser pionera en l'establiment d'un sistema tramviari. Aquest completava la ruta entre la mateixa ciutat i el municipi de *Mumbles*, el qual era conegut per la quantitat d'ostres que es pescaven, i transportava els treballadors que es dirigien a la zona. Aquest trajecte tenia una distància aproximada de 7,5 quilòmetres, i cal destacar que era interurbà.

El primer tramvia intraurbà conegut fou desenvolupat per *John Stephenson* l'any 1832 a Nova York, completant el recorregut entre els dos barris de *Harlem* i *Manhattan*. *Stephenson* va optar per traslladar el vagó mitjançant rails, els quals disminuïen notablement la fricció. D'aquesta manera, els cavalls movien una major càrrega fent ús d'un menor esforç, convertint el tramvia en el vehicle públic més potent de l'època.

Tot i no consumir consumible fòssil, els excrements i el manteniment dels cavalls era un seriós contratemps per la higiene de la ciutat. A més, els cavalls tenien un límit de velocitat i potència per moure el vagó, de manera que en el punt de màxima expansió de la revolució industrial, es va declinar per impulsar el tramvia mitjançant dues noves

tecnologies: a partir del motor a vapor o a través d'un cable en continu moviment. A la figura 2.1 podem observar un tramvia accionat per cavalls i un altre mitjançant un cable entre rails.

Tot i els diversos intents, el tramvia amb motor de vapor no va ser introduït fins a l'any 1873, a Londres. El canvi va resultar eficaç en un principi, ja que el motor a vapor permetia moure més d'un vagó, gràcies al guany de potència respecte dels cavalls.

Però no tot van ser avantatges. L'emissió de fums i el soroll generat per la circulació d'aquests tramvies, unit a la creença de manca de seguretat, va detonar la popularitat del motor a vapor, així que els països van posar remei a la situació situant proteccions a les rodes del tramvia, imposant l'ús de combustibles menys emissors, situant filtres a les sortides de fums i limitant les velocitats. Malgrat les mesures, l'any 1880, l'aparició del motor elèctric va condemnar el motor de vapor a la desaparició.



Figura 2.1. Comparativa gràfica entre el tramvia a tracció animal i el traccionat mitjançant el cable mecànic. Font: <http://www.edisontechcenter.org/TrolleysTrams.html>

Per altra banda, el tramvia impulsat per un cable en continu moviment solucionava els dos problemes plantejats: no consumia combustibles fòssils, i tampoc afectava la higiene de la ciutat. Aquests tramvies es mobilitzaven entre dos rails metàl·lics, i enmig

d'aquests dos rails hi havia el cable que accionava el tramvia. Però els cables suposaven un alt cost i dotaven d'una velocitat invariable al tramvia, sent perillós en cas de corbes molt tancades.

A finals de segle XVII (1880), el generador i motor elèctric havien evolucionat favorablement, sent possible el seu ús com a font de potència per als tramvies. L'any 1888 a Virgínia es va aconseguir acoblar exitosament una línia electrificada de tramvies. En un principi, el corrent arribava al tramvia mitjançant els rails, però aquest fet comportava falta de seguretat per a la població, ja que el risc d'electrocució era alt.

Tot i aquest fet, l'avanç en la dinamo permet instal·lar cables conductors (catenàries) sobre els tramvies, els quals rebien electricitat d'aquest aparell. Globalment, el tramvia s'expandeix ràpidament, arribant a ser el transport urbà per excel·lència. A la figura 2.2 es mostra el primer tramvia amb catenària, present en la ciutat de Richmond en aquella època.

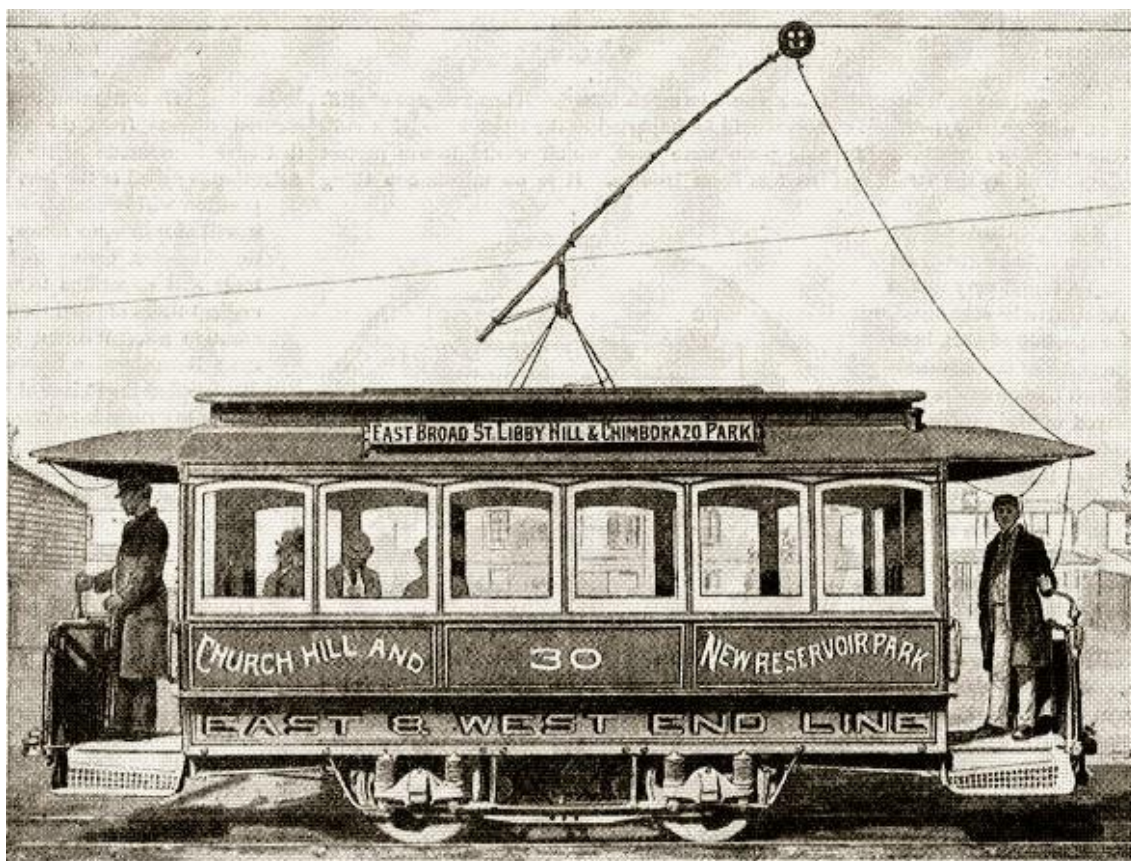


Figura 2.2. Tramvia electrificat a la ciutat de Richmond, Virginia (E.E.U.U.). Font:

<http://spellerweb.net>

Durant els anys compresos entre 1920 i 1930, passada l'edat daurada del tramvia, diversos factors van contribuir a la declinació del tramvia com a transport urbà. La falta de seguretat de les catenàries, l'imminent creixement del sector de l'automòbil i la depressió americana del 1929 van promoure l'autobús com a principal transport públic. Tot i que van tindre llocs diferents intents de recuperar l'ús del tramvia, no hi va haver suficient suport.

La crisi americana va colpejar amb força una gran part d'Europa. Països com Espanya, Itàlia, Gran Bretanya o França van retirar les inversions destinades al tramvia, mentre que per altra part, Alemanya o Suïssa van continuar apostant pel tramvia, encara que certes ciutats es van decidir per soterrar el tramvia en els punts de major conflicte viari o bé van declinar ampliar les línies.

A partir de la dècada dels 70, comença a aparèixer un ambient de preocupació deguda a la gran quantitat de vehicles motoritzats que circulaven per les ciutats, provocant importants congestions en el tràfic juntament amb un augment de la pol·lució. Aquest fet va impulsar de nou l'interès pel tramvia, el qual ha anat evolucionant i perfeccionant fins als dies actuals.

2.2 El tramvia a Espanya

La reputació guanyada pel tramvia mundialment causa un creixement de les xarxes d'aquest mitjà de transport públic als diferents països del món. A Espanya, les diferents tecnologies tramviàries arriben una darrere l'altre, però amb la curiositat que cada una es desenvolupa en una ciutat diferent.

L'any 1871 a Madrid s'implanta la primera línia de tramvia amb tracció animal, comentada anteriorment. Aquesta s'origina a causa de l'alt cost de l'òmnibus, vehicle que fins aquell any era l'únic mitjà de transport públic, però exclusiu de l'aristocràcia. Aquest fet va impulsar la implementació d'una xarxa de comunicació de tramvies al llarg dels eixos més importants de la ciutat.

Successivament, la popularitat de les línies de tramvia impulsades per tracció animal s'expandeix a altres ciutats com Barcelona (1872), Bilbao (1872), València (1876), Saragossa (1885), Sevilla (1887) i Palma de Mallorca (1891).

La influència de la resta de països causa que l'any 1877, al barri de Sant Andreu a Barcelona, s'instauri la primera línia funcionant mitjançant tracció de vapor. La ciutat de Madrid comença a operar amb aquest sistema dos anys més tard, i a València arriba l'any 1884. La ciutat de Bilbao va organitzar un concurs per seleccionar locomotores a vapor, però l'any 1878, durant una de les proves d'aquest sistema, es va atropellar un vianant, fet que va desestimar l'opció del tramvia a vapor en aquesta ciutat.

La primera ciutat a implementar una línia de tramvia elèctric és Bilbao, l'any 1896. Aquesta línia connectava Bilbao i Santurtzi, de manera que no tenia un ús intraurbà, ja que entre les dues poblacions hi ha una distància de 15 km aproximadament. Tot i que altres ciutats també implanten el tramvia, la decadència del tramvia provinent dels Estats Units colpeja negativament aquest mitjà de transport en tot Espanya. A la figura 2.3 es mostra una imatge del tramvia de Bilbao del 1896.

El 23 de gener de 1976 es clausurava a la ciutat de Saragossa l'última xarxa de tramvia a Espanya. Divuit anys més tard, València va ser la primera ciutat per apostar de nou pel tramvia (any 1994), sent tant l'èxit, que la línia s'ha ampliat tres vegades des del seu inici. A Catalunya, a la ciutat de Barcelona s'instal·la el tramvia l'any 2002.



Figura 2.3. El primer tramvia electrificat de l'estat espanyol (Bilbao). Font:

http://historiastren.blogspot.com.es/2015/05/el-primer-tranvia-electrico-de-bilbao_8.html

L'any 2013, el tramvia es consagra com transport públic modern, deixant enrere l'estereotip de transport prescrit i obsolet, tenint en l'actualitat 21 xarxes de tramvia en setze ciutats diferents. Aquesta xifra es pot comparar amb els països veïns: 22 a França (on s'hi haurien de sumar cinc en construcció), 13 a Itàlia i 50 a Alemanya. Les diferents ciutats amb xarxes de tramvia de l'estat espanyol es mostren a la taula 2.1.

Taula 2.1. Llista de les ciutats d'Espanya amb tramvies.

CIUTATS D'ESPANYA AMB SERVEI DE TRAMVIA EN FUNCIONAMENT					
Ciutat	Inauguració	Nº Línies	Nº Parades	Distància (km)	Altres
Alicante	2004	2	14	9	Recorren en la mateixa via el tramvia intraurbà i el tren que connecta Alacant amb Benidorm.
			12	4.5	
Barcelona	2004	2 (6)	29	15.1	Format per dues xarxes diferents, cada una amb tres línies.
			27	14.1	
Bilbao	2002	1	14	5.57	Les parades s'han ubicat d'acord amb les de l'autobús, per evitar el temps de transbord.
Granada	2017	1	26	15.9	En determinats trams circula sense l'ajut de catenàries, té un 17% de ruta subterrània.
Madrid	2007	4	9	5.4	La línia 1 té 2/3 del recorregut subterrani. La línia 2 i 3 són interurbanes, i a més, la línia 3 té una parada subterrània.
			13	8.7	
			16	13.7	
			15	8.2	
Múrcia	2010	1	28	18	S'ha plantejat l'opció d'ampliar el servei amb tres noves línies.

Parla	2007	1	15	8.3	Tot i formar part del municipi de Madrid, aquest no té parades subterrànies. Segueix un recorregut circular.
Saragossa	2011	1	25	12.8	Es preveu construir una segona línia perpendicular a la línia 1.
Sevilla	2008	1	5	2.2	Es preveu una tercera ampliació que afegirà quatre noves parades.
Sóller	1913	1	2	4.8	Tramvia mallorquí de caràcter turístic, té una carrosseria de model antic.
Tenerife	2007	2	21	12.3	La línia 1 connecta llocs d'interès o d'afluència, i la línia 2 travessa zones d'alta població. Ambdues línies comparteixen via durant un breu tram.
			6	3.8	
Tibidabo	1901	1	10	1.28	Recorregut d'ascens, el tramvia té una estètica antiga. Forma part del transport públic de Barcelona.
València	1994	2	33	15	La xarxa del tramvia està integrada dins la xarxa del metro i del tren. Les línies 4 i 6 són de tramvia.
			21	10	

Vitòria	2008	2	12	4.97	La via té forma de 'Y', de manera que ambdues línies tenen un tram comú.
			14	5.62	

En la taula 2.1 s'ha recollit informació sobre els tramvies que actualment estan en servei a Espanya, però és cert que hi ha hagut ciutats on s'ha construït, dissenyat o projectat un sistema de tramvia, però per diferents causes no s'ha formalitzat el projecte o bé s'ha parat l'activitat. A la figura 2.4 es mostra el tramvia de Saragossa.

La ciutat de Jaén seria un exemple de ciutat espanyola on es van finalitzar les obres d'infraestructura del tramvia, però on mai es va posar en funcionament, excepte un parell de proves. Actualment la via és ocupada pels vehicles, actuant com a zona d'aparcament.

A la zona andalusa, la primera fase del tramvia Màlaga-Vélez es va inaugurar l'any 2006 amb una extensió de 4,76 quilòmetres. La segona fase planificada mai es va estrenar, però a més, l'any 2012 l'ajuntament aprova la suspensió del tramvia a favor d'una nova línia d'autobús.



Figura 2.4. Tramvia de Saragossa. A la imatge es poden observar les catenàries i els rails, els quals estan coberts per gespa. Font: <http://www.aragonradio.es/>

3 COMPARACIÓ DEL TRAMVIA RESPECTE ELS SEUS COMPETIDORS

Actualment existeixen molts vehicles considerats com a transport públic. Vehicles com el taxi, el tren, el ferri, etc., són mitjans de transport vàlids per al conjunt població. Ara bé, tot i que aquesta flota és molt àmplia, no totes les ciutats disposen de les condicions per reunir-los (per tindre ferri cal mar), i a més, no tots es consideren mitjans de transport intraurbans.

En aquest capítol compararem el tramvia respecte els seus competidors més semblants: l'autobús, el troleibús i el metro.

3.1 El tramvia respecte l'autobús

Com a punt més important en els dies actuals, en ser el tramvia un mitjà de transport elèctric, no produeix gasos d'escapament durant el seu ús, i al mateix temps redueix el soroll provocat en comparació amb els autobusos motoritzats. Cal destacar el fet que el tramvia, tot i ser menys sorollós que l'autobús, també produeix soroll per lliscament en les corbes a causa de la disposició dels seus eixos.

Una altra característica important del tramvia és la major capacitat de transport respecte de l'autobús. A més, els tramvies es poden adaptar a la demanda de passatgers incorporant un vagó extra en hores punta, o bé, en cas de no ser necessari, se'n pot eliminar. Aquest fet indueix un altre avantatge: l'addició o supressió de vagons no implica necessitar més o menys conductors. A la figura 3.1 podem veure la llargada de l'autobús de línia de Girona, amb un nombre aproximat de places de 85.

La via en què es mobilitza el tramvia és un factor de cara i creu: per una part, si el tramvia és l'únic vehicle que té accés per circular per la via, completa el recorregut amb més rapidesa, evitant la resta de tràfic; la part negativa és que està ocupant trams de carrer o carretera on podrien circular els automòbils, i per tant, contribueix a congestionar el tràfic en comparació si no hi hagués via. Per altra banda, si la via és compartida, els vehicles tenen un carril complementari, redistribuint-ne el tràfic; aquest fet però, significa que el tramvia pot trobar-se davant aglomeracions de vehicles que li alenteixin el recorregut.



Figura 3.1. Autobús de línia de la ciutat de Girona. Foto: *Aaron Gil*.

L'existència de més d'una porta de sortida i entrada al tramvia agilitza l'accés o sortida dels passatgers, i juntament amb la mecànica pròpia d'aquest mitjà de transport, que permet executar amb més rapidesa el cicle acceleració - fre, el tramvia resulta més ràpid que l'autobús.

La infraestructura del tramvia suposa un cost molt gran, ja que requereix una via, contràriament a l'autobús, el qual pot circular per la carretera amb la resta de vehicles. A més en cas que la via es vegi afectada per qualsevol imprevist, el recorregut del tramvia queda suspès, ja que és l'única via de mobilització. Per contra, si un carrer queda tallat, l'autobús el pot evitar canviant el recorregut, sempre que no eludeixi un gran nombre de parades.

En cas que la via es situï enmig de la calçada, la resta de tràfic s'haurà d'aturar en el moment que entrin o surtin els passatgers al tramvia, accions que repercuteixen en la seguretat dels usuaris del tramvia, o bé, ocasionant retencions en la carretera.

3.2 El tramvia respecte el troleibús

Ambdós comparteixen una característica: són elèctrics i es mobilitzen mitjançant catenàries. La idea del troleibús és una mescla entre l'autobús i el tramvia: conserva tots els components visuals de l'autobús (carrosseria, rodes, etc.), però com hem dit, completa els recorreguts mitjançant catenàries. A més, ambdós mitjans poden

compartir les catenàries, per tant, són complementaris. A la figura 3.2 s'observa el troleibús implementat a Castelló, única xarxa d'aquest transport públic a Espanya.



Figura 3.2. Imatge d'un troleibús. La carrosseria és idèntica a la de l'autobús, i es pot observar la catenària i la manca de rails. Font: <http://www.anden1.org>

Hi ha diversos aspectes que situen el tramvia com una alternativa superior al troleibús. Certs exemples poden ser: degut al contacte dels pneumàtics amb el paviment, el troleibús gasta més energia elèctrica que el tramvia; la seva infraestructura, bàsicament la via i les catenàries, són de més amplada, de manera que redueixen l'espai de calçada disponible per la resta de vehicles; i com hem dit abans, un troleibús no deixa de ser un autobús (diferències a part), de manera que el tramvia gaudeix de major capacitat de transport de passatgers.

Per contra, el tramvia perd en la comparació de cost d'infraestructura, ja que el troleibús només té en consideració la instal·lació de catenàries, sent nul el cost d'adaptar-lo a la calçada. Com a altre punt fort, el troleibús és més adequat per a pendents pronunciats.

Contràriament al tramvia, el troleibús no és un mitjà de transport guiat (no hi ha vies que el forcin a seguir un recorregut), resultant una conducció complicada, agreujant-se a més degut a l'elasticitat de la catenària, que en cas de maniobra brusca, perd el contacte amb el troleibús, i per tant, aquest perd la font d'alimentació.

3.3 El tramvia respecte el metro

El principal handicap del metro és ahora el seu millor avantatge. La infraestructura del metro té un cost de construcció molt elevat, ja que és un transport que circula subterràniament. D'aquesta manera, el cost que suposa la instal·lació de vies per al tramvia és menor en comparació.

Per altra banda, el fet que el metro sigui subterrani li permet evitar el tràfic i els possibles embussos de la superfície. Realment, en cas que el tramvia tingui via pròpia i exclusiva per a ell, l'avantatge del metro queda compensada. En tot cas però, el metro no implica escurçar l'amplitud de la calçada. A la figura 3.3 podem veure com circula subterràniament el metro a la ciutat de Barcelona.



Figura 3.3. Metro de Barcelona, el qual té una recorregut complet per sota la ciutat. Font:

<http://verbarcelona.es/el-metro>

Les ampliacions de les línies solen ser comunes, i més en els transports amb més demanda. D'igual manera que el cost de la infraestructura era major en el metro, també ho és en el cas d'expandiment de la via, ja que s'ha de perforar el terra. Complementari a la instal·lació, el manteniment també és més senzill i econòmic en el tramvia.

Els últims factors on difereixen no són tan estructurals, sinó ambientals o relacionades amb mesures de seguretat. Per part de la ciutat, les catenàries poden ser un obstacle per als turistes si aquestes es solapen amb certs edificis icònics, mentre que en cas de

tempesta, aquesta pot danyar la instal·lació elèctrica, impedit la correcta circulació del tramvia. Tot i així, en cas d'incendi o inundació, l'evacuació de persones en el metro pot resultar bastant més complicada respecte del tramvia.

3.4 Comparativa numèrica

En els apartats anteriors hem comentat les diferències, incloent els avantatges i els inconvenients, entre el tramvia i els tres transports urbans que es poden considerar com a competidors directes. En aquest apartat però, compararem les xifres relacionades amb la quantitat de gent que usa cadascun dels transports i les referents al consum d'aquests.

3.4.1 Viatgers anuals

Per tal de comparar les xifres d'afluència de viatgers entre els diferents transports, triarem diverses ciutats que almenys tinguin dos o tres dels quatre transports possibles. Per exemple, la ciutat de Barcelona, que compte amb tramvia, autobús i metro.

A la taula 3.1 mostrem les diferents estadístiques de passatgers per diverses ciutats i transport. En cas que l'any no estigui especificat, s'ha consultat dades de l'any 2016.

Taula 3.1. Estadística numèrica de la quantitat de viatgers per transport en diferents ciutats.

Xifres de viatgers (en milions)				
Ciutat	Tramvia	Autobús	Metro	Troleibús
Barcelona	26,8	190,1	381,5	-
Madrid (2015)	14,7	405,9	569,7	-
Nova York (2015)	2,6	650,6	1762,5	-
Londres	29	1171	1370	-
Seattle	0,5	118,7	-	26,1
Boston	69,2	137,8	201,6	1,6
San Francisco	6,9	109,8	162,8	62,2

Una conclusió ràpida que es pot extreure de la taula anterior és que la majoria de ciutats no compten amb un servei de troleibús. Als Estats Units només hi ha 5 ciutats amb xarxa de troleibús, mentre que en tot Europa no hi ha més de 35-40 sistemes actius, ja que en la majoria de països s'ha substituït pel tramvia.

A Espanya, l'única ciutat que actualment conserva la línia de troleibús és Castelló de la Plana, activa des de l'any 2008, i amb una afluència de 2,2 milions de passatgers durant l'any 2016. A la resta de ciutats aquest transport es va implantar entre els anys 40 i 50, i abans del 1990 ja no quedava cap xarxa activa, fins que l'any 2008 el troleibús de Castelló va tornar a circular.

En les dades referents als metros de les ciutats americanes s'ha de tenir en consideració que les línies d'aquests són tant subterrànies com superficials, i completen recorreguts més llargs que els dels metros nacionals d'Espanya.

3.4.2 Consum energètic

Anteriorment ja hem comentat que el tramvia, el metro i el troleibús representen un tipus de transport públic més sostenible pel medi ambient que l'autobús, bàsicament perquè els tres primers es mouen gràcies a l'energia elèctrica, i per contra, l'autobús necessita combustible fòssil.

En la figura 3.4 podem observar una comparativa del consum energètic dels quatre tipus de transports públics explicats en aquest capítol.

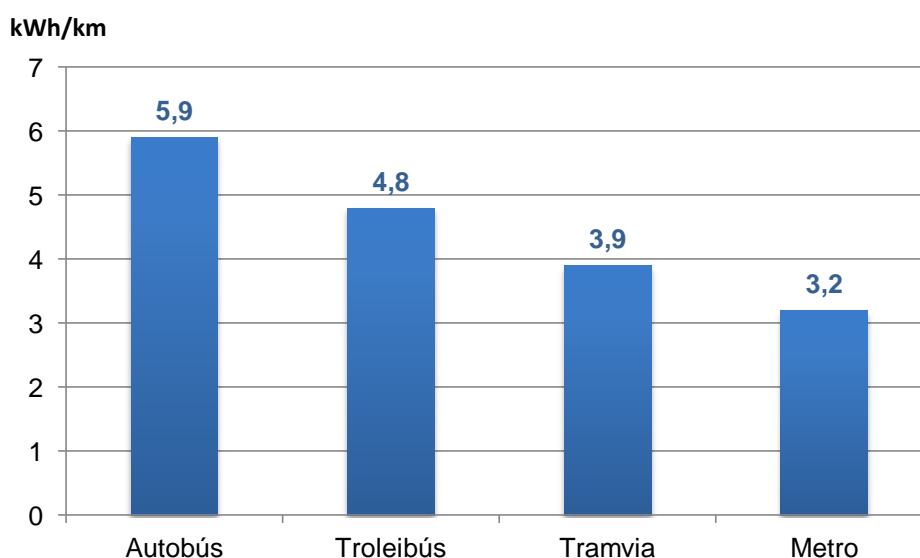


Figura 3.4. Comparativa del consum energètic en kWh/km dels transports mencionats. Font: http://www.vialibre-ffe.com/pdf/Consumo_energ%C3%ADa%20y%20emisiones_transporte.pdf

Aquest gràfic, tal hi com s'indica en el seu peu de lletra, és una adaptació de les dades extretes del document *Revisión Crítica De Datos Sobre Consumo De Energía Y Emisiones De Los Medios Públicos De Transporte (2012)* de la *Fundación de los Ferrocarriles Españoles*. En aquest document es detalla el consum energètic de cada tipus de transport públic, tenint en consideració els factors de conversió entre el consum de l'autobús (gasolina), i de la resta, que és elèctric.

La figura 3.4, a més, confirma les afirmacions fetes en la comparació general entre el tramvia i els seus competidors, sent l'autobús el transport urbà que més energia consumeix. Aquest consum energètic comporta una emissió de CO₂ al medi ambient, sent un dels efectes que més rellevància té actualment.

En la figura 3.5 es mostren aquestes emissions per a cadascun dels transports. Les dades d'emissions s'han extret d'una organització lligada amb la sostenibilitat del medi ambient coneguda com a *Miljolare*, la qual pertany al domini de Noruega.

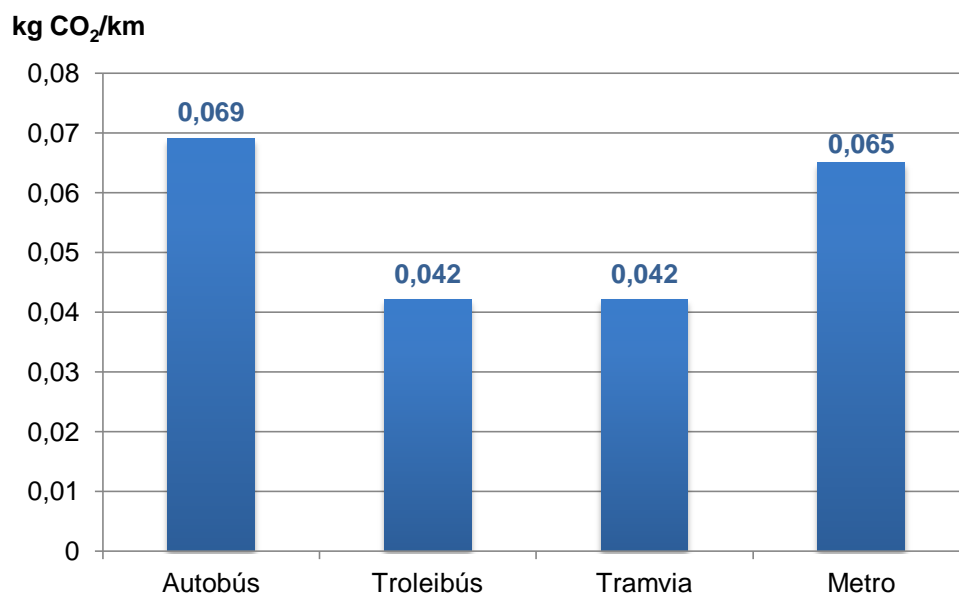


Figura 3.5. Comparativa de les emissions de CO₂ de cadascun dels transports públics comentats. Font: <http://www.co2nnect.org>

3.4.3 Capacitat de passatgers

En el moment de comentar les diferències entre els diferents transports públics, una dada important és la quantitat de persones que és capaç de transport cadascun

d'aquests. Hem afirmat que el tramvia té més capacitat de transport que l'autobús, però no hem donat cap referència de la quantitat de passatgers que traslladen.

En la taula 3.2 es mostren aquestes xifres. Per les capacitats del tramvia, autobús i metro s'han consultat les corresponents a la ciutat de Barcelona, mentre que la del troleibús correspon a la línia d'aquest transport a la ciutat de Castelló.

Taula 3.2. Capacitat aproximada de passatgers per a cada transport. Font: TMB.

Capacitat de passatgers			
Tramvia	Autobús	Metro	Troleibús
218	90	300	80

Observem que el metro és el transport que més capacitat de passatgers pot transportar simultàniament, seguit del tramvia. Si consideréssim només els vehicles que circulen per la superfície, el tramvia és el transport amb més capacitat de passatgers, doblant la capacitat de l'autobús i el troleibús.

En una ciutat com Girona, en les que hi ha moments del dia en què les 80-90 places de l'autobús poden no ser suficients, les 50 que afegiria el tramvia de menys capacitat (el qual en té 140) serien suficients per cobrir la demanda.

4 TIPOLOGIES DE TRAMVIES

En el capítol anterior hem comparat el tramvia respecte la resta de transport públic urbà. Ara bé, existeixen diferents tipus de tramvies segons el seu funcionament o segons la infraestructura on es desenvolupa el seu recorregut.

4.1 El tramvia modern

El tramvia modern és el que coneixement quotidianament com a tramvia. Accionat mitjançant les catenàries i controlat per rails, aquest vehicle transporta a la gent a través de la superfície. Durant aquest segle XX ha potenciat la seva popularitat, postulant-se com a una seriosa alternativa a l'autobús. A la figura 4.1 veiem el tramvia corresponent a la ciutat de Barcelona.

Actualment disposa d'una via exclusiva, fet que facilita un millor servei a l'evitar el trànsit viari, contràriament al tramvia convencional, tot i que existeixen punts on és impossible habilitar una via pròpia per al tramvia, i per tant, aquest s'ha de compenetrar amb la resta de vehicles per compartir la calçada. El fet de tenir via pròpia aporta un plus de seguretat tant al tramvia com a la resta de vehicles o usuaris.



Figura 4.1. Tramvia de Barcelona. En aquesta imatge observem que el tramvia es mou tant per via exclusiva com per calçada. Font: <http://www.tram.cat>

Anteriorment, el tramvia tenia els rails en la mateixa calçada per on circulaven els cotxes i les motocicletes, entre d'altres. Aquesta característica el diferenciava del metro lleuger (el qual s'explica en la secció 4.2), però en l'actualitat, tal com hem dit, el tramvia pot traslladar-se tant per via exclusiva com compartida.

L'ús de catenàries proporciona voltatges elevats al tramvia, i permet transmetre un volum de potència superior en recorreguts de llarga distància, fet que el posiciona com a primera opció per rutes llargues. Tenint els cables per sobre el tramvia significa un nivell de seguretat superior respecte si es trobessin a nivell del terra.

No podem destacar cap avantatge o desavantatge en particular del tramvia modern sobre els seus familiars, pel simple fet que cada un s'adapta a una situació diferent, i per tant, cada un té unes certes característiques per tal de facilitar l'adaptabilitat. Tant el tramvia com el metro lleuger o el tren-tram, tipus que es veuran a continuació, són pràcticament el mateix, però cada un treballa per a unes circumstàncies.

Tenint en consideració el dit en el paràgraf anterior, l'únic comparable entre famílies de tramvies és la forma amb què són impulsats, tema que es tractarà en les últimes seccions del capítol. Tot i això, és interessant saber quines classes de tramvia hi ha per tal de saber quin és el més adient en una situació determinada.

4.2 El metro lleuger

La definició de metro lleuger és bastant àmplia i diversa. Principalment, el metro lleuger és un mitjà de transport públic molt semblant al tramvia, però amb la diferència que té via pròpia i prioritària. A més, conserva tots els avantatges d'un tramvia, però compta amb una alta velocitat comercial i una puntualitat excel·lent, ambdós sent avantatges causats per la via exclusiva.

Per altra banda, podem considerar com a metro lleuger aquell transport públic que usi la carrosseria del tramvia modern amb l'excepció que el seu recorregut pot tenir lloc sota terra, és a dir, usa la infraestructura pròpia del metro per circular. En poques paraules, és un tramvia que en comptes de recórrer tota la totalitat de la ruta per la superfície, es mou en zona subterrània, el qual es pot observar en la figura 4.2, corresponent al metro lleuger de Sevilla.

Aquest tipus de tramvia s'implanta en ciutats on la xifra d'habitants està compresa en un rang entre els 150.000 i l'1.000.000, però on trama urbana dificulta l'establiment d'una via, sigui per raons de trànsit o d'espai. A més, l'explotació del metro lleuger té costos més reduïts respecte del metro.



Figura 4.2. Imatge del metro lleuger de Sevilla. La circulació és subterrània tot i que la carrosseria com a tal és la d'un tramvia. Font: <http://www.caf.net>

Un exemple el trobaríem a la ciutat de Sevilla, on s'han reutilitzat els túnels construïts als anys 70 per evitar travessar el casc de la ciutat per la superfície, i per on està circulant un tramvia en comptes d'un metro, contràriament a ciutats com Palma de Mallorca o Bilbao.

Un altre fet distintiu és la capacitat de vagons respecte del tramvia modern: mentre que al metro lleuger se li poden afegir diversos vagons per augmentar la seva capacitat de transport, el tramvia no dóna lloc a aquesta possibilitat. Ara bé, actualment són molts els sistemes tramviaris que utilitzen múltiples vagons tot i disposar de tramvia i no de metro lleuger.

Els avantatges del metro lleuger respecte la resta de transport públic són els mateixos que té el tramvia. Com es pot veure en la definició d'ambdues classes, el tramvia i el metro lleuger cada cop són més semblants, i les característiques que abans eren exclusives de cada tipus, actualment són compartides.

A tema de curiositat, els comerciants de diferents ciutats han apostat pel metro lleuger per sobre del tramvia pel fet que és més efectiu, més ràpid i permet una millor mobilització de gent. També l'han alçat per sobre del metro convencional, ja que al·leguen que al circular per la superfície, els seus comerços són més vistos.

4.3 El tren-tram

Aquest mitjà de transport combina les característiques del ferrocarril i del tramvia, obtenint velocitats altes (90-100 km/h) i reduint els costos d'execució i implementació, ja que se circula per la via del tren. És el transport ideal per connectar diversos municipis que no tinguin una demanda molt elevada, ja que el tramvia té menys capacitat que el tren convencional.

El país que més utilitza aquesta opció és Alemanya, on precisament va sorgir el concepte tren-tram per primer cop l'any 1992 a Karlsruhe. A Espanya podem trobar l'exemple d'Alacant, el qual es pot veure en la figura 4.3. En aquesta ciutat s'ha reutilitzat l'antiga via del ferrocarril, i posteriorment a una sèrie d'adaptacions, s'hi ha instal·lat un tren-tram.



Figura 4.3. Imatge del tren-tram d'Alacant. Observem que el tramvia es mou a través de la via pròpia d'un ferrocarril. Font: <http://www.vialibre.org/multimedia>

El gran avantatge que suposa el tren-tram és la gran capacitat de cobertura. La seva adaptabilitat tant a la via del ferrocarril convencional, com a la del mateix tramvia, li facilita la circulació intraurbana i interurbana, de manera que permet connectar dos o més municipis, i en el mateix moment té una sèrie de parades al llarg de cada ciutat per on transcorre la ruta.

A la ciutat de Girona aquesta opció seria bastant interessant. Fa un cert temps ja es va parlar de soterrar la via del tren convencional, aprofitant les obres del TAV, però per motius econòmics no es va dur a terme el projecte. Dins aquest també s'inclouia l'enderrocament dels viaductes i talussos propis del ferrocarril.

En cas que s'arribés al punt que aquest projecte tirés endavant, la via del ferrocarril quedaria lliure de vehicles, de manera que es podria adaptar-la per tal que hi circulés el tramvia. Aquest fet suposaria que el tramvia seria interurbà, ja que seria capaç de connectar els municipis de Fornells de la Selva, Sarrià de Ter i Girona. L'any 2009, l'enginyer Jordi Alegre ja va projectar la implementació del tramvia a la ciutat de Girona tenint en consideració que el ferrocarril aniria soterrat.

4.4 El tramvia amb rails electrificats

També conegut com el tramvia amb tres rails, aquest tipus de tramvia dista dels altres per la forma amb què és accionat i impulsat, ja que s'usa un raïl semienterrat enmig dels dos rails que funcionen com a guies, tal com es pot observar en la figura 4.4 del tramvia de Bordeus, en el qual circula una certa tensió elèctrica només quan el vehicle està en contacte.

El punt fort d'aquesta tecnologia, i el que podríem considerar com el detonant del seu interès, és l'eliminació de les catenàries. L'avantatge més important d'aquest sistema és que el cost d'instal·lació del tercer raïl és menor que el de la catenària, i de la mateixa manera ho és el de manteniment.

L'ús d'aquesta classe de tramvia és molt útil per petits trajectes degut al poc voltatge que circula pel tercer raïl. En el cas de circular un voltatge superior, els vianants tindrien un risc d'electrocució molt elevat. Precisament, aquest risc és el que causa un obstacle en l'expandiment d'aquesta tecnologia.



Figura 4.4. Tramvia de Bordeus de l'empresa Alstom, on s'observa que la via consta de 3 rails.

Font: <https://www.trenvista.net>

Un exemple d'aquest tipus de tramvia el podem trobar a la ciutat de Bordeus l'any 2003. L'empresa Alstom va instal·lar aquest sistema (anomenat APS) al llarg de 14 quilòmetres dels 44 que té la línia en aquesta ciutat. Tot i el seu èxit, el sistema implementat comptava amb un greu contratemps: el carril electrificat havia d'estar net per tal de facilitar el contacte amb el tramvia, i en les èpoques de tardor, les fulles caigudes inhabilitaven parcialment alguns trams.

4.5 Tramvies híbrids o súper condensadors

Ens trobem davant una classe de tramvia, que d'igual manera que l'anterior, opera sense catenàries. Sent un sistema relativament nou, s'usen condensadors per a capturar i emmagatzemar l'energia elèctrica, els quals treballen juntament amb un nombre determinat de bateries per tal de millorar l'acceleració o el rendiment en moviment. A la figura 4.5 es mostra l'estructura d'un tramvia d'aquestes característiques per a la seva utilització en la Xina, juntament amb un esquema senzill del qual es coneix com a supercondensadors.

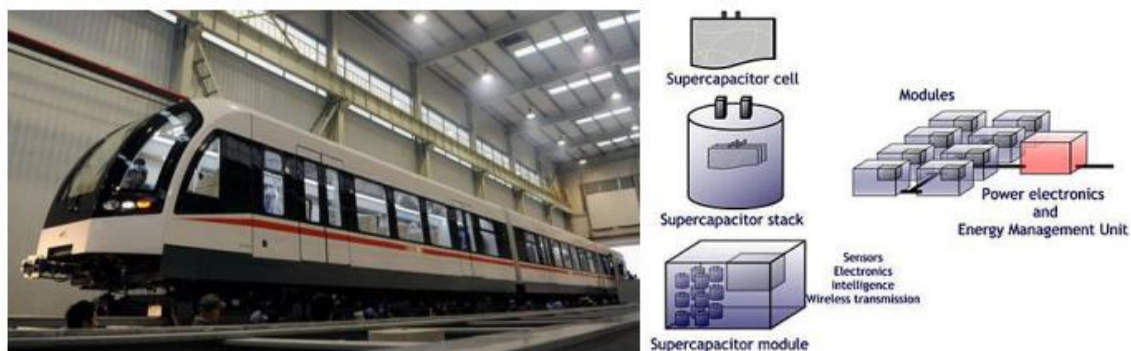


Figura 4.5. Tramvia operat mitjançant súper condensadors a Guangzhou, Xina. A l'esquerra hi ha l'esquema del mòdul del súper condensador. Font: <http://www.polisnetwork.eu>

La tecnologia d'aquest tramvia evoluciona a partir dels tramvies que operaven gràcies a la potència de les bateries elèctriques. Tot i que aquestes dotaven al tramvia d'una energia més elevada, les densitats de càrrega dels condensadors són entre 10 i 100 cops més gran respecte les bateries. A més, aquests súper condensadors són capaços de recuperar l'energia en el moment de frenada, i utilitzar-la per regenerar l'energia elèctrica dels condensadors.

Aprofundint més en el treball conjunt de les bateries i els condensadors, les primeres donen energia al tramvia a través de mantenir una velocitat relativament constant al llarg del trajecte, mentre que per altra banda, els condensadors recuperen l'energia en els moments d'acceleració i en possibles rampes.

Respecte dels tramvies amb catenàries, els que treballen amb súper condensadors no provoquen un impacte ambiental o visual tan gran a les ciutats, a més de poder ser integrats en qualsevol xarxa convencional de tramvia en qualsevol moment. Compte amb un potencial d'evolució molt gran, ja que tal com hem dit, és una tecnologia recent.

El fet de tractar-se d'una nova tecnologia també el seu principal obstacle, sent el seu cost d'instal·lació el més car de tots els tipus de tramvia, tenint un manteniment superior als sistemes tramviaris amb catenàries, i ara per ara, requereixen bateries per tal de funcionar òptimament sense cables superiors.

Les recàrregues d'energia solen tenir lloc durant les parades o al final de la línia. Cal puntualitzar que el tramvia de Guangzhou és l'únic que actualment treballa purament amb súper condensadors, sense l'ajuda de bateries externes.

4.6 Tramvies unidireccionals i bidireccionals

El tramvia unidireccional és un tipus de tramvia que opera amb una sola cabina de conductor, i per tant, només pot avançar en una sola direcció. Aquesta restricció provoca que sigui necessari l'ús de cercles (*loops*) o altres solucions al final de les rutes per tal de poder dirigir de nou al tramvia al recorregut.

El tramvia bidireccional és una classe de tramvia que es caracteritza per la seva capacitat de moure's en qualsevol direcció, és a dir, tant endavant com endarrere, juntament amb el fet de tenir instal·lades dues cabines de conductor, una en cada extrem del tramvia. A la figura 4.6 es mostra un tramvia d'aquest estil, on s'observa que hi ha cabines en ambdós extrems.



Figura 4.6. Tramvia bidireccional de Melbourne. Font: <https://www.timeout.com>

Ambdós tipus de tramvies tenen els seus avantatges i desavantatges, i és important enumerar-los. Els tramvies unidireccionals compten amb portes d'entrada i/o sortida en un lateral i una sola cabina de conductor, mentre que els bidireccionals solen tenir-ne amb ambdós costats i tenen dues cabines de conductor, el qual significa que el cost de muntatge és superior en el cas de ser bidireccional, i que la capacitat de passatgers és superior en el tramvia unidireccional.

El problema que comporten els tramvies unidireccionals està relacionat més amb les afectacions que pugui haver-hi en la via. En cas d'accident o deteriorament significatiu de la via, el tramvia és incapaç de revertir el seu sentit, i per aquest motiu es recomana que al tramvia unidireccional se li implanti un sistema que li permeti fer marxa enrere en aquests casos.

Les parades dels tramvies bidireccionals solen ser de l'estil de plataforma d'illa (figura 4.7), en els quals hi ha una plataforma amb les corresponents parades a sobre, on pels dos costats circula el tramvia. Aquest, gràcies a la instal·lació de portes en ambdues bandes, permet que en qualsevol direcció del tramvia, sempre hi hagi una sortida emparellada amb la plataforma. Aquest sistema pot comportar falta de seguretat en cas que un viatjant s'equivoqui en la porta de sortida, i es dirigeixi directe a una via adjunta.



Figura 4.7. Imatge del que es coneix com a parada en plataforma d'illa. S'observa que el tramvia circula per ambdós costats de la plataforma. Font: <https://railgallery.wongm.com>

4.7 Tramvies d'una sola via

La gran majoria de xarxes tramviàries es componen de dues vies, una per a cada direcció (anada i tornada). Ara bé, existeixen sistemes on el tramvia circula sobre una sola via, tant en el recorregut d'anada com en el de tornada. Aquests últims no solen ser comuns, tot i que hi ha diverses ciutats, com per exemple Portland (figura 4.8), que combinen trams amb dues vies i trams amb una sola via.

El cost econòmic de construcció d'una sola via és lògicament més barat que el cas de dues vies, a més d'ocupar menys espai en la calçada, el qual és un gran avantatge en ciutats on hi ha carrers amb una amplada insuficient per albergar dues vies.

El gran inconvenient que representa tenir una xarxa amb una sola via és la capacitat de tramvies que poden circular en la mateixa via, ja que el fet que el tramvia retorni per la mateixa via provoca que es necessitin vies adjuntes que actuïn com a "bypass", i no es pot recórrer a aquesta solució al llarg de tot el recorregut, ja que ocupa espai, i precisament l'avantatge dels tramvies amb una sola via és el poc espai que usen.



Figura 4.8. Tramvia *Orange Line* (Portland), el qual que circula sobre una sola via, i on hi té lloc aquesta derivació. Font: *Peter Ehrlich*

Aquestes derivacions han d'anar acompanyades d'un sistema de senyalització, ja que existeix un alt risc de xoc frontal en cas de circular més d'un tramvia per la mateixa línia. Antigament s'usava un sistema de "tokens", de manera que el conductor del tramvia en poder del *token* és el que tenia preferència en la via, encara que actualment s'ha apostat per la ràdio comunicació.

En cas que una ciutat s'hagi decantat per la construcció d'una infraestructura amb una sola via, i amb el pas del temps, hagi notat una popularització del tramvia, amb el corresponent augment de demanda, té l'opció d'ampliar la xarxa a dues vies.

5 SITUACIÓ ACTUAL DEL TRANSPORT PÚBLIC A GIRONA

La ciutat de Girona disposa de diversos elements de transport públic: el servei de taxi, la xarxa de bicicletes públiques i les línies d'autobús. Com que el nostre estudi s'enfoca al tramvia, és convenient concentrar-se en el servei d'autobús.

5.1 Servei de línies d'autobús

Actualment, la ciutat de Girona gaudeix de deu línies de servei d'autobusos, enumerades des de la número 1 fins la número 11, excloent la línia número 9, la qual no existeix de moment. A la taula 5.1 es detallen les característiques de cada línia, on la capacitat és la suma de persones assegudes i dretes, i la freqüència pertany a la dels dies laborables d'hivern.

Taula 5.1. Informació sobre les línies d'autobús de Girona.

Línia	Nº Parades	Capacitat	Freqüència	Observacions
1	54	85	15 min	
2	34	85	15 min	
3	26	80-90	10 min	Té com a sortida el municipi de Salt.
4	28	80-90	15 min	No circula ni diumenges ni festius. Igual que l'L3, surt des de Salt.
5	67	85	15 min / 30 min	Surt des d'Aiguaviva. L'autobús passa cada 15 minuts dins de Girona, i cada 30 per Vilablareix.
6	68	80-90		Passa per les poblacions de Sarrià de Ter i St. Julià de Ramis.
7	47	20	15 min / 30 min	No circula ni diumenge ni festius. Hi ha parades per on passa cada 15 minuts, i altres on s'atura cada 30 minuts.
8	35	85	30 min	No circula ni caps de setmana, ni festius, i tampoc durant l'agost.
10	33	85	60 min	No circula ni diumenges ni festius.
11	56	20	15 min / 30 min	No circula ni diumenges ni festius. Els dissabtes té una freqüència de pas diferents dels dies laborals.

El servei d'autobús públic de Girona no només és intraurbà, sinó que també té ruta per municipis pròxims a la ciutat, com serien Salt, Aiguaviva, Vilablareix, Fornells de la Selva i Sarrià de Ter. Aquesta distribució queda reflectida en la figura 5.1.



Figura 5.1. Mapa parcial de les línies d'autobús de la ciutat de Girona. Font: UMAT.

5.1.1 Tarifes del Transport Municipal del Gironès

El cost del trajecte en transport públic és un dels factors més importants a tenir en compte. Un preu excessiu, o bé la insuficiència d'ofertes en les tarifes pot debilitar l'interès de la població. El Transport Municipal del Gironès ofereix diverses tarifes segons les edats dels passatgers:

- Bitllet senzill: té un cost de 1,40 €, permet el viatge en una sola línia d'autobús, és a dir, no hi ha possibilitat de transbord. En cas que el passatger decidís canviar de la línia, hauria de pagar de nou la tarifa del bitllet senzill.

- Targeta BUS 12: permet un nombre de viatges il·limitat, dins de la zona tarifària on resideixen, als infants d'edats compreses entre els 4 i 12 anys. Té un preu inicial de 35 €, i és una targeta personalitzada (nom, DNI, etc.).
- Targeta BUS 18: disponible per als nois i noies de 13 a 18 anys, dóna la possibilitat de realitzar viatges amb cost reduït. Igual que la targeta BUS 12, té les dades del propietari, sent personal i intransferible. Té un preu de recàrrega de 6,50 € per 30 viatges, i 21,50 € per 120 viatges, les quals caduquen en un termini de 3 mesos.
- Targeta BUS 25: utilitzable pels nois i noies empadronats a Girona, i compresos entre les edats de 19 i 25 anys. Aquesta targeta permet el transbord entre línies, on 30 viatges costen 12,5 €, i 120 viatges tenen un preu de 45,5 €. És personal i intransferible.
- Targeta 50/30: targeta multi personal que permet realitzar 50 desplaçaments en 30 dies consecutius a partir del dia de recàrrega. Permet el transbord durant un temps màxim d'1 hora i 15 minuts. Amb un preu base de 2,5 €, té un cost de recàrrega de 33,80 €.
- Targeta UdG: ús exclusiu per a estudiants matriculats a la UdG, sent personal i intransferible. Amb un preu de 115 €, permet fer 380 viatges en el termini d'un any, tot i que només és possible usar-la 4 cops al dia. Només és usable en línies urbanes, és a dir, queden excloses l'L3, L4 i L6.
- Targeta 65: permet realitzar 30 viatges de manera gratuïta cada mes, incloent-hi la possibilitat de transbord entre línies. Sent vàlida per a totes les línies urbanes de Girona, els propietaris de la targeta han de tenir una edat compresa entre els 65 i 69 anys, estar empadronats a Girona, i complir les condicions econòmiques imposades per l'Ajuntament. Es renova anualment.
- Targeta 70: igual que l'anterior, aquesta targeta dota al propietari de 30 viatges gratuïts al mes, i amb possibilitat de transbord. Les condicions per sol·licitar la targeta són dues: tenir 70 o més anys, i estar empadronat a Girona. No caduca mai.

- Targeta BUS Social: aquesta targeta dóna accés a 40 viatges gratuïts cada mes amb possibilitat de transbord. Els propietaris d'aquesta targeta han de reunir les següents condicions: edats compreses entre els 18 i 69 anys, empadronats a Girona, han de percebre una pensió relacionada amb incapacitat, invalidesa o viduïtat, aquesta última només per edats entre 60 i 64 anys, i a més han de complir les condicions econòmiques dictades per l'Ajuntament de Girona.

Els infants menors de 4 anys tenen gratuït l'accés a l'autobús, sempre que vagin acompanyats d'un adult, i que es pugui confirmar la seva edat. En cas que una família amb dos fills/es menors de 4 anys entrin a l'autobús amb ambdós alhora, el bitllet gratuït és només vàlid per a un d'ells.

5.2 Servei de bicicletes públiques: Girocleta

El servei de la Girocleta es va posar en funcionament el setembre del 2009 amb l'objectiu de fomentar el ciclisme urbà. En el seu inici comptava amb vuit estacions i 160 bicicletes disponibles pels abonats al servei, mentre que actualment compte amb disset estacions repartides per tota la ciutat, les quals es mostren a continuació juntament amb el nombre d'ancoratges entre parèntesis.

- Biblioteca Antònia Adroher (19)
- Avinguda Ramon Folch (28)
- Plaça Catalunya (51)
- Estació Renfe (46)
- Pont del Dimoni (20)
- Emili Grahit - C/ Migdia (24)
- Plaça Pere Calders (21)
- Biblioteca Ernest Lluch (26)
- Plaça Miquel de Palol (30)
- Avinguda Lluís Pericot (26)
- Plaça Marquès de Camps (20)
- Rambla Xavier Cugat (25)
- Can Ninetes (25)
- Plaça Santa Eugènia (23)
- Plaça Europa (26)
- Pg. Ramon Berenguer II (24)
- Vista Alegre (25)

Aquest servei es pot usar durant els 365 dies de l'any, però sota una regla: les bicicletes només es podran agafar de l'estació de 6.00 h a 1.00 h de la matinada, mentre que per retornar-les no hi ha cap horari normatiu.

En terme de xifres d'ús, la quantitat de clients a finals de l'any 2015 era de 1.800 usuaris, mentre que en l'inici de l'any actual, 2017, la xifra ha augmentat a 2.320. A més, l'ajuntament posa a disposició dels usuaris un mapa interactiu (figura 5.2), on es detalla per cada parada la quantitat de bicis lliures i els aparcaments lliures.

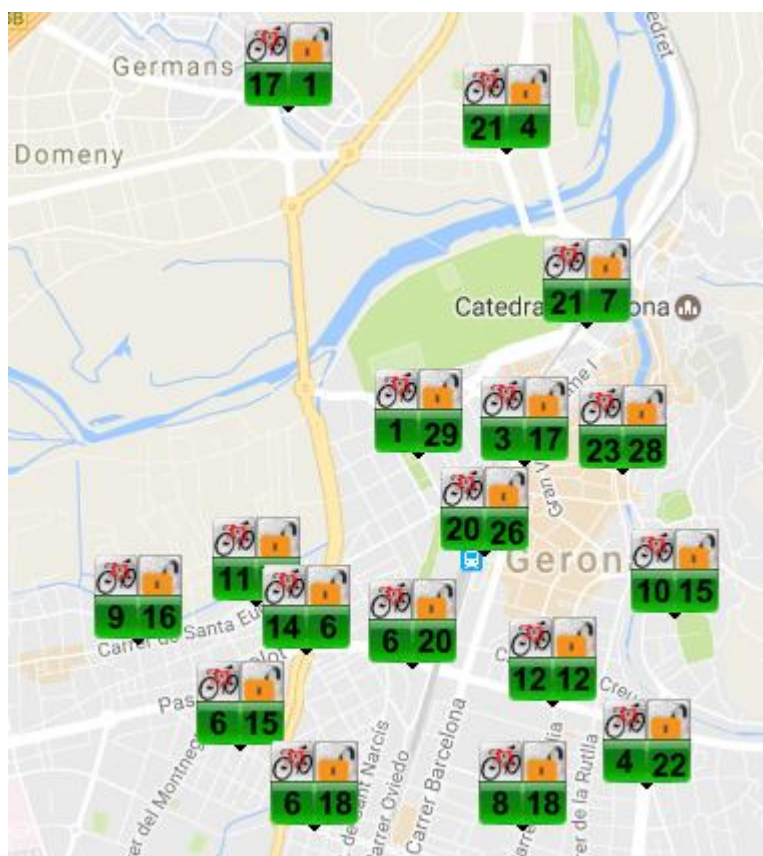


Figura 5.2. Mapa interactiu de les parades de la Girocleta. Font: www.girocleta.cat

5.2.1 Tarifes de la Girocleta

Els usuaris que vulguin fer ús de la bicicleta pública han d'abonar-se al servei amb un preu de 30 € anuals. Com que aquest servei està pensat per recórrer trams relativament curts, els trenta primers minuts estan inclosos dins la tarifa anual, és a dir, no hi ha un sobrecost respecte els 30 €. Ara bé, si passada aquesta mitja hora no s'ha retornat la bicicleta, es cobren 0,50 € cada trenta minuts, fins a un màxim de 2€.

Dins de les tarifes hi ha una sèrie de penalitzacions relacionada amb el no retorn de les bicicletes a les estacions, els quals s'apliquen a partir de què la bicicleta no hagi estat retornada dins l'interval de dues hores i mitja. Per cada hora que se supera aquest temps es cobren 3 €, i en cas de no retornar-la en 24 hores es cobren 150 €.

5.3 Afluència diària en el transport públic gironí

L'ajuntament de Girona proporciona públicament en la seva pàgina web, les dades corresponents a la quantitat de persones que van utilitzar anualment el servei de línies d'autobús del TMG. Cal remarcar que les línies L3, L4 i L6 són propietat de l'empresa ATM, i per tant no apareixen a la taula 5.2.

Taula 5.2. Quadre indicatiu de l'afluència de viatgers anual per cada línia. Font: *Ajuntament de Girona*

	viatges 2006	viatges 2008	viatges 2010	viatges 2014	viatges 2015	% increment 2015 / 2014	% gratuïts 2015
L1	308.029	520.471	703.953	744.747	768.456	3,41%	28,5%
L2	248.632	404.418	512.318	547.081	574.986	4,23%	23,9%
L5	607.839	708.133	841.648	802.941	830.791	1,33%	30,7%
L7	47.743	93.298	196.232	218.165	223.608	5,74%	37,2%
L8	166.488	126.446	139.790	195.425	210.674	6,44%	17,8%
L10	21.053	68.613	81.678	82.383	88.192	5,84%	21,6%
L11	70.949	244.675	353.028	355.322	360.750	3,07%	35,8%
	1.470.734	2.166.054	2.828.647	2.946.064	3.057.457	3,37%	24,8%

Podem observar que l'ús del transport públic augmenta any rere any, i a més l'ajuntament ens mostra el % d'increment corresponent a la transició entre el 2014 i el 2015. En la taula 5.2 es mostra també el percentatge de viatges gratuïts que van tenir lloc, sent una xifra a tenir en compte per al plantejament de tarifes del tramvia, i és que aproximadament $\frac{1}{4}$ dels viatges l'any 2015 van ser gratuïts.

Referent a la Girocleta, el servei va augmentar un 14 % entre l'any 2014 i 2015, el qual va comportar la creació de noves estacions per continuar satisfent la creixent demanda. En la figura 5.3 podem observar la quantitat de viatges que es van realitzar l'any 2015 segons la hora del dia.

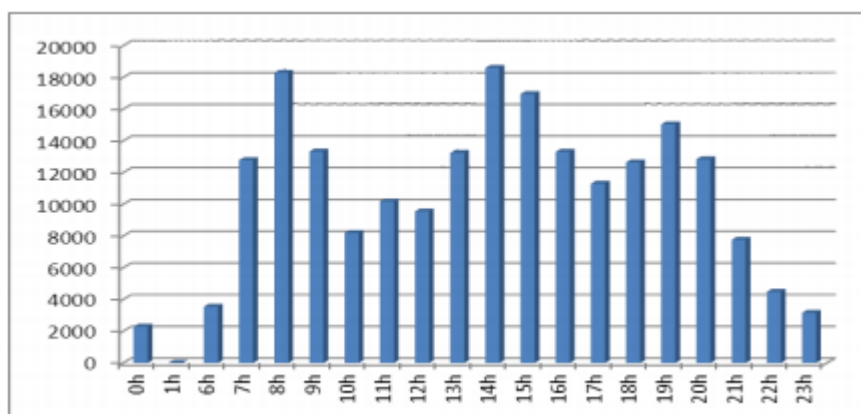


Figura 5.3. Quantitat de viatges en Girocleta segons l'hora del dia. Font: *Ajuntament de Girona*.

Destaquen les hores puntes tal com les 8h i les 15h, juntament amb les 14h. En la resta d'horari, excepte la matinada i l'interval entre 10 i 12 del matí, el servei és bastant constant.

A més de proporcionar l'hora en què es realitzen la majoria de viatges, l'Ajuntament també mostra públicament la distribució de viatges en les diferents estacions. En la figura 5.4 podem observar aquest percentatge.

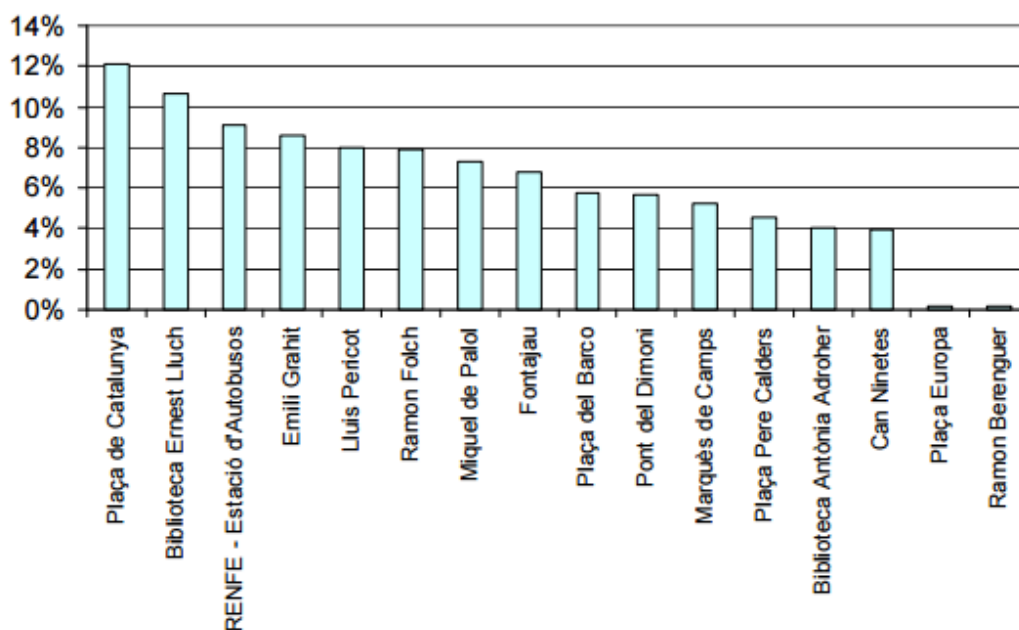


Figura 5.4. Percentatge de distribució de viatges segons l'estació. Font: *Ajuntament de Girona*.

6 PROPOSTA D'IMPLEMENTACIÓ DEL TRAMVIA

En aquest capítol es definirà de manera detallada cadascun dels elements que formen part de la implementació d'una xarxa de tramvies. Aquesta proposta comença amb una descripció de la millor ruta del tramvia, tenint en consideració que actualment, l'objectiu és que aquest vehicle tingui un trajecte el més recte possible.

L'altre element important de la proposta és la ubicació de les parades al llarg del recorregut, tenint en compte diferents factors com serien la densitat de la població en les zones properes a la ruta del tramvia, els punts d'interès o necessitat per la població (hospitals, escoles, centres comercials, etc.), i l'afluència de viatgers en autobús.

Adicionalment, s'efectuarà un estudi del temps de parada basat en l'experiència pròpia en diferents línies d'autobús del TMG, indicant la quantitat de persones que han accedit o sortit de l'autobús, i el temps que han tardat a realitzar ambdues accions.

Posteriorment, s'entrarà en més profunditat amb les característiques de la via, la qual ha d'integrar-se en la resta de tràfic rodat. Dins la inserció de la via en els carrers de la ciutat entren en joc una sèrie de paràmetres tals com les mesures de seguretat entre el tramvia i la resta d'elements que l'envolten, el nombre de carrils suprimits, el nombre de vies, etc.

Finalment, es farà un breu estudi del pagament en el tramvia, mencionant els possibles preus o tarifes, i diferents ampliacions de la ruta proposada.

6.1 Recorregut del tramvia

La ciutat de Girona disposa de pocs carrers suficientment amples per tal permetre la circulació d'un tramvia a través seu. Els potencials carrers a albergar la via serien: carretera Barcelona, carrer d'Emili Grahit, el Passeig d'Olot i l'avinguda Lluís Pericot. Precisament, aquests quatre formen la columna vertebral de Girona, ja que travessen tant verticalment com horitzontalment la ciutat, com s'observa a la figura 6.1.

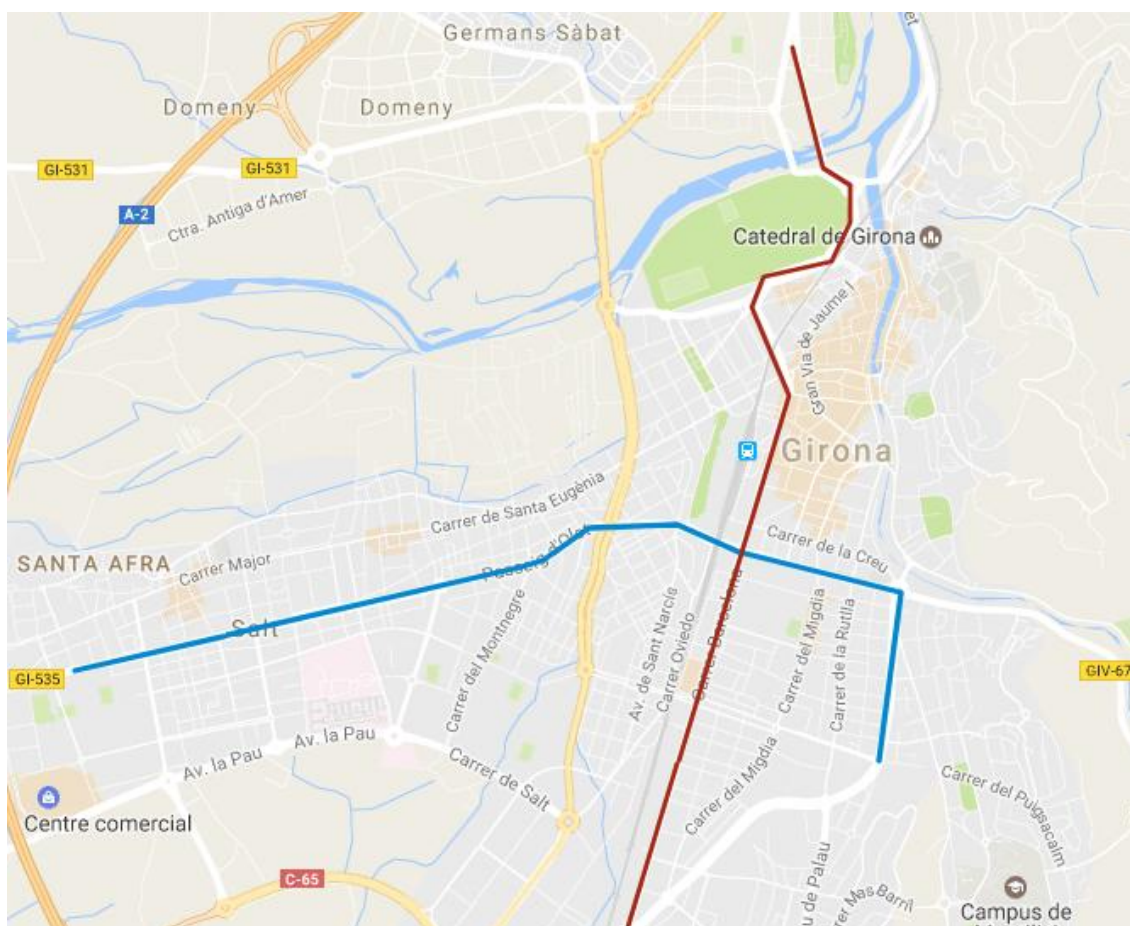


Figura 6.1. Esquema dels carrers principals de Girona.

Un altre factor important és la densitat de població. L'Ajuntament de Girona ha proporcionat un mapa (veure a l'annex A) on es mostren les diferents illes d'edificis de la ciutat, juntament amb la població en cada illa. D'aquesta manera, és interessant que als llocs on hi hagi més concentració de població, hi circuli el tramvia.

L'avinguda Lluís Pericot té un gran atractiu per la seva amplada, ja que contempla dos carrils per cada sentit, a més de tindre una vorera enmig de la calçada de 10 metres aproximadament. Tot i això, en el tram comprès entre el polígon Mas Gri i els Químics, poques illes superen els 150 habitants, de manera que és inviable situar el recorregut en aquesta zona. D'altra banda, el tram entre la plaça Països Catalans i els Químics sí és més poblada, amb diverses illes properes als 300 habitants, sent interessant el fet que el tramvia circuli dins aquest tram.

La resta de carrers proposats són aptes per amplada, a més d'estar voltats per illes amb gran densitat poblacional, menció particular al Passeig d'Olot, on hi ha més concentració d'habitants per illa. Cert és que la part sud de carretera Barcelona no

està habitada en abundància i, tot i l'abandonament actual, és un espai ocupat majoritàriament per empreses o tallers. Però, com es parlarà a continuació, la possible ubicació d'una zona d'interès per la població exigeix la circulació en aquest tram.

El municipi de Salt disposa de dues avingudes vàlides per tal que hi transcorri el tramvia en elles: l'avinguda Països Catalans i l'avinguda de la Pau. Ambdues avingudes són paral·leles, separades aproximadament per 500 metres. L'avinguda Països Catalans és més cèntrica, situada entre la part vella i nova de Salt, i en contacte directe amb el Passeig d'Olot, mentre que l'avinguda de la Pau, en estar adjunta al Sitjar, una zona sense edificar actualment, queda més desfasada respecte la població.

L'ajuntament de Salt ens ha proporcionat un mapa amb la població per districtes i seccions del municipi (veure a l'annex A). Es pot observar que les seccions amb més població són les que estan adjuntes a l'avinguda Països Catalans, fet que la posiciona per davant de l'avinguda de la Pau com a carrer per on circularia el tramvia.

El tramvia proposat consta de dues línies diferents: la primera completa el trajecte des del Pavelló Municipal d'Esports de Salt fins al campus universitari de Montilivi, mentre que la segona línia realitza el recorregut entre el polígon Mas Gri i l'hospital Josep Trueta.

Ambdues línies tenen molta semblança amb les proposades per l'enginyer Jordi Alegre. La primera és pràcticament igual, estant la diferència en el recorregut a partir del carrer Emili Grahit, ja que en aquest estudi s'opta per fer circular el tramvia per Lluís Pericot, mentre el projecte del senyor Jordi Alegre es decanta pel recorregut a través de l'avinguda Montilivi. Totes dos tenen el mateix inici i el mateix final, el Pavelló d'Esports de Salt i el campus universitari de Montilivi.

En la segona línia hi ha diverses diferències. Primerament, el projecte proposat per l'enginyer Jordi Alegre va contemplar l'opció que el tren anés soterrat, de manera que la via quedava lliure d'accés per al tramvia. Aquest fet produïa que el tren no ocupava carrils de la carretera Barcelona, però per altra banda, la via tenia com a final el barri de Pedret en comptes de l'hospital Josep Trueta. En ambdós casos, la via té i tenia com a inici l'extrem sud de carretera Barcelona.

Un fet important del recorregut és que no travessa punts turístics de la ciutat, de manera que les catenàries no són un obstacle per a la vista dels edificis més emblemàtics de la ciutat.

6.1.1 Línia 1: Pavelló de Salt – Campus universitari Montilivi

Per tal de mantenir una relació visual de la ubicació dels diferents punts pels quals passa la línia 1 proposada, els quals es detallaran a continuació, a la figura 6.2 es mostra el recorregut d'aquesta línia, juntament amb els llocs de més rellevància.

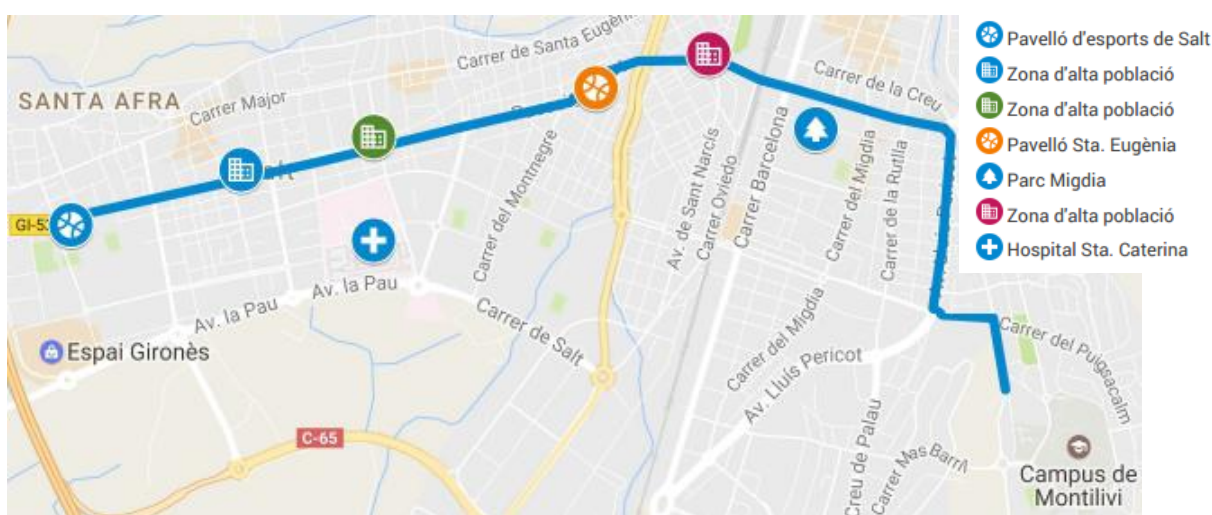


Figura 6.2. Ruta proposada per a la línia 1 del tramvia.

Aquesta línia té l'inici en el Pavelló Municipal d'Esports de Salt, concretament al final del Passeig dels Països Catalans. A partir d'aquest punt, el recorregut segueix en sentit est per aquest carrer fins a la rotonda del Tren d'Olot. El tram descrit fins ara té certs punts d'interès com són l'Espai Gironès, el qual està a 500 metres aproximadament del pavelló de Salt, i aquest mateix. A més, és important recalcar que el recorregut travessa els districtes amb més població del municipi de Salt (veure l'annex A).

Un punt important de Salt és l'Hospital Santa Caterina. La circulació a través del Passeig de Països Catalans no permet arribar explícitament fins a aquesta infraestructura, però una parada en la intersecció entre el passeig i el carrer del Dr. Castany permetria deixar a la gent a una distància de 300 metres de l'hospital.

S'ha decantat per l'opció de no incloure un recorregut fins a l'Hospital Santa Caterina per dues raons. La primera és deguda a la mobilitat del mateix tramvia, ja que mínim comptaria amb una llargada de 24 metres, i en aquesta àrea no hi ha el suficient espai per girar el tramvia. La segona raó, i relacionada amb la primera, és la sortida d'ambulàncies d'aquest hospital. El fet que el tramvia hagués d'efectuar el gir en l'avinguda de la Pau, podria resultar en un obstacle per a les ambulàncies.

A partir de la rotonda del Tren d'Olot, el recorregut continua pel Passeig d'Olot, el qual travessa Santa Eugènia i Can Gibert del Pla, ambdós sent dels barris més poblats de la ciutat de Girona, ja que tal com es pot observar en el mapa (veure l'annex A), la majoria d'illes estan per sobre dels 300 habitants, amb més d'una superant els 600.

El recorregut continua pel carrer d'Emili Grahit, eix principal del barri de l'Eixample, sent una de les zones de pas més concorregudes de la ciutat. La zona nord de l'Eixample està força poblada, amb diverses illes superant els 300 habitants, tot i que la zona sud, gran part de la superfície està dedicada a zones de lleure com el parc del Migdia.

El camí del tramvia es desvia cap a l'avinguda Lluís Pericot. En un principi s'havia decidit que el tramvia girés en la intersecció entre l'avinguda Lluís Pericot i el carrer Castell de Peralada, a partir del qual s'arribaria a l'avinguda de Montilivi, on seguiria fins al campus de Montilivi. Però aquest recorregut implica un seguit de corbes molt tancades que implicaria un alentiment tant del tramvia com de la resta de tràfic.

En comptes de seguir el recorregut anterior, s'ha optat per conduir el tramvia durant un tram més llarg de l'avinguda Lluís Pericot, i que en el punt que es creua amb el carrer de la Riera de Bugantó, segueixi aquest últim, el qual guia directament a l'avinguda Montilivi. En la connexió entre aquests dos últims carrers, hi ha un petit espai forestal, on caldria la construcció d'un petit pont adaptat al tramvia, ja que hi travessa un rierol. Un cop a l'avinguda Montilivi, el tramvia recorre 300 metres en aquesta fins a arribar al CEE Font de l'Abella. En aquest punt, el tramvia deixa als viatgers a 50 metres de l'Institut Montilivi, i a 200 de la Universitat de Girona.

6.1.2 Línia 2: Polígon Mas Gri – Hospital Josep Trueta

La línia 2 té com a inici de recorregut el polígon Mas Gri, on es localitzen diversos centres comercials. Aquestes superfícies comercials són el principal reclam de la població que s'aglomera en aquesta zona.

De la mateixa manera que s'ha seguit amb la descripció de la línia 1, a la figura 6.3 es mostra la ruta proposada per a la línia 2, juntament amb una petita llegenda on s'indiquen els diferents punts que es troba la línia al llarg del seu recorregut.

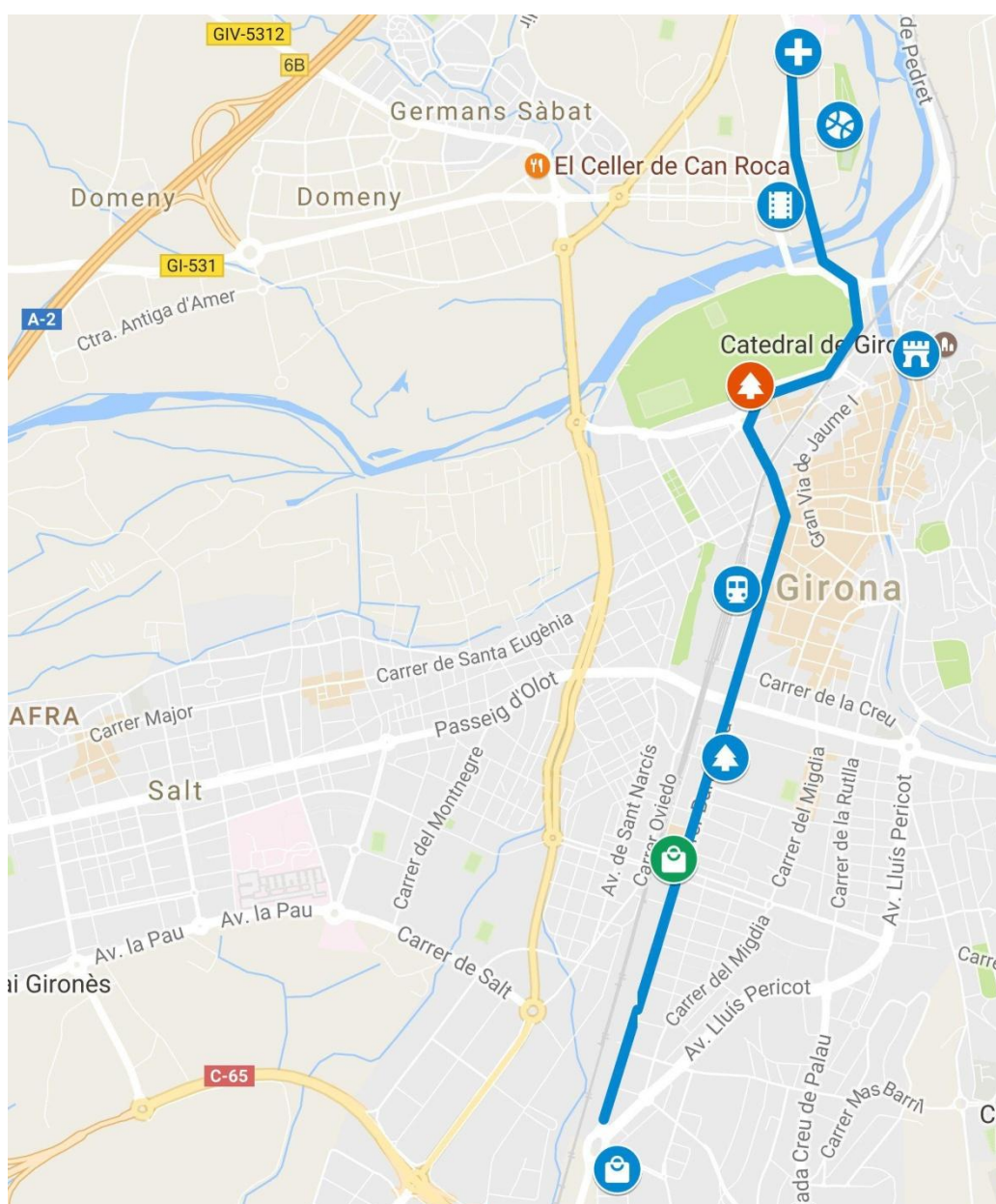


Figura 6.3. Ruta proposada per a la línia 1 del tramvia.

La columna vertebral d'aquesta línia és sense dubte la carretera Barcelona, ja que gran part del recorregut transcorre en ella. Com hem comentat anteriorment, la zona sud de la carretera Barcelona té actualment una gran superfície de naus en desús, sobretot les que se situen adjuntes a la via del tren, juntament amb una població baixa (veure a l'annex A) pel fet que les edificacions són majoritàriament cases unifamiliars. Tot i aquest fet, la futura localització de la nova Clínica Girona en aquest espai produirà una reactivació de la zona.

Al llarg de carretera Barcelona es poden trobar punts d'alt interès per als habitants, com seria el centre comercial Hipercor, el col·legi Cassià Costal i el Parc del Migdia, tots tres englobats en una distància de 400 metres. Movent-nos direcció nord, trobem l'estació de trens, un punt amb gran afluència de gent.

Un cop finalitzat el tram de carretera Barcelona, el recorregut continua per la ronda Ferran Puig. Aquest carrer basa la seva importància en la proximitat amb el barri del Mercadal (el qual està adjunt al Barri Vell), i també té accés al Parc de la Devesa. La població al voltant d'aquest carrer no és molt alta, sent poques les illes amb més de 300 habitants (veure mapa a l'annex A).

A partir d'aquest punt, la línia segueix pel carrer Riu Güell, paral·lelament al Parc de la Devesa. La circulació per aquest carrer i el següent, el passeig de la Devesa, són purament un nexa amb l'avinguda de França. La majoria d'illes estan per sota dels 200 habitants (veure mapa a l'annex A), mentre que en el passeig de la Devesa no hi ha habitatges. La zona destacada entre ambdós carrers és l'avinguda Ramon Folch, on se situa els edificis de Jutjats i Correus, sent a més un accés directe al Barri Vell.

El tram final d'aquesta línia és l'avinguda de França, la qual té tres punts de gran importància per a la població. El primer seria els cinemes OCINE, sent un dels cinemes més freqüentats de la ciutat. En segon lloc, paral·lelament a l'avinguda França hi ha el carrer de l'Esport, on se situa el complex esportiu del G.E.I.E.G. de Sant Ponç, el qual alberga gran diversitat d'esports i activitats. Finalment, i com a punt final del recorregut, ens trobem amb l'Hospital Josep Trueta, institució clínica on s'hi deriven la majoria de casos de pacients.

A la figura 6.4 veiem un plànol creat per l'Ajuntament de Girona, on s'indiquen les parades del TMG mitjançant cercles de diferents colors segons l'afluència de persones

que han recorregut a cada parada determinada. És important observar que la línia 2 transcorre a través dels punts amb més concurrència de viatgers.

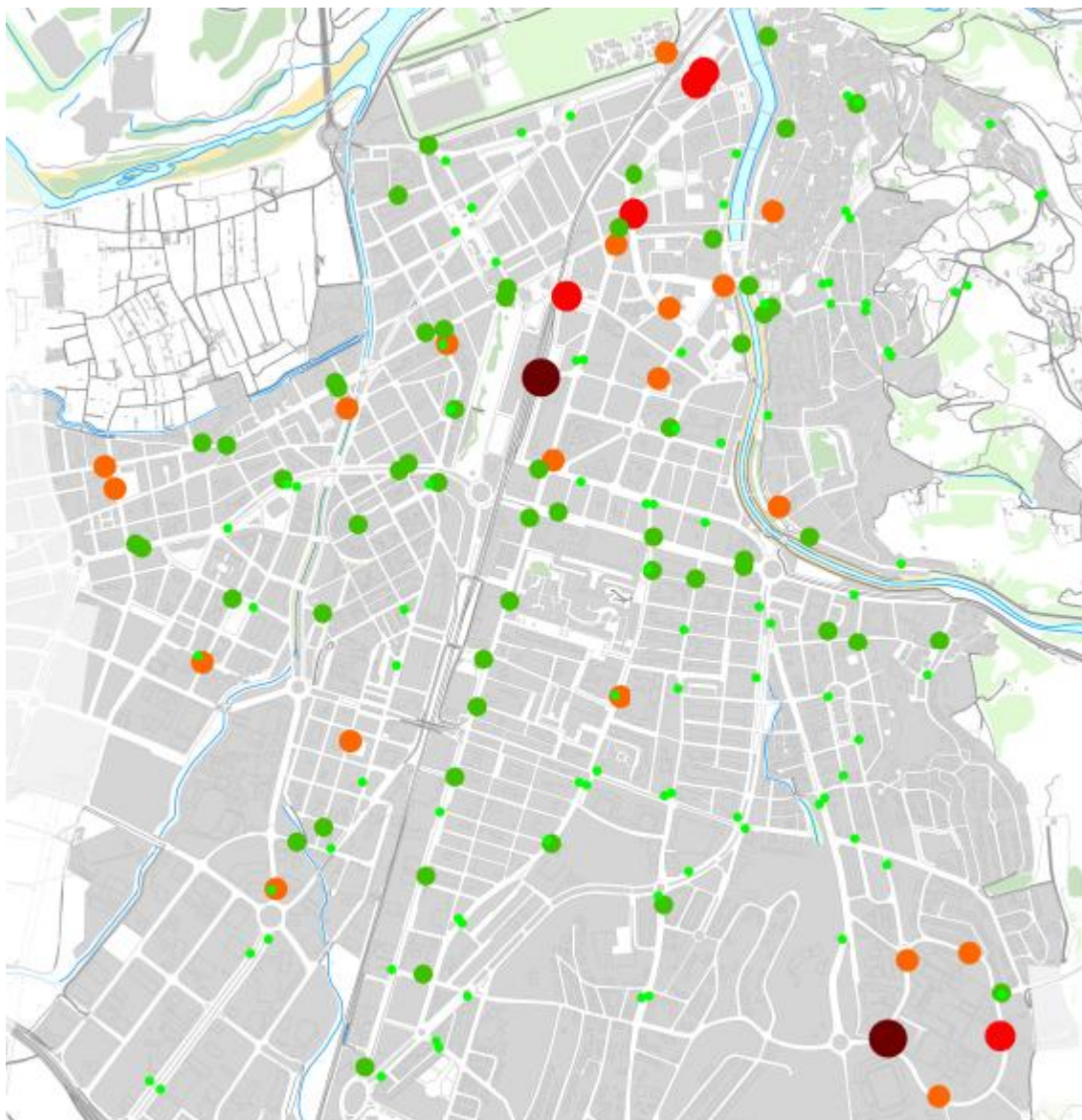


Figura 6.4. Plànol indicatiu de l'afluència de viatgers en les parades del centre de la ciutat.

Font: Ajuntament de Girona.

6.2 Ubicació de les parades

La localització de les diferents parades al llarg del recorregut s'ha determinat a partir de tres factors: la densitat de població, l'afluència de passatgers en les parades de diferents línies d'autobús (TMG) i les zones de més interès per als habitants de la població. Una eina molt útil per a la distribució de parades és la isòcrona, a la qual dedicarem un apartat.

És possible que ens trobem en trams on la població no sigui molt alta, o que pràcticament no hi visquin persones, però la localització de zones d'interès per a la població implica ubicar-hi una parada. Per això s'ha dividit la secció 6.2 en diferents apartats, explicant a cada un perquè s'ha de localitzar una parada en un determinat lloc.

Les parades que es proposaran en els següents apartats no són definitives, és a dir, són candidates a ser parades del recorregut final. En cada secció d'aquest apartat raonarem perquè seria important situar parades en els punts proposats.

6.2.1 La densitat de població

El primer factor a considerar en la situació d'una parada és la quantitat o densitat de població en els seus voltants. Per estadística, és més probable que el tramvia estigui més demandat en una zona on viuen 5000 persones, que una on en resideixen 500.

Per poder visualitzar millor les zones amb més concentració poblacional, ens ajudarem dels mapes subministrats per l'Ajuntament de Girona i Salt respectivament (els mapes es poden trobar en l'annex A). També, com hem mencionat anteriorment, el mapa de Girona ens mostra la població per illa, mentre que el de Salt mostra població per secció i districte.

Començant per Salt, les seccions 3 i 5, ambdues del districte 1, són les que concentren un major nombre d'habitants. Per tant, és interessant situar una parada prop d'aquestes seccions. Afortunadament, les dues seccions són adjacents entre elles i el Passeig dels Països Catalans. En el districte 1 hi ha dues seccions (4 i 6), les quals tenen aproximadament 2500 habitants, i tot i ser interessants, són molt pròximes a les seccions 3 i 5, i per tant, una mateixa parada pot englobar les quatre seccions.

El districte 2 de Salt no gaudeix de tants habitants com el districte 1, encara que hi ha seccions que superen els 2000 habitants, i per la seva proximitat amb els barris de Santa Eugènia i Can Gibert del Pla, és interessant ubicar-hi una parada. A la taula 6.1 observem la quantitat de població per cada districte i secció del municipi de Salt, taula que complementa el mapa de Salt que es troba a l'annex A.4.

Taula 6.1. Població per districte i secció del municipi de Salt. Font: *Ajuntament de Salt*

Població dividida en districtes i seccions. Fecha Variación 16/02/2017

Concepte			Homes	%	Dones	%	Total	%
Districte01	Secció	:001	713	49.17	737	50.83	1450	4.73
Districte01	Secció	:002	656	52.78	587	47.22	1243	4.05
Districte01	Secció	:003	2229	56.16	1740	43.84	3969	12.94
Districte01	Secció	:004	1319	50.99	1268	49.01	2587	8.44
Districte01	Secció	:005	1837	54.30	1546	45.70	3383	11.03
Districte01	Secció	:006	1449	54.84	1193	45.16	2642	8.62
Districte01	Secció	:007	1	100.00	0	0.00	1	0.00
Districte01	Secció	:008	762	50.94	734	49.06	1496	4.88
Districte01	Secció	:009	421	49.88	423	50.12	844	2.75

Districte02	Secció	:001	1080	50.68	1051	49.32	2131	6.95
Districte02	Secció	:002	1087	53.92	929	46.08	2016	6.57
Districte02	Secció	:003	1002	51.12	958	48.88	1960	6.39
Districte02	Secció	:004	1416	52.04	1305	47.96	2721	8.87
Districte02	Secció	:005	475	48.57	503	51.43	978	3.19
Districte02	Secció	:006	903	55.09	736	44.91	1639	5.34
Districte02	Secció	:007	817	50.87	789	49.13	1606	5.24

Total Municipi			16167	52.72	14499	47.28	30666	100.00

Entrant al passeig d'Olot, pertanyent a Girona, trobem els dos barris mencionats anteriorment. Ambdós són barris amb alta densitat de població, i en el mapa subministrat per l'Ajuntament de Girona (annex A) podem observar-hi diverses illes d'edificis amb més de 600 habitants. Aquest fet implica que una parada en aquest tram sigui obligatòria.

Seguint el recorregut descrit en la secció 6.1, ens trobem amb el barri de Sant Narcís. La població està bastant homogeneïtzada, ja que tal com observem al mapa de Girona de l'annex A hi ha una zona de cases amb poca població, però just al seu costat hi ha tres illes amb 958, 732 i 638 habitants respectivament. A la zona nord del barri, la majoria d'illes tenen més de 400 persones vivint-hi. Per tant, en aquest barri s'hi ha de contemplar mínim una parada tenint en compte la gran quantitat de població.

La zona de l'Eixample, tot i no tenir illes amb més de 600 habitants, té una gran densitat de població, on la majoria d'aquestes tenen una mitjana de 350 ciutadans. I per últim, la zona nord de l'avinguda Lluís Pericot, la qual forma part del recorregut, no gaudeix d'illes altament poblades, però la proximitat amb la zona dels químics (illes amb 534 i 669 habitants), i les illes amb una mitjana de 200 habitants en la mateixa zona, impliquen la ubicació d'una parada en aquest tram.

Referint-nos a l'anomenada línia 2, tan sols el tram comprés entre Emili Grahit i la Plaça Marquès de Camps té una alta densitat poblacional, i per tant, seria l'únic punt de la línia on seria interessant col·locar una parada degut a la densitat de població. Aquesta zona forma part del barri de l'Eixample, concretament de la part nord.

Un cop feta la descripció en profunditat, creem la taula 6.2 per tal de recollir-hi les ubicacions descrites en aquesta secció.

Taula 6.2. Recull de les parades potencials segons la densitat de població.

Línia 1	Línia 2
Mercat municipal Salt	Carrer d'Emili Grahit
Rotonda Tren d'Olot	Plaça Marquès de Camps
Pavelló Sta. Eugènia	
Col·legi Pare Coll	
Biblioteca Carles Rahola	
Col·legi Pla de Girona	

6.2.2 Zones d'alt interès per a la població

Els espais dedicats al lleure, a l'esport, al comerç o al turisme, són llocs on la població es sol concentrar en grans magnituds. Per tant, en aquests punts és interessant ubicar-hi parades, per tal de facilitar l'accés i sortida de la gent a tals espais.

Al municipi de Salt s'hi concentren diversos punts d'interès. El primer, i segurament el més popular, és el centre comercial Espai Gironès, sent un punt de gran concurrència tant per la gent que el visita, com per la quantitat d'individus que hi treballen. Aquest fet implica ubicar una parada prop del centre. En aquesta zona també s'hi concentren altres espais comercials, així com el futur *IKEA*.

El segon punt d'interès, i relativament proper a l'Espai Gironès és el Pavelló Municipal d'Esports de Salt. Aquest complex esportiu alberga la piscina municipal, i ofereix activitats com el bàsquet i la gimnàstica. Just al costat s'hi troba el camp de futbol del Salt, un altre espai esportiu. Com que són moltes les activitats que es duen a terme en aquesta zona, és important ubicar-hi una parada per facilitar el transport fins a aquesta zona, sobretot per als nens d'edats compreses entre els 12 i 18 anys.

Els últims punts d'alta aflluència de Salt són l'hospital Santa Caterina i l'EUSES. El primer és l'hospital general bàsic del Gironès, i en ser el més recent en certs aspectes com l'assistència psiquiàtrica, sociosanitària i atenció de malalties físiques, implica que molts pacients siguin atesos en aquest espai, causant que les visites als pacients es dirigeixin a aquest parc hospitalari. Per altra banda, l'EUSES forma part de la Universitat de Girona, i per tant, el moviment d'estudiants en aquest punt és alt.

A la ciutat de Girona també hi trobem diversos punts d'alta aflluència de gent. Continuant amb la línia 1, ens trobem amb un altre complex esportiu, el pavelló municipal d'esports de Santa Eugènia. Aquest espai ofereix diverses activitats, i per tant, té el mateix reclam que el complex esportiu de Salt, tot i que el primer no disposa de piscina. En el mateix Passeig d'Olot s'hi situa el col·legi Pare Coll, que tot i no ser un reclam general de la població, sempre és interessant que tingui un accés senzill al transport públic.

Referint-nos a la línia 1, l'últim punt d'interès el trobem al campus de Montilivi. En aquest espai s'hi situen diferents edificis: l'institut Montilivi, en el qual s'imparteix secundària i batxillerat (grup d'edat propensa a recórrer al transport públic), juntament amb diversos cicles formatius; la Universitat de Girona, la qual es compon de 4 facultats, sent el campus més gran; i el camp de futbol del Montilivi, on hi ha gran multitud de gent els caps de setmana de partit.

Com hem comentat en la secció 6.1, en l'inici de la línia 2 trobem el polígon Mas Gri, el qual alberga diversos centres comercials. La raó d'ubicar-hi una parada és degut a la gran la quantitat de gent que es mou cap a aquesta zona, juntament amb la futura construcció de la Clínica de Girona.

Continuant amb el recorregut trobem el centre comercial Hipercor, el qual és un dels espais de comerç més populars de la ciutat. A més, aquest està molt pròxim al barri de Sant Narcís, el qual concentra bastant densitat de població (al mapa de l'annex A seria l'illa de 607 habitants).

Un altre punt de gran aflluència de la ciutat és el Parc del Migdia, sent una zona de lleure i de pas molt concurrent. Aquest parc actua com a frontera entre els barris de Sant Narcís, Eixample Sud i Eixample Nord. Aquest fet fa que sigui interessant la localització d'una parada propera al parc.

El proper punt d'interès de la carretera Barcelona és l'estació de trens. En aquesta infraestructura la gent s'aglomera fàcilment, ja que és un punt de recepció i sortida dels viatgers. La majoria de persones que arriben a la ciutat no disposen de vehicle per traslladar-se per la ciutat i recorren al transport públic, de manera que és molt important situar una parada en aquest punt.

Els dos següents punts a tenir en compte són el Parc de la Devesa i l'avinguda Ramon Folch. El Parc de la Devesa és un espai on es dirigeix molta gent a realitzar diverses activitats, majoritàriament de lleure. En l'avinguda Ramon Folch s'hi localitzen dos edificis importants: els Jutjats i Correus, sent ambdós edificis amb gran trànsit de gent. A més, Correus està tocant al Barri Vell, el màxim reclam turístic de la ciutat.

Per últim, l'Hospital Josep Trueta és l'últim edifici on arriba la línia 2. En aquest centre clínic es gestionen la majoria d'assistències mèdiques de les comarques gironines, i a més proporciona línies de recerca i docència. Aquests factors fan de l'hospital Josep Trueta un punt d'alt trànsit de gent, siguin empleats, visitants o estudiants.

A la taula 6.3 podem veure un resum de les parades detallades en aquesta secció, desglossades segons la línia a la qual se situen. La ubicació de la parada té per nom l'edifici o zona en la qual està situada.

Taula 6.3. Parades candidates segons localitzacions importants.

Línia 1	Línia 2
C.C. Espai Gironès	Polígon Mas Gri
Pavelló esportiu Salt	C.C. Hipercor
Hospital Sta. Caterina/ EUSES	Parc del Migdia
Pavelló Sta. Eugènia	Estació de trens i autobusos
Col·legi Pare Coll	Parc de la Devesa
UdG Montilivi	Avinguda Ramon Folch
	Hospital Josep Trueta

6.2.3 Afluència de passatgers TMG

Les raons mencionades tant a l'apartat 6.2.1 com al 6.2.2 es podrien qualificar de 'teòriques', ja que se suposa que en els punts de màxima població i de màxim interès per als habitants hi ha d'haver una parada d'autobús. Per poder justificar les ubicacions, s'ha trobat interessant viatjar en les línies d'autobús urbà (TMG), concretament la línia 2 i la línia 4 (similitud amb el recorregut del tramvia), i observar la quantitat de passatgers que entraven i sortien en cada parada del trajecte.

Per saber la ubicació de les parades observades s'ha escrit el nom del carrer al qual se situen. En casos com la carretera Barcelona, en la qual hi ha diverses parades, per tal de diferenciar-les s'hi ha anotat un lloc (comerç o parc) conegut.

Cal destacar també, que en cas que una parada surti dos cops, significa que l'autobús hi passava d'anada i tornada.

L'horari en què s'ha fet l'estudi d'afluència de viatgers ha estat en totes les línies de 8.30 a 9.30 del matí, i en tres diferents, ja que es considera generalment com l'hora en què la gent va a treballar, o bé els nens que es dirigeixen al col·legi.

A la taula 6.4 s'observa les parades corresponents a la línia 2 del TMG. Es mostra també el nombre de persones que han entrat en cada parada, i els que han sortit. En el cas de la línia 2, és possible que el nombre total de persones entrades i sortides no coincideixi, ja que l'autobús ja circulava anteriorment per la línia 1 del TMG.

Taula 6.4. Observació de passatgers a la línia 2 del TMG.

PARADA	ENTRADES	SORTIDES
c/ de Reggio Emilia	5	0
c/ del Riu Cardener	1	0
Crta. Barcelona, 159	0	0
Crta. Barcelona, 137	0	0
Crta. Barcelona (Hiperacor)	4	0
Crta. Barcelona (Parc del Migdia)	0	0
Crta. Barcelona (Abacus)	0	3

Crta. Barcelona (Estació)	3	10
Av. Gran Via de Jaume I (Santa Caterina)	2	0
Av. Gran Via de Jaume I (Mercadal)	3	0
Av. de Ramon Folch	0	1
Pg. de la Devesa	0	0
Av. de França	0	0
Hospital Josep Trueta	1	8
Av. de França (Ocine)	2	0
Pg. de la Devesa	2	0
Av. de Ramon Folch	3	1
Av. Gran Via de Jaume I	1	0
Pl. Marquès de Camps	1	1
Crta. Barcelona (Estació)	8	0
Crta. Barcelona (Emili Grahit)	0	2
Crta. Barcelona (Hiperacor)	1	1
Crta. Barcelona (Motorway)	0	0
Crta. Barcelona (Basolí)	0	0
Rot. Mas Gri	0	3

Observant la taula, se'n poden treure les conclusions que en general, les parades proposades per a la línia 2 del tramvia en les dues anteriors seccions estan justificades. Les parades amb més afluència de gent van ser les del polígon mas Gri (la parada del carrer Reggio Emilia està a 50 metres del polígon), la de l'Hiperacor, la de l'estació de trens i autobusos, la de Ramon Folch, i finalment, la de l'Hospital Trueta.

Per altra banda, trams com el de carretera Barcelona comprès entre el polígon Mas Gri i l'Hiperacor, o bé el passeig de la Devesa, no tenen pràcticament afluència de gent, de manera que no interessa ubicar una parada en aquests punts, ja que així guanyem temps de recorregut.

Una observació important és que en la parada situada al Parc del Migdia no hi ha hagut ni entrades ni sortides, tot i que anteriorment l'havíem qualificat de punt d'interès per a la població.

A la taula 6.5 es mostren les parades corresponents a la línia 4 del TMG, la qual comparteix una part de recorregut amb la línia 1 i la línia 2 del tramvia. D'igual manera que la taula anterior, s'ha anotat el nombre de sortides i entrades.

Taula 6.5. Afluència de passatgers a la línia 4 del TMG.

PARADA	ENTRADES	SORTIDES
C.C. Espai Gironès	1	0
c/ Miquel Martí i Pol	0	0
Pg. Països Catalans (Consum)	1	0
Pg. Països Catalans (Pl. St. Cugat)	5	0
Pg. Països Catalans (Pl. 3 Març)	10	0
Pg. Països Catalans (Antiga Estació)	6	0
Hospital Santa Caterina	1	0
Pg. Països Catalans (Rotonda Tren d'Olot)	5	0
Pg. Olot (c/ Agudes)	4	0
Pg. Olot (Pavelló Sta. Eugènia)	0	2
Pg. Olot (Pare Coll)	0	13
Av. Sant Narcís (c/ Francesc Artau)	0	0
Av. Sant Narcís (c/ Narcís Monturiol)	0	0
Crta. Sta. Eugènia (La Punxa)	0	2
Pl. Poeta Marquina	5	4
Pl. Marquès de Camps	5	9
Crta. Sta. Eugènia (La Punxa)	3	0
Av. Sant Narcís (c/ Narcís Monturiol)	0	0
Av. Sant Narcís (c/ Francesc Artau)	0	0
Pg. Olot (Pare Coll)	2	0
Pg. Olot (c/ Agudes)	0	1
Pg. Països Catalans (Rotonda Tren d'Olot)	0	1

Hospital Santa Caterina	0	3
C.C. Espai Gironès	0	12

D'aquesta línia se'n poden extreure diverses conclusions. La primera és que les parades del Passeig de Països Catalans corresponents als encreuaments amb la plaça Sant Cugat i la plaça Tres de Març, són les que acumulen més viatgers. Precisament, ambdues parades se situen adjuntes a les zones de més densitat de població de Salt, les seccions 3 i 5 del districte 1 (veure mapa a l'annex A). Dins del municipi de Salt, les altres dues parades amb gran trànsit de gent han set la situada a l'antiga estació i la de la rotonda del Tren d'Olot.

Mentre que les parades comentades al paràgraf anterior es podrien classificar com a 'recollida' de gent, la de l'Espai Gironès es qualificaria de 'deixada' de gent, ja que només hi va haver una entrada a les 8.30, però a les 9.30 va deixar 12 persones. Tot i això, cal destacar que l'hora és un factor important, ja que és possible que a les 5 de la tarda, fos a l'inrevés

A la ciutat de Girona, hi ha hagut 4 parades importants. La primera és la de l'encreuament del passeig d'Olot amb el carrer de les Agudes, molt propera al pavelló de Sta. Eugènia. En segon lloc, la del Pare Coll, ja com hem comentat anteriorment, en ser un punt amb un col·legi adjunt, a les hores matinals hi ha moviment de persones. Com a tercera parada important és la plaça Poeta Marquina, que en tot cas, quedaria coberta per la línia 2 del tramvia. I per últim, la plaça Marquès de Camps, que igual que la parada anterior, forma part del recorregut de la línia 2 del tramvia.

6.2.4 L'ús de les isòcrones

Una eina molt important per a l'estudi de la ubicació de parades és la isòcrona. Aquest element matemàtic crea una geometria de temps en un punt determinat d'un mapa, amb les característiques que desitja el mateix usuari. Aquestes característiques són paràmetres com la velocitat de la persona, la mida de la isòcrona i el tipus de viatge (vianant, vehicle, etc.).

La mida de la isòcrona es mesura en temps, és a dir, en minuts, hores, etc. Per definir millor el terme isòcrona és millor explicar com funciona. Un cop l'usuari determina una

velocitat, una mida d'isòcrona i el vehicle de transport (o a peu), suposem que es decideix triar una velocitat de 3 km/h, isòcrones de 5 min i anem a peu. Aleshores, es tria un punt del mapa on es crea una geometria al seu voltant. Aquesta geometria ens indica que per recórrer la distància entre punt triat fins a qualsevol frontera de la mateixa geometria, una persona trigaria 5 min, amb els paràmetres indicats.

Per tal de visualitzar-ho, a la figura 6.5 es mostra l'exemple d'una isòcrona, la qual s'ha generat amb els paràmetres de velocitat igual a 3 km/h, i el temps de la isòcrona de 5 minuts.

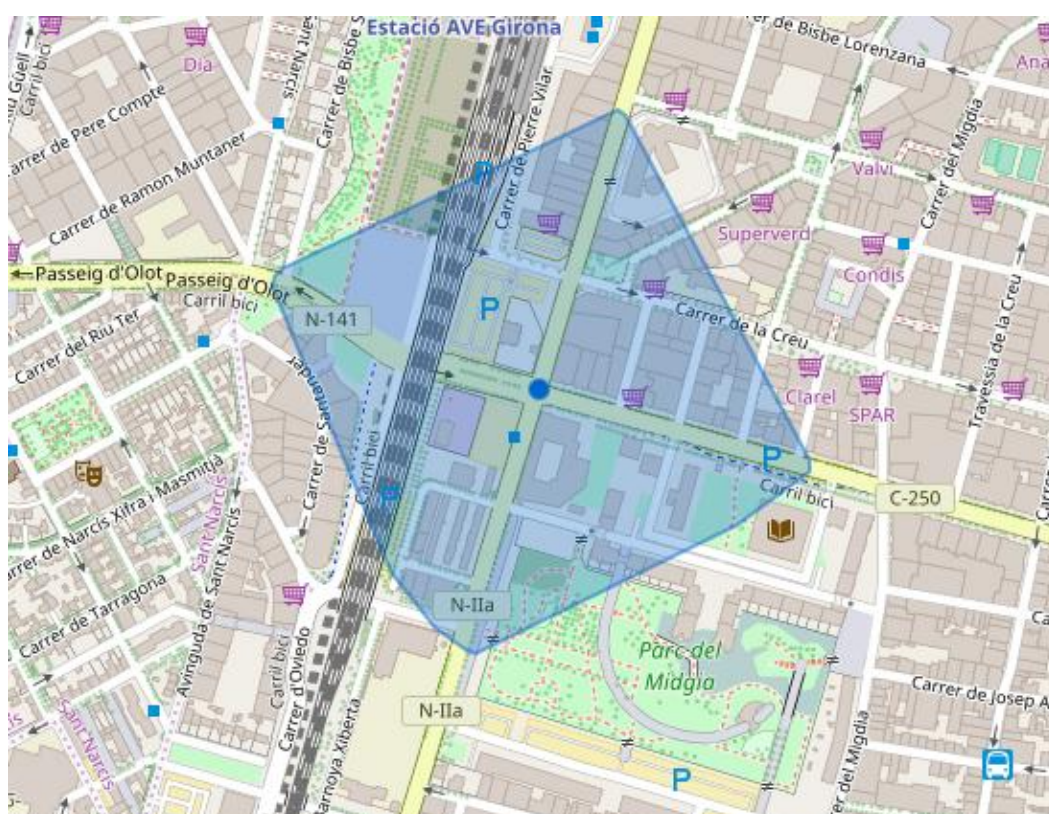


Figura 6.5. Imatge d'una isòcrona situada en la intersecció entre el carrer Emili Grahit i la carretera Barcelona.

És a dir, una persona situada a la intersecció entre el carrer d'Emili Grahit i carretera Barcelona, movent-se a peu a una velocitat de 3 km/h, en un temps dins de 5 minuts podria desplaçar-se des del punt blau fins a qualsevol altre punt dins de la geometria blava.

L'objectiu de les isòcrones és situar les parades de manera que les persones que tinguin la intenció d'usar el tramvia, i estiguin relativament a prop del recorregut, no hagin de caminar més de cinc minuts per tal d'arribar a la parada.

6.2.5 Situació de les parades

Un cop s'han tingut en compte els diferents factors estudiats anteriorment (població, localitzacions d'interès públic, afluència en el TMG i ús d'isòcrones), és moment de seleccionar quines de les parades candidates de cada secció són les més adequades per formar part del recorregut, les quals es veuen a la taula 6.6.

Taula 6.6. Ubicació de les parades per línia.

LÍNIA	LOCALITZACIÓ	JUSTIFICACIÓ
1	Pavelló esports de Salt	Bàsicament dóna accés al complex esportiu, ja que la població en la secció on se situa és baixa.
1	Pg. Països Catalans/ Pl. Sant Cugat	Es situa entre 3 seccions de Salt, sent dues d'elles (3 i 5) les més poblades del municipi. A més, s'ha observat gran afluència de gent en la línia d'autobús (TMG) situada en aquesta zona.
1	Pg. Països Catalans/ Antiga Estació	Situada entre dos districtes de Salt, comptant ambdós amb gran densitat de població. Igual que la parada anterior, s'ha observat gran trànsit de viatgers en aquest tram.
1	Rotonda del Tren d'Olot (A)	Aquesta parada s'ubica en la frontera entre Salt i Girona, de manera que recull habitants d'ambdós municipis. La població en aquesta zona és bastant elevada.
1	Rotonda del Tren d'Olot (T)	Separada per 60 metres de l'anterior, el tramvia només s'aturaria en aquesta parada quan es dirigís cap al Pavelló de Salt. La raó d'aquesta 'doble' parada és per evitar que el tramvia s'aturi al mig de la rotonda.

1	Pavelló de Sta. Eugènia	Parada amb doble valor, ja que se situa al mig dels barris de Santa Eugènia i Can Gibert del Pla, i a més està adjunta a un complex esportiu.
1	Parc Central	Situada davant del Parc Central, en el Passeig d'Olot, durant l'observació de parades del TMG hi va haver gran afluència de gent. Molt propera al col·legi Pare Coll, i propera a illes amb alta població. Se situa a la vorera contrària per evitar coincidir amb la sortida d'autobusos de la nova estació.
1	C/ Emili Grahit	Situada entre el carrer Migdia i la biblioteca Carles Rahola, on a més d'haver-hi una gran densitat de població, és una zona de pas.
1	Av. Lluís Pericot	Parada situada per satisfer la demanda de la població que es concentra en les zones properes a aquesta avinguda. Serveix d'enllaç entre la d'Emili Grahit i la del campus de Montilivi.
1	Campus Montilivi (UdG)	Parada encarada als habitants que es dirigeixen tant a la universitat com a l'institut situat en aquesta zona. A més, la proximitat amb el camp de futbol del Girona fa que els caps de setmana hi hagi una gran afluència de gent.
2	Polígon Mas Gri	Parada situada en un punt molt concurrent de la ciutat per la proximitat amb els espais comercials que alberga el polígon. En la zona de la parada s'hi situarà la futura Clínica Girona.
2	Crta. Barcelona / Carrer Martí Sureda i Deulovol	Prop del C.C. Hipercor i situada entre els barris de Sant Pau i Sant Narcís. A l'observació de parades de TMG vam comprovar una alta afluència de gent en el transport públic en aquest punt.

2	Crta. Barcelona / Pg. d'Olot	Parada ubicada a l'encreuament amb ctra. Barcelona i Pg. d'Olot. Serveix de parada de transbord.
2	Estació de Trens	La localització de la parada ve donada pel seu nom. Ubicada en un punt clau de la ciutat, ja que són moltes les persones que viatgen tant amb tren com amb autobús.
2	Pl. Marquès de Camps	Una de les zones de pas més transitades de Girona, ja que està a la frontera de diferents barris (Eixample, Sant Narcís i Barri Vell). Durant l'observació del TMG es va veure que hi havia gran trànsit de gent en el transport públic en aquest punt.
2	Rotonda de la Devesa	Tot i que la població no és molt alta en aquesta zona, el punt decisiu és la proximitat de la parada amb el parc de la Devesa, ja que aquest està en procés de potenciació.
2	Av. Ramon Folch	La importància d'aquesta parada resideix en dos factors. Primerament, està adjunt a dues institucions com Jutjats i Correus, sent aquest últim un punt comú de trobada. I segonament, dóna accés directe al Barri Vell.
2	Av. França (Sant Ponç)	Aquesta parada està molt pròxima al complex esportiu del G.E.I.E.G., i a més proporciona una parada als habitants del barri de Fontajau, tot i que la parada queda una mica allunyada.
2	Hospital Josep Trueta	L'afluència a l'Hospital Trueta és molt gran, tal com s'ha explicat anteriorment. La quantitat d'empleats i visites que s'hi dirigeixen impliquen que s'hi ubiqui una parada.

Un cop ja sabem on se situaran les diferents parades, ens proposem crear un plànol indicatiu del recorregut per a cadascuna de les dues línies, juntament amb les parades mencionades a la taula 6.6.

A la figura 6.6 i 6.7 es mostra la ruta i les parades de la línia 1 i de la línia 2, respectivament. En ambdós mapes s'han situat icones sobre els punts on s'ubiquen les parades, i aquestes s'han fet de diferents colors per tal que juntament amb la llegenda, es pugui saber a quin carrer o infraestructura propera es localitzen.

Respecte a la figura 6.6, cal remarcar que la parada corresponent a la Rotonda del Tren d'Olot està doblada per tal que el tramvia sempre s'aturi abans d'entrar a la rotonda, ja que així no influeix de manera tan directa sobre el tràfic que circula per aquesta, ja que contràriament, si la parada es trobés en un sol extrem de la rotonda, o bé a l'anada, o bé a la tornada, el tramvia quedaria aturat al mig d'aquesta.

Posteriorment als mapes de les parades, hi ha de manera consecutiva les figures 6.8, 6.9, 6.10 i 6.11. Encara que totes elles mostren les isòcrones sobre cadascuna de les parades, no s'han representat seguint els mateixos paràmetres.

La figura 6.8 forma part del recorregut de la línia 1, i representen isòcrones de 5 minuts per a una persona que camina a 3 km/h, que seria la velocitat aproximada a una persona mitjana de 70 anys. La figura 6.9, també representa la ruta de la línia 1, i té isòcrones de 5 minuts, però per a una persona que camina a 5,4 km/h, que és la velocitat comuna per a la majoria de persones.

La figura 6.10 mostra isòcrones de 5 minuts en les parades de la línia 2, per una persona que camina a 3 km/h, mentre que la figura 6.11, representa el mateix, però amb la diferència que les isòcrones s'han creat per una persona que camina a 5,4 km/h.

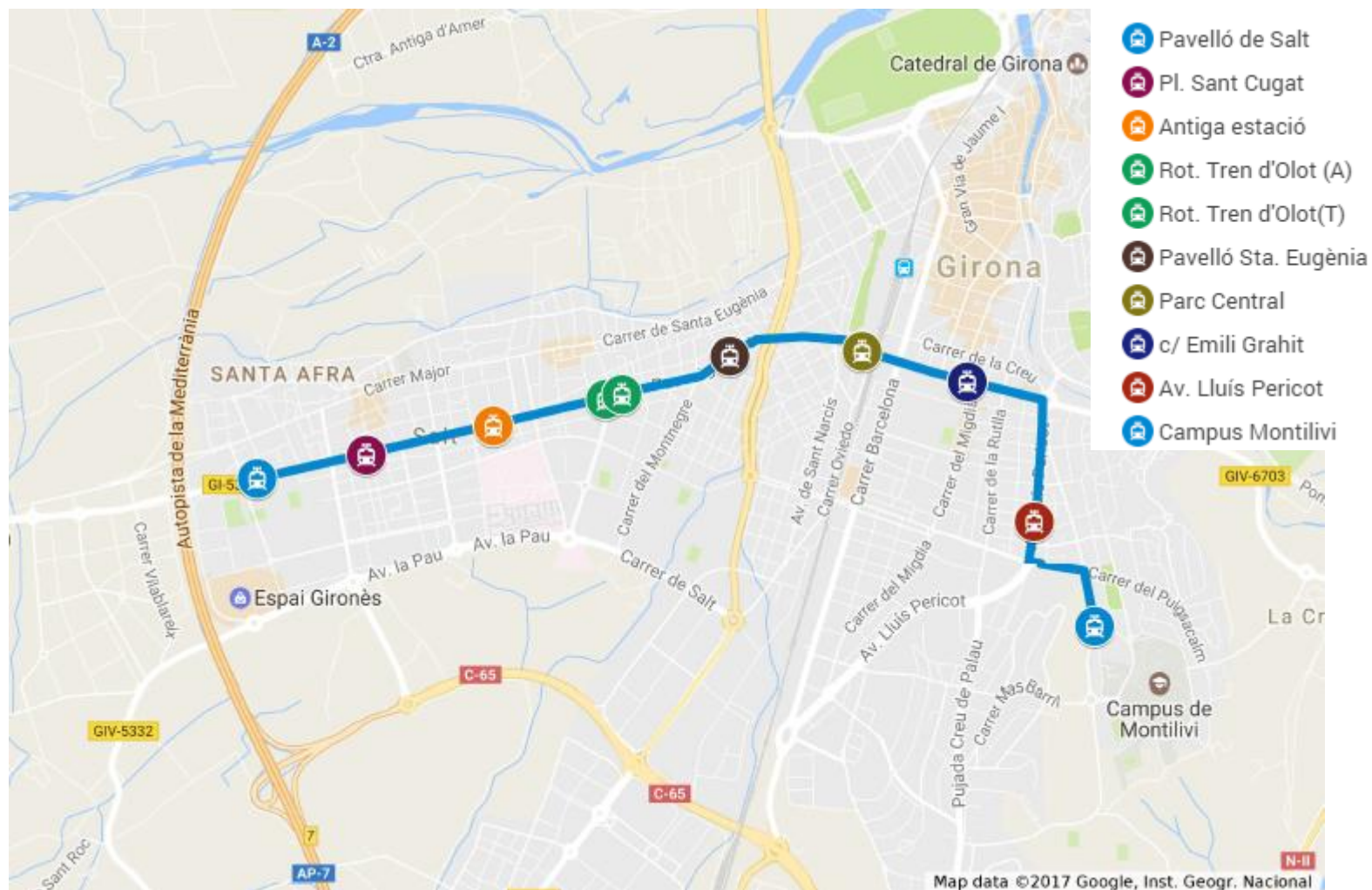


Figura 6.6. Parades ubicades a la línia 1

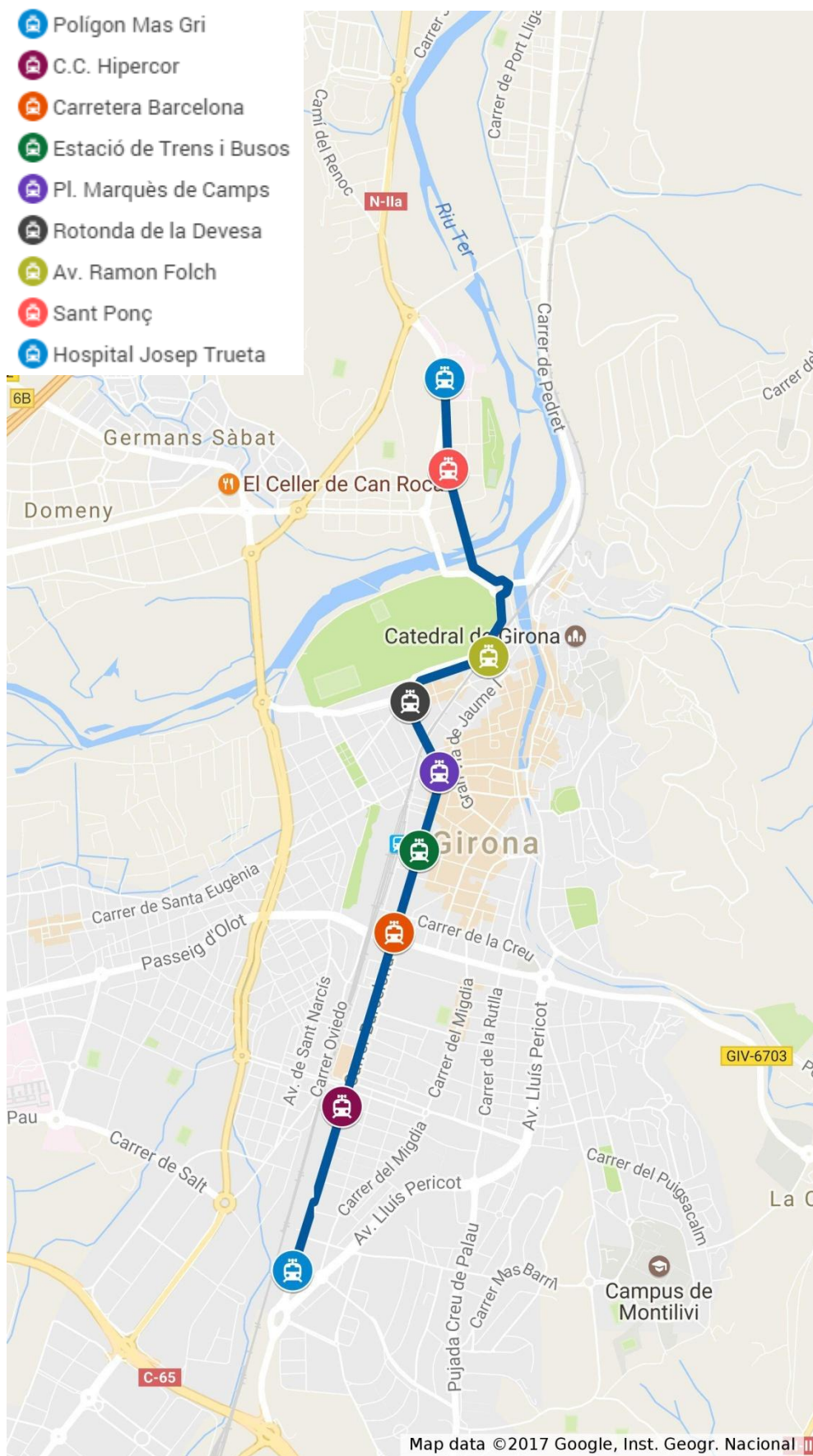


Figura 6.7. Parades ubicades a la línia 2.

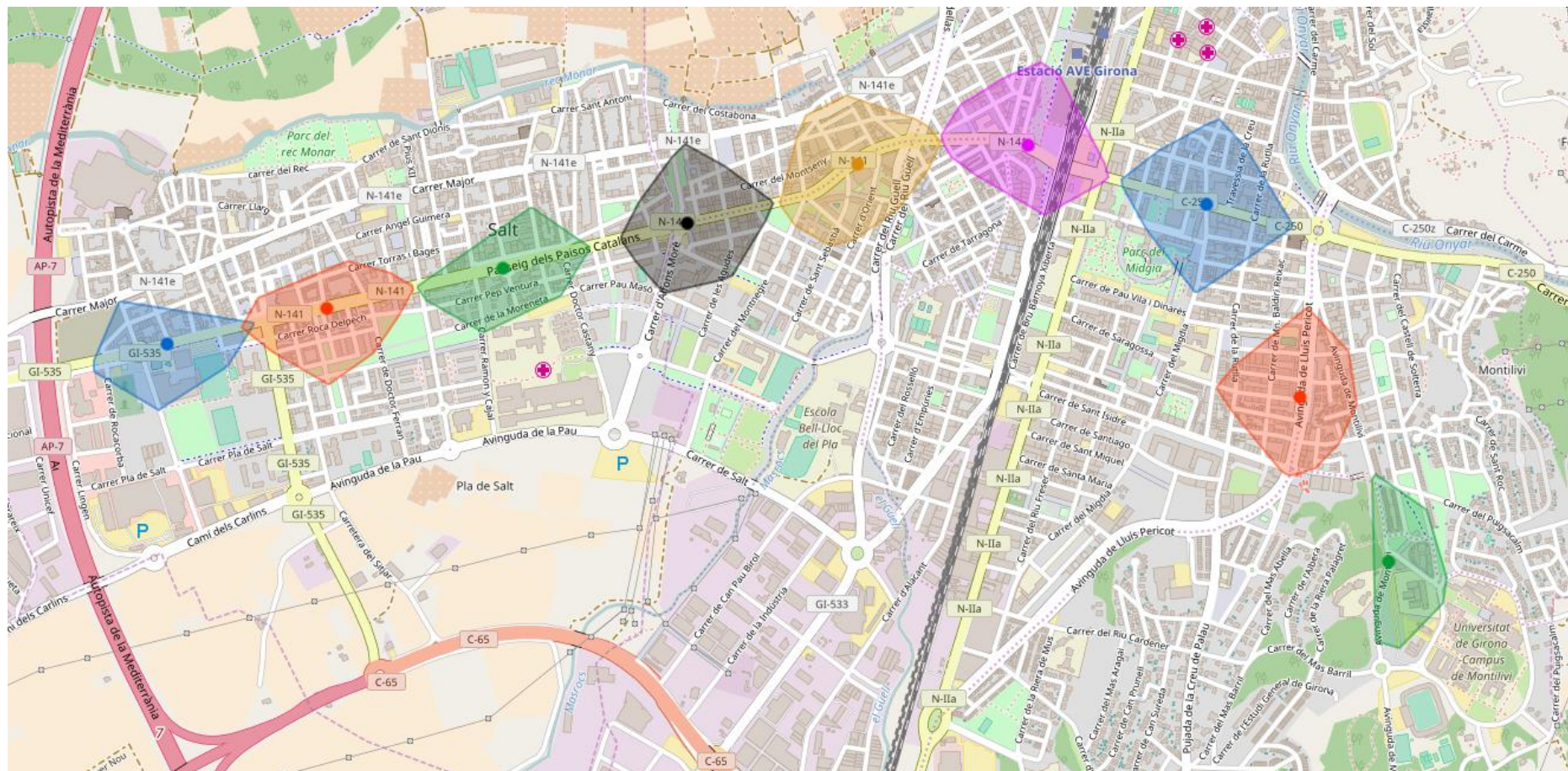


Figura 6.8. Mapa d'isòcrones corresponent a la línia 1 per una persona que camina a 3km/h.

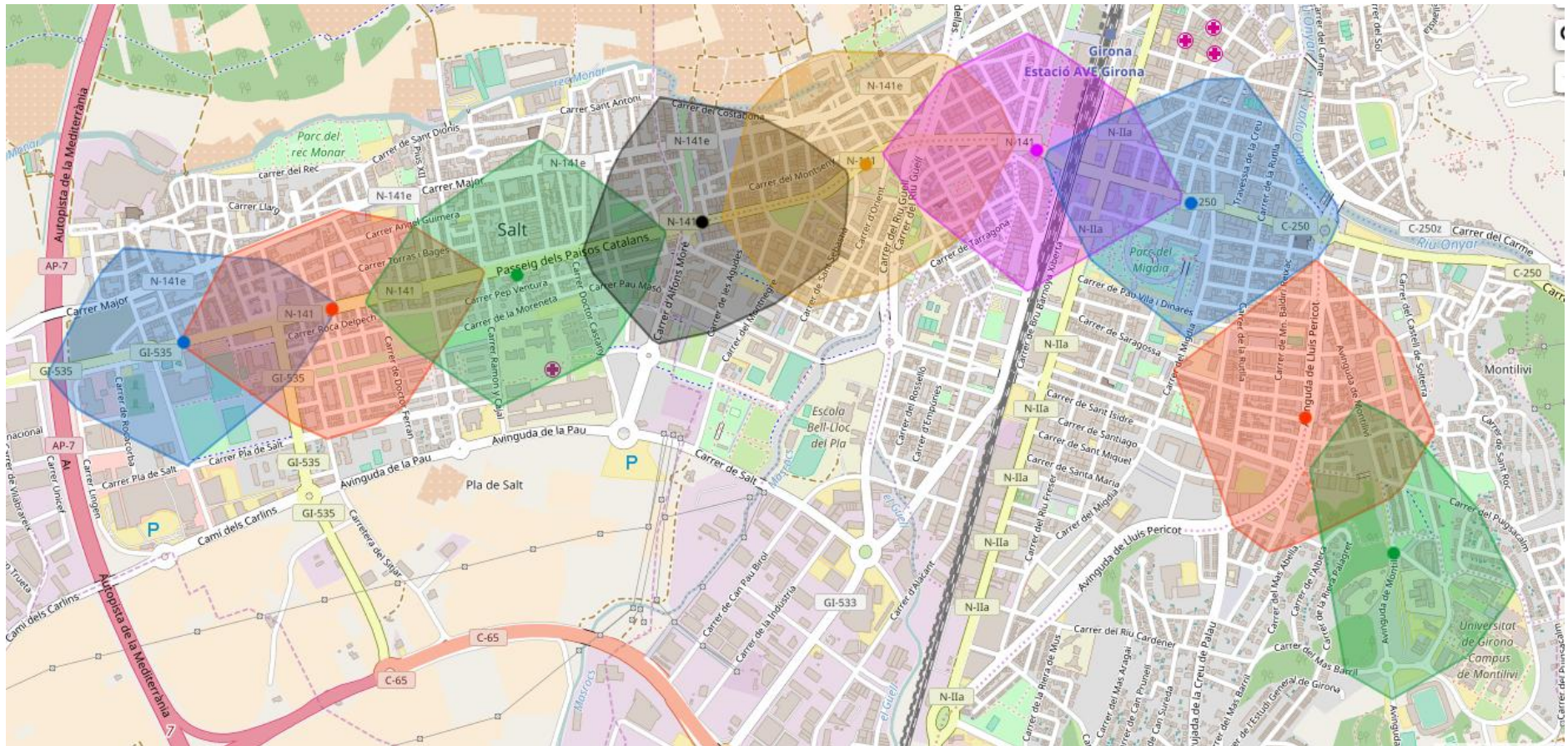


Figura 6.9. Mapa d'isòcrones corresponent a la línia 1 per a una persona que camina a 5,4 km/h.

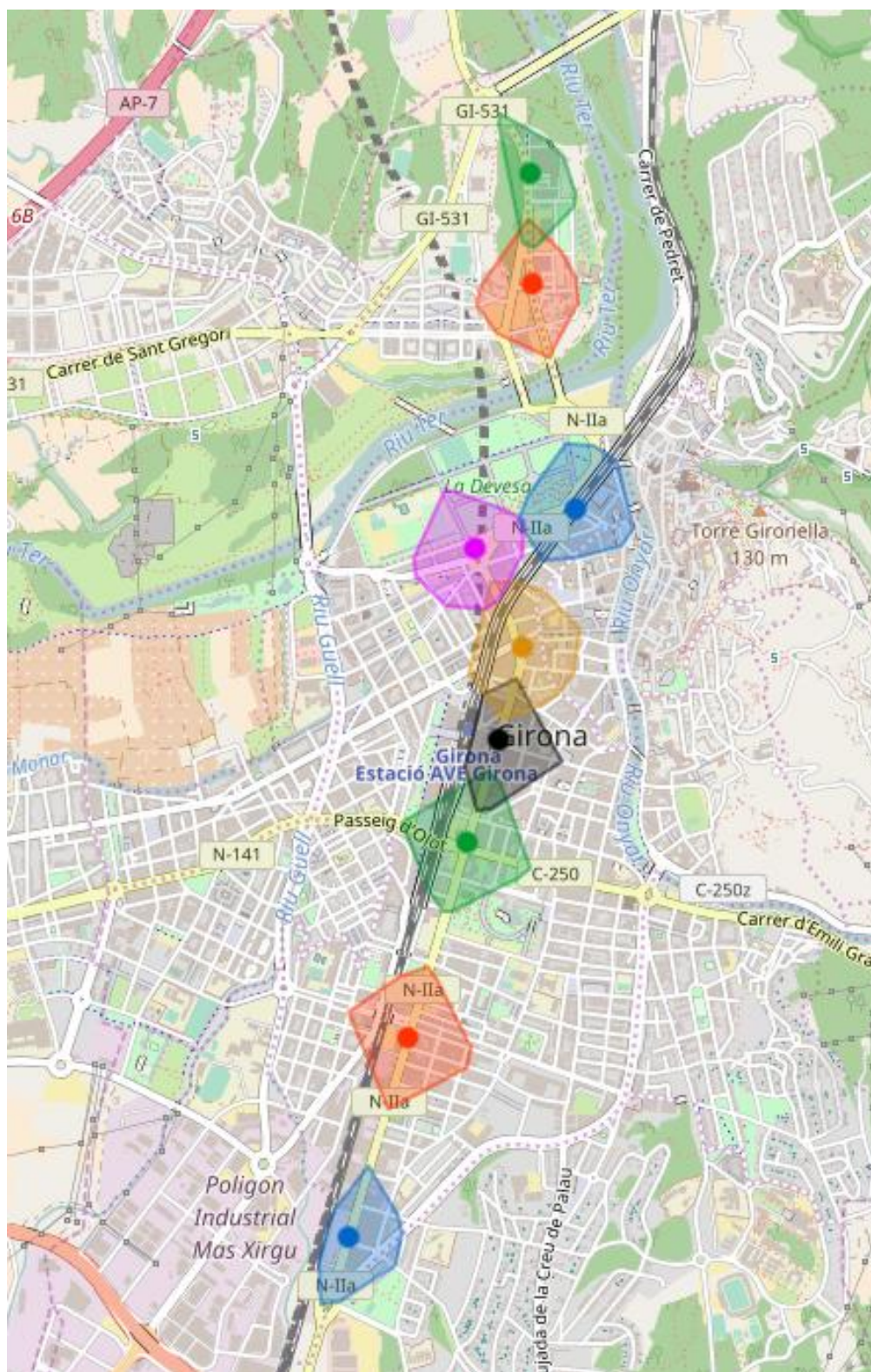


Figura 6.10. Mapa d'isòcrones de les parades de la línia 2, per a una persona que camina a 3 km/h.

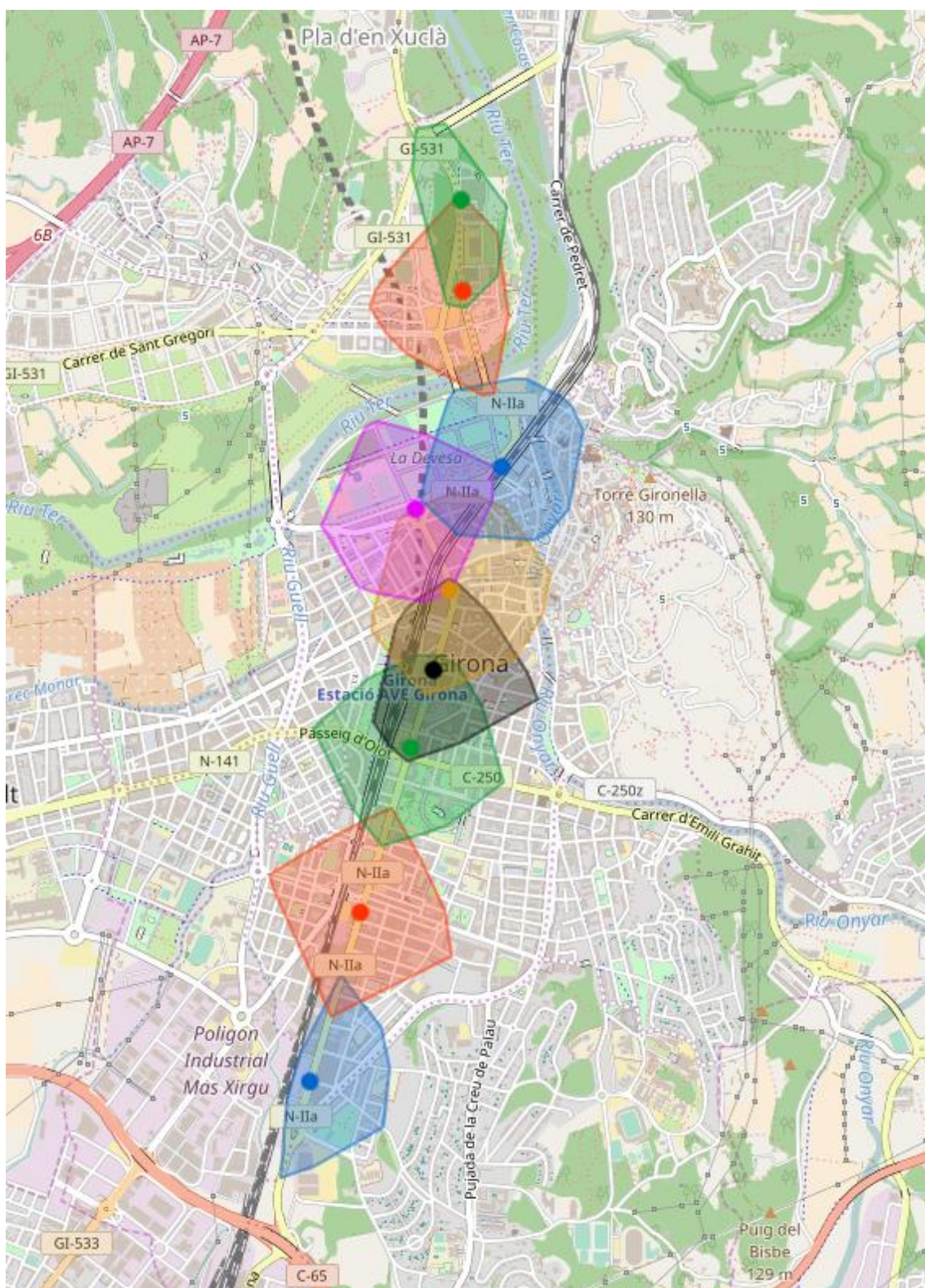


Figura 6.11. Mapa d'isòcrones de les parades de la línia 2, per a una persona que camina a 5,4 km/h.

6.3 Estudi del temps de parada

En l'anàlisi del recorregut, un aspecte important a estudiar és el temps de parada, és a dir, el temps que tardaran els viatgers a entrar o sortir del tramvia. Aquest temps també influirà en el temps total de ruta de la línia.

Per tal de tenir una aproximació de quant tarden els passatgers a pujar o baixar del tramvia, s'ha observat aquest temps en els autobusos urbans de Girona (TMG). En cada parada, es va anotar les persones que entraven, les que sortien i el temps de dur a terme ambdues accions.

El factor que més pes té en l'estudi del temps és la quantitat de persones que entren o surten del transport públic. Aquesta relació no és del tot directament proporcional, ja que bé si és cert que quants més individus entrin o surtin, més temps estarà el tramvia parat, si el temps de parada per una persona és de 10 segons, si n'hi ha dos, no té per què ser de 20 segons.

S'utilitzaran gràfics per donar una idea més detallada de la relació entre el trànsit de passatgers i el temps de parada. Primerament s'estudiarà el cas de les entrades, i posteriorment les sortides. Tots els gràfics i càlculs estadístics s'han realitzat amb el paquet estadístic *R-cmdr*.

Els gràfics que es mostraran s'anomenen diagrames de dispersió, el tipus de gràfic més adient per a la representació de dues variables numèriques. Les dades es mostren com un conjunt de punts, cadascun amb les seves coordenades. En l'eix horitzontal (X) hi trobem el nombre de persones que han pujat o sortit de l'autobús, mentre que en l'eix vertical (Y) hi ha el temps de parada en segons.

En la figura 6.12 es mostra el gràfic referent a les dades recollides sobre les entrades de persones, on els punts vermells relacionen aquest nombre d'entrades el temps que l'autobús ha estat parat per tal que entressin.

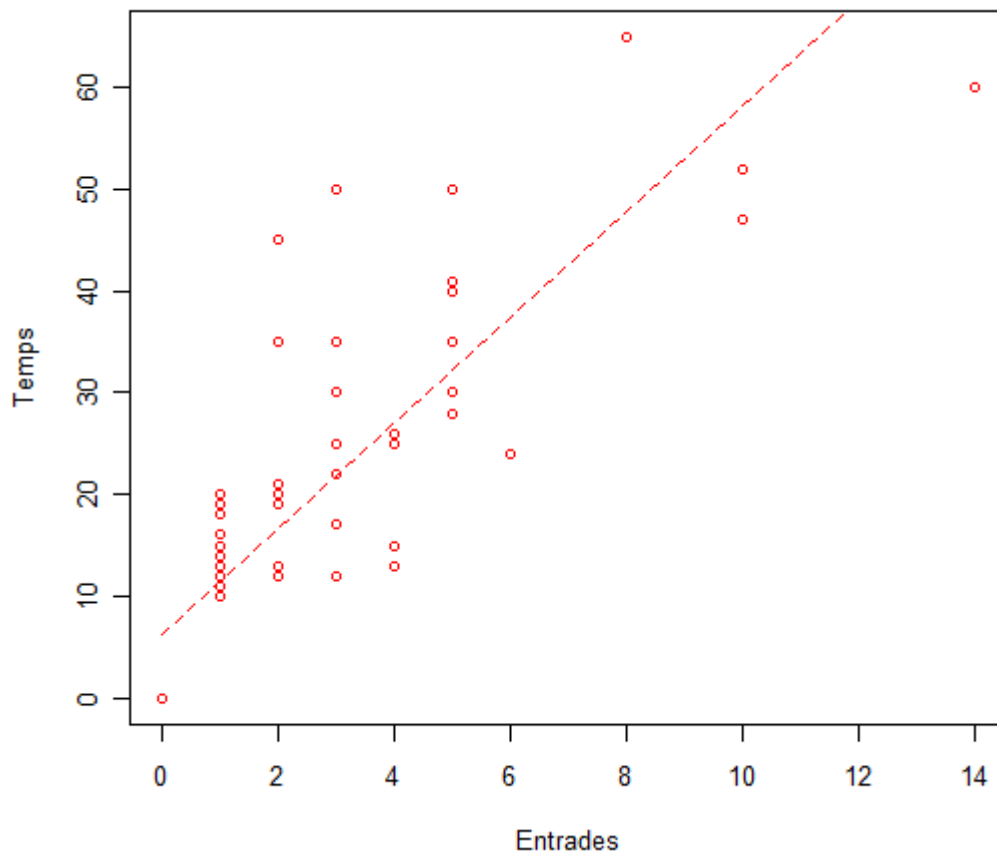


Figura 6.12. Relació gràfica del temps d'entrades segons la quantitat de persones que entren a l'autobús.

Observem que les dades recollides no tenen una relació lineal positiva, ja que ens trobem amb casos puntuals on el temps és superior amb l'entrada de dues persones que quatre o cinc. La línia discontinua representa la línia de mínims quadrats, que forma part de la recta de regressió, model que estudiarem en breus.

La manca de relació lineal es pot deure al fet que a l'autobús només entressin dues persones, però ambdues van haver de recarregar la targeta del TMG, o bé que paguessin amb monedes, mentre que quan van entrar sis persones, totes van pagar amb la targeta, i per tant van entrar més ràpidament. Un altre factor important, i comú, és l'entrada de persones de major edat, o bé cotxets, fets que alenteixen el temps d'entrada.

A partir de les dades extretes en l'observació podem crear un model de regressió lineal per tal de predir el temps de parada segons el número de passatgers que entren.

Mitjançant *R-cmdr* hem estimat aquest model de regressió, el qual queda reflectit en la figura 6.13.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    6.2502     1.2798   4.884 5.53e-06 ***
Entrades       5.1979     0.3706  14.025 < 2e-16 ***

```

Figura 6.13. Resultats numèrics del model de regressió d'entrades.

Els coeficients importants de la figura 6.13 són els de columna *Estimate*, sent la fila (*Intercept*) l'ordenada a l'origen, i la fila *Entrades* és el pendent de la recta. Per tant, el model de predicció és l'expressat en l'equació 1.

$$t = 6.25 + 5.2 \cdot n \quad (\text{Eq. 1})$$

On **t** és el temps de parada, en segons, i **n** el nombre de passatgers que entren al transport. Per visualitzar millor aquest model de regressió lineal, la taula 6.7 ens mostra numèricament, la relació predictiva entre el temps de parada i el nombre d'entrades:

Taula 6.7. Relació entre entrades i temps segons l'equació 1.

Nombre d'entrades	Temps de parada (s)
1	11,45
2	16,65
3	21,85
4	27,05
5	32,25
6	37,45
7	42,65
8	47,85
9	53,05
10	58,25

El mateix estudi es pot realitzar per les sortides de gent de l'autobús. Així, creem el gràfic de la figura 6.14, que usa les mateixes bases que la figura 6.12, per mostrar la relació entre el temps de durada de la parada respecte del nombre de persones que han sortit de l'autobús.

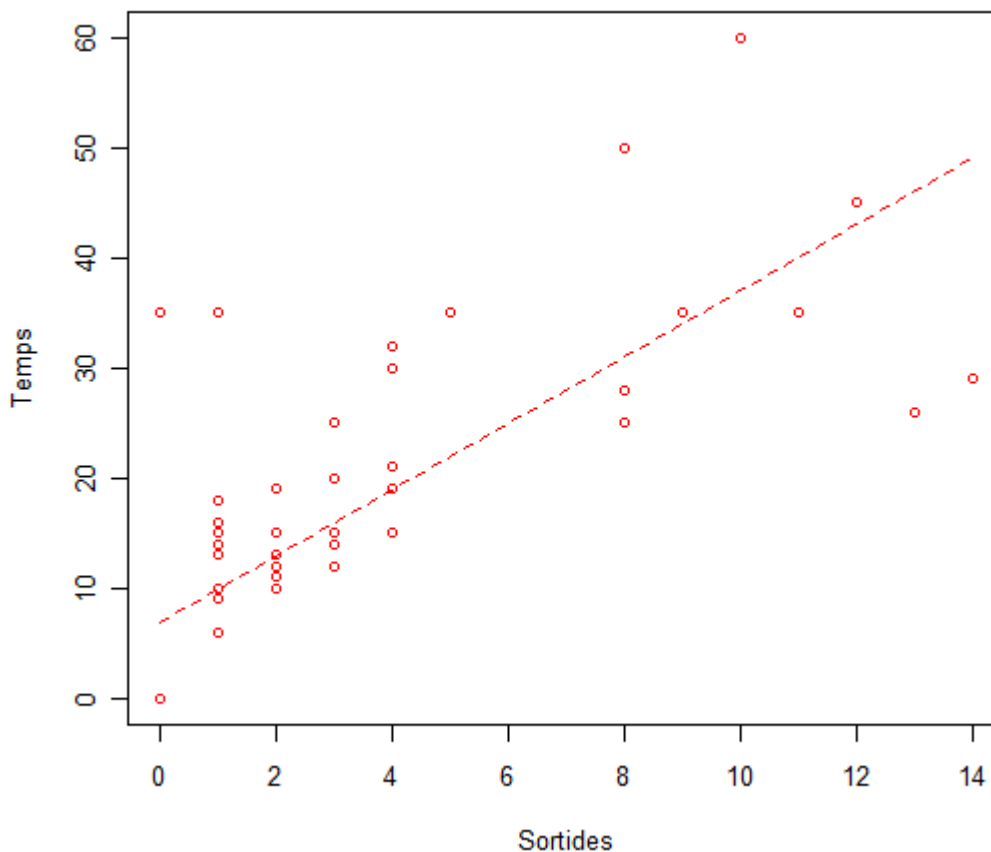


Figura 6.14. Relació entre el temps de sortida segons el nombre de passatgers sortits.

Observem que les dades, igual que en el cas de les entrades, tampoc tenen una relació lineal positiva. La línia discontinua, anomenada línia de mínims quadrats, representa la regressió lineal de les dades, i es pot observar que moltes dades recollides estan bastant distants de la recta.

Per tal de predir el temps de parada segons el nombre de persones que surten del transport, crearem mitjançant *Rcmdr* un nou model de regressió numèric, el qual s'observa a la figura 6.15.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	6.8559	1.4230	4.818	9.73e-06	***
Sortides	3.0129	0.3234	9.316	2.14e-13	***

Figura 6.15. Resultat numèric del model de regressió proporcionat per Rcmdr.

Els coeficients importants de la figura 6.15 són els de columna *Estimate*, sent la fila (*Intercept*) l'ordenada a l'origen, i la fila *Sortides* és el pendent de la recta. Per tant, el model de predicció seria el de l'equació 2.

$$t = 6.86 + 3.01 \cdot n \quad (\text{Eq. 2})$$

Usem les mateixes variables que l'equació 1, sent **t** el temps de parada, en segons, i **n** el nombre de passatgers que entren al transport. La taula 6.8 ens mostrarà numèricament la relació predictiva entre el temps de parada i el nombre d'entrades:

Taula 6.8. Relació entre les sortides i el temps de parada.

Nombre de sortides	Temps de parada (s)
1	9,87
2	12,88
3	15,89
4	18,90
5	21,91
6	24,92
7	27,93
8	30,94
9	33,95
10	36,96

L'observació feta en les parades d'autobús de les línies del TMG té una important particularitat: els temps de parada anotats eren comuns tant per les sortides com per les entrades, és a dir, es pot donar el cas que en una parada entressin vuit persones i només en sortís una, i el temps de parada de l'autobús fos de 45 segons. En la majoria de casos, una sola persona no trigaria 45 segons a baixar del transport.

Els models de regressió anteriors s'han realitzat amb aquesta particularitat, i per tant s'ha considerat interessant construir nous models de regressió, en els quals només participin les dades recollides de parades on tan sols hi hagi hagut o sortides o entrades. Les parades on hagi pujat i baixat gent alhora queden descartades.

Aleshores, en la figura 6.16 observem el diagrama de dispersió que relaciona el temps de parada amb les entrades.

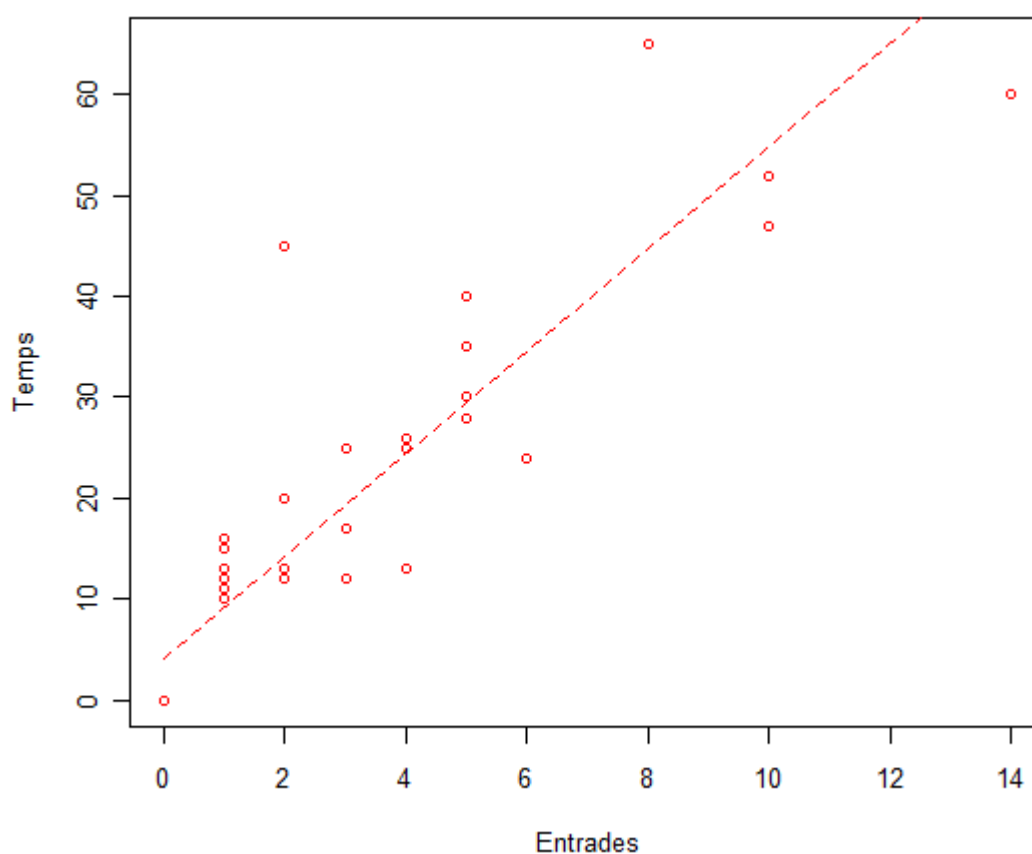


Figura 6.16. Relació gràfica entre el temps de parada i el nombre de persones que entren al transport.

Observem que els punts vermells (dades) són més propers a la línia de mínims quadrats que en la figura 6.12, i es podria començar a considerar que existeix una relació lineal positiva entre ambdues variables. Tenim igualment casos aïllats com el punt de dues entrades amb temps aproximat de 45 segons o el punt de vuit entrades i temps superior a 60 segons. A la figura 6.17 observem la informació obtinguda en el nou model de regressió lineal, creat a partir de les dades anteriors.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   4.1981     1.3303   3.156 0.00271
Entrades      5.0696     0.3468  14.617 < 2e-16

```

Figura 6.17. Paràmetres numèrics del model de regressió d'entrades pures.

Els coeficients que defineixen la recta de regressió són els de columna *Estimate*, sent la fila (*Intercept*) l'ordenada a l'origen, i la fila *Sortides* és el pendent de la recta. Per tant, el model de predicció és l'expressat en l'equació 3.

$$t = 4.2 + 5.07 \cdot n \quad (\text{Eq. 3})$$

A la taula 6.9 visualitzem numèricament l'equació 3.

Taula 6.9. Temps de parada segons el nombre d'entrades.

Nombre d'entrades	Temps de parada (s)
1	9.27
2	14.34
3	19.41
4	24.48
5	29.55
6	34.62
7	39.69
8	44.76
9	49.83
10	54.90

Per altra banda, farem el mateix amb les sortides, integrant en el model de regressió aquelles parades on només hi ha hagut sortida de gent. El diagrama de dispersió serà el corresponent al gràfic de la figura 6.18.

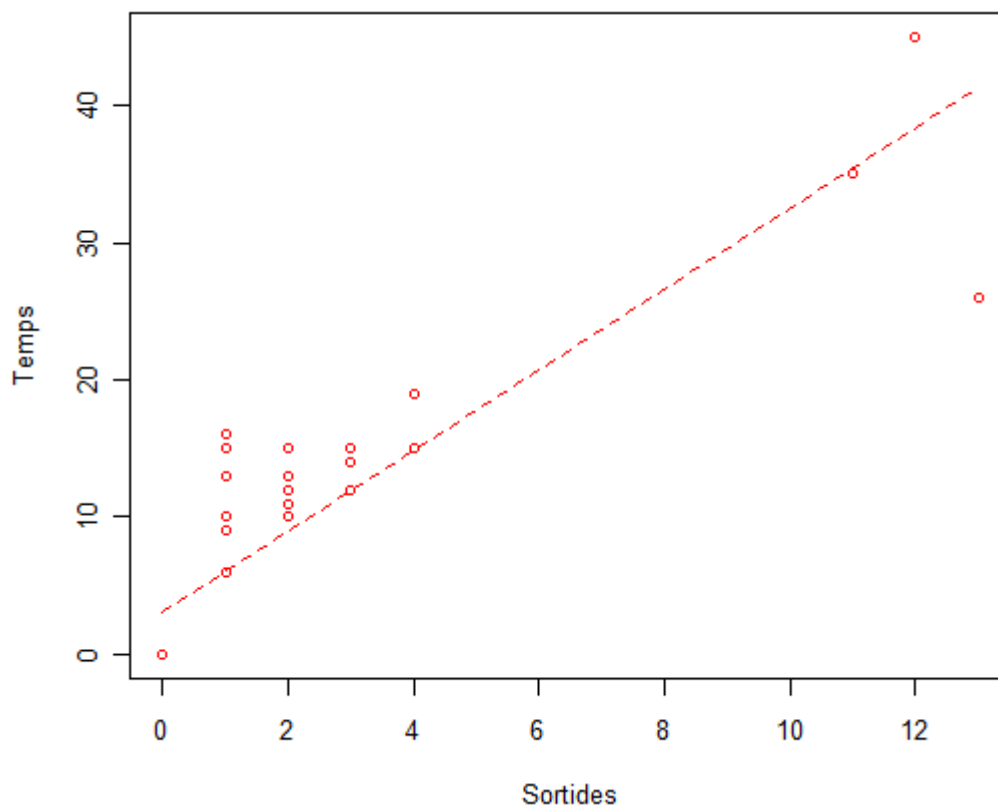


Figura 6.18. Diagrama de dispersió entre el temps de sortida i la quantitat de sortides.

Observem que la majoria de dades estan concentrades en la mateixa zona, de manera que no estan gaire disperses. No es pot apreciar una relació lineal positiva molt bona, ja que, tot i que hi ha dades que van augmentant de valor gradualment, hi ha temps de parada per una sola entrada superiors a temps per quatre persones. A la figura 6.19 s'observen els paràmetres del model de regressió lineal per aquest cas.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.0497     0.7931   3.845 0.000393
Sortides      2.9442     0.2302  12.788 3.01e-16

```

Figura 6.19. Paràmetres numèrics del model de regressió proporcionats per Rcmdr.

Obtenint, d'igual manera que els casos anteriors, l'equació 4.

$$t = 3.05 + 2.94 \cdot n \quad (\text{Eq. 4})$$

A la taula 6.10 es mostra l'exemple numèric de l'equació 4.

Taula 6.10. Temps de parada segons el nombre de sortides.

Nombre de sortides	Temps de parada (s)
1	5,99
2	8,93
3	11,87
4	14,81
5	17,75
6	20,69
7	23,63
8	26,57
9	29,51
10	32,45

Un factor important dels 4 models de regressió estudiats és el terme independent de les seves rectes. Aquest terme, representat numèricament, representa el temps que ha tardat l'autobús a completar el cicle frenada - obertura de portes - arrencada.

Un cop estudiats els quatre casos ens proposem a comprovar si hi ha molta diferència entre els diferents models de regressió creats. La taula 6.11 actuarà com a taula resum dels diferents models estudiats, i alhora servirà per comparar-los.

Taula 6.11. Resum numèric dels diferents models de regressió.

Nº persones	Entrades		Sortides	
	$t = 6.25 + 5.2 \cdot n$	$t = 4.2 + 5.07 \cdot n$	$t = 6.86 + 3.01 \cdot n$	$t = 3.05 + 2.94 \cdot n$
1	11,45	9,27	9,87	5,99
2	16,65	14,34	12,88	8,93
3	21,85	19,41	15,89	11,87
4	27,05	24,48	18,90	14,81
5	32,25	29,55	21,91	17,75
6	37,45	34,62	24,92	20,69
7	42,65	39,69	27,93	23,63
8	47,85	44,76	30,94	26,57
9	53,05	49,83	33,95	29,51
10	58,25	54,90	36,96	32,45

En el cas de les entrades no hi ha una variació molt desproporcionada al principi, sent la diferència entre models de 2 segons aproximadament, justament la diferència entre els termes independents. Ara bé, a mesura que augmenten les entrades, la diferència augmenta gradualment fins a arribar a 4 segons aproximadament.

Per altra banda, fixant-nos en les sortides, s'observa que la diferència entre models és constant, de 4 segons aproximadament. Aquesta diferència es justifica en el terme independent en gran part, el qual correspon als instants d'obrir i tancar portes.

Podem concloure que els models que més s'aproximen a la realitat són els creats mitjançant entrades i sortides pures. Aquests models representen una aproximació matemàtica, és a dir, no tenen per què complir-se en totes les parades, ja que es pot donar el cas que una persona de major edat, o una persona amb cadira de rodes entre d'altres, tardi el mateix temps en pujar o sortir del tramvia.

6.4 Característiques de la via

En l'estudi de la implementació d'un tramvia en una ciutat, la inserció de la infraestructura al llarg dels carrers d'aquesta és un tema que cal ser analitzat en detall, ja que apareixen un gran nombre de factors i consideracions a tenir en compte. Alguns d'aquests factors, en els quals aprofundirem a continuació, són el nombre de vies, la posició de la via en el carrer, el seu pas per gloriets, etc.

Per l'anàlisi relacionada amb les mesures del tramvia, ens basarem en el tramvia de Barcelona, els quals són del model *Citadis* de la marca *Alstom*, empresa que també dona servei als tramvies de Parla, Madrid, Tenerife i Múrcia. Les característiques del vehicle depenen en gran mesura del model o sèrie de fabricació.

Treballant en una ciutat com Girona, a la qual viuen prop de 100.000 habitants, xifra que augmenta als 130.000 o més si considerem els municipis adjunts com Salt, i considerant que l'autobús de línia urbana té capacitats de 80 passatgers, es podria partir de la base que s'usaria el model *Citadis X05*, el qual té una capacitat de 120-139 passatgers, la qual es desglossa en 27-35 places habilitades amb seient i entre 85 i 112 dempeus, una llargada compresa entre els 22 i 24 metres, i una amplada de 2,65 metres.

6.4.1 Número de vies

Per tal de decidir si optem per un tramvia amb dues vies o bé d'una sola via, haurem d'analitzar dos punts importants: el primer està relacionat amb l'amplada del mateix tramvia i de la via, i el segon punt es basa en l'amplada dels carrers per on ha de circular el tramvia, amb el corresponent trànsit.

Aquesta via serà exclusiva del tramvia, de manera que cap altre vehicle estarà autoritzat a fer-la servir, excepte en les interseccions, en les quals els vehicles podran passar transversalment la via, però mai circular per ella de manera longitudinal. Amb aquesta norma es pretén garantir la rapidesa i puntualitat del tramvia, la qual es podria veure afectada en cas que la resta de vehicles poguessin fer ús de la via.

Suposant que el tramvia necessita un carril amb una amplada aproximada de 3 metres, avaluem si els carrers seleccionats en la secció 6.1 poden mantenir el nombre de carrils actuals, però amb la inclusió del carril del tramvia. A més, hem de tenir en compte l'amplada mínima regulada per la mateixa ciutat d'un carril per on circulen vehicles privats o de transport públic com l'autobús.

L'ajuntament de Girona, i més concretament l'Àrea d'Urbanisme, Activitats, Mobilitat i Via Pública, van aprovar el 15 de desembre de 2014 el Pla de Mobilitat Urbana de Girona, pla en el qual trobem dos documents importants: el primer dicta quina ha de ser l'amplada dels carrils de circulació segons el criteri de jerarquia del carrer, i el segon ens indica, mitjançant un plànol, la jerarquia de cada carrer.

A la taula 6.12 es mostra la taula a partir de la qual l'Ajuntament de Girona dona un nivell de jerarquia (criteri) a cada carrer de la ciutat. La fila que ens interessa és la que té per nom "Amplada dels carrils de circulació", ja que aquesta determinarà de manera implícita el nombre de carrils de cada carrer.

Taula 6.12. Criteri de gestió de la xarxa. Font: Ajuntament de Girona

CRITERI	PRIMÀRIA	SECUNDÀRIA	VEÏNAL	CIRCULACIÓ RESTRINGIDA
Vehicle privat				
Velocitat de circulació	50	40	30	20 o 30
Prioritat de vianants en calçada	No	No	Possible (zona 30)	Si
Bicicleta				
Carils bici	Segregat (en vorera o calçada)	Compartit amb marques viaries "sharrows" o segregat. Doble línia de parada	Compartit amb marques viaries "sharrows". Doble línia de parada	Compartir
Transport públic				
Parades	En carril de circulació	En carril de circulació	En carril de circulació	En carril de circulació
Freqüència de pas	Alta	Mitja	Excepcional	Excepcional
Priorització	Semafòrica	Semafòrica	Senyalització viària	Senyalització viària
Seguretat				
Amplada de carrils de circulació	3,50	3,25 i si passa transport públic 3,50	3,00 i si passa transport públic 3,50	3 o plataforma única
Tractament pas de vianants	Senyalització viària. Semaforització en funció de intensitat de vianants i IMD, número de carrils de circulació sense refugi, sentits de circulació i entorn	Senyalització viària. Semaforització en funció de intensitat de vianants i IMD, número de carrils de circulació sense refugi, sentits de circulació i entorn	Si zona 30 no cal senyalitzar pas de vianants. Si limitació velocitat a 30, senyalització viària.	No cal senyalitzar
Sistemes de pacificació	Sistemes de detecció de velocitat instantanis i de trams	Canvis en l'alineació horitzontal de les vies	Canvis en l'alineació horitzontal de les vies i passos de vianants elevats. Plataforma única	Canvis d'alineació vertical i horitzontal. Plataforma única.
Gestió de l'estacionament	En línia. Preferiblement de serveis (Càrrega i descàrrega, contenidors). Aparcaments dissuasoris	En línia. En passos de vianants no semaforitzats sense orella: P de motos	Si	Només càrregues i descàrregues i veïns
Càrregues i descarregues	De 8.00 a 19.00 hores. Ocasional nocturnes fins a les 23.00	De 8.00 a 19.00 hores. Molt excepcional nocturnes fins a les 23.00	De 8.00 a 19.00 hores.	Accés de 7.00 a 11.00, prolongació operacions fins a les 12.00. En bicicleta fins a les 20.00
Restricció d'accés	No	No	Ocasional	Si

A partir de la taula 6.12, construïm la taula 6.13 on posem els carrers que hem seleccionat a la secció 6.1 per on circula el tramvia, així com el seu criteri de jerarquia i l'amplada del carril que ha de tenir.

Taula 6.13. Jerarquia i amplada dels carrers per on circula el tramvia.

Carrer	Jerarquia	Circulació autobús	Amplada carril (m)
Av. Països Catalans	Primària	Si	3,5
Passeig d'Olot	Primària	Si	3,5
Emili Grahit	Primària	Si	3,5
Av. Lluís Pericot	Primària	No	3,5
Riera de Buganto	Veïnal	No	3,0
Ctra. Barcelona	Primària	Si	3,5
Ronda Ferran Puig	Primària	No	3,5
Riu Güell	Primària	Si	3,5
Pg. de la Devesa	Primària	Si	3,5
Av. França	Primària	Si	3,5

Un cop obtenim les mesures que han de complir els carrils dels carrers per on circularà el tramvia, comprovarem si es poden mantenir el nombre de carrils actuals més el carril propi del tramvia, és a dir, que si és un carrer que té quatre carrils, aleshores comprovaríem si en pot albergar cinc.

L'amplada dels carrers s'ha extret del *Google Maps*, raó per la qual aquestes dimensions poden no ser exactes, a més de ser carrers on la seva amplada varia segons el tram. Per tant, hem triat l'amplada mínima de cada carrer. A la taula 6.14 podem observar l'amplada de cada carril en cas de no reduir la quantitat de carrils.

Taula 6.14. Primera comprovació del nombre de carrils.

Carrer	Amplada carrer (m)	Nº Carrils	Amplada carril (m)	Compliment
Av. Països Catalans	13,5	5	2,7	No
Passeig d'Olot	14	5	2,8	No
Emili Grahit	12,5	5	2,5	No
Av. Lluís Pericot	17,5	5	3,5	Si
Riera de Buganto	9,5	3	3,2	Si
Ctra. Barcelona	11,5	5	2,3	No
Ronda Ferran Puig	8	3	2,67	No
Riu Güell	12	5	2,4	No
Pg. de la Devesa	14	5	2,8	No
Av. França	9,5	3	3,2	No

Observem que només l'avinguda Lluís Pericot i el carrer Riera de Buganto tenen suficient amplada per mantenir en nombre de carrils actuals després de la implementació de la via. Per contra, la resta de carrers no complirien amb les amplades mínimes dictades per la normativa de l'Ajuntament de Girona.

Un cop vista la taula 6.14, construïm la taula 6.15, on modifiquem el nombre de carrils dels carrers que no complien la normativa, per tal de comprovar si compleixen el requisit de 3,5 metres per carril un cop efectuat aquest canvi.

Taula 6.15. Segona comprovació del nombre de carrils.

Carrer	Amplada carrer (m)	Nº Carrils	Amplada carril (m)	Compliment
Av. Països Catalans	13,5	4	3,4	No
Passeig d'Olot	14	4	3,5	Si
Emili Grahit	12,5	4	3,1	No
Av. Lluís Pericot	17,5	5	3,5	Si
Riera de Buganto	9,5	3	3,2	Si
Ctra. Barcelona	11,5	4	2,9	No
Ronda Ferran Puig	8	2	4,0	Si
Riu Güell	12	4	3,0	No
Pg. de la Devesa	14	4	3,5	Si
Av. França	9,5	2	4,2	Si

Un cop hem disminuït el nombre de carrils, observem que encara hi ha determinats carrers que no compleixen la condició de la mínima amplada. Per tant, elaborem la taula 6.16, on determinarem el nombre final carrils destinats al tramvia, i el nombre de carrils disponibles per la resta de tràfic rodat.

Taula 6.16. Distribució final del nombre de carrils per cada carrer.

Carrer	Carrils de tramvia	Carrils restants
Av. Països Catalans	1	2
Passeig d'Olot	1	2
Emili Grahit	1	2
Av. Lluís Pericot	1	4
Riera de Buganto	1	2
Ctra. Barcelona	1	2
Ronda Ferran Puig	1	1
Riu Güell	1	2
Pg. de la Devesa	1	2
Av. França	1	2

En la taula 6.16 s'han tingut en consideració les distàncies de seguretat que s'explicaran en la secció 6.4.2. A partir de la taula 6.16, podem concloure que el tramvia tindrà una sola via en tot el seu recorregut, ja que els carrers de Girona no són prou amples per albergar dues vies sense afectar amb gran mesura el dinamisme de la resta de tràfic.

A causa d'aquests canvis en el nombre de carrils disponibles per a cada carrer, s'hauran de fer una sèrie de modificacions en aquests. Corresponent a la línia 2 del tramvia, en el seu pas per la plaça Marquès de Camps la via pateix una disminució de carrils, de manera que a partir d'aquesta, la Ronda Ferran Puig passa a ser un carrer d'únic sentit, i per tant s'ha decidit redistribuir els sentits de circulació. A la figura 6.20 podem veure els sentits dels carrers actuals, i en la figura 6.21, la distribució proposada.



Figura 6.20. Sentits de circulació actuals dels carrers propers a la plaça Marquès de Camps.



Figura 6.21. Les línies verdes corresponen als canvis de sentits propostats.

Aquesta proposta afecta també al carrer Álvarez de Castro, el qual canvia el seu sentit de circulació per tal que els vehicles provinents de la carretera Barcelona es puguin dirigir en direcció la Devesa, en direcció al Barri Vell (plaça Catalunya), o bé els hi dóna l'opció de tornar enrere mitjançant l'avinguda Jaume I.

6.4.2 Distàncies de seguretat

En el moment de situar la infraestructura del tramvia en els carrers, és important considerar les distàncies de seguretat entre el tramvia i la resta d'elements del seu voltant, com altres vehicles, plataformes d'usuaris o els suports de les catenàries.

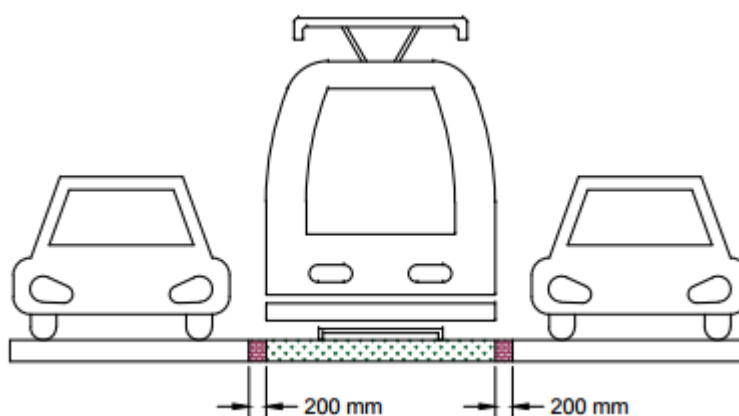
A la taula 6.17 es mostra la distància requerida entre el tramvia i cadascun dels elements amb els quals pot estar en contacte. Aquesta informació ens la proporciona l'Oficina de Regulació de Rails (*Office of Rail Regulation*) en el seu document *Guidance on Tramways*.

Taula 6.17. Distàncies de seguretat entre el tramvia i els elements de la via pública.

Element	Distància
Carril de tràfic	200 mm
Tramvia	600 mm
Refugi aïllat de vianants	100 mm
Vorera	300 mm
Mobiliari urbà	600 mm
Suport de la catenària	600 mm si està a un costat 100 mm si està entre dos tramvies
Plataforma de parada	40 mm de la plataforma 1500 mm d'una estructura en aquesta

Una conclusió important que podem extreure de la taula 6.17, és que les distàncies entre el tramvia i els elements mòbils, vehicles i vianants bàsicament, són superiors a les que respecten a objectes immòbils. La raó és que tant els vehicles com les persones poden realitzar maniobres o moviments que perjudiquin en cert grau la circulació del tramvia, i per tant, una distància de seguretat major està justificada.

A continuació es mostraran una sèrie d'esquemes gràfics que representen aquestes distàncies de seguretat. S'han seleccionat només els que tenen més incidència en la nostra proposta. A la figura 6.22 podem observar un dibuix simple on es mostra les distàncies de seguretat entre el tramvia i la carretera de la resta de vehicles.

**Figura 6.22.** Distància de seguretat entre el tramvia i el carril de circulació de la resta de vehicles.

Seguint amb els esquemes visuals d'aquestes distàncies de seguretat, a la figura 6.23 observem la distància necessària entre el tramvia i la vorera. En la ronda Ferran Puig i el carrer de Riera de Buganto, el tramvia està en contacte amb la vorera.

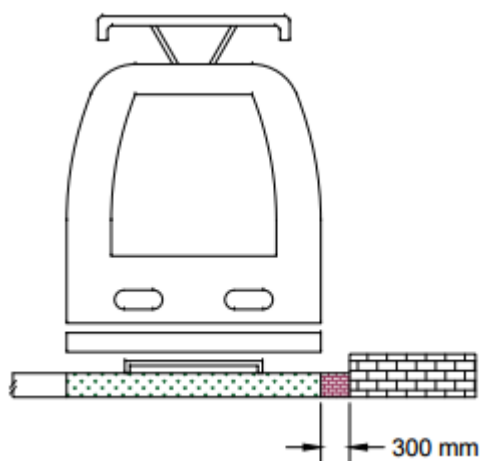


Figura 6.23. Distància mínima entre el tramvia i la vorera.

A la figura 6.24 es mostra la distància de seguretat entre el tramvia i el refugi dels vianants, el qual és una plataforma situada al mig de la carretera que permet travessar els carrers sense perill d'atropellament. Ens podem trobar amb aquesta situació en la carretera Barcelona.

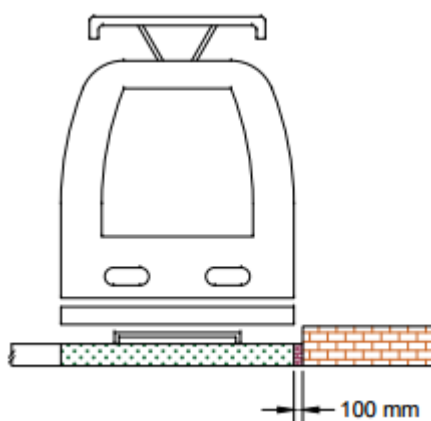


Figura 6.24. Distància de seguretat entre el tramvia i el refugi de vianants.

Una altra distància de seguretat molt comuna en els sistemes tramviaris arreu d'arreu del món, és l'espai mínim entre dos tramvies. En les ciutats on el tramvia circula en dues vies, aquestes solen estar una al costat de l'altre, i per tant, requereixen distàncies de seguretat per evitar greus contratemps.

A la ciutat de Girona, aquesta distància s'haurà de complir en les derivacions, les quals veurem en la secció 6.4.5. A la figura 6.25 observem l'esquema gràfic.

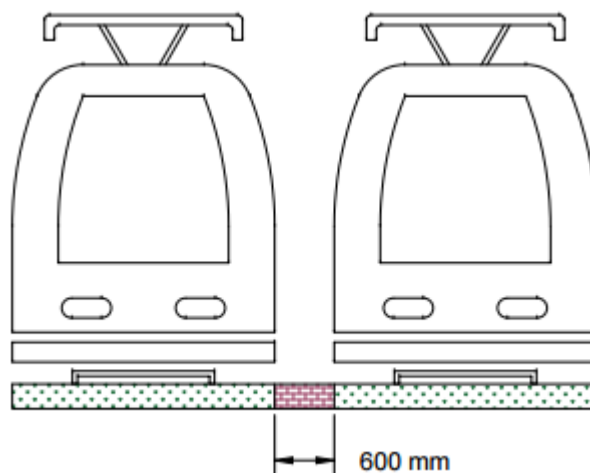


Figura 6.25. Distància de seguretat entre dos tramvies.

6.4.3 Posició de la via

La infraestructura del tramvia es pot situar dins del carrer de dues maneres diferents: la primera i més comuna, és la ubicació de la via en el centre del carrer, de manera que el tramvia es mou entre els dos sentits de circulació del carrer; i la segona opció és situar la via adjunta a la vorera.

Tot i que ambdues posicions de via són utilitzades en l'actualitat, amb l'incís mencionat que és més comuna la central, les condicions dels carrers i de la ciutat determinarà aquesta posició, juntament amb els avantatges i inconvenients que comporten.

La plataforma en posició central significa que el tramvia no representa un obstacle pels vehicles que tenen la intenció de girar a la dreta, ni és un inconvenient per les entrades als pàrquings privats, fets pels quals una via unilateral si hi posaria dificultats. Per contra, la via en posició lateral ofereix més seguretat als vianants, ja que les mateixes parades del tramvia es poden localitzar en la vorera.

Per millorar la seguretat en els tramvies de posició central es creen una sèrie de plataformes o refugis, els quals simulen la funció de la vorera, però amb la diferència d'estar situades al mig del carrer. Cal destacar que la infraestructura central ofereix una millor visió tant per al conductor del tramvia com per a la resta d'usuaris de la via pública.

En el nostre estudi farem ús de tres distribucions diferents, cadascuna adaptada a les condicions geomètriques del determinat carrer. A la figura 6.26 podem observar la distribució proposada del carrer. Pel carril central hi circula el tramvia (punts verds), mentre que en cadascun dels seus costats hi circulen la resta de vehicles de la via pública. Entre el carril del tramvia i de la carretera, hi ha la plataforma reservada per als usuaris del tramvia, o bé per als vianants que necessiten travessar el carrer (zona marró).

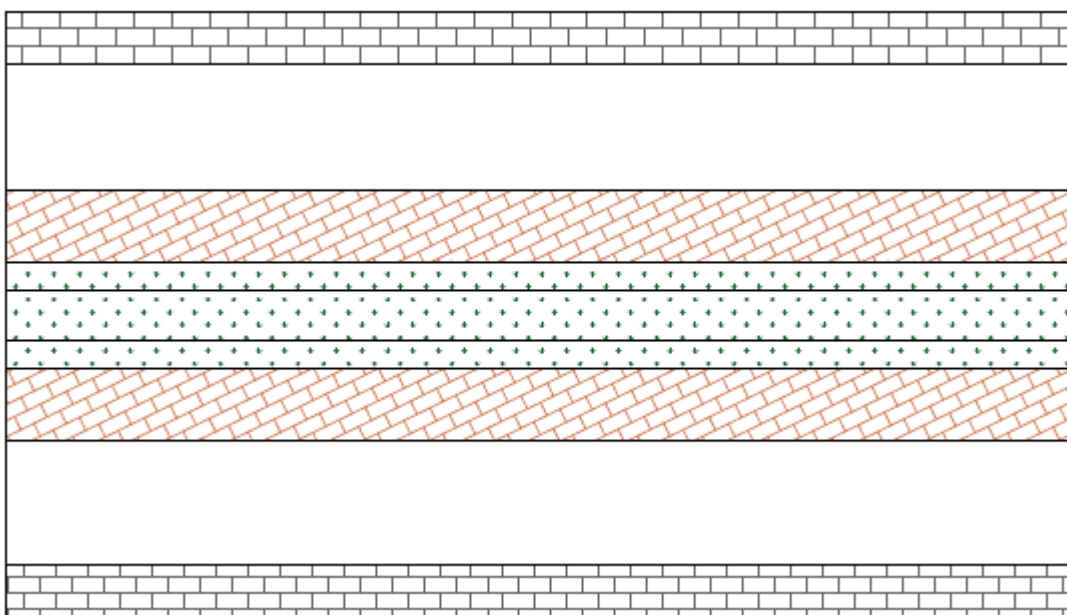


Figura 6.26. Exemple de la proposta de posició central de la via.

La proposta anterior és la més utilitzada en els sistemes tramviaris, amb la particularitat que a la figura 6.26 només es presenta una sola via central, i moltes ciutats aposten per dues vies centrals.

La posició central només és vàlida per aquells carrers que tenen una amplada suficient per poder tenir dues plataformes per vianants, una per costat. En cas que el carrer no sigui prou ample, es pot optar per la distribució de la figura 6.27, la qual continua mantenint la via en posició central, però només se situen refugis o plataformes en un dels dos costats de la via.

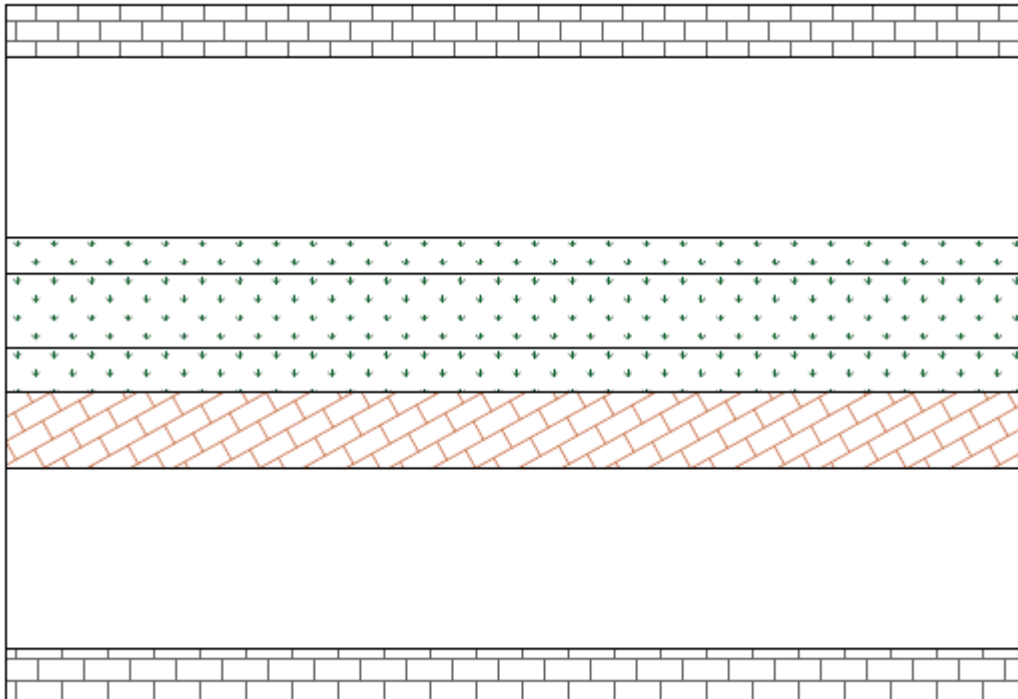


Figura 6.27. Proposta de distribució amb plataforma en un sol costat de la via.

El tercer tipus de distribució que podem utilitzar en certs casos degut a la falta d'espai en un carrer és la plataforma lateral. Com hem definit anteriorment, aquesta aprofita la vorera per ubicar les parades, de manera que no necessita refugis pels usuaris. A la figura 6.28 es mostra aquesta tercera proposta.

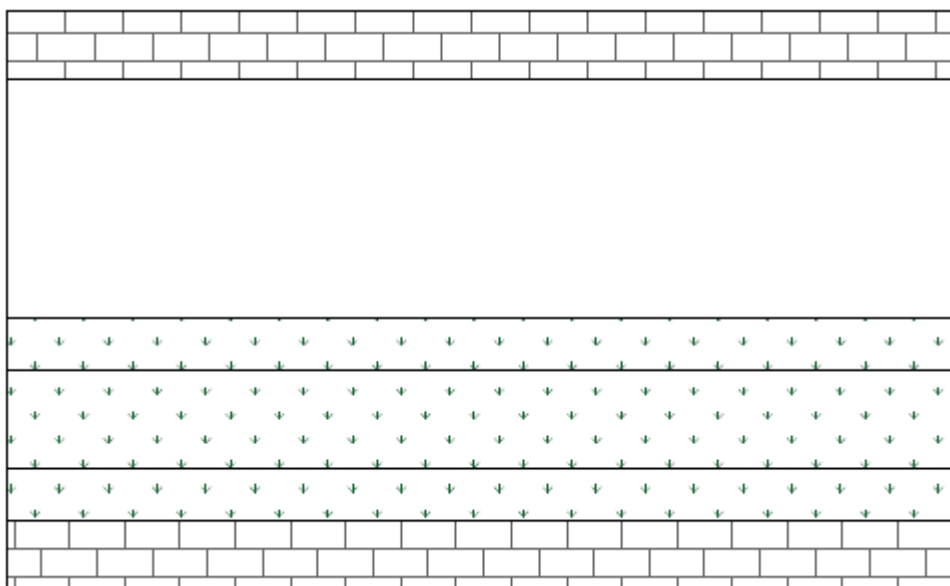


Figura 6.28. Proposta d'ubicació de plataforma lateral adjunta a la vorera.

Un cop mostrades les diferents propostes de posicions de la via que podem situar al llarg dels diferents carrers de la ciutat, a la taula 6.18 on observem per cada carrer quina disposició s'hauria d'utilitzar segons l'amplada i nombre de carrils.

Taula 6.18. Posicions de la via per a cada carrer de la ruta.

Carrer	Disposició
Av. Països Catalans	Posició central, doble plataforma
Passeig d'Olot	Posició central, doble plataforma
Emili Grahit	Posició central, doble plataforma
Av. Lluís Pericot	Posició central, doble plataforma
Riera de Buganto	Posició lateral
Crta. Barcelona	Posició central, plataforma única
Ronda Ferran Puig	Posició lateral
Riu Güell	Posició central, doble plataforma
Pg. de la Devesa	Posició central, doble plataforma
Av França	Posició lateral

En el cas de l'avinguda de França, es necessitarien 0,5 metres addicionals de carrer per tal de poder mantenir els dos carrils que alberga actualment, juntament amb la via en posició lateral. Aquests metres addicionals s'haurien d'expropiar de la vorera oposada a l'adjacent a la via, ja que aquesta faria la funció de plataforma.

6.4.4 Pas per gloriètes i corbes

Tot i que el recorregut del tramvia ha de ser el més recte possible, o més ben dit, ha d'evitar tants girs com sigui possible, hi ha casos en què la millor ruta es troba amb rotondes o gloriètes, i per tant la via s'ha d'adaptar a les condicions del carrer.

El pas a través de les rotondes es pot efectuar de dues maneres diferents: mitjançant la disposició lateral o la central. La primera té la característica d'evitar totalment la glorieta, mantenint una distància entre aquesta i la via de mínim 15 metres; la disposició central, com indica el seu nom, travessa pel mig la rotonda, de manera que s'evitin possibles desplaçaments o corbes pronunciades.

Les disposicions que es mostren a la figura 6.29 són adaptacions dels esquemes proposats pel CERTU (2008), en el seu article de *Giratoires et tramways*.

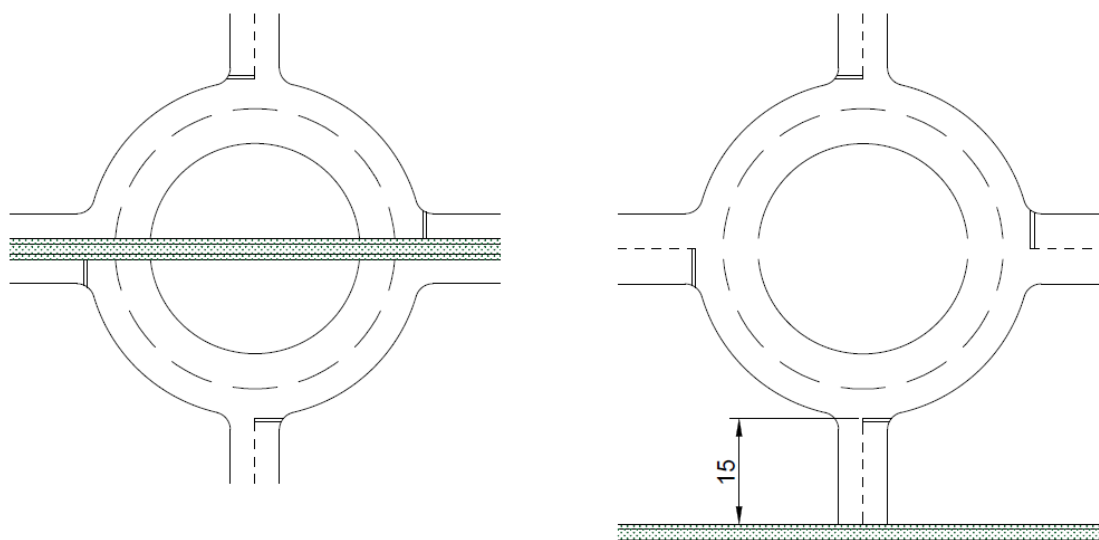


Figura 6.29. A l'esquerra es mostra la disposició central i a la dreta la lateral.

Dins de la disposició central hi ha diverses maneres d'implementar la via a través de la glorieta, segons la ubicació anterior i posterior de la via, o bé per tal de facilitar-ne l'adaptabilitat. A la figura 6.30 podem veure les dues opcions de disposició central.

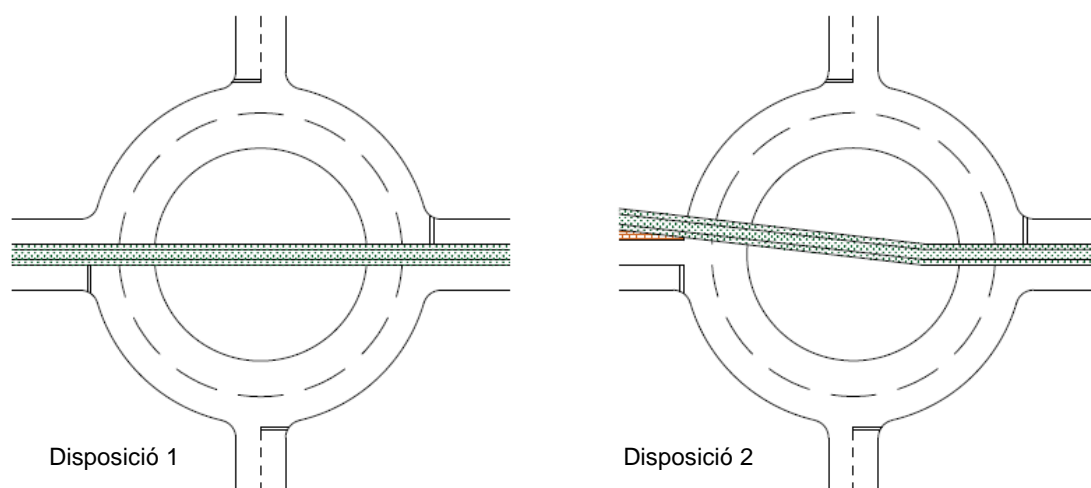


Figura 6.30. A l'esquerra es mostra la disposició central tradicional i a la dreta una variant pel cas que la via es desplaça a un lateral.

Una altra situació que s'ha d'analitzar és el cas que el tramvia, en comptes de travessar la rotonda i continuar en línia recta, surti per un dels laterals efectuant un gir. En aquest cas, el CERTU (2008) ens proposa dues maneres d'abordar aquesta

situació, ambdues sense afectar el trànsit de la rotonda, depenent si la via té una posició lateral o central. A la figura 6.31 podem observar les dues estructures possibles.

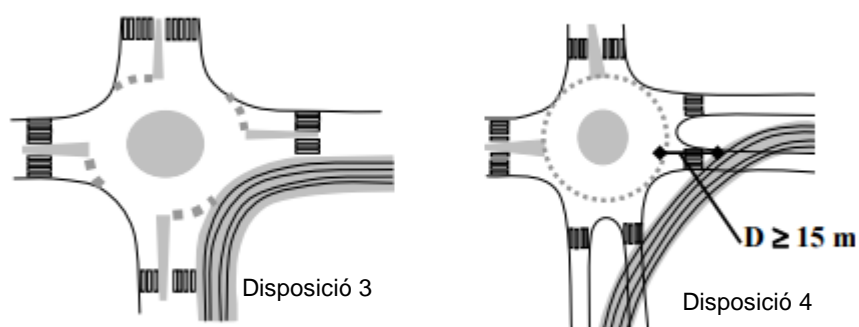


Figura 6.31. A l'esquerra observem el gir amb via de posició lateral, i a la dreta es mostra la implementació en la glorieta en cas de via central. Font: *CERTU (2008)*.

En el cas de gir en la glorieta ens podem trobar amb una última disposició, la qual cobreix la situació en què en la via entri a la rotonda en una posició central, però quan surti d'aquesta estigui en posició lateral. A la figura 6.32 veiem com es duu a terme.

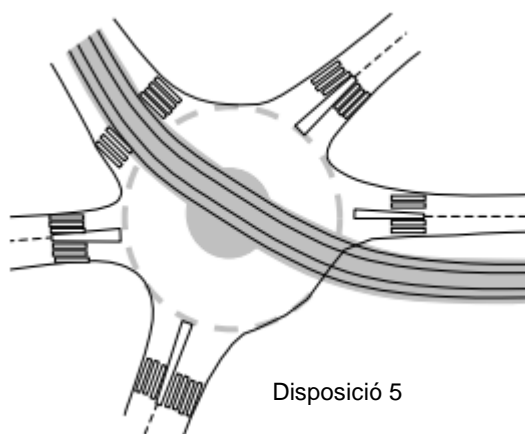


Figura 6.32. Implementació en cas que la posició de la via pateixi una transició de central a lateral a través de la glorieta. Font: *CERTU (2008)*.

A continuació, aplicarem les disposicions explicades anteriorment a les dues línies de tramvia proposades en aquest estudi. La taula 6.19 ens mostra la intersecció entre carrers a la qual es localitza la glorieta, i al seu costat es detallarà la disposició més adequada.

Taula 6.19. Disposicions per a cada glorieta de la ruta.

Ubicació de la glorieta	Gir inclòs?	Disposició preferible
Av. Països Catalans / Pg. d'Olot	No	Central tradicional (1)
Pg. d'Olot / C. Riu Güell	No	Central tradicional (1)
C. Emili Grahit / Av. Lluís Pericot	Si	Central (4)
Av. Lluís Pericot / C. Riera de Buganto	Si	Transició (5)
Rotonda de la Devesa	Si	Transició (5)
Rotonda del Rellotge	No	Central tradicional (1)
Rotonda del Pont de Pedret	No	Central tradicional (1)

Sabent la disposició de la via a través de les diferents gloriets, ens proposem destacar alguns dels canvis o característiques que pot comportar. Un exemple de canvi que podem trobar, i que és present en totes les gloriets és la necessitat de situar semàfors en els punts on els vehicles necessitin travessar la via.

A part de l'addició de semàfors o altres senyalitzacions pròpies de la infraestructura del tramvia (barreres, senyals, etc.), el pas del tramvia pot comportar una sèrie de canvis en la distribució de la mateixa rotonda. Per tant, en les pàgines següents es mostrarà el plànol de cadascuna de les gloriets per on circula el tramvia, juntament amb una sèrie de punts que resumeixen els canvis necessaris per adaptar-hi la via.

Per tal de millorar la visualització de la glorieta de la qual parlem, i per evitar confusions entre els plànols de diferents rotondes, es dedicarà una pàgina per cadascuna d'aquestes gloriets, on es trobarà el plànol juntament amb els canvis de distribució que es proposen.

Av. Països Catalans / Pg. d'Olot

- El pas del tramvia per aquesta glorieta, la qual es pot veure a la figura 6.33, només interfereix en el tràfic en el cas que els vehicles hagin de travessar la via. Un exemple seria un vehicle provinent de l'Hospital Santa Caterina que es vulgui dirigir cap a l'avinguda Països Catalans.

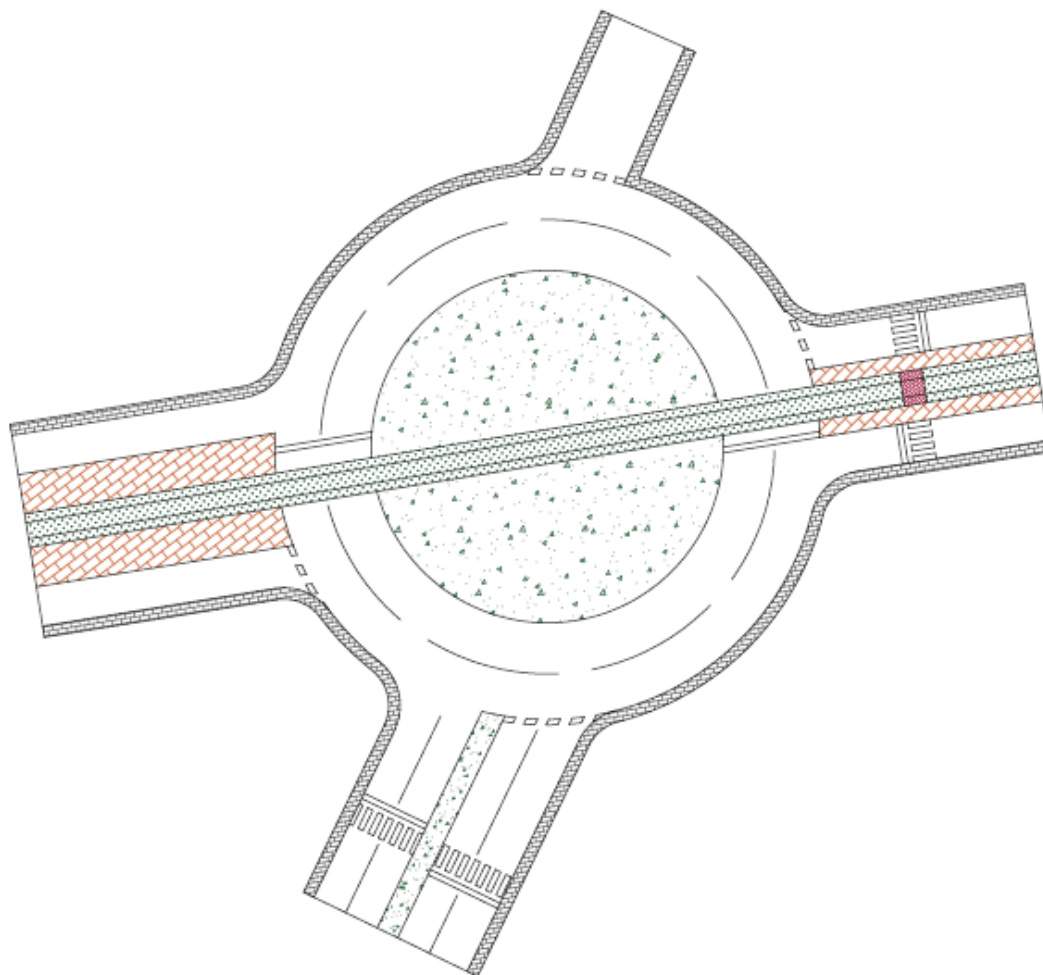


Figura 6.33. Proposta de la disposició de la via a través de la rotonda del Tren d'Olot.

Pg. d'Olot / C. Riu Güell

- En aquesta glorieta (figura 6.34) el tramvia pràcticament no influeix sobre el tràfic, ja que en la mateixa distribució d'aquesta, els vehicles s'han d'aturar sense importar el sentit cap al qual es dirigeixen. Màxim s'haurien de retirar uns petits metres les línies blanques del terra (les adjuntes als semàfors).

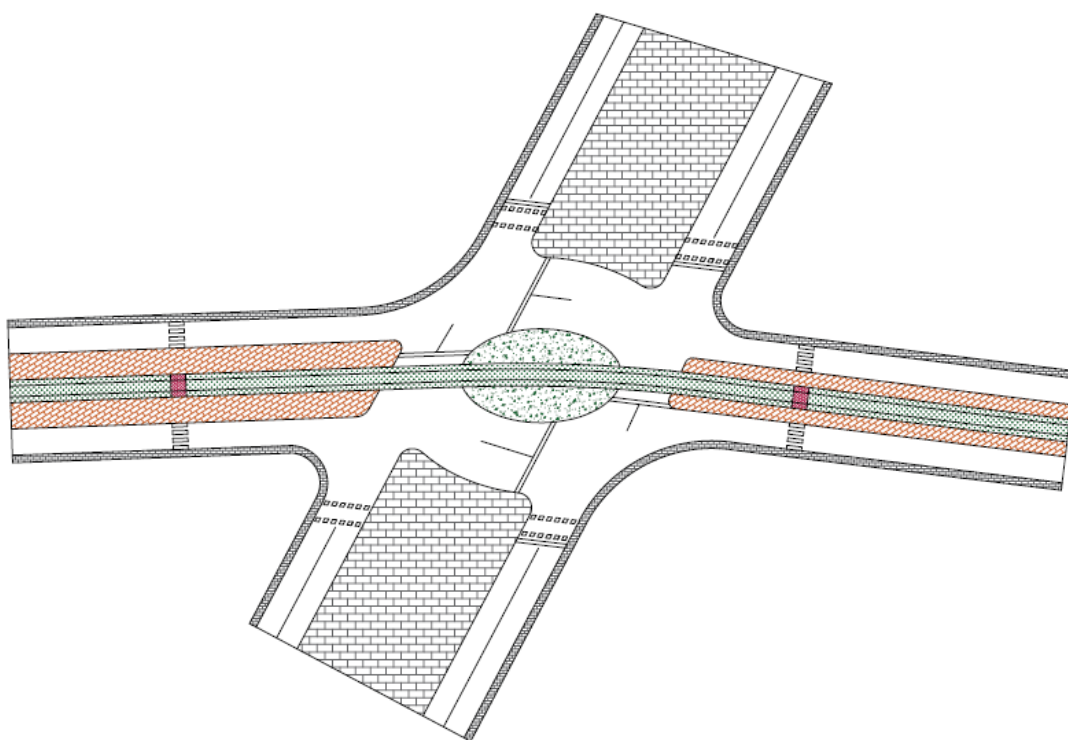


Figura 6.34. Pas de la via a través de la intersecció entre el carrer Riu Güell i el passeig d'Olot.

C. Emili Grahit / Av. Lluís Pericot

- L'avantatge del pas del tramvia en aquesta glorieta (figura 6.35) és que no interfereix en el tràfic dins d'aquesta, ja que els vehicles són lliures de circular per la rotonda sense haver de parar-se per deixar pas al tramvia.
- La via influirà en els vehicles que circulen pel carrer Emili Grahit en sentit est, i els que circulen per l'avinguda Lluís Pericot en sentit sud, ja que el tramvia haurà de creuar cadascun dels carrers mencionats.
- Per tal que la via no afecti la glorieta, i seguint la distribució de glorieta central (4), aquesta haurà de situar-se sobre la vorera adjacent a l'església de Sant Josep, causant una reducció considerable de l'amplada de la vorera en aquest punt. La distància en el punt d'amplada crítica seria d'1,5 metres.

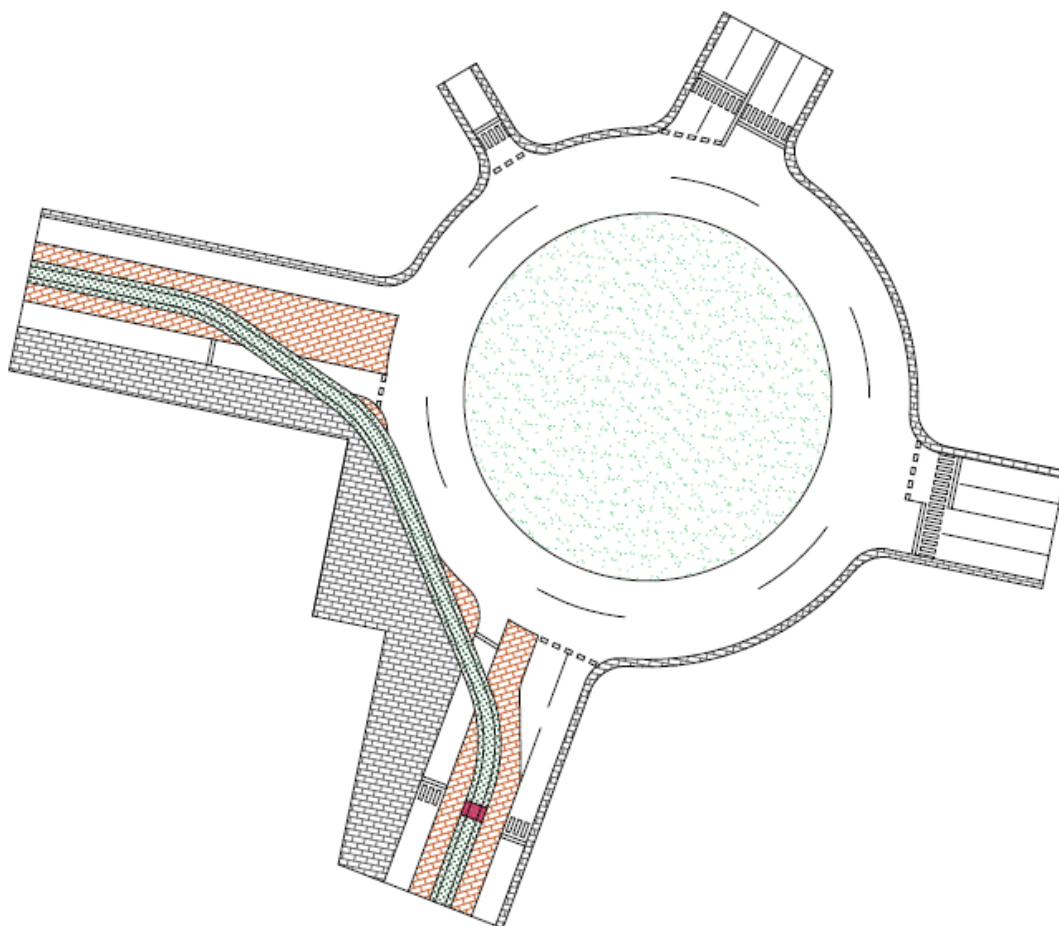


Figura 6.35. Proposta de pas del tramvia per la plaça dels Països Catalans.

Av. Lluís Pericot / C. Riera de Buganto

- Per tal d'aconseguir un radi de gir de 30 metres, el carril del tramvia en el tram final de l'avinguda Lluís Pericot està descentralitzat, provocant que hi hagi un sol carril en sentit sud, però mantenint els dos carrils en sentit nord.
- A causa de la plataforma adjunta a la via, l'amplada del carril de la glorieta en sentit nord cap a l'avinguda Lluís Pericot és insuficient per al pas dos vehicles simultàniament, fent que durant un breu tram només existeix un sol carril.
- El fet que es tracti d'una rotonda de petites dimensions fa que la via incideixi en gran magnitud en el tràfic. Com s'observa en la figura 6.36, els vehicles que dirigeixin en sentit est hauran de circular durant un breu tram per la via.

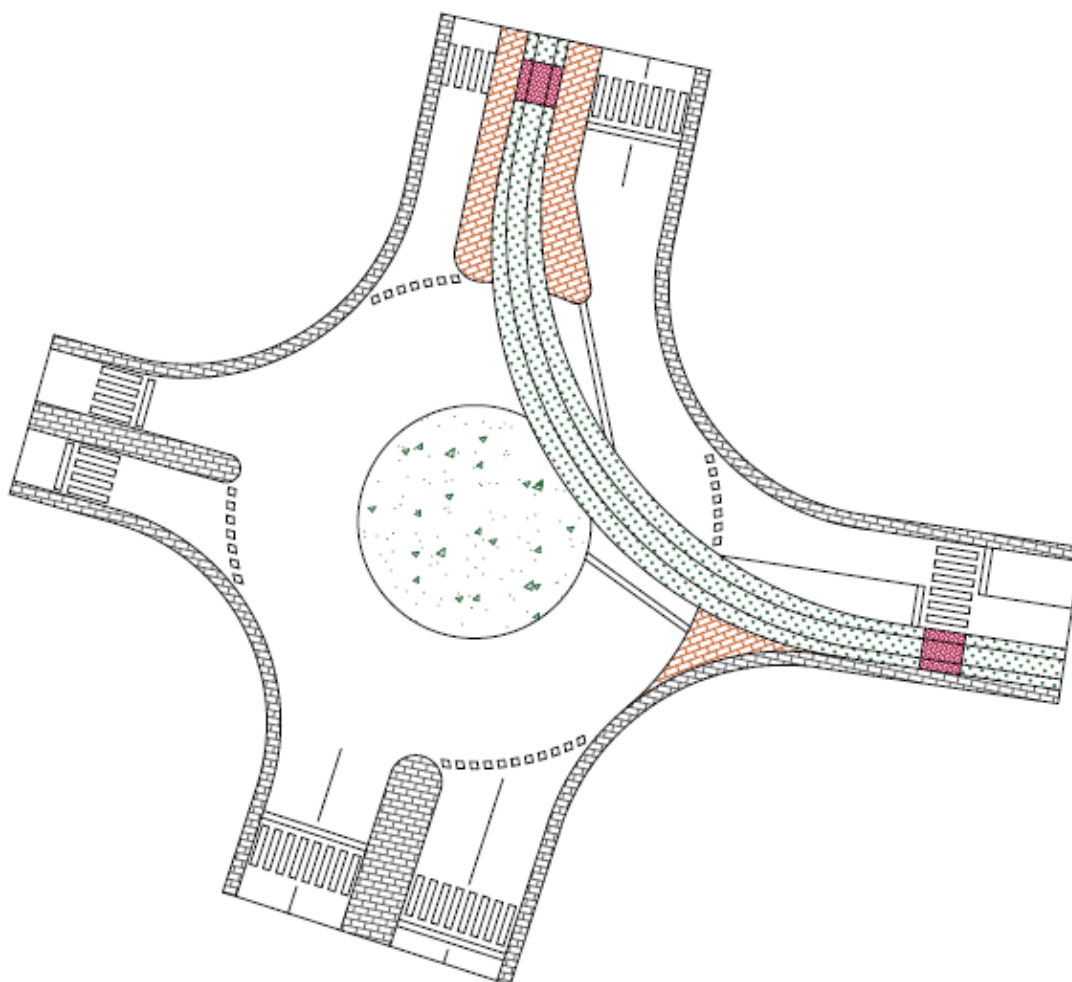


Figura 6.36. Pas per la glorieta en la intersecció entre Lluís Pericot i el c/ Riera de Buganto.

Rotonda de la Devesa

- La distribució de la via en el pas per aquesta glorieta, la qual s'observa a la figura 6.37, no comporta canvis importants en l'organització dels carrers. La via creua dos cops els carrils de la rotonda, de manera que només serà necessari situar semàfors i línies de parada a terra per tal de donar prioritat de pas al tramvia.

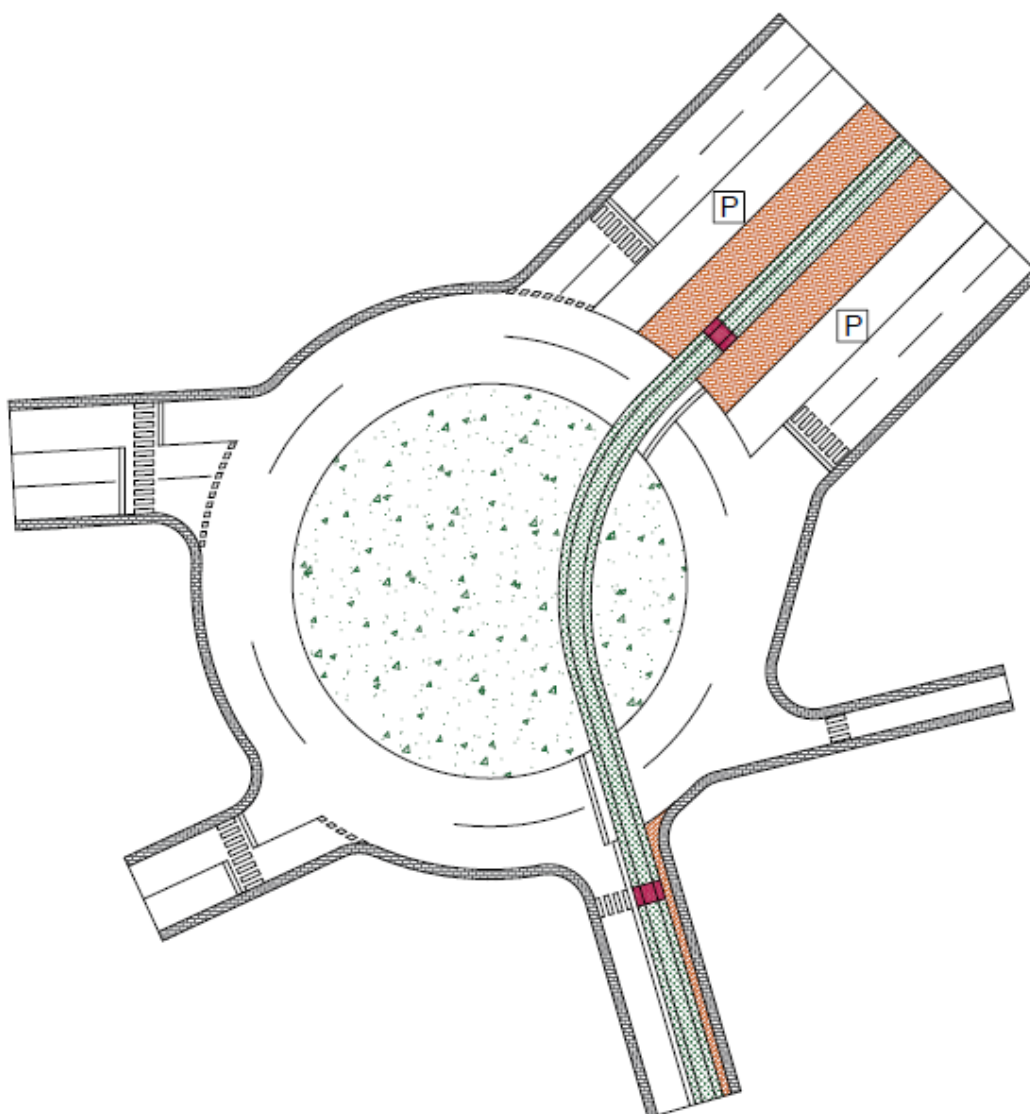


Figura 6.37. Proposta de la glorieta del tram del passeig de la Devesa.

Rotonda del Rellotge

- De la mateixa manera que la glorieta de la figura 6.37, en la rotonda de la figura 6.38, la via creua els carrils de la rotonda en dues ocasions, de manera que només afecta els vehicles que hagin de travessar la via en la seva circulació per la glorieta. No requereix cap canvi en la distribució de carrils o carrers.
- Per tal que el tramvia tingui una disposició central en el carrer Riu Güell, es manté la ubicació i places del pàrquing en aquest carrer, però en comptes d'estar en l'illa central, està en la mateixa calçada.

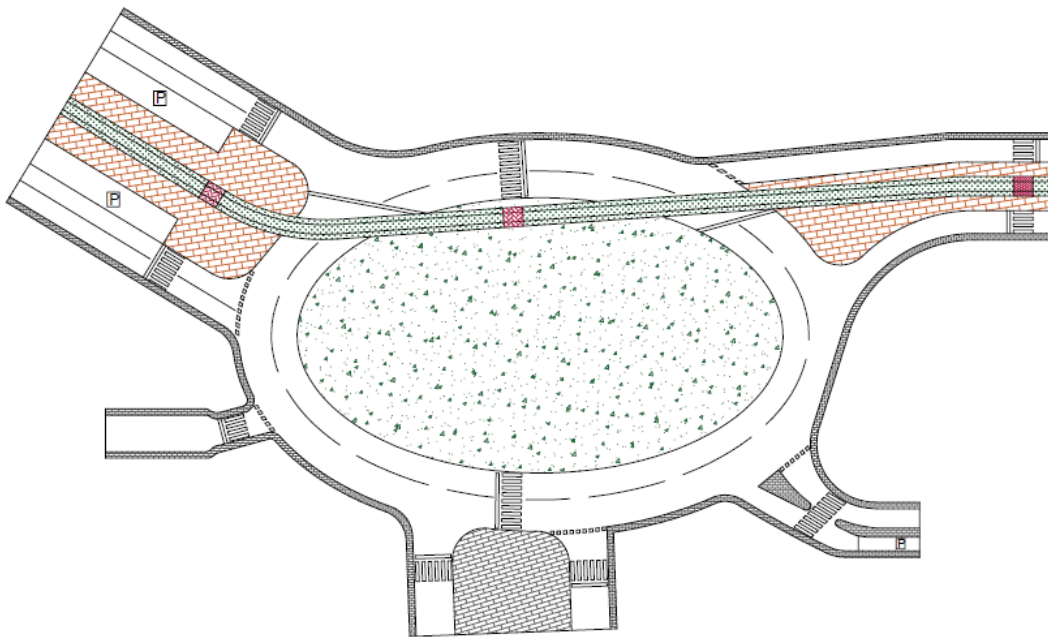


Figura 6.38. Pas del tramvia a través de la rotonda del Rellotge.

Rotonda del Pont de Pedret

- Al ser una glorieta de disposició central (1), d'igual manera que les dues anteriors, no comporta canvis considerables en la circulació dels vehicles a través de la glorieta, a part de les mencionades aturades de vehicles en els encreuaments amb la via. Aquesta glorieta correspon a la de la figura 6.39.

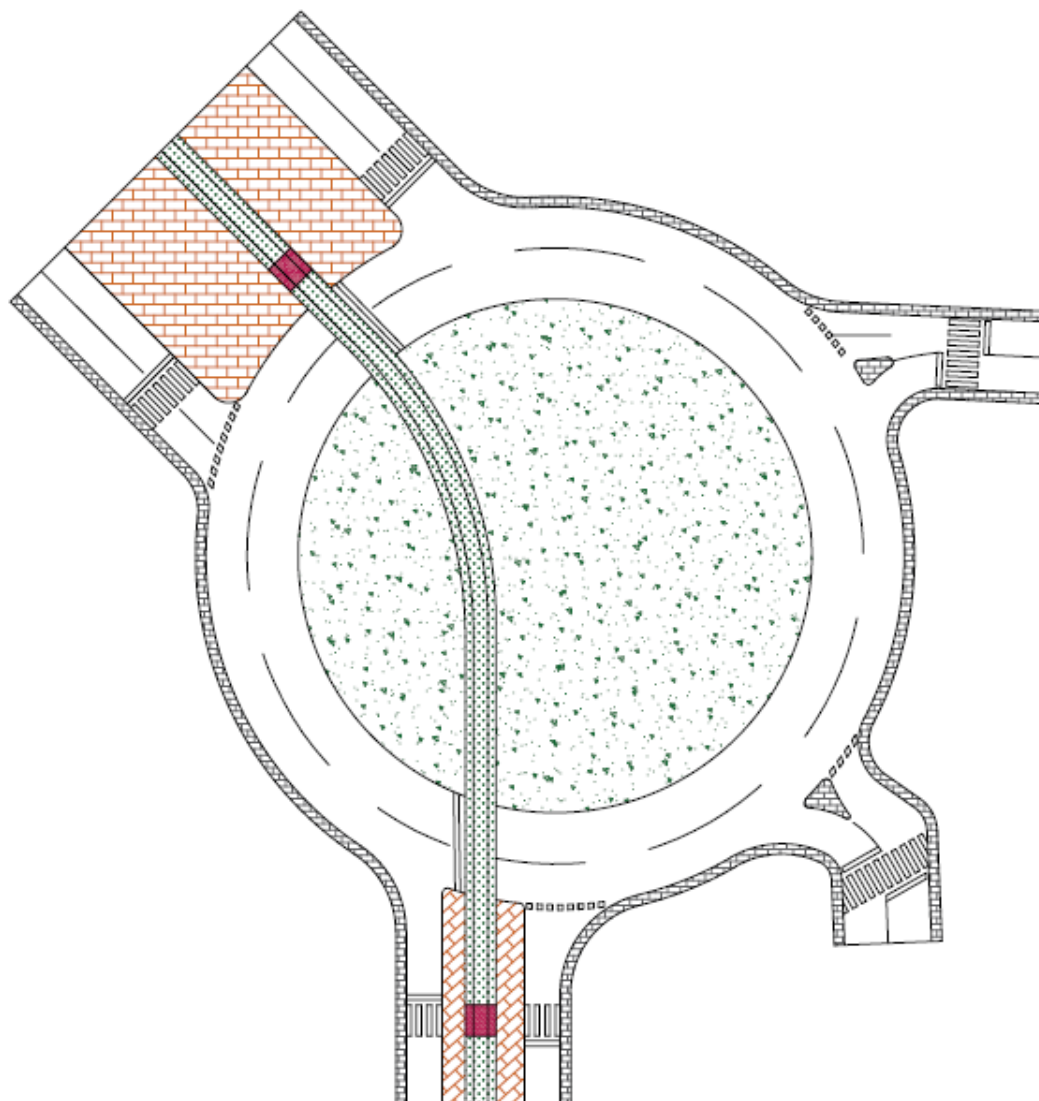


Figura 6.39. Proposta de la circulació del tramvia a través de la rotonda del Pont de Pedret.

6.4.5 Creació de derivacions

Després d'analitzar les amplades dels carrils de les diferents vies de Girona, hem conclòs que la xarxa tramviària disposarà d'una sola via, de manera que serà necessari construir un sistema de derivacions (*bypass*), el qual es pot veure en la figura 6.40, per tal de permetre la circulació de dos tramvies en la mateixa via simultàniament, proporcionant al sistema d'una freqüència de pas per les parades més alta.

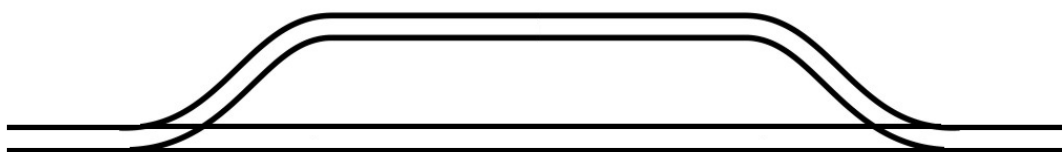


Figura 6.40. Dibuix aproximat del que es coneix com a *bypass*.

Les xarxes tramviàries que consten de dues vies no solen requerir derivacions, ja que els vehicles es mouen en diferents vies i no suposen un obstacle entre ells. A més, en alguns casos dins aquests sistemes es faciliten connexions entre les dues vies, per tal que el tramvia pugui traslladar-se a la via contrària en cas que hi hagi necessitat.

Les derivacions necessiten un espai addicional adjunt a la via i d'una zona amb llargada suficient, tenint en compte que aquestes derivacions impliquen corbes, i que el tramvia ha de poder aturar-se completament en el *bypass*. A causa d'aquestes condicions, no és possible localitzar-les en qualsevol punt de la ciutat.

En la majoria de casos, aquestes derivacions ja es poden utilitzar per situar-hi les parades, ja que s'aprofita el fet que el tramvia s'hagi d'aturar per tal d'esperar que l'altre tramvia que circuli per la via arribi a la intersecció, i d'aquesta manera s'optimitza el temps del recorregut, evitant haver de fer dues parades consecutives.

En la secció 6.1 hem vist que la xarxa del tramvia consta de dues línies amb rutes diferents, i per tant, haurem d'instal·lar una derivació per cada línia. Les derivacions s'hauran de situar segons dues condicions igual d'importantes: la primera és l'espai o amplada disponible en el carrer per tal de poder col·locar dues vies adjuntes, i la

segona és la llargada d'aquest per tal que la derivació no influeixi en semàfors, rotondes o interseccions.

Si la línia 1 té una distància aproximada de 4,8 km, seria interessant, i possiblement la millor opció, situar la derivació a l'alçada dels 2,4 km, és a dir, a la meitat de la línia. El punt corresponent a aquesta distància estaria en la zona del col·legi Pare Coll, en el Passeig d'Olot, però en ser un espai escolar seria preferible evitar un major moviment de tramvies en aquest punt.

Per tant, el punt més proper al col·legi Pare Coll amb l'amplada i llargada suficient, i en el qual el *bypass* no significaria ni un obstacle ni un perill per a la seguretat seria tram del passeig d'Olot corresponent al Parc Central o plaça Europa. En aquest punt, el qual es pot veure en la figura 6.41, el carrer és prou ample com perquè la derivació hi tingui cabuda i no interfereix en cap intersecció o sortida de cotxes.

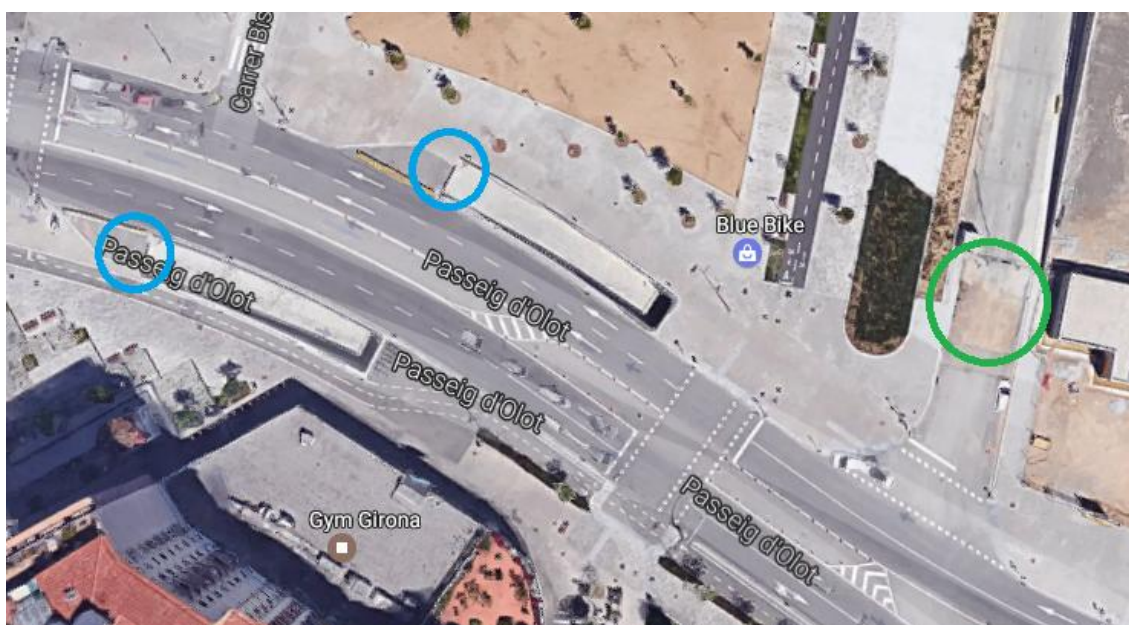


Figura 6.41. Tram del passeig d'Olot on se situaria el *bypass*, el qual s'ubicaria en la zona central del carrer. Les circumferències blaves indiquen l'entrada i sortida del pàrquing, mentre que la verda indica l'accés de la nova estació d'autobusos.

Els dos potencials obstacles continguts en aquest tram del passeig d'Olot són la nova estació d'autobusos de Girona, la qual està soterrada, i el pàrquing que actualment està en construcció. Tot i això, la derivació no suposa un impediment per al pàrquing subterrani, ja que tant l'entrada com la sortida del pàrquing estan adjunts a la vorera.

Per tal d'aprofitar la longitud disponible en aquest tram, és necessari que el desdoblament de la via comenci tan bon punt la via hagi superat la intersecció amb l'avinguda Sant Narcís. Com que el *bypass* requerirà un espai aproximat de 80-90 metres, evitarem que es prolongui en excés i suposi un obstacle per al gir dels autobusos.

En la derivació s'ha de complir les distàncies de seguretat indicades en la secció 6.4.3, de manera que entre les dues vies hi ha d'haver una distància de 600 mm. A més, gràcies a les plataformes adjuntes a cada costat de la via evitem un contacte directe entre els vehicles i el mateix tramvia. A la figura 6.42 veiem la distribució del *bypass* proposat.

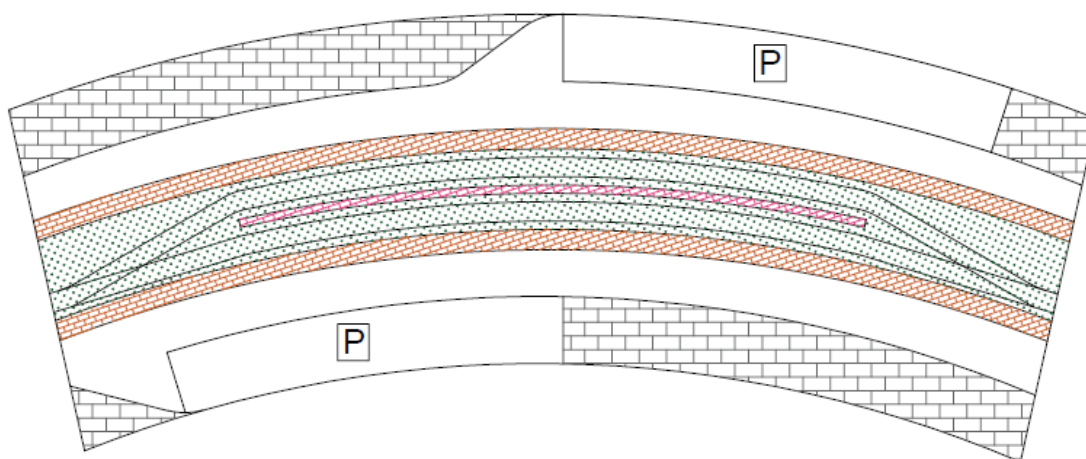


Figura 6.42. Distribució proposada per la derivació de la línia 1.

Per altra banda, la línia 2 té una distància propera als 4,3 km, i de mateixa manera que en la línia 1, és interessant situar el *bypass* a un punt prop de la meitat del recorregut, és a dir, a una alçada entre els 2,1 i 2,2 km. Aquest punt es troba precisament a l'alçada de la plaça Marquès de Camps, la qual es podria aprofitar per albergar en ella la derivació.

A la figura 6.43 observem sobre un plànol cartogràfic la ubicació del *bypass*, senyalitzant amb una línia vermella el tram sobre el qual se situaria.



Figura 6.43. Zona on es situaria la derivació de la línia 2.

En el moment del disseny de la derivació ens hem trobat amb un factor important a tenir en consideració. Com que el bypass és un tram on hi ha doble via, i necessita l'espai addicional, és possible que la zona on s'ubiquen les parades de la línia 3 i 4 d'autobús es vegi reduïda.

Davant d'aquesta reducció, es podria remodelar l'àrea corresponent a la plaça Marquès de Camps de dues maneres diferents. La primera seria rehabilitar-la com una zona de vianants juntament amb un petit aparcament per a motocicletes, o en altres casos, seria un espai reservat per futurs projectes que el necessitin. Aquesta opció causaria la supressió de les parades de la línia 3 i 4 en aquest punt.

En cas que es decantés per aquesta opció, els autobusos corresponents a les línies anteriors podrien modificar el recorregut de la següent manera: abans d'arribar a la plaça Marquès de Camps, girarien a l'esquerra en el carrer Álvarez de Castro, i posteriorment a l'esquerra direcció nord en l'avinguda Jaume I. En aquesta, a l'arribar a l'altura del carrer Nou, es podria habilitar un gir a l'esquerra exclusiu per autobusos per tal de dirigir-se a la plaça Marquès de Camps. A la figura 6.44 veiem un esbós d'aquesta nova distribució.



Figura 6.44. Modificació proposada de la ruta d'autobusos de la línia 3 i 4.

La segona opció seria aprofitar l'espai entre la via i la vorera de la plaça Marquès de Camps per habilitar un sol carril exclusiu per als autobusos, o bé tant pels autobusos com pels vehicles que circulen per carretera Barcelona i volen dirigir-se a l'avinguda Santa Eugènia. L'avantatge d'aquesta opció és que no cal modificar la ruta dels autobusos de línia, però per contra, si per algun imprevist el bypass requereix més espai, el carril podria veure's reduït a una distància inferior als 3,5 metres.

A la figura 6.45 observem la primera proposta de bypass per a la línia 2. Observem, des de la part inferior, que la carretera queda tallada en direcció nord, i que s'ha habilitat aquest tram com a zona de vianants, juntament amb un espai dedicat a l'estacionament de motocicletes o bicicletes.

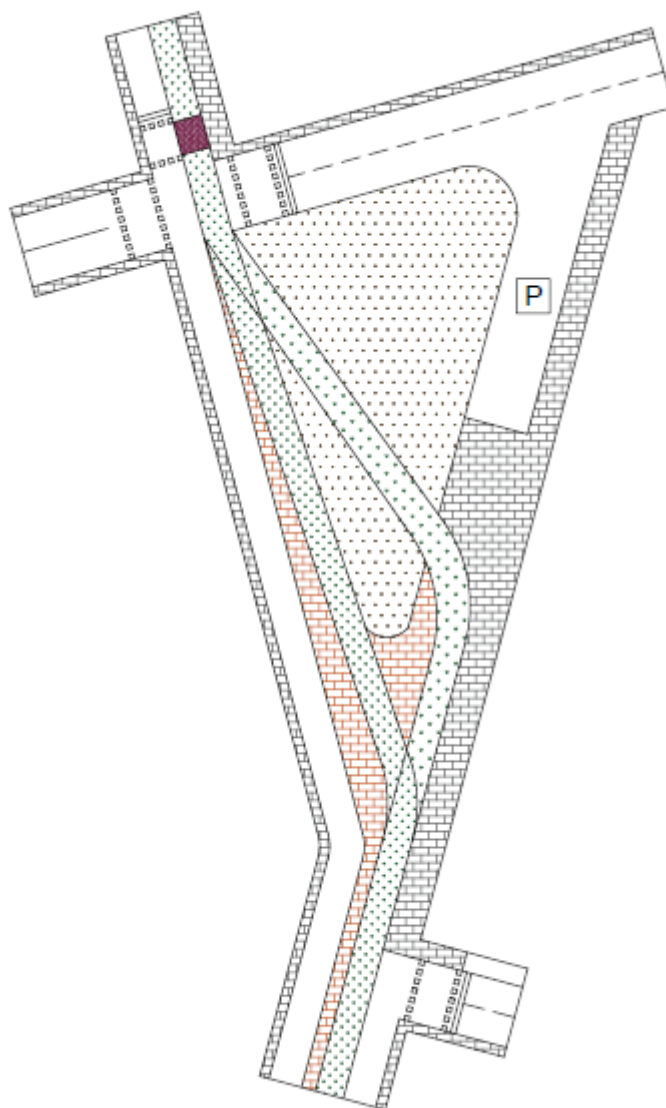


Figura 6.45. Primera proposta de distribució del bypass per a la línia 2.

A la figura 6.46 observem la segona proposta de bypass. Contràriament a la primera, en aquesta distribució la carretera Barcelona no queda completament tallada, sinó que es facilita un espai per tal que els vehicles i els autobusos es puguin dirigir cap a l'avinguda Santa Eugènia sense haver de passar per l'avinguda Jaume I.

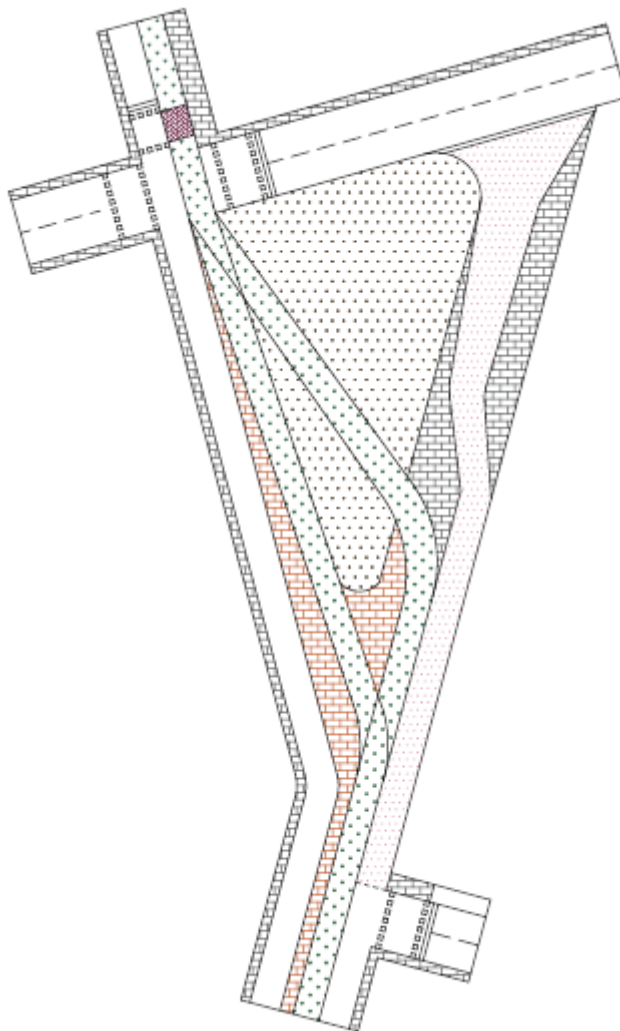


Figura 6.46. Segona proposta de distribució del bypass per a la línia 2.

6.4.6 Priorització en les interseccions

Per potenciar l'ús i la popularitat del tramvia, aquest ha de complir amb les condicions de comoditat i rapidesa. La primera és regulada pels mateixos vagons del tramvia, o bé es pot referir a la comoditat d'accés a aquest, és a dir, que les parades i el recorregut siguin propers a la població, la qual cosa hem estudiat en les seccions 6.1 i 6.2.

En aquesta secció ens centrarem en la condició de rapidesa. La idea seria que el tramvia es trobés en un medi semblant al que es troba un cotxe o camió dins de l'autopista, és a dir, que pugui circular amb la màxima velocitat permesa i sense obstacles que puguin retardar la seva ruta. Cal remarcar que el tramvia s'haurà d'aturar a les corresponents parades.

Ja hem definit les posicions de la via a través dels diferents carrers de la ciutat, sent les posicions centrals les que menys afecten la resta de tràfic, i minimitzant la influència de les posicions laterals, a més de proposar que la via sigui exclusiva per al tramvia. Ara bé, hi ha un últim aspecte en els carrers que s'ha d'estudiar: els encreuaments o interseccions entre carrers (figura 6.47).



Figura 6.47. Exemple d'encreuament entre el tramvia i la resta de tràfic rodat a Barcelona.

Font: <http://ccaa.elpais.com>

En la majoria d'interseccions de les ciutats ens trobem amb semàfors, els quals donen pas intermitentment per a cada direcció. Amb la inclusió del tramvia, apareix un nou factor a tenir en compte: com que busquem la màxima rapidesa, el tramvia no ha de parar en cap encreuament, o més aviat, trobar-se tots els semàfors en verd.

Per tal d'aconseguir aquest objectiu existeixen dues tecnologies diferents, les quals comparteixen finalitat, però no metodologia. La primera s'anomena *Traffic Signal Preemption*, i la segona *Traffic Signal Priority*.

Traffic Signal Preemption

La traducció d'aquesta tecnologia al català seria 'Anticipació Semafòrica', i tal com indica el nom, es basa a anticipar el color de pas del semàfor al qual s'aproxima el tramvia.

Aquesta tecnologia implementa un aparell en el mateix tramvia i en els semàfors de les cruïlles per on passa. Un cop implementats tots els mecanismes necessaris, el tramvia en circulació que s'apropa a la intersecció envia una transmissió a través del seu aparell al receptor del semàfor, i aquest veu alterat el seu cicle en benefici del tramvia. A la figura 6.48 podem veure un esquema senzill del funcionament.

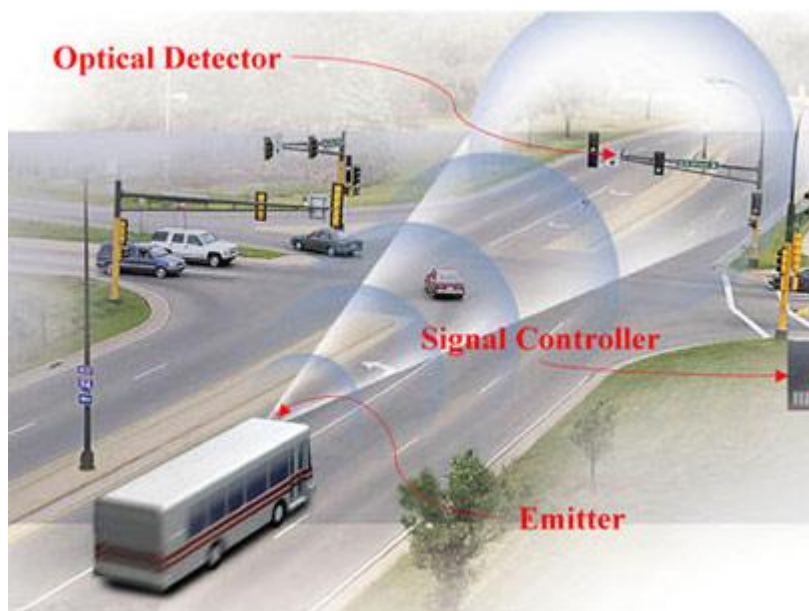


Figura 6.48. Anticipació semafòrica en el cas d'un autobús. En la imatge s'observa la posició de l'emissor (autobús) i del receptor (semàfor). Font: <http://www.metroinfrasy.com>

Tot i no entrar en detall en cadascun d'ells, els aparells transmissors i receptors poden funcionar segons quatre tipus diferents de senyals diferents: acústica, on el receptor rep les ones sonores provinents de les sirenes o botzines; òptic, on els transmissors envien senyals d'infrarojos als receptors; per ràdio, mitjançant una freqüència determinada entre transmissor i receptor; i finalment a partir del GPS.

Avantatges

- Alta fiabilitat.
- La instal·lació és senzilla, i el funcionament es basa a una lògica simple.
- El vehicle amb l'aparell transmissor té control sobre la prioritat del tràfic. El seu accionament no depèn de cap altre factor.

Inconvenients

- Canvi brusc en el cicle, juntament amb un llarg temps de normalització.
- L'enviament de senyals òptics pot patir contratemps a causa d'obstacles o de les condicions atmosfèriques.
- L'enviament de senyals per ràdio pot tenir problemes amb el rang de freqüències i la coincidència amb una freqüència exterior.
- Al cost d'equipament i manteniment.

Aquesta tecnologia, tot i estar present en diversos sistemes de metro lleuger o tramvia, és més utilitzada en els vehicles d'emergència tals com camions de bombers o ambulàncies gràcies al canvi brusc i ràpid de color vermell a verd dels semàfors, factor que augmenta la rapidesa d'aquests vehicles. En els vehicles d'emergència, els aparells transmissors poden estar en el mateix vehicle, o bé es poden controlar els receptors dels semàfors des d'una centraleta.

Traffic Signal Priority

Traduïda al català com a 'Prioritat Semafòrica', aquesta tecnologia dóna prioritat de pas mitjançant una ampliació del temps en què el semàfor està en color verd, o bé en una reducció del temps en què aquest senyal es troba en color vermell.

Aquest fet implica una modificació lleugera del cicle del semàfor, ja que considerant com a exemple el cas que s'allargui el temps del semàfor en verd, un cop acabada aquesta ampliació, el cicle operatiu del semàfor continuarà sense problemes.

Aquest sistema necessita implementar dos dispositius diferents en el tramvia: el primer és un aparell de detecció del mateix vehicle, mentre que el segon és un mecanisme que permet transmetre la petició d'ampliació del temps en verd. Aquest últim també el podem trobar en la centraleta de control dels semàfors.

La prioritat semafòrica pot funcionar de dues maneres: a nivell central, el tramvia envia la seva ubicació a una centraleta, on els operaris efectuen una previsió del temps estimat en el qual el tramvia passarà per la intersecció per tal d'ajustar el cicle del semàfor; a nivell distribuït, el qual es mostra a la figura 6.49, el tramvia usa les mateixes bases que en l'anticipació semafòrica, aquest envia la petició a la centraleta per tal d'ampliar el temps en què el semàfor estigui en color verd, si es dona el cas que està en vermell o pròxim a estar-ho.

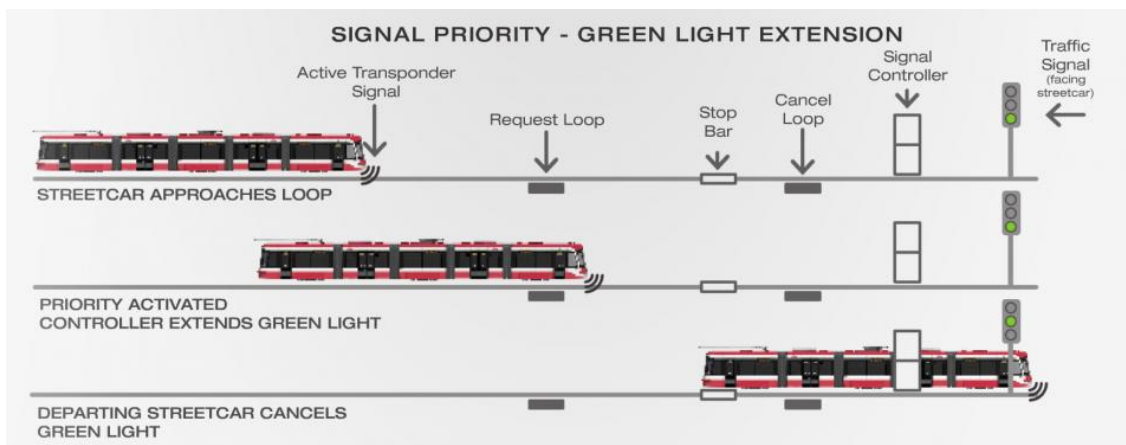


Figura 6.49. Esquema del cicle usat en la prioritat semafòrica. Font: <http://urbantoronto.ca/>

Avantatges

- No hi ha problemes amb el rang de freqüències ni amb les condicions atmosfèriques.
- Es pot saber la posició i temps del tramvia en cada instant de la ruta.
- El software es pot actualitzar constantment.

Inconvenients

- La fiabilitat depenen totalment de les comunicacions de GPS, Wi-Fi, etc.
- No es garanteix al 100% que el semàfor estigui en verd.

El tramvia de Barcelona usa ambdós nivells segons el municipi i tram per on transcorri la via, com s'observa a la figura 6.50. El primer tipus de prioritat és la Micro-regulació, la qual funciona sota les mateixes bases que el nivell distribuït, detectant el tramvia i ampliant o reduint el temps de cicle del semàfor. El segon tipus és la Prioritat dinàmica, on un regulador semafòric fa el càlcul de posició i temps estimat del tramvia respecte de la cruïlla, i posa el semàfor en verd just quan el tramvia ha de passar per la intersecció.

Davant de les dues tecnologies disponibles, la més adequada és la Prioritat Semafòrica, ja que no altera bruscament el cicle operacional dels semàfors, a més de no tenir problemes amb rangs de freqüència o en cas de trobar-se amb obstacles. Tot i això, el fet de no poder garantir que el semàfor estigui en verd en el pas del tramvia pot suposar un contratemps (poc usual).

6.5 Tipus de tramvia

En el capítol 4 hem enumerat i descrit una gran varietat de tramvies, cadascun dels quals s'adaptava a la necessitat o condicions de la ciutat. A més, el recorregut de les dues línies a través de la ciutat de Girona s'efectuarà mitjançant una sola via.

L'avantatge principal de la ruta seleccionada és que no travessa cap nucli històric o edifici simbòlic de la ciutat, de manera que les catenàries no serien un obstacle per a les vistes d'aquestes infraestructures. Per tant, no seria imprescindible l'ús de tramvies amb rails electrificats o híbrids.

Com ja hem mencionat, els dos tipus de tramvies que prescindeixen de catenàries estan un escaló per darrere dels tramvies que operen amb catenàries, en temes de seguretat pels usuaris, o bé en el cas dels híbrids, ja que en ser una tecnologia relativament nova, encara li queda un gran potencial de millora i innovació.

Vistes les necessitats i condicions, seria lògic declinar la tria al metro lleuger. La raó de la tria es basa en diversos punts: primerament, la població de la ciutat de Girona, juntament amb la del municipi de Salt, creix any rere any, per la qual cosa és possible que en els propers anys s'arribi a una població conjunta superior als 150.000 habitants, i el metro lleuger ofereix les millors prestacions per a xarxes que tenen aquest nombre de residents.

Segonament, volem que el tramvia tingui ús exclusiu de la via per tal d'evitar possibles aglomeracions de tràfic, i poder transmetre la sensació de ser un transport ràpid i còmode als usuaris, ja que el tramvia no dependria de la resta de tràfic, sinó de les condicions de la mateixa via.

Un factor important és la popularitat del metro-lleuger, és a dir, la quantitat de ciutats que actualment el fan servir, i més específicament, el nombre de ciutats que utilitzen tramvies que es traslladin mitjançant catenàries. La majoria de ciutats aposten per aquest tipus, sent Madrid i Sevilla les ciutats on s'ha popularitzat més aquest estil de tramvia, encara que com s'ha mencionat, les diferències entre tramvia i metro-lleuger són amb el pas dels anys menys importants, i arribarà un moment que els dos termes s'uniran.

Per contra, l'única xarxa de tramvies instal·lada a Espanya que funciona sense catenàries es troba a Saragossa, tot i que només fa ús dels supercondensadors durant un tram de 2 km, mentre que durant la resta de recorregut s'ajuda de les catenàries per tal continuar mobilitzant-se i recarregar els supercondensadors.

Tot i el creixement potencial de la ciutat, la xifra d'habitants dista molt de la resta de ciutats de l'estat espanyol que gaudeixen de tramvia (345.000 a Bilbao, 690.500 a Sevilla, etc.). Aquest fet, juntament amb la quantitat de persones que acudeixen al transport públic a Girona, vist en la taula 5.2, inclinen la balança a escollir un tramvia amb una capacitat adequada a la demanda.

Agafant com a exemple l'empresa *Alstom Citadis*, la qual actua com a proveïdor de tramvies per al servei de Barcelona, a més de formar part de l'empresa del TRAM, proporciona diferents models de tramvia, cadascun amb unes especificacions tècniques diferents. A la taula 6.20 observem els diferents models oferts per Alstom.

Taula 6.20. Especificacions dels diferents models Citadis. Font: *Alstom Citadis*.

Model	Llargada (m)	Amplada (m)	Nº mòduls base	Capacitat
Compact	22 - 24	2,4 - 2,65	3	120 - 139
205	24	2,4	3	142
305	32 - 37	2,4 - 2,65	5	202 - 238
405	43 - 45	2,4 - 2,65	7	271 - 341

Dels models de la taula anterior, els més adequats per a la ciutat de Girona serien el Compact i el 205. La diferència entre ambdós és que el model Compact està dissenyat per a la implementació en ciutats on la xifra d'habitants ronda entre els 50.000 i els 150.000 habitants, a més de disposar d'una llargada, amplada i capacitat més flexible. L'inconvenient del model Compact és que circula mitjançant la tecnologia dels supercondensadors, que com hem mencionat anteriorment és relativament nova, i té poc ús a l'estat espanyol.

Sent Girona una ciutat amb prop de 100.000 habitants, a la qual podem sumar els 30.000 habitants de Salt, ja que el tramvia també transcorre per aquest municipi, i decantant-se per un tramvia amb catenària, l'opció més adequada és el model 205, el qual podem apreciar a la figura 6.50. Cal tenir en compte que el TRAM a Barcelona, juntament amb Badalona i Hospitalet de Llobregat, usa la sèrie 305.



Figura 6.50. Model *Citadis 202* a la ciutat de Melbourne. Aquest model és l'anterior al 205, sent aquest últim la versió millorada. Font: www.viajejet.com

A més, l'empresa Alstom pot retocar els diferents models per tal d'adaptar-los a l'explotació i demanda de la ciutat, significat que en cas que el tramvia obtingués una gran popularitat entre els habitants, i la capacitat de 142 passatgers no fos suficient, es podrien afegir mòduls addicionals.

En el cas que es decidís optar per un tramvia sense catenàries, la millor opció seria el model Compact, ja que és el que més s'ajusta a la demanda de la ciutat, i més concretament amb el nombre d'habitants. Cal tenir present que la tecnologia dels

supercondensadors té un potencial molt alt, i possiblement en 5 o 10 anys les prestacions que ofereixen efectuïn un salt positiu, per la qual cosa és millor no descartar aquesta opció.

Una característica segura que haurà de tenir el tramvia és la incorporació de dues cabines de conductor, una a cada extrem del vehicle. Això significa que el tramvia no té ni part davantera ni part posterior definida, sinó que en funció del sentit s'habilita una de les dues cabines per tal que funcioni com a part motora.

El fet de tenir un tramvia amb doble cabina suposa un gran avantatge respecte dels que només en disposen d'una, i és que aquests últims necessiten un espai addicional on poder donar la volta, bé sigui mitjançant una via amb forma de circumferència, o bé mitjançant una plataforma giratòria.

El petit inconvenient que comporta el tramvia amb doble cabina és que només una de les dues pot estar habilitada simultàniament, i el procés d'habilitació i deshabilitació és d'aproximadament 2 minuts, el qual es durà a terme al final de cada línia. L'empresa del TRAM de Barcelona ens ha proporcionat aquest temps, en el qual s'hi ha d'afegir 2 minuts addicionals dedicats al repòs del conductor.

Una tipologia de tramvia que s'ha descrit, i en el cas de Girona seria interessant, és la del tren-tram. L'any 2009 l'enginyer Jordi Alegre va presentar una proposta de tramvia per a la ciutat de Girona, on proposava fer circular aquest transport per l'actual via de tren que travessa la ciutat, i que segueix aproximadament el recorregut de la línia 2 proposat en aquest projecte. La diferència rau en què en el seu plantejament de la via, va tenir en consideració la proposta de l'Ajuntament de Girona de soterrar les vies del tren, de manera que les antigues vies quedarien inutilitzades.

L'opció de soterrar les vies finalment no es va dur a terme, però en cas que es tornés a plantejar la idea de soterrar-les en el seu pas per Girona, es podria aprofitar el tros de via a partir del polígon Mas Gri fins al barri de Pedret, i d'aquesta manera es donaria un ús als viaductes i s'evitaria una despesa en la demolició d'aquests, sobretot tenint en consideració, que la remodelització de la via per adaptar-la al tramvia no suposa una gran dificultat.

6.6 Pagament del viatge

El preu del viatge en el transport públic és un dels temes amb més importància a comentar. La persona que usa el tramvia reclama que el preu del bitllet estigui dins un interval assequible, mentre que l'administració de cada ciutat necessita extreure el màxim guany possible per tal de recuperar la inversió feta o millorar el servei actual.

En aquest apartat no es definirà el preu del bitllet ni les tarifes que s'oferirien als usuaris, ja que requeriria un estudi econòmic més complet. Si s'informarà de la forma de pagament en les línies del TMG i del TRAM.

Dins la ciutat de Girona hem de competir amb el servei d'autobús públic. Anteriorment en el capítol 5 hem comentat les tarifes que proporciona actualment al ciutadà. Per tant, és interessant que el tramvia ofereixi també un ampli catàleg de tarifes, i que el preu del viatge pugui competir econòmicament amb el de l'autobús.

Dins de les tarifes comentades, hi havia un grup que permetien viatjar amb l'autobús de manera gratuïta. En la figura 6.51 observem la quantitat de viatges que s'han realitzat any rere any, remarcant la quantitat amb pagament o sense que s'han realitzat des de l'any 2002 fins a l'any 2015 en les línies del TMG.

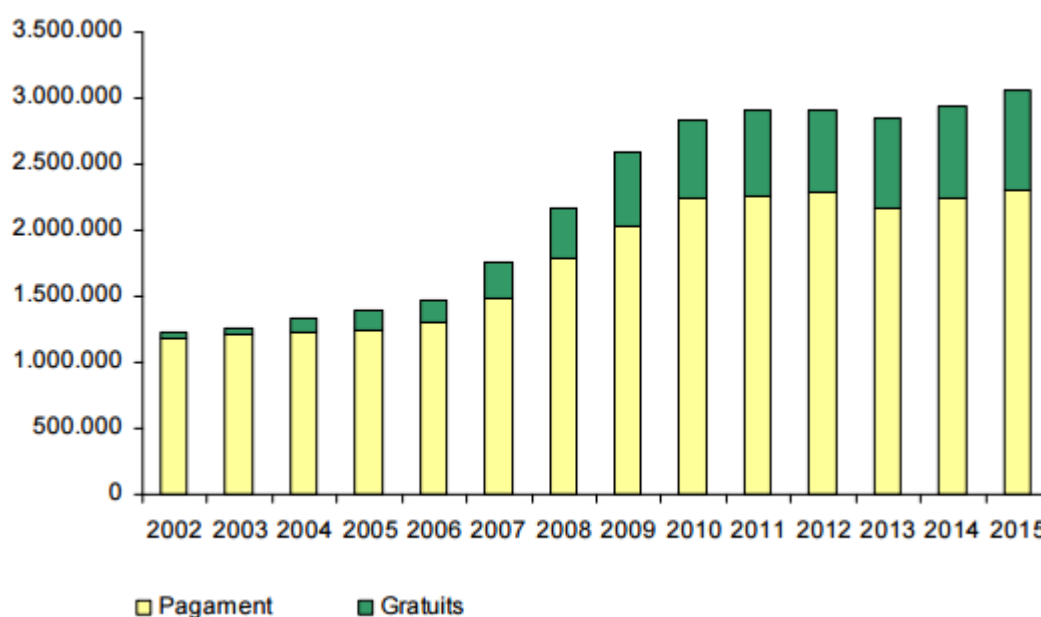


Figura 6.51. Gràfic on s'observen el nombre de persones que han viatjat amb autobús en cada any. Font: *Transports Municipals del Gironès S.A.U., memòria 2015.*

En la figura 6.52 es mostra el percentatge de viatges, en l'any 2015, que han estat pagats mitjançant el bitllet senzill, a través d'una targeta pertanyent a una tarifa o viatges realitzats de manera gratuïta. Aquestes dades són proporcionades públicament per l'empresa Transports Municipals del Gironès S.A.U., en el seu document Memòria 2015.

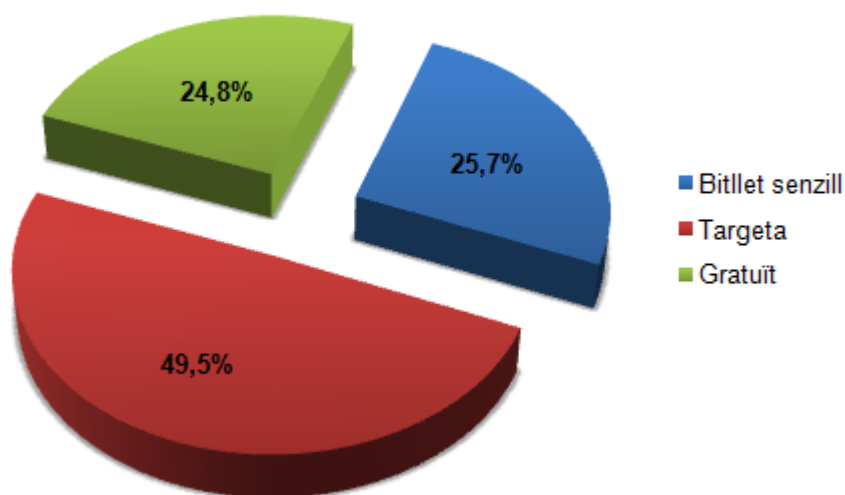


Figura 6.52. Diagrama circular on es mostren els percentatges de viatges fets segons el tipus de pagament.

Un altre factor important en el pagament del viatge és el moment en el qual es realitza aquesta operació. En l'observació de l'afluència de passatgers en les parades d'autobús del TMG, es va veure que el temps de parada augmentava considerablement quan hi havia viatgers que pagaven, en metàl·lic, el bitllet dins el mateix autobús.

Per tant, és interessant que s'eviti aquesta acció en el tramvia, obligant als usuaris que no disposin de targeta, a pagar i convalidar el bitllet abans d'entrar al tramvia. Un exemple és la planificació de pagament del TRAM de Barcelona, on la compra de bitllets es realitza abans d'entrar al tramvia, i dins d'aquest hi ha una màquina que llegeix els bitllets comprats, o bé les targetes corresponents a cada tarifa.

Per tenir una idea aproximada de les tarifes que es poden oferir a la població de Girona, analitzarem les promocions que ofereix la ciutat de Barcelona per a la seva

xarxa tramviària. Aquesta ciutat disposa d'una gran quantitat de targetes, les quals s'observen a la taula 6.21.

Taula 6.21. Tarifes del tramvia de Barcelona. Font: *TRAM Barcelona*.

Targeta	Descripció
TÍTOLS INTEGRATS	
T-10	10 desplaçaments il·limitats en una zona.
T-50/30	50 desplaçaments en 30 dies en una zona.
T-70/30	70 desplaçament en 30 dies en una zona.
T-Dia	Desplaçaments il·limitats en un dia en una zona.
T-Mes	Desplaçaments il·limitats en un mes en una zona.
T-Trimestre	Desplaçaments il·limitats en noranta dies en una zona.
T-Jove	Desplaçaments il·limitats en noranta dies en una zona, amb descompte.
TÍTOLS SOCIALS	
Rosa BCN	Per a majors de 60 anys o discapacitats.
Rosa zona 1	Per a majors de 60 anys o discapacitats, no residents.
T4	Permet fer 10 viatges amb vehicles del TRAM o TMB. Cal tenir la targeta Rosa BCN.
Passi d'acompanyant	Pas per a una persona addicional en una sola zona.
T-Pensionista	Per a majors de 60 anys o discapacitats.
Passi Pensionista	Pas gratuït per a pensionistes.
TÍTOLS FAMÍLIES NOMBRESES I MONOPARENTALS	
T-FM/FN 70/90	Mateixos viatges que en els títols integrats, però hi ha un descompte inclòs en el preu de cadascuna d'elles.
T-Mes	
T-Trimestre	
T-Jove	
TÍTOLS TURÍSTICS	
BCN Card	Té descomptes en espais culturals, i viatges gratuïts durant el servei nocturn.
BCN Card (2,3,4,5)	Com l'anterior, però amb descompte per si s'agafa per dos o més dies consecutius.
ALTRES TÍTOLS	
T-16	Desplaçaments il·limitats en la zona de residència per a nens d'edats entre 4 i 16 anys.
T-Escolar	Targeta de dos viatges destinada a l'ús de grups escolars.
T-Ambiental	Permet fer dos viatges en el mateix dia, durant els dies de situació ambiental.

6.7 Ampliacions de la via

En el recorregut que hem definit en aquesta proposta (secció 6.1), hem deixat certs punts d'interès per la població bastant allunyats de la línia del tramvia. Un primer exemple serien el centre comercial Espai Gironès i l'hospital Santa Caterina, ambdós pertanyents al municipi de Salt, i que concentren grans quantitats de gent.

Dues altres zones que no cobriria el tramvia, però que tenen una densitat de població força elevada per ser àrees allunyades del centre de la població, són el barri de Domeny i Germans Sàbat. En el primer s'està estudiant la possibilitat de situar-hi en un futur el nou hospital Josep Trueta, a més de tenir una zona industrial bastant àmplia; en el segon hi ha una forta concentració de població.

6.7.1 Fase I: C.C. Espai Gironès i Hospital Santa Caterina

La idea d'aquesta ampliació és la inclusió en el recorregut de les infraestructures corresponents al centre comercial Espai Gironès i l'hospital Santa Caterina. A més de ser punts d'alta afluència de gent, la zona al voltant del primer està sent explotada comercialment, albergant gran quantitats d'espais comercials, i la molt probable construcció del nou *IKEA*.

Per altra banda, en la zona propera a l'Hospital Santa Caterina s'hi troba una infraestructura pertanyent a la Universitat de Girona, l'Escola Universitària de la Salut i l'Esport. Els centres educatius sempre són punts amb alta demanda de transport públic, ja que gran quantitat d'estudiants usen aquest mitjà. Addicionalment, no es descarta traslladar l'hospital Josep Trueta en aquests parc hospitalari (en cas que s'exclogués l'opció de Domeny).

La intenció és incloure aquestes dues instal·lacions en el recorregut de la línia 1 proposada, però seguint el concepte de planificació del TRAM de Barcelona corresponent a la T1, T2 i T3. Aquestes línies, corresponents al Trambaix, comencen cadascuna en un lloc diferent, fins que les seves vies s'ajunten en un punt determinat. A la figura 6.53 observem l'estructura d'aquesta línia, on la circumferència negra indica l'inici de la T3, la vermella la de la T2, i la blava la de la T1.



Figura 6.53. Mapa del recorregut del Trambaix amb l'etiqueta de cada línia. Font: <http://www.tram.cat>

La idea és que, en la ciutat de Girona, en aquesta ampliació el tramvia inicia el seu recorregut al centre comercial Espai Gironès i segueixi el Camí dels Carlins fins a arribar a l'avinguda de la Pau, on es torbarà amb el parc hospitalari Martí i Julià, on hi ha l'hospital Santa Caterina. Aquesta ruta és paral·lela a la línia 1 que s'inicia en el Pavelló Municipal d'esports de Salt, i la unió entre aquesta i la fase d'ampliació es faria a través del carrer Alfons Moré. A la figura 6.54 veiem la ruta d'ampliació proposada.

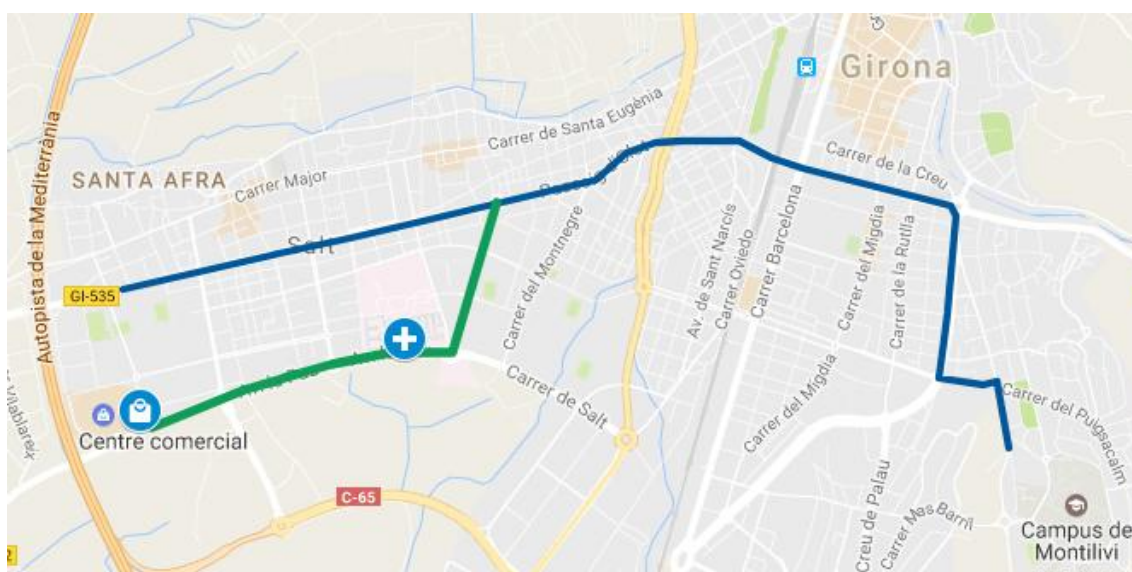


Figura 6.54. Ampliació de la ruta de la línia 1. En blau la proposada inicialment, i en verd l'ampliació proposada.

Aquesta ampliació també seria una opció de futur, ja que a la part sud de l'avinguda de la Pau, coneguda com el Sitjar, només s'hi localitzen terrenys. Tot i això, té l'espai necessari per destinar-hi la construcció d'edificis per satisfer el creixement de la població de Salt.

6.7.2 Fase II: Domeny i Germans Sàbat

El barri oest de Girona, format per Domeny, Germans Sàbat i Fontajau, és la zona que queda més desentesa de la xarxa de tramvies, ja que cap dels carrers seleccionats en la secció 6.1, ni les parades ubicades en la secció 6.2 són propers als barris comentats, amb l'excepció de la parada de Sant Ponç, com es pot veure a la figura 6.55, la qual es troba a 5 minuts de la rambla Xavier Cugat (Fontajau).

Segons les estadístiques proporcionades per l'empresa Transports Municipals del Gironès S.A.U., la línia 5 d'autobusos és la més utilitzada juntament amb les línies 1 i 2. La línia 5 té un recorregut força llarg: surt d'Aiguaviva, passant per Vilablareix, i un cop dins de Girona travessa completament el barri de Sant Narcís, el qual té una gran densitat de població (veure mapa annex A), i després es dirigeix al centre de Girona, a partir del qual circula cap als barris de Fontajau, Domeny i Germans Sàbat.



Figura 6.55. Situació dels barris de Domenys i Germans Sàbat respecte les parades de sant Ponç.

La necessitat d'abastir aquest barri oest amb un tramvia seria una decisió que hauria de ser consultada amb els habitants d'aquest barri, ja que són ells els que indicarien la manca de places en l'autobús en determinades hores, o si necessitarien un transport més ràpid per desplaçar-se al centre de la ciutat.

La solució que es proposa per cobrir el barri oest amb un sistema de tramvies és semblant a la proposada en la fase I. La via s'inicia en la intersecció entre la carretera de Taialà i el carrer de Collsacabra, i segueix la primera fins a arribar a la rotonda de Fontajau. A partir d'aquesta travessa el pont de Fontajau i es dirigeix al carrer Joaquim Vayerda, en el qual es connecta amb la línia 2 proposada en aquest estudi. A la figura 6.56 podem observar aquesta proposta.

Un altre factor que cal tenir present en el cas que es considerés l'opció d'ampliar la xarxa per tal que arribi al barri oest, és la possible situació de l'hospital Josep Trueta en el barri de Domeny, fet que mobilitzaria una gran quantitat de persones cap a la zona.

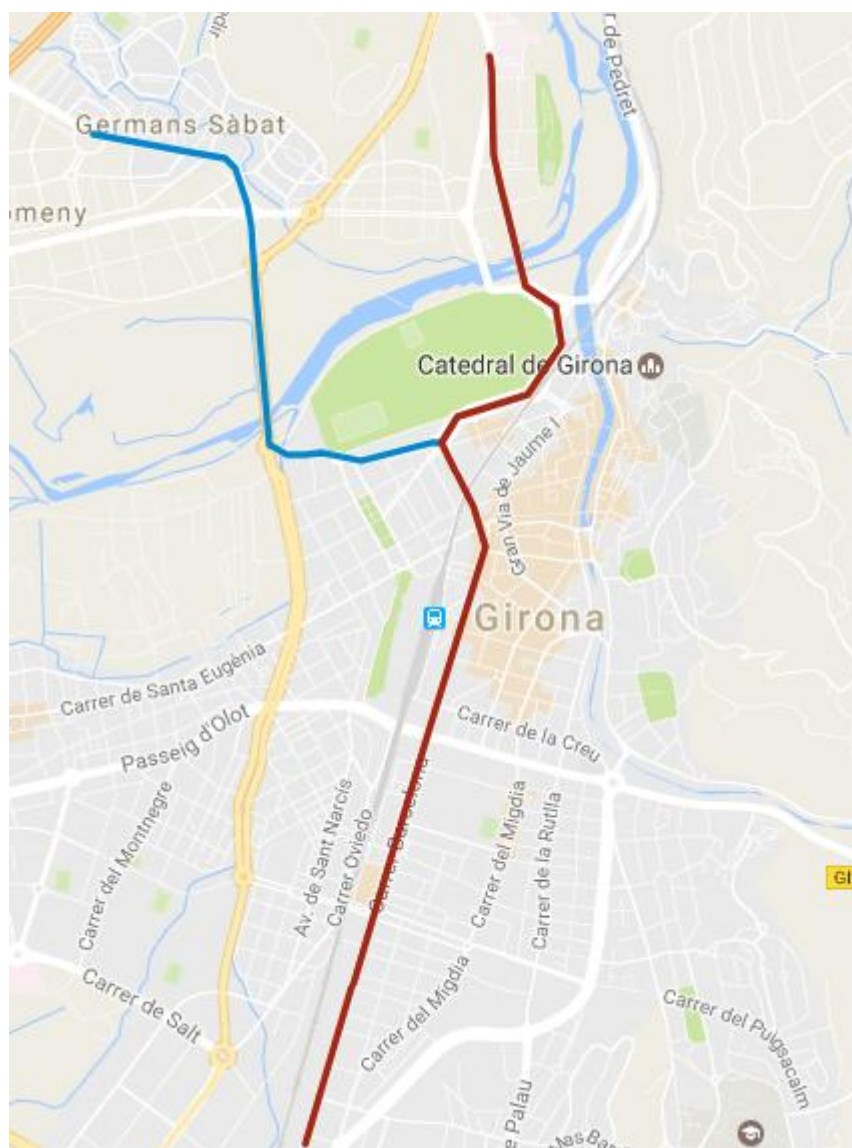


Figura 6.56. Ampliació de la línia 2. En vermell la línia actual, i en blau el tram d'ampliació proposat.

7 PRESSUPOST

El pressupost d'elaboració de l'estudi s'ha fet d'acord a les hores dedicades en realitzar-lo. Aquestes hores s'han desglossat segons la tasca a les quals corresponen, com pot ser la utilització de programes informàtics o el temps destinat a llegir la normativa.

CODI	DESCRIPCIÓ	COST(€/h)	QUANTITAT (h)	IMPORT TOTAL (€)
1000	Recerca d'informació	10	30	300,00
2000	Obtenció de plànols	20	13	260,00
3000	Utilització de software especialitzat	50	65	3250,00
4000	Anàlisi de solucions	60	75	4500,00
5000	Aprenentatge de la normativa	20	15	300,00
6000	Elaboració tècnica de l'estudi	30	46	1380,000
SUBTOTAL				9990,00
14% COST INDIRECTE				1398,60
21% IVA				2391,60
TOTAL				13780,20

El pressupost corresponent a l'elaboració de l'estudi realitzat és de TRETZE MIL SET-CENTS VUITANTA EUROS amb VINT CÈNTIMS.

8 CONCLUSIONS

En aquest estudi s'han analitzat els elements més bàsics que caracteritzen una xarxa de tramvies com serien el recorregut a través de la ciutat, la ubicació de les parades al llarg del recorregut, els canvis en la distribució dels carrers a causa de la inserció de la via, i el tipus de tramvia que millor s'adapta la ciutat.

El recorregut que ha de realitzar el tramvia ha set un dels temes més complicats d'abordar, ja que es buscava fer circular aquest mitjà de transport per carrers que creuessin tota la ciutat, i alhora tinguessin una amplada suficient per situar-hi la via sense modificar en grans magnituds la distribució d'aquests. Els carrers que complien amb les condicions necessàries per situar-hi la via eren els següents:

- Passeig dels Països Catalans
- Passeig d'Olot
- Carrer d'Emili Grahit
- Avinguda Lluís Pericot
- Avinguda Montilivi
- Carretera Barcelona
- Carrer Riu Güell
- Avinguda França

Per tal de crear un sistema de tramvies que es distribuís per tota la ciutat i tingués una alta freqüència de pas, es va considerar la creació de dues línies independents, de manera que una travessés la ciutat d'oest a est, i l'altra realitzés el trajecte de nord a sud, i que ambdues coincidissin en un punt per tal que aquest s'usés com a parada de transbord pels usuaris que, per exemple, decidint fer el recorregut oest-nord.

El següent pas va ser la ubicació de les parades en el recorregut seleccionat. Aquestes ubicacions s'havien de justificar segons tres paràmetres diferents: la densitat de la població en les zones pròximes al recorregut, els punts d'interès per la població (escoles, hospitals, comerços, etc.), i un tercer que es va trobar interessant de realitzar, que va ser l'observació de l'afluència de viatgers en les línies d'autobús del TMG que recorrien els carrers per on es plantejava fer passar el tramvia.

En la ubicació de les parades va ser de gran ajuda l'eina matemàtica coneguda com a isòcrona, la qual permetia ajustar les posicions de les parades en el recorregut, amb l'objectiu que una persona no hagués de caminar més de cinc minuts per tal d'arribar a una parada del tramvia. Aquesta eina, juntament amb els tres paràmetres anteriors, definien les millors localitzacions de les parades al llarg del recorregut, minimitzant el nombre de parades del tramvia però distribuint-les de manera que les línies estiguessin totalment cobertes.

En aquest treball es va considerar important l'estudi del temps de parada. En el moment de realitzar l'observació de l'afluència de gent en les línies del TMG, es va anotar el temps que l'autobús estava aturat degut a la pujada o baixada de persones. La finalitat de l'estudi era obtenir uns models de predicció del temps que hauria d'estar aturat el tramvia segons la quantitat de persones que entressin o baixessin del tramvia, incloent-hi els casos de persones amb cotxet de nadons i persones amb mobilitat reduïda.

Aquests models de predicció formen una de les bases necessàries per a la concepció de l'horari del tramvia, i és que una de les variables que es té en compte és el temps durant el qual aquest vehicle està aturat en les parades. Tot i això, la creació d'un horari, així com la freqüència de pas no s'ha realitzat en aquest estudi.

En el moment d'estudiar la inserció de la via en els carrers de la ciutat es va comprovar que hi havia un gran nombre de factors que s'havien de tenir en consideració. Primerament era necessari saber si els carrers seleccionats eren suficientment amples com per tal de situar-hi dues vies, i segonament si es podia mantenir el nombre de carrils. Per tal de saber aquestes mesures es va consultar la normativa de la ciutat en relació amb les amplades de cada carril de tràfic, conclouent que la xarxa disposaria d'una sola via.

Tot i això, la inserció d'una sola via, acompanyada de les distàncies de seguretat, i de les plataformes necessàries per accedir al tramvia, així com els refugis per als vianants per travessar els carrers amb seguretat, significava la reducció del nombre de carrils en la majoria de carrers de la ciutat.

Un altre factor que es va estudiar era la posició d'aquesta via en els carrers, ja que si se situava en posició lateral, les voreres ja actuaven com a plataforma, implicant que no era necessari reduir el nombre de carrils en certs carrers. Però es va observar que la posició central de la via en el carrer proporcionava més seguretat i menys obstacles al tràfic, ja que el radi de visió entre el tramvia i la resta de tràfic (rodat o vianants) era molt major respecte la lateral. Tot i això, en els carrers com la ronda Ferran Puig i el carrer Riera de Buganto la millor opció era la posició lateral.

Un altre aspecte relacionat amb la inserció de la via era el seu pas per gloriets. En aquests punts la distribució de la via pot variar segons si el tramvia travessa la rotonda o bé surt per un lateral d'aquesta. Per tant, es van realitzar una sèrie de plànols mitjançant el *software* de l'*Autocad* per tal de visualitzar com seria el pas del tramvia per cadascuna de les rotondes del recorregut.

Després de comprovar que el sistema només disposaria d'una sola via, va sorgir el problema de com podrien recórrer sobre la mateixa via dos tramvies simultàniament, ja que un de sol causa que la freqüència de pas per les parades sigui massa baixa. La solució estava en crear una sèrie de derivacions adjuntes a la via en un punt del recorregut, de manera que els dos tramvies no signifiquessin un obstacle entre si.

La primera idea que va sorgir en el moment d'analitzar les característiques de la implementació del tramvia en la ciutat, era que no s'hagués d'aturar en les interseccions, ja que així s'evitava alentir el trajecte del tramvia. Per aconseguir-ho es van estudiar els dos sistemes més coneguts que donen prioritació de pas en les interseccions, apostant per el de la Prioritat Semafòrica, el qual s'adapta millor a les necessitats de la xarxa.

En avançar en l'estudi va aparèixer la qüestió de saber quin era el tipus de tramvia que més s'adaptava a la situació de la ciutat i a la demanda de la població. Entre les opcions es va decantar cap al metro-lleuger, sent el tipus de tramvia més utilitzat en les diferents xarxes mundials. Tot i això, es va deixar la porta oberta als tramvies que operen sense catenària i els tren-tram.

Com que l'estudi econòmic necessari per determinar el preu del bitllet del tramvia, juntament amb les tarifes que es proporcionarien a la població, era massa extens per dur-lo a terme, es va optar per clarificar com seria el mètode de pagament en el tramvia, conclouent que el bitllet s'ha de pagar abans d'entrar al tramvia, i mostrant la quantitat de viatges gratuïts o de pagament que es realitzen cada any a les línies d'autobús del TMG.

Finalment, es va observar que el recorregut proposat podria ampliar-se per tal de cobrir més zones de la ciutat. En total s'han realitzat dues fases d'ampliació diferents, una per cada línia. S'ha proposat una via que transcorre per l'avinguda de la Pau, i s'ajunta al recorregut de la línia 1 en la rotonda Tren d'Olot; i una altra via que té l'origen al barri de Germans Sàbat, i es connecta a la línia 2 al carrer Riu Güell.

9 TREBALL FUTUR

Hi ha diferents factors que formen part d'una xarxa tramviària, i que en aquest estudi no s'han realitzat perquè requereixen d'estudis complementaris, o bé de càlculs més complexos. A continuació fem un llistat dels paràmetres que caldria analitzar per tal de completar amb èxit la xarxa del tramvia.

- Cost del bitllet del tramvia, així com les tarifes que es podrien oferir segons la condició social.
- Estudi de l'horari de pas del tramvia per cada parada de les dues línies.
- Acotació precisa de la distribució de la via en el seu pas per gloriets, i també per el cas del bypass.
- Instal·lació de les màquines de venda de bitllets i informació en cadascuna de les parades.
- Instal·lació de les senyalitzacions corresponents al tramvia en el carrer.
- Estudi del disseny del pont que connecta el carrer Riera de Buganto i l'avinguda Montilivi.

10 AGRAÏMENTS

Donar gràcies primerament als meus tutors, en Josep Daunis i Estadella i la Remei Calm Puig, per el suport durant tot el projecte, així com els seus consells i implicació en el tema.

Agrair l'empresa del TRAM de Barcelona, concretament per la senyora Olatz Ortiz, per tota la informació que m'han proporcionat sobre el funcionament de la xarxa de tramvies en la ciutat de Barcelona, donant-me tots els detalls que necessitava i demanava.

La realització de molts apartats no hauria estat possible sense l'ajuda de l'Ajuntament de Girona i Salt, ja que ambdós m'han proporcionat plànols de la quantitat de població de cada municipi respectivament.

11 BIBLIOGRAFIA

<http://www.quo.es/ser-humano/quien-invento-el-tranvia>

<http://blogs.20minutos.es/yaestaellistoquetodolosabe/cual-es-el-origen-de-los-tranvias/>

<http://www.lrta.org/mrthistory.html>

http://www.brooklynrail.net/info_streetcar.html

<http://www.edisontechcenter.org/TrolleysTrams.html>

<http://mundo-ferroviario.es/index.php/historia/6101-breve-historia-de-los-tranvias-en-espana>

<http://www.spanishrailway.com/2012/05/14/tranvias-de-bilbao-tranvia-de-la-primera-etapa/> (imatges)

http://www.welshwales.co.uk/mumbles_railway_swansea.htm

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16227/La%20nueva%20era%20del%20tranv%C3%ADa%20como%20modo%20de%20transporte%20necesidad%20o%20moda%20-%20Oliver%20Alcalde%20Fern%C3%A1ndez.pdf>

<http://clubdeamigos.crtm.es/para-ti-m/info-util/historia-del-transporte-en-madrid.html>

<http://www.spanishrailway.com/2012/05/14/tranvias-de-bilbao-tranvia-de-la-primera-etapa/>

<http://juanansoler.blogspot.com.es/2012/11/los-tranvias-en-valencia.html>

<http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=2928>

http://www.vialibre-ffe.com/pdf/alicante_dossier526.pdf

<http://www.provinciadealicante.es/tram/>

http://www.vialibre-ffe.com/pdf/barcelona_dossier526.pdf

http://www.trenscat.com/tram/trambesos_ct.html

http://www.trenscat.com/tram/trambaix_ct.html

<http://www.crtm.es/tu-transporte-publico/metro-ligero.aspx>

http://www.vialibre-ffe.com/pdf/madrid_dossier526.pdf

http://www.vialibre-ffe.com/pdf/tenerife_dossier526.pdf

<http://metrotenerife.com/recorridos-y-horarios-3/>

http://www.vialibre-ffe.com/pdf/valencia_dossier526.pdf

<http://www.metrovalencia.es/planos.php?page=103>

<https://vitoriaenconstruccion.wordpress.com/tranvia/>

<http://elcarril.es/las-nuevas-redes-de-tranvia-y-metro-ligero-en-espana/>

<http://listas.20minutos.es/lista/tranvias-de-espana-337520/>

<http://www.tussam.es/index.php?id=166>

<http://www.tranviademurcia.es/historia>

<https://www.soydezaragoza.es/paradas-tranvia-zaragoza/>

<http://www.tranviasdezaragoza.es/es/informacion/nuestra-linea>

<http://trendesoller.com/tranvia/>

<http://www.viaparla.com/esquema-de-linea/>

<https://www.tmb.cat/ca/sobre-tmb/transports-tmb/tramvia-blau-tibidabo>

http://ccaa.elpais.com/ccaa/2015/04/12/andalucia/1428854290_052843.html

http://www.lavozdegalicia.es/noticia/coruna/coruna/2016/02/04/ayuntamiento-repondra-tranvia-elevado-coste/0003_201602H4C1995.htm

<http://www.tranviascoruna.com/sobre-nosotros/>

<http://fuckyeahtrams.tumblr.com/post/552941158/advantages-disadvantages-of-trams>

<https://www.theguardian.com/theguardian/2012/oct/31/trams-better-than-buses>

http://www.heraldsotland.com/news/11900584.Many_disadvantages_of_trams/

<http://www.lrta.org/TramForward/TAUT%20Sept%20338%20tram%20v%20trolleybus.pdf>

<http://www.elpalleter.com/actualitat/economia/noticies/25102003.htm>

<http://www.diferencia-entre.com/diferencia-entre-metro-y-tranvia/>

<https://www.quora.com/What-are-the-pros-and-cons-of-building-overground-metro-rail-subway-systems-as-compared-to-traditional-underground-ones>

<http://www.tram.cat/corporativa/tram-xifres/>

<https://www.tmb.cat/ca/sobre-tmb/coneix-nos/transport-xifres>

<https://www.metromadrid.es/es/conocenos/infraestructuras/red/>

<http://www.emtmadrid.es/Empresa/Somos/cifras>

<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/anuario/ianucap09.htm>

http://www.vialibre-ffe.com/pdf/Consumo_energ%C3%ADa%20y%20emisiones_transporte.pdf

<https://rioc.ny.gov/tramtransportation.htm>

<http://web.mta.info/nyct/facts/ridership/>

<https://www.theguardian.com/uk/2013/jan/08/london-underground-facts-and-figures>

<http://metro.kingcounty.gov/up/projects/pdf/TrolleyEvalQandA.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_United_States_light_rail_systems_by_ridership

https://www.sfmta.com/sites/default/files/reports/2016/Delivering%20Progress%20SFM TA%20FY%202016%20Annual%20Report_0.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_United_States_local_bus_agencies_by_ridership

<http://www.apta.com/resources/statistics/Documents/Ridership/2016-q4-ridership-APTA.pdf>

http://www.co2nnect.org/help_sheets/?op_id=602&opt_id=98&nmlpreflang=es

<https://ecomovilidad.net/madrid/metro-ligero-tranvia-moderno-tren-tram/>

<http://www.caf.net/es/productos-servicios/soluciones-integrales/casos-estudio/metro-sevilla.php>

<https://www.trenvista.net/descubre/mundo-subterraneo/que-es-metro-ligero-y-metro-convencional/>

http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra356_08.pdf

<http://www.gerio.cat/noticia/107597/carles-jaume-veu-molt-dificil-el-soterrament-del-tren-convencional-a-girona>

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16227/La%20nueva%20era%20del%20tranv%C3%ADa%20como%20modo%20de%20transporte%20necesidad%20o%20moda%20-%20Oliver%20Alcalde%20Fern%C3%A1ndez.pdf>

<http://www.fersil-railway.com/es/el-ferrocarril-en-el-mundo/presentacion-de-los-distintos-tipos-de-transportes-ferreos-urbanos/>

<https://ecomovilidad.net/granada/trolebus-tranvia-metro-ligero-pesado-diferencias/>

<https://ggwash.org/view/36980/how-to-tell-the-difference-between-streetcars-and-light-rail>

<http://www.railway-technology.com/projects/yorktramtrain/>

<https://www.trenvista.net/descubre/mundo-ferroviario/los-innovadores-tranvias-sin-catenaria/>

<https://www.quora.com/What-are-the-advantages-disadvantages-of-an-electrified-rail-versus-overhead-line-when-designing-train-underground-systems>

<https://www.trenvista.net/descubre/mundo-ferroviario/los-innovadores-tranvias-sin-catenaria/> [foto]

<http://www.polisnetwork.eu/publicdocuments/download/1766/document/hybrid-electric-and-rapid-accumulator-systems-2---finalpolis.pdf>

<http://www.polisnetwork.eu/publicdocuments/download/1766/document/hybrid-electric-and-rapid-accumulator-systems-2---finalpolis.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/Bi-directional_vehicle

<http://www.historyworks.com.au/TAloopsarticle.pdf>

https://definedterm.com/car_unidirectional

<http://www.heritagetrolley.org/defSingleDoubleTrack.htm>

https://en.wikipedia.org/wiki/Single-track_railway

<http://www.girona.cat/bus/cat/linies.php>

<http://www.diaridegirona.cat/girona/2013/09/26/barri-vell-podria-dues-linies/636589.html> L9

<http://www.girona.cat/bus/cat/tarifes.php>

<http://viusalt.com/informacio-salt-girona-costa-brava/transport-public-salt-espai-girones-eram-euses/>

<http://www.gironain.cat/c/1/girona/bus/6/vila-roja-girona-pont-major-sarria-de-ter>

<https://www.girocleta.cat/>

http://www2.girona.cat/ca/ciutat_transports_bicicleta_girocleta

<https://ca.wikipedia.org/wiki/Girocleta>

http://www.girona.cat/adminwebs/docs/m/e/memoria_tecnica_2015.pdf

<http://www.ias.cat/ca/contingut/hospital/561>

<http://www.tram.cat/es/el-tranvia/parada-tranvia/>

<http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis/>

http://www.girona.cat/adminwebs/docs/i/0/i05_estudi_amplada_carrers.pdf

http://www2.girona.cat/documents/11622/356394/1_2014-11-05-PMU_GRN-Doc1-Memoria-v19-alegacions-TOT.pdf

http://www2.girona.cat/documents/11622/356394/analisi_oferta_3-4-1.pdf

http://www.gmv.com/blog_gmv/sistema-de-priorizacion-semaforica/

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813022301>

<http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20Compact%20-%20Product%20Sheet%20-%20EN.pdf?epslanguage=en-GB>

<http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20Compact%20-%20Product%20Sheet%20-%20EN.pdf?epslanguage=en-GB>

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9699/01.pdf?sequence=1>

<https://www.railpage.com.au/f-t11386473-0-asc-s0.htm>

http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20170206150022/http://www.orr.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0018/2637/rspg-2g-trmwys.pdf

<http://eadic.com/wp-content/uploads/2013/11/Metros-y-tranv%C3%ADas.pdf>

[https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Transit_signal_priority_\(TSP\)](https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Transit_signal_priority_(TSP))

<http://www.infotron.com.pl/index.php/en/public-transport-priority>

http://www.eltis.org/sites/eltis/files/ITS_Telematics_6.pdf

<http://www.infodev.ca/vehicles/products-and-passenger-counters/products/systems/tlps.html>

http://cms.ce.ufl.edu/news_events/weisman.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_signal_preemption

<https://nacto.org/publication/transit-street-design-guide/intersections/signals-operations/active-transit-signal-priority/>

<http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20Compact%20-%20Product%20Sheet%20-%20EN.pdf?epslanguage=en-GB>

<http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20X05%20-%20Product%20sheet%20-%20English.pdf?epslanguage=en-GB>

<http://www.tram.cat/es/titulos-y-tarifas/billetes-para-viajar/todos-los-billetes/>

http://www.girona.cat/adminwebs/docs/m/e/memoria_tecnica_2015.pdf

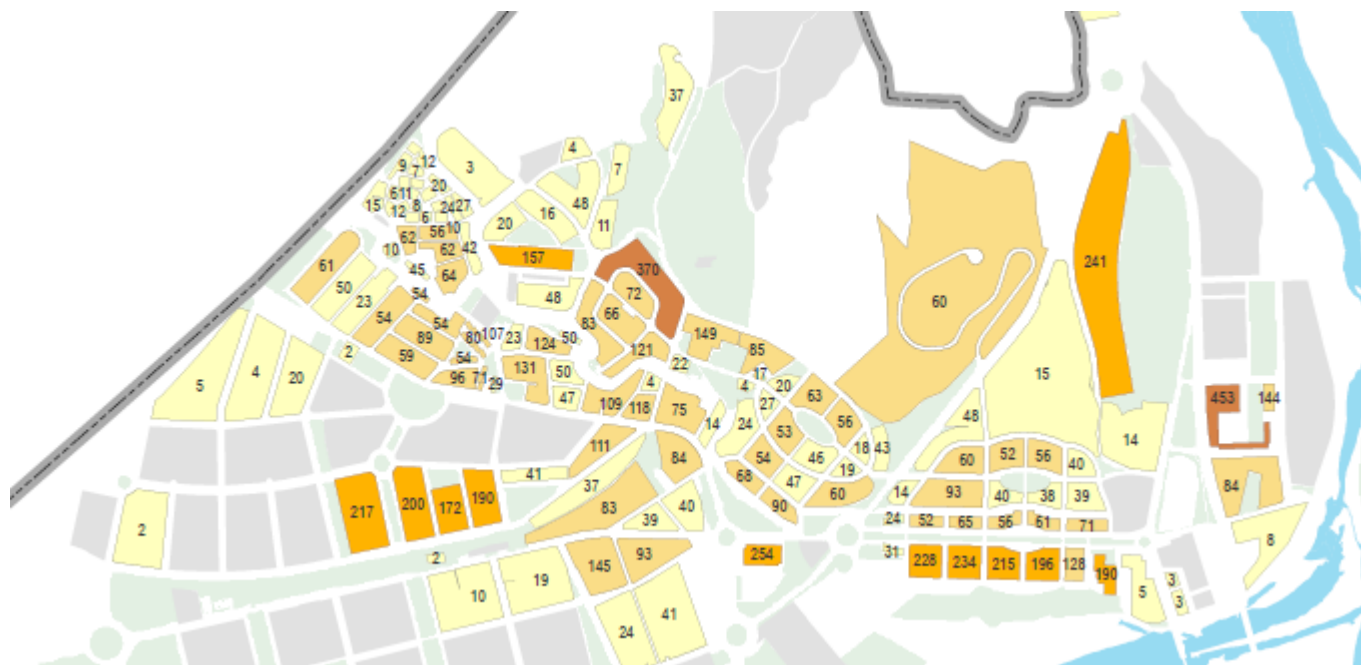
<http://www.diaridegirona.cat/girona/2017/05/18/pdecat-girona-vol-nou-trueta/846772.html>

http://cadenaser.com/emisora/2016/11/11/radio_girona/1478868716_427041.html

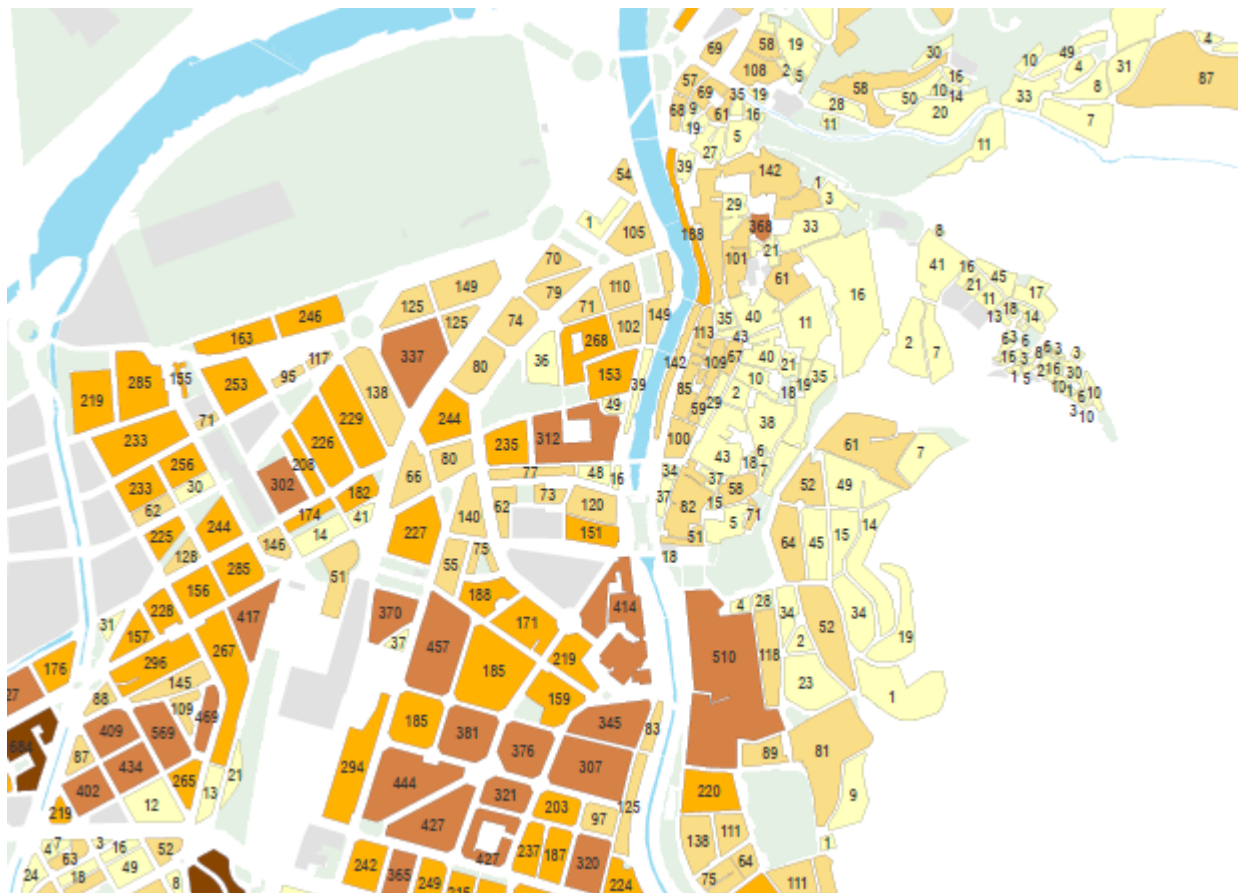
<https://www.iso4app.net/demo.jsp>

A MAPES DE POBLACIÓ

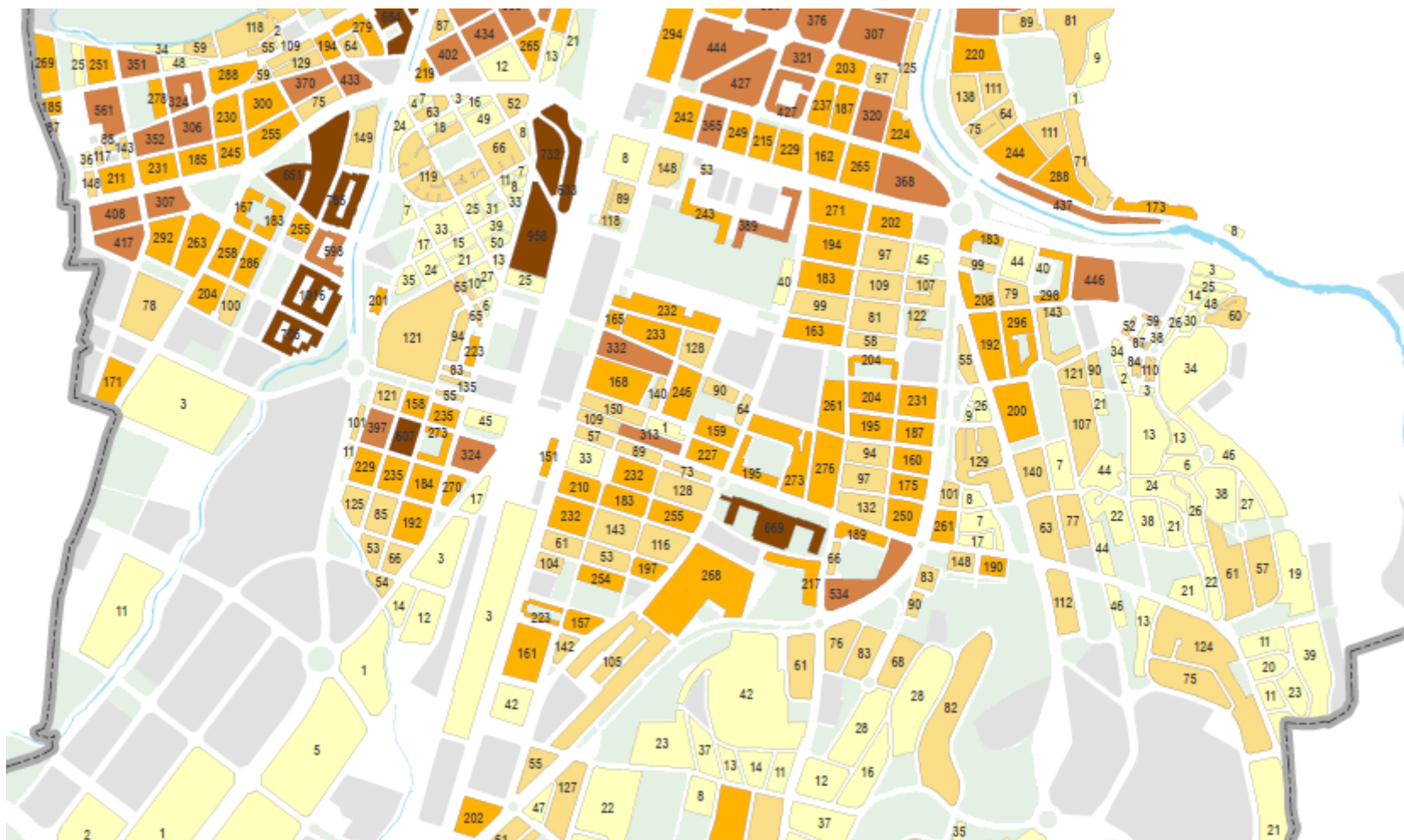
A.1 MAPA DE GIRONA. DOMENY, GERMANS SÀBAT, FONTAJAU I SANT PONÇ



A.2 MAPA DE GIRONA. BARRI VELL I EIXAMPLE NORD



A.3 MAPA DE GIRONA. SANTA EUGÈNIA, SANT NARCÍS I EIXAMPLE SUD



A.4 MAPA DE SALT

