



Sistemi LRT in città spagnole di medie dimensioni: i casi di Granada e Tenerife

LRT systems in Spanish medium-sized cities: the cases of Granada and Tenerife

Margarita NOVALES^(*)
Christian MUÑOZ^(**)
Andrés MUÑOZ^(***)

Sommario - Questa ricerca confronta le LRT di Granada e di Tenerife, Linea 1, in relazione all'inserimento urbano, le caratteristiche tecniche delle linee e dei veicoli, le caratteristiche di esercizio, l'evoluzione della utenza e la soddisfazione e il comportamento del passeggero. La LRT di Granada è l'ultima entrata in esercizio in Spagna, mentre la linea 1 di Tenerife è la più simile esistente, inserendo nel contesto i primi risultati dell'esercizio di Granada.

Il documento descrive l'effetto dell'apertura della LRT di Granada sull'intera rete di trasporto (un aumento del 6,5% dell'utenza media giornaliera per il periodo gennaio-settembre 2018 in relazione al 2017). Si analizza l'evoluzione dell'utenza per l'intero periodo di attività di Tenerife (2007-2017), spiegando l'effetto della crisi economica e giungendo ad alcune conclusioni su cosa ci si può aspettare nel caso di Granada.

Parole chiave: Metropolitana leggera; Utenza; Soddisfazione del passeggero; Caratteristiche tecniche metropolitana leggera (LRT); Caratteristiche operative LRT; Scelte di movimentazione.

1. Introduzione

Attualmente ci sono dodici aree metropolitane in esercizio in Spagna, con almeno un sistema di metropolitana leggera. Queste sono mostrate nella Fig. 1, con l'anno di apertura tra parentesi per la prima linea di ogni sistema. I sistemi raffigurati con un quadrato sono la spina dorsale della rete di trasporto nell'area metropolitana, mentre quelli rappresentati con un cerchio completano una rete

Summary - This research makes a comparison between Granada's and Tenerife's line 1 LRTs in relation to the urban insertion, the technical characteristics of the lines and vehicles, the operational features, the ridership evolution and the user satisfaction and behavior. Granada's LRT is the latest that has started its service in Spain, while Tenerife's line 1 is the most similar existing one, putting into context the first results of Granada's operation.

The effect of Granada's LRT opening into the whole transit network is described in the paper (a 6.5% increase in the average daily ridership for the 2018 January-September period in relation to 2017). The evolution of ridership for Tenerife's whole period of operation (2007-2017) is analyzed, explaining the effect of the economic crisis, and coming to some conclusions about what can be expected in Granada's case.

Keywords: Light rail; Ridership; User satisfaction; LRT technical characteristics; LRT operational characteristics; Choice riders.

1. Introduction

There are twelve metropolitan areas in Spain with at least one light rail system currently in operation. They are shown in Fig. 1, with the opening year for the first line of each system in brackets. The systems depicted with a square are the backbone of the transit network in the metropolitan area, while the ones depicted with a circle complement a network with a heavier system, such as a metro or a commuter rail.

^(*) Ingegnere civile, Dottore di ricerca. Professore Associato. Università di La Coruña.

^(**) Consorzio del Trasporto Metropolitan dell'Area di Granada. Direttore Tecnico e Generale.

^(***) Metropolitana di Tenerife. Direttore Generale.

^(*) Civil Engineer, PhD. Associate Professor. University of A Coruña.

^(**) Consorcio de Transporte Metropolitano del Área de Granada. Technical and Managing Director.

^(***) Metro de Tenerife. Managing Director.

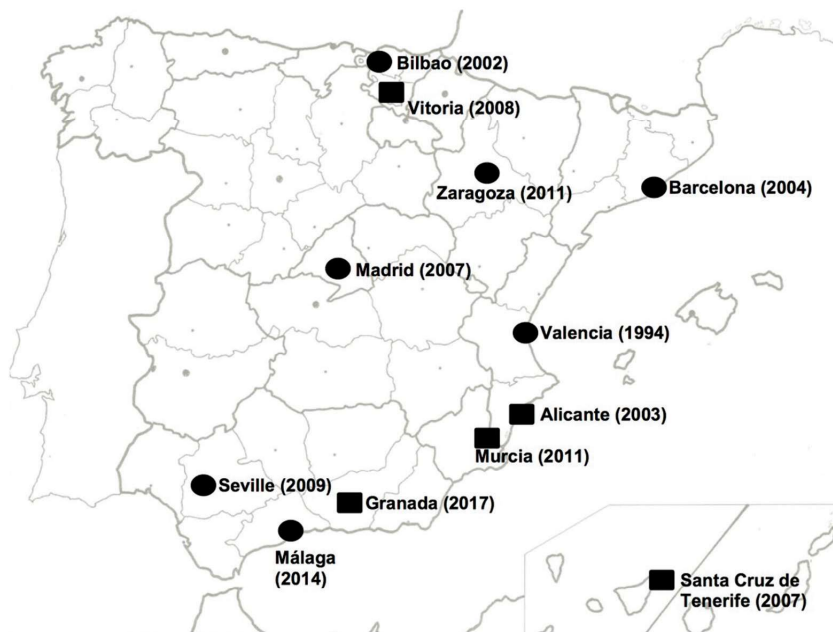


Fig. 1 - Sistemi di metropolitana leggera attualmente in funzione in Spagna.
Fig. 1 - Light rail systems currently in operation in Spain.

con un sistema più pesante, come una metropolitana o una ferrovia per i pendolari.

Esiste più di un sistema di metropolitana leggera in alcune delle aree metropolitane rappresentate (Madrid e Barcellona). Maggiori informazioni sono disponibili su alcune delle reti LRT spagnole in [1], [2], [3], [4], [5], [6] e [7].

L'ultimo sistema che è entrato in esercizio è quello di Granada, inaugurato il 21 settembre 2017. Questo sistema è alquanto simile alla prima linea LRT di Santa Cruz a Tenerife, in servizio dal 2 giugno 2007.

2. Scopo di questa ricerca

Lo scopo di questo studio è di presentare un confronto dettagliato delle LRT di Granada e della linea 1 di Tenerife, che ponga in relazione i primi risultati dell'esercizio di Granada e fornisca suggerimenti sugli scenari futuri di questo sistema.

Il confronto sull'inserimento urbano, le caratteristiche tecniche delle linee e dei veicoli e le caratteristiche operative di entrambi i sistemi, come anche la ripartizione modale in entrambe le aree metropolitane, tendono a giustificare l'uso dei dati di Tenerife per elaborare le previsioni per Granada. In questo modo, si può impostare un confronto tra l'evoluzione dell'utenza tra Granada e Tenerife, mostrando le tendenze simili tra i due sistemi e il potenziale di crescita per Granada nei prossimi mesi. L'evoluzione dell'utenza è analizzata per l'intero periodo di esercizio per Tenerife (2007-2017), spiegando l'effetto della

In some of the depicted metropolitan areas (Madrid and Barcelona), there is more than one light rail system. More information about some of the Spanish LRT networks can be found in [1], [2], [3], [4], [5], [6] and [7].

The latest system that started operation is Granada, which opened to service in September 21, 2017. This system is quite similar to the first line of Santa Cruz de Tenerife's LRT, which is in service since June 2, 2007.

2. Purpose of this research

The purpose of this study is to make a detailed comparison of Granada's and Tenerife's line 1 LRTs, which will put into context the first results of Granada's operation and give hints about future scenarios for this system.

The comparison about the urban insertion, the technical characteristics of the lines and vehicles, and the operational features of both systems, as well as the modal split in both metropolitan areas, will justify the use of Tenerife's data to make forecasts for Granada. Thus, a comparison of ridership evolution between Granada and Tenerife will be made, showing the similar trends between both systems and the potential for growth in the next months for Granada. The evolution of ridership for the whole Tenerife's period of operation (2007-2017) will be analyzed, explaining the effect of the economic crisis, and coming to some conclusions about Granada's case.

Additionally, the paper will describe how the opening of Granada's LRT has led to an increase in transit use and users loyalty. Finally, user satisfaction and behavior will be analyzed.

3. Granada's and Tenerife's LRT features

This section shows the main characteristics of Granada's LRT and Tenerife's line 1, especially in relation to the populations served and the technical features of their lines and vehicles.

3.1. The routes and their coverage of the metropolitan areas

Granada's LRT system comprises a single line with a length of 15.9 km and 26 stops. 17% of the alignment runs underground through the busiest part of the city center (2.7 km with 3 stations), while the other 83% runs on surface (13.2 km with 23 stops). Fig. 2a shows how the corridor links the city of Granada with the northern suburbs of Macarena and Albolote, and the southern suburb of Armil-

crisi economica ed apportando ad alcune conclusioni sul caso di Granada.

Inoltre, questa memoria descrive come l'apertura della LRT di Granada abbia portato ad un aumento dell'uso del trasporto e alla fedeltà degli utilizzatori. Infine, sono analizzati la soddisfazione e il comportamento dei passeggeri.

3. Caratteristiche LRT di Granada e Tenerife

Questa sezione mostra le principali caratteristiche dei sistemi LRT di Granada e della linea 1 di Tenerife, soprattutto in relazione alle popolazioni asservite e alle caratteristiche tecniche delle loro linee e veicoli.

3.1. Percorsi e la loro copertura delle aree metropolitane

Il sistema LRT di Granada comprende una linea singola con una lunghezza di 15,9 km e 26 fermate. Il 17% del tracciato in galleria al di sotto della parte più trafficata del centro città (2,7 km con 3 stazioni), mentre il restante 83% rimane in superficie (13,2 km con 23 fermate). La Fig. 2, parte (a), mostra come il corridoio colleghi la città di Granada con la periferia settentrionale di Macarena e Albolote e il sobborgo meridionale di Armilla. Lo schema grafico, evidenzia anche come la linea copra le aree più popolate del centro città (interessando l'Università, le stazioni ferroviarie e gli autobus interurbani, lo stadio e il Parco Tecnologico Sanitario con l'Ospedale Universitario) ed i suoi dintorni [8].

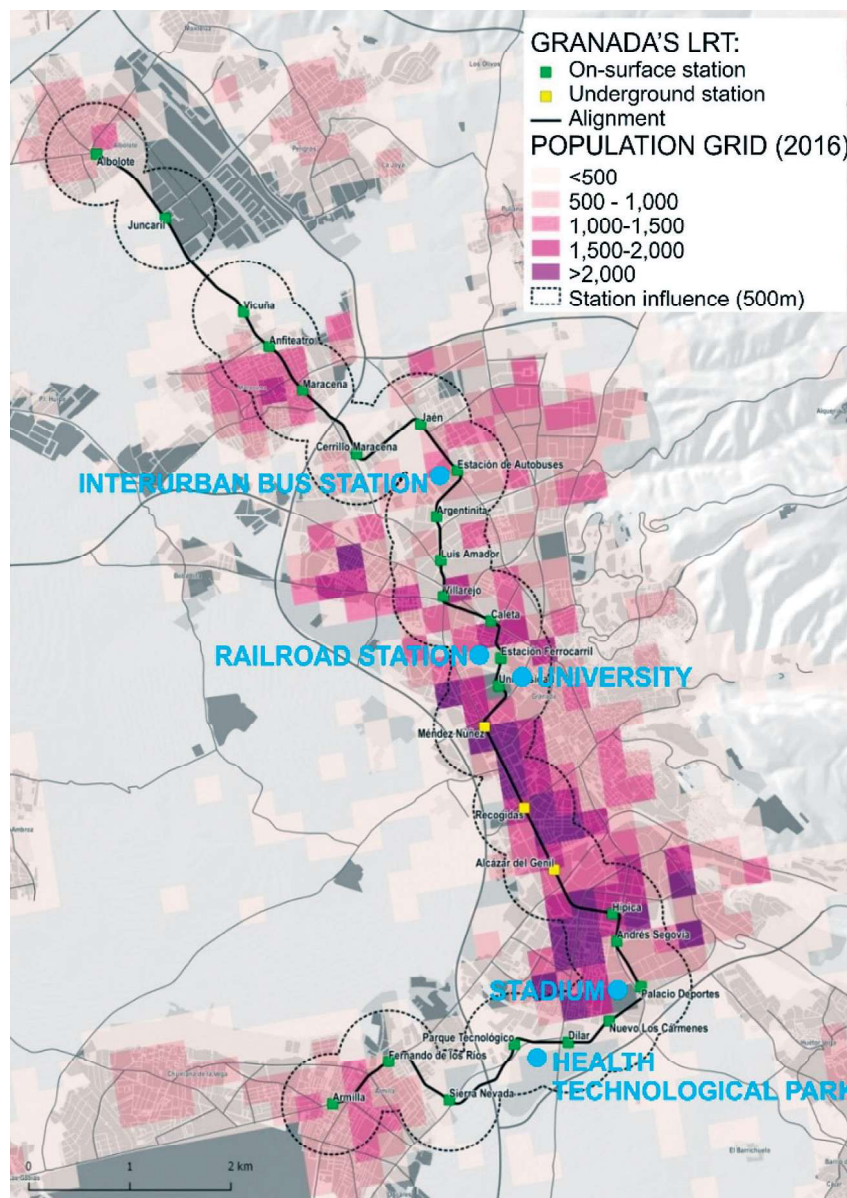
La popolazione dei comuni serviti dalla linea LRT di Granada nel 2017 era di 297,529 abitanti, con le seguenti cifre: Granada, 232,770 (78,2%); Macarena, 22,071 (7,4%); Albolote, 18,660 (6,3%); e Armilla, 24,028 (8,1%) [9].

La popolazione che vive in un raggio di 500 m dalle fermate/stazioni è di 155,510 abitanti (il 52,3% della popolazione delle città servite). Il tasso medio di motorizzazione per i quattro comuni è stato di 461 auto per 1000 abitanti nel 2015 [10], secondo i dati pubblicati lo scorso anno. Il tasso medio di viaggio per persona al giorno per l'area metropolitana di Granada è stato di 2,3 viaggi per persona nel 2015 [11]. Infine, la riparti-

la. The Fig. 2 also shows how the line covers the most populated areas of the city center (serving the University, the interurban bus and railroad stations, the stadium and the Health Technological Park with the University Hospital) and its surroundings [8].

The population of the municipalities served by the Granada's LRT line in 2017 was 297.529 inhabitants, with the following figures: Granada, 232.770 (78.2%); Macarena, 22.071 (7.4%); Albolote, 18.660 (6.3%); and Armilla, 24.028 (8.1%) [9].

The population living within a radius of 500 m of the stops/stations is 155.510 inhabitants (52.3% of the population of the towns served). The average motorization rate for



(a)

zione modale dell'area metropolitana di Granada, per il 2015, è stata la seguente: 49,6% di automobili e motocicli, 13,1% di trasporto pubblico, 36,0% di pedoni e biciclette e l'1,3% di altre modalità di trasporto [11].

Per confronto, la linea 1 di Tenerife ha una lunghezza di 12,3 km in superficie (ad eccezione di tre intersezioni a flussi separati, che rappresentano il 7,2% del tracciato) e 21 fermate. La popolazione dei comuni attraversati dalla linea nel 2007 (anno di apertura all'esercizio) era di 365,249 abitanti, con la seguente distribuzione: Santa Cruz de Tenerife, 220,902 (60,5%); San Cristóbal de La Laguna, 144,347 (39,5%) [9].

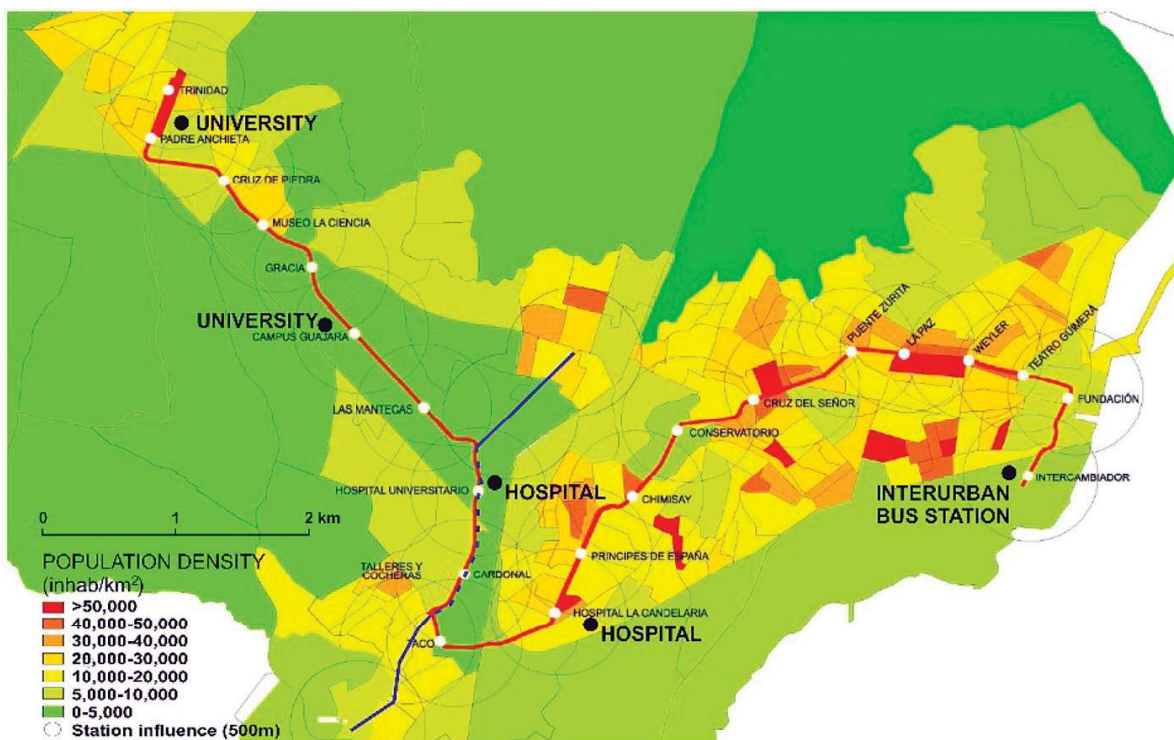
La popolazione residente in un raggio di 500 m dalle fermate/stazioni era di 186,000 abitanti (il 50,9% della popolazione dei comuni serviti). La Fig. 2, parte (b), mostra come la linea attraversa le zone più popolate, fermandosi alla stazione degli autobus interurbani, agli ospedali principali e ai due campus universitari. Il tasso medio di motorizzazione per i due comuni era di 524 auto per 1000 abitanti nel 2007 [10], mentre il tasso medio di viaggio per persona al giorno era di circa 2,0 viaggi per persona per Santa Cruz de Tenerife e 2,6 viaggi per persona per San Cristóbal de La Laguna [12].

Infine, l'ultimo sondaggio sulla mobilità effettuato dal Consiglio Comunale di Tenerife (non ancora pubblicato)

the four municipalities was 461 cars per 1.000 inhabitants in 2015 [10], according to last year published data. The average trip rate per person per day for the metropolitan area of Granada was 2.3 trips/person in 2015 [11]. Finally, the modal share in Granada's metropolitan area for 2015 was as follows: 49.6% cars and motorcycles; 13.1% public transit; 36.0% pedestrians and bicycles; and 1.3% other modes [11].

On the other hand, Tenerife's line 1 has a length of 12.3 km on surface (except for three grade-separated intersections, which account for 7.2% of the alignment) and 21 stops. The population of the municipalities served by the line in 2007 (the opening year) was 365.249 inhabitants, with the following figures: Santa Cruz de Tenerife, 220.902 (60.5%); San Cristóbal de La Laguna, 144.347 (39.5%) [9].

The population living within a radius of 500 m of the stops/stations was 186.000 inhabitants (50.9% of the population of the municipalities served). Fig. 2b shows how the line runs through the most populated zones, stopping at the interurban Bus Station, the main Hospitals and the two University Campus. The average motorization rate for the two municipalities was 524 cars per 1.000 inhabitants in 2007 [10], while the average trip rate per person per day was around 2.0 trips/person for Santa Cruz de Tenerife and 2.6 trips/person for San Cristóbal de La Laguna [12].



(b)

(Fonte: progetti di costruzione LRT - Source: LRT construction projects)

Fig. 2 - Inserimento della LRT nelle aree metropolitane (entrambi i sistemi con la stessa scala): (a) Granada; (b) Tenerife.
Fig. 2 - Insertion of the LRT in the metropolitan areas (both systems at the same scale): (a) Granada; (b) Tenerife.

mostra la seguente ripartizione modale per gli spostamenti tra Santa Cruz de Tenerife e La Laguna: 61,5% per le modalità di trasporto motorizzate private, 7,6% per il trasporto pubblico, il 29,3% per gli spostamenti non motorizzati e l'1,7% per l'uso di taxi.

È importante notare che, circa due anni dopo l'inaugurazione della linea 1 di Tenerife, una seconda linea è entrata in esercizio il 30 maggio 2009, con un tracciato Nord-Sud, coprendo altre zone densamente popolate e condividendo il corridoio della linea 1 nel area attorno alle fermate Hospital Universitario e El Cardonal (linea blu in Fig. 2, parte (b)). Questa direttrice ha quattro nuove fermate e quando è entrata in esercizio la popolazione residente in un raggio di 500 m da tali nuove fermate era di 40,329 abitanti.

Le Figg. 2a e 2b mostrano che la LRT di Granada e la linea 1 di Tenerife sono paragonabili per lunghezza della linea, popolazione servita e tassi di motorizzazione.

3.2. Caratteristiche tecniche delle linee LRT

La Tabella 1 mostra un confronto tecnico dettagliato per le due linee. Entrambi i sistemi di trasporto hanno caratteristiche tecniche molto simili in relazione al tracciato

Finally, the last mobility survey made by the Cabildo the Tenerife (not published yet) shows the following modal share for trips between Santa Cruz de Tenerife and La Laguna: 61.5% private motorized modes; 7.6% public transit; 29.3% non-motorized modes; and 1.7% cabs.

It is worth nothing that, around two years after the inauguration of Tenerife's line 1, a second line started its service in May 30, 2009, with a North-South alignment, covering other densely populated zones, and sharing the line 1 corridor in the area around Hospital Universitario and El Cardonal stops (blue line in Fig. 2b). This line has four new stops and the population living within a radius of 500 m from them was 40.329 inhabitants when the line opened.

The Figs. 2a and 2b show that Granada's LRT and Tenerife's line 1 are comparable in the length of the line, the population served and the motorizations rates.

3.2. Technical characteristics of the LRT lines

A detailed technical comparison of both lines is presented in Table 1. Both systems have very similar technical characteristics in relation to track alignment, number of stops/stations, and urban insertion. They have active transit signal priority and use category B right-of-way (longitudinally phys-

Tabella 1 – Table 1

Descrizione tecnica dettagliata delle linee
Detailed technical description of the lines

Caratteristica tecnica Technical feature	Granada	Tenerife - linea 1 Tenerife line 1
Lunghezza (km) Length (km)	15,9	12,3
Lunghezza della singola linea (m) Length of single line (m)	528	0
Scartamento (mm) Track gauge (mm)	1,435	1,435
Tensione d'esercizio della trazione (V) Traction power operating voltage (V)	750	750
Percentuale (e metri) di funzionamento senza filo (off-wire) (%) Percentage (and meters) of off-wire running (%)	29% (4696 m)	0% (0 m)
Raggio di sterzata minimo (eccezionale & officina) (m) Minimum turning radius (exceptional & workshop) (m)	24,2	35 (26 & 25)
Lunghezza raccordo parabolico (m) Transition curve length (m)	12	12
Tasso di variazione di sopraelevazione (mm/m) Superelevation rate of change (mm/m)	n.d. n.a.	4
Massima sopraelevazione Maximum superelevation	n.d. n.a.	100
Parametro della curva verticale di abbassamento minimo (eccezionale) (m) Minimum sag vertical curve parameter (exceptional) (m)	1,000 (700)	700 (500)
Parametro della curva verticale di abbassamento cresta (eccezionale) (m) Minimum crest vertical curve parameter (exceptional) (m)	1,000 (975)	1,000 (700)

(segue... - follows...)

(segue tab. 1 - follows tab. 1)

Pendenza massima sostenuta (%) <i>Maximum sustained grade (%)</i>	6,0	7,5
Pendenza massima sostenuta a breve (inferiore a 250 m) (%) <i>Maximum short sustained grade (less than 250 m) (%)</i>	6,0 (in 109 m)	8,5 (in 176 m)
Pendenza media (%) <i>Average grade (%)</i>	1,5	5,0
Priorità del segnale di transito attiva <i>Active transit signal priority</i>	Sì <i>Yes</i>	Sì <i>Yes</i>
Percentuale di diritto di precedenza riservato (categoria B di VUCHIC [13]) (%) <i>Percentage of segregated right-of-way (category B by VUCHIC [13]) (%)</i>	83%	89,8%
Percentuale di diritto di precedenza a flussi separati (categoria A di VUCHIC [13]) (%) <i>Percentage of grade-separated right-of-way (category A by VUCHIC [13]) (%)</i>	17%	7,2%
Percentuale di linea su strade pedonali + solo transito (%) <i>Percentage of line on pedestrian+transit only streets (%)</i>	0%	3%
Percentuale di linea con separatore valicabile (%) <i>Percentage of line with passable separator (%)</i>	Incroci stradali <i>Street crossings</i>	5,4% (incroci stradali) <i>5,4% (street crossings)</i>
Percentuale di linea con separatore invalicabile (%) <i>Percentage of line with impassable separator (%)</i>	100% (eccetto per incroci stradali) <i>100% (except for street crossings)</i>	84,4%
Numero di fermate <i>Number of stops</i>	26 (3 sotterranee) <i>26 (3 underground)</i>	21
Distanza media tra stazioni (m) <i>Average interstation spacing (m)</i>	636	615
Numero d'incroci stradali <i>Number of street crossings</i>	57	58
Attraversamenti stradali per chilometro <i>Street crossings per kilometer</i>	3,6	4,6
Numero di attraversamenti pedonali <i>Number of pedestrian crossings</i>	115	103
Attraversamenti pedonali per chilometro <i>Pedestrian crossings per kilometer</i>	7,2	8,4
Numero d'ingressi garage <i>Number of garage entrances</i>	6	14
Numero di slot di parcheggio eliminati dal sistema <i>Number of parking slots eliminated by the system</i>	n.d. <i>n.a.</i>	2,000
Popolazione entro un raggio di 500 m dalle fermate/stazioni <i>Population within a radius of 500 m of the stops/stations</i>	155,510	186,000

del binario, al numero di fermate/stazioni e all'inserimento urbano. I tracciati sono regolati da segnale prioritario di transito attivo e utilizzano il diritto di precedenza della categoria B; sono separati fisicamente da altre modalità di traffico mediante cordoli, barriere e dispositivi simili, ma presentano incroci a raso per veicoli e pedoni (cfr. [13]) per tutto l'itinerario di superficie, tranne il 3% a Tenerife che attraversa un passo pedonale. La distanza media tra fermate/stazioni è circa uguale: 636 m per Granada e 615 m per Tenerife (il valore tipico spagnolo è di circa 500 m e, in Francia, molti sistemi variano tra 400 e 600 m [14], [15]). L'aliquota degli attraversamenti stradali per chilometro è leggermente inferiore a Granada rispetto a Tenerife (3,6 invece di 4,6) a causa della proporzione di diritti di precedenza a flussi separati.

ically separated from other traffic by curbs, barriers and the like, but with grade-crossings for vehicles and pedestrians, see [13]) in the whole on-surface itinerary, except for 3% in Tenerife that runs through a pedestrian street. The average spacing between stops/stations is alike: 636 m for Granada and 615 m for Tenerife (Spanish typical value is around 500 m, and in France many systems range between 400 and 600 m [14], [15]). The value of street crossings per kilometer is slightly lower in Granada than in Tenerife (3.6 instead of 4.6) due to the proportion of grade-separated right of way.

The main differences between Granada and Tenerife line 1 are:

- the percentage of underground line is higher in Granada's system (17% of the alignment instead of 7.2%)

Le principali differenze tra Granada e Tenerife linea 1 sono:

- la percentuale di linee metropolitane è più alta nel sistema di Granada (17% del tracciato invece del 7,2%) con tre stazioni in galleria della metropolitana, ad accesso mediante tornello; tuttavia, entrambi i sistemi hanno una velocità commerciale molto simile (come viene mostrato nel prosieguo): questo è il parametro principale che potrebbe essere influenzato dall'esercizio della metropolitana ed è anche molto importante in relazione alla qualità del servizio percepita dagli utenti;
- la forte pendenza della linea di Tenerife (8,5%), dovuta alla geometria della città [16];
- l'esistenza di un breve tracciato a binario unico a Granada (528 m di lunghezza);
- l'LRT di Granada ha trazione in assenza alimentazione esterna sul 29% della linea [7].

Sebbene queste differenze possano sembrare importanti, non invalidano il confronto tra i due sistemi, che hanno avuto un'evoluzione dell'utenza simile, come viene descritto nei § seguenti.

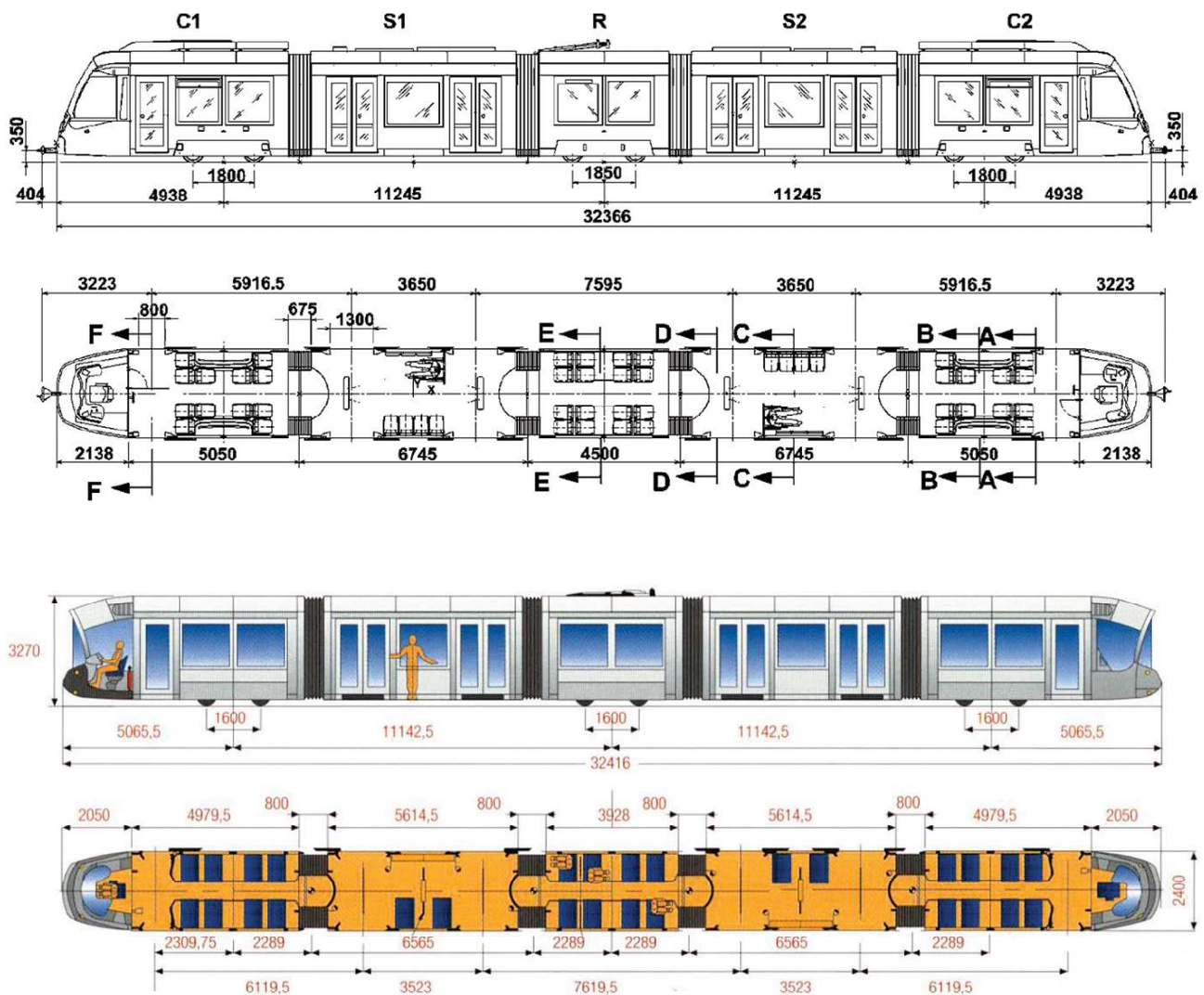
3.3. I veicoli

La Tabella 2 presenta un confronto tecnico dettagliato dei veicoli utilizzati in entrambi i sistemi, mentre la Fig. 3 mostra le composizioni dei veicoli. Sebbene i costruttori dei veicoli siano diversi, il materiale rotabile risulta quasi identico nella descrizione tecnica, ad eccezione della larghezza e del rapporto di ripartizione della trazione. Nel caso di Tenerife, è stato scelto un veicolo di 2,4 m di larghezza, a causa della necessità di percorrere alcune strade strette nel centro della città. D'altra parte, a causa delle forti pendenze della linea di Tenerife, i suoi veicoli devono essere a completa trazione distribuita (i tre carrelli sono dotati di due motori elettrici ciascuno), che è una caratteristica insolita nei veicoli ferroviari leggeri.

Tabella 2 – Table 2

Descrizione tecnica dettagliata dei veicoli
Detailed technical description of the vehicles

Caratteristiche tecniche del veicolo Vehicle technical features	Granada	Tenerife
Numero dei veicoli Number of vehicles	13+2	17+2
Produttore e modello Manufacturer and model	CAF Urbos 3	Alstom Citadis 302
Lunghezza (m) Length (m)	32,4	32,2
Percentuale di piano basso (%) Percentage of low-floor (%)	100%	100%
Altezza di accesso (mm) Access height (mm)	350	320
Altezza del pavimento (mm) Floor height (mm)	350	350
Larghezza (mm) Width (mm)	2,650	2,400
Altezza totale Total height	3,600	3,600
Velocità massima (km orari) Maximum speed (km/h)	70	70
Rapporto di motorizzazione (%) Motorization ratio (%)	66,7%	100%
Potenza (kW) Power (kW)	480	6x120
Doppia cabina di guida (bidirezionale) Double-ended (bidirectional)	Sì Yes	Sì Yes
Capacità per l'accoppiamento in più unità Capability for multiple-unit operation	Sì Yes	Sì (accoppiamento manuale) Yes (manual coupling)
Capacità passeggeri seduti Passenger capacity seated	48 (+6 sedili ribaltabili) 48 (+6 fold-down seats)	56
Capacità passeggeri in piedi (con 4 pass./m ²) Passenger capacity standing (with 4 pass./m ²)	167	144
Capacità totale passeggeri Total passenger capacity	221	200
Aree per sedie a rotelle Wheelchair areas	2	2
Deposito biciclette Bicycle storage space	n.d. n.a.	4
Porte singole per lato Single doors per side	2	2
Larghezza porte singole (mm) Single doors width (mm)	800	800
Porte doppie per lato Double doors per side	4	4
Larghezza porte doppie (mm) Double doors width (mm)	1,300	1,300
Passo dei carrelli (mm) Bogie wheelbase (mm)	1,800	1,600
Diametro ruote (nuove/usurate) Wheel diameter (new/worn)	590/510	590/530
Peso (vuoto) (kg) Weight (empty) (kg)	45,500	41,200
Peso (a pieno carico) (kg) Weight (fully loaded) (kg)	66,495	60,200



(Fonte: cortesia di Alstom e CAF - Source: courtesy of Alstom and CAF)

Fig. 3 - Schemi dei veicoli: (a) Granada; (b) Tenerife.

Fig. 3 - Vehicles' layouts: (a) Granada; (b) Tenerife.

Il numero di veicoli in esercizio è più elevato per il caso di Tenerife a causa del più elevato cadenzamento nelle ore di punta scelto per questo sistema (cfr. § 4.1).

4. Dati operativi e di utenza

In questa parte della memoria, si confrontano i dati di Granada e della linea 1 di Tenerife, in relazione alle caratteristiche operative e alla utenza nei primi mesi di servizio. Inoltre, è mostrato l'effetto dell'apertura LRT sul sistema di trasporto di Granada. Infine, è sviluppata un'analisi dell'evoluzione della utenza di Tenerife durante l'intero periodo di attività.

with three underground stations with turnstile access. Nevertheless, both systems have a very similar commercial speed (as will be shown in a following section), which is the main parameter that could be affected by the underground running, and a very important one in relation to the quality of service perceived by users;

- the steep gradient in Tenerife's line (8.5%), due to the geometry of the city [16];
- the existence of a short single track alignment in Granada (528 m long);
- Granada's LRT has off-wire capability on the 29% of the line [7].

4.1. Caratteristiche operative

La Tabella 3 riporta i principali dati operativi per Granada e la linea 1 di Tenerife, per i primi mesi di servizio. Entrambi i sistemi sono gestiti privatamente da un contratto di partenariato pubblico-privato.

La frequenza nell'ora di punta è di 5 minuti per Tenerife e di 8 minuti per Granada. Questa differenza potrebbe far sì che l'utenza di Granada differisca da quella di Tenerife. Tuttavia, la LRT di Granada sta acquistando altri due veicoli per raggiungere una frequenza di 7 minuti nel 2020 [17], rendendola più vicina a quella di Tenerife. La frequenza, non nelle ore di punta, è simile ad eccezione del valore di 30 minuti di Granada, ma vale solo nelle giornate del venerdì e durante la serata del sabato.

La velocità commerciale è di circa 20 km/h, simile a molti LRT spagnoli (la maggior parte dei sistemi propone tra 15 e 23 km/h), e a quelli francesi (molti sistemi si attestano tra i 18 km/h ed i 22 km/h [14], [18]). A Granada, il servizio offerto inizialmente era alquanto peggiore del previsto, con le frequenze nelle ore di punta di 11 minuti (invece di 8) e una velocità commerciale di 18 km/h. Questi parametri si sono evoluti favorevolmente durante i primi mesi, grazie alla modifica del segnale di diritto di precedenza attivo e ad un comportamento migliore degli utenti della strada, a seguito della "curva di apprendimento" di adattamento alla presenza nuovo servizio di trasporto, condizione comune per questo tipo di sistemi.

Tale sviluppo, nel caso di Granada, è ancora più giustificato a causa del lungo tempo intercorso, per alcuni tratti, tra la conclusione dei lavori di costruzione e l'apertura dell'esercizio. Questo ritardo ha reso i cittadini meno attenti nella guida stradale in prossimità della linea ferroviaria, generando diversi incidenti durante la fase di pre-esercizio ed il rallentamento della processo di regolazione della velocità e delle frequenze nei primi mesi di attività. In ogni caso, nel marzo 2018, la frequenza era di 9 minuti e la velocità commerciale di 19 km/h, perlomeno avendo quasi raggiunto i valori previsti.

Although these differences may seem important, they do not invalidate the comparison between both systems, which have had a quite similar ridership evolution, as will be shown in the following sections.

3.3. The vehicles

A detailed technical comparison of the vehicles used in both systems is presented in Table 2, and the vehicles' layouts are shown in Fig. 3. Although the vehicle manufacturer is different, they are almost identical in their technical description, but for the width and the motorization rate. In Tenerife's case, 2.4 m wide vehicle was selected due to the need to run through some narrow streets in the city center. On the other hand, due to the steep gradients of Tenerife's line, its vehicles need to be fully motorized (the three trucks are provided with two electric motors each), which is an unusual characteristic in light rail vehicles.

The number of vehicles in operation is higher for the case of Tenerife due to the smaller peak-hour headway of this system (see section 4.1).

4. Operational and ridership data

In this section, a comparison of Granada's and Tenerife's line 1 data will be made, in relation to operational characteristics and ridership in the first months of service. In addition, the effect of the LRT opening on the Granada transit system will be shown. Finally, the evolution of Tenerife's ridership during its whole period of operation will be analyzed.

4.1. Operational characteristics

The main operational data for both Granada's and Tenerife's line 1 for the first months of service are shown in Table 3. Both systems are privately operated under a PPP (public-private partnership) contract.

Tabella 3 – Table 3

Caratteristiche operative
Operational characteristics

Caratteristica operativa Operational characteristic	Granada (2017-2018)	Tenerife linea 1 (2007 - 2008) Tenerife line 1 (2007-2008)
Frequenza nelle ore di punta (min) Peak-hour headway (min)	8	5
Frequenza nelle ore non di punta (min) Off-peak hour headway (min)	10 – 15 (30 solo il venerdì e sabato sera) 10 – 15 (30 only at Friday and Saturday nights)	7,5 - 15
Velocità commerciale (km/h) Commercial speed (km/h)	20	21
Lavori di trasporto (veicoli-km) Transportation work (vehicles-km)	1.199,702 (pianificato) 1,199,702 (planned)	Giugno-Dicembre 2007: 636,249 Gennaio-Dicembre 2008: 1.169,417 June-December 2007: 636,249 January-December 2008: 1,169,417

La Tabella 4 mostra le tariffe di entrambi i servizi. Nel caso di Tenerife, sono indicati l'anno di apertura e i valori correnti. Il valore tra parentesi per Tenerife è ottenuto applicando l'Indice dei Prezzi al Consumo (IPC) ai valori del 2007, convertendoli in valuta del 2017. Si può notare che le tariffe aggiornate di Tenerife sono molto simili a quelle di Granada, con piccole differenze, inferiori al 20% in tutti i casi, che non dovrebbero influenzare in modo rilevante il confronto sulle prestazioni.

4.2. Aumento dei passeggeri per i primi mesi di servizio

La Fig. 4a mostra l'aumento dell'utenza per i primi mesi di servizio di Granada e Tenerife. I dati rilevati nel caso di Tenerife vanno da giugno 2007 a ottobre 2008 (17 mesi). Per il caso di Granada, si mostrano i dati di settembre 2017 (con soli 10 giorni di servizio) fino a ottobre 2018 (13 mesi e 10 giorni di esercizio). La Fig. 4b, d'altra parte, mostra il confronto tra la media giornaliera di passeggeri per i giorni lavorativi (dal lunedì al venerdì eccetto i giorni festivi), per lo stesso periodo.

È importante notare che ottobre 2008 è il quinto mese di servizio per Tenerife, mentre ottobre 2017 è il primo mese completo di esercizio per Granada. Ciò significa che l'esercizio di Tenerife era più maturo a ottobre e aveva acquisito più passeggeri di Granada, in modo tale che questo confronto non è rigorosamente coerente. Tuttavia,

The peak-hour headway is 5 minutes for Tenerife and 8 minutes for Granada. This difference could make that Granada's ridership differs from the one in Tenerife. Nevertheless, Granada's LRT is buying two more vehicles to achieve a 7 minutes headway in 2020 [17], making it closer to the one in Tenerife. The off-peak headway is similar except for the Granada's 30 minutes value, but it only applies to Friday and Saturday nights.

The commercial speed is around 20 km/h, similar to several Spanish LRT (most systems between 15 and 23 km/h), and to French ones (many systems between 18 km/h and 22 km/h [14], [18]). In Granada, the initial offered service was somewhat worse than expected, with peak-hour headways of 11 minutes (instead of 8) and a commercial speed of 18 km/h. These parameters evolved favorably during the first months, thanks to the modification of the active transit signal priority, and to a better behavior of street users after the "learning curve" of adjustment to the new system, which is common for this kind of systems.

In the case of Granada, it is even more justified due to the long time passed, for some stretches, from the finishing of the works to the opening of the system. This delay made the citizens less careful in their behavior around the tracks, and it led to several incidents during the test phase and to the slow adjustment of speed and headways in the first months of operation. In any case, in March 2018, the headway was 9 minutes and the commercial speed 19 km/h, having almost achieved the planned values at present.

Tabella 4 – Table 4

Le tariffe della LRT di Granada e Tenerife
Fares of Granada's and Tenerife's LRT

Tariffe Fares	Granada (2017-2018)	Tenerife linea 1 (2007) (2017-CPI) Tenerife line 1 (2007) (2017-CPI)	Tenerife linea 1 (2018) Tenerife line 1 (2018)
Tariffa singola (€) Single fare (€)	1,35	1,25 (1,43)	1,35
Utenti abituali (€) Frequent users (€)	0,82	0,85 € (0,97)	1,05
Studenti (€) Students (€)	0,82	0,60 € (0,69)	0,80
Abbonamento mensile (€) Monthly pass (€)	40	40 € (45,68)	45
Persone anziane Elderly people	-	0,00 (in caso di reddito limitato) 0.00 (in case of limited income)	0,30 (in caso di reddito limitato) 0.30 (in case of limited income)
Controllo della riscossione del biglietto di viaggio Fare collection control	Prova del pagamento ad eccezione di 3 stazioni metropolita- ne con accesso al tornello Proof of payment except for 3 underground stations with turnstile access	Prova del pagamento Proof of payment	

In Table 4, the fares of both systems are shown. In the case of Tenerife, the opening year and the current values are indicated. The value between brackets for Tenerife is obtained applying the Consumer Price Index (CPI) to 2007 values, converting them to 2017 currency. It can be seen that the up to date fares of Tenerife are very similar to Granada's ones, with small differences, lower than 20% in all the cases, which should not affect the ridership comparison in a high degree.

4.2. Ridership ramp up for the first months of service

Fig. 4a shows the ridership ramp up for Granada's and Tenerife's first months of service. The data included for the case of Tenerife are from June 2007 to October 2008 (17 months). For the case of Granada, the data from September 2017 (with only 10 days of service) to October 2018 are shown (13 months and 10 days of operation). Fig. 4b, on the other hand, shows the comparison of average daily ridership

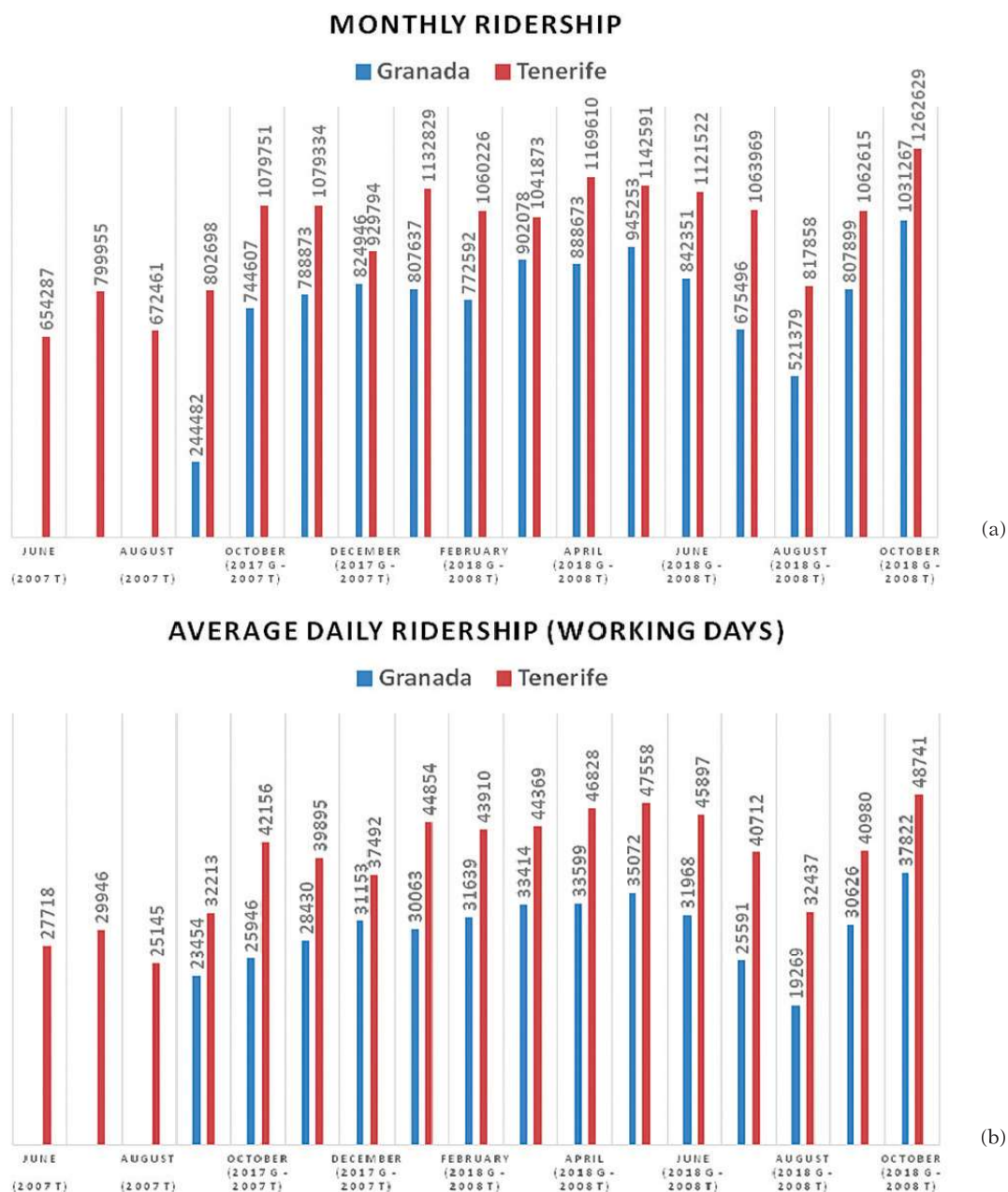


Fig. 4 - Confronto utenza tra Granada e Tenerife (da giugno 2007 a ottobre 2008 per Tenerife e da settembre 2017 a ottobre 2018 per Granada): (a) Confronto mensile di passeggeri; (b) Utenza media giornaliera per il confronto dei giorni lavorativi.
 Fig. 4 - Ridership comparison between Granada and Tenerife (June 2007 to October 2008 for Tenerife, and September 2017 to October 2018 for Granada): (a) Monthly ridership comparison; (b) Average daily ridership for working days comparison.

questi grafici sono utili per superare l'effetto delle variazioni stagionali e mostrano che le tendenze sono simili in entrambi i sistemi.

Nella Fig. 4a, nell'ottobre 2007 è stato rilevato un importante aumento dei passeggeri a Tenerife, che potrebbe essere dovuto all'inizio dell'anno scolastico e alla fine delle vacanze estive per i lavoratori.

for working days (Monday to Friday except holidays), for the same period.

It is important to note that October 2008 is the fifth month of operation for Tenerife, while October 2017 is the first complete month of operation for Granada. This means that Tenerife's operation was more mature in October, and it had gained more ridership than Granada's, in such a way

Nel caso di Granada, il consolidamento dell'utenza potrebbe essere stato ritardato a causa dei problemi relativi al raggiungimento del programma pianificato durante i primi mesi (come spiegato nel § 4.1). Inoltre, una riorganizzazione delle reti di autobus urbane e interurbane è stata effettuata alcuni mesi dopo l'apertura del servizio ma, durante i primi mesi di servizio, queste sono rimaste esattamente le stesse di prima, con diverse ridondanze tra le linee di autobus e il tracciato LRT (questa condizione è ancora invariata per il caso di Tenerife). Si noti che il trasferimento gratuito tra gli autobus urbani di Granada e la LRT non è iniziato fino a metà luglio 2018. In ogni caso, nell'ottobre 2018 si osserva un importante aumento dell'utenza di Granada, raggiungendo un valore record di oltre un milione di passeggeri.

Di contro, è possibile osservare una diminuzione rilevante dell'utenza estiva per entrambi i sistemi (più evidente in agosto).

Questi effetti hanno senso considerando le principali motivazioni di viaggio rilevate dai sondaggi degli utenti:

- risultati del sondaggio sugli utenti 2008 di Tenerife [19] diviso per motivi di viaggio: il 33,75% per lavoro; 21,68% per studio; 26,14% per tempo libero (incontro con un amico, sport, shopping, turismo, ecc.); 17,10% per commissioni o visite mediche; e 1,34% per altri motivi;
- risultati del sondaggio tra gli utenti 2017 di Granada [20] divisi per motivi di viaggio: 26,9% per lavoro; 21,7% per studi; 24,2% per tempo libero; 25,4% per commissioni o visite mediche; e l'1,8% per altri motivi.

Per lo stesso motivo, a dicembre 2007 si osserva una leggera diminuzione del numero di utenti (a causa del Natale). Questo non è visibile a Granada nel periodo di dicembre 2017 perché il sistema era ancora nuovo e una parte importante dei passeggeri in questo mese lo stava usando per "curiosità".

L'utenza mensile per il caso di Granada è di circa 800,000 passeggeri, mentre per Tenerife è di circa 1.000,000. L'utenza mensile di Granada è compresa tra il 63% (agosto 2018/agosto 2008) e l'89% (dicembre 2017/dicembre 2007) di Tenerife, mentre il valore dell'ultimo mese mostrato, dopo il consolidamento dell'utenza di Granada, è dell'82% (ottobre 2018/ottobre 2008). Questi valori sono in accordo con le differenze di cadenzamento nelle ore di punta e di popolazione servita, descritte in precedenza.

Per il caso della media giornaliera dei passeggeri nei giorni lavorativi, i valori sono di circa 30,000 passeggeri al giorno per Granada rispetto a 40,000 per Tenerife. Nella Fig. 4b si osservano tendenze simili a quelle spiegate per l'utenza mensile della Fig. 4a.

Infine, la Fig. 5 mostra l'evoluzione dei passeggeri di Tenerife per i primi 24 mesi di attività, fino all'apertura della linea 2. L'utenza si consolida nei primi 12 mesi e si stabilizza nel corso dei 12 seguenti, anche se in questo caso vi è un effetto della crisi economica, che è illustrato più

that this comparison is not strictly fair. Nevertheless, these graphs are useful to avoid the seasonal variations effect, and they show that the trends are similar in both systems.

In Fig. 4a, an important increase in ridership is detected in Tenerife in October 2007, which could be due to the beginning of the school year and the ending of the summer holiday season for workers.

In Granada's case, the consolidation of ridership may have been delayed due to the problems to achieve the planned schedule during the first months (as explained in section 4.1). Additionally, a rearrangement of both the urban and interurban bus networks was made a few months after the opening to service, but during the first months of operation, these stayed exactly the same as they were before, with several redundancies between bus lines and the LRT alignment (this is still the situation for the Tenerife's case). On the other hand, free transfer between Granada's urban buses and the LRT did not start until mid-July 2018. In any case, an important increase in Granada's ridership is observed in October 2018, achieving a record value of more than one million passengers.

On the other hand, a significant decrease in summer ridership can be observed for both systems (more noticeable in August).

These effects make sense considering the main travel motivations from the user surveys:

- *Tenerife's 2008 user survey [19] results for travel motivation: 33.75% work; 21.68% study; 26.14% leisure (meeting with a friend, sports, shopping, tourism, etc.); 17.10% for errands or medical visits; and 1.34% with other motivations;*
- *Granada's 2017 user survey [20] results for travel motivation: 26.9% work; 21.7% studies; 24.2% leisure; 25.4% errands or medical visits; and 1.8% other motivations.*

For the same reason, a slight decrease in ridership is also observed for Tenerife in December 2007 (due to Christmas). This is not visible for Granada in December 2017 because the system was still new and an important part of the riders was using it in this month out of curiosity.

The monthly ridership for the case of Granada is around 800,000 passengers, while for Tenerife it is around 1,000,000. Granada's monthly ridership is between 63% (August 2018/August 2008) and 89% (December 2017/December 2007) of Tenerife's, while the value for the last month shown, after the consolidation of Granada's ridership, is 82% (October 2018/October 2008). These values are in accordance with the differences in peak-hour headway and population served explained in previous sections.

For the case of the average daily ridership for working days, the values are around 30.000 passengers a day for Granada in comparison with 40.0000 for Tenerife. Similar trends are observed in Fig. 4b as the ones explained for monthly ridership of Fig. 4a.

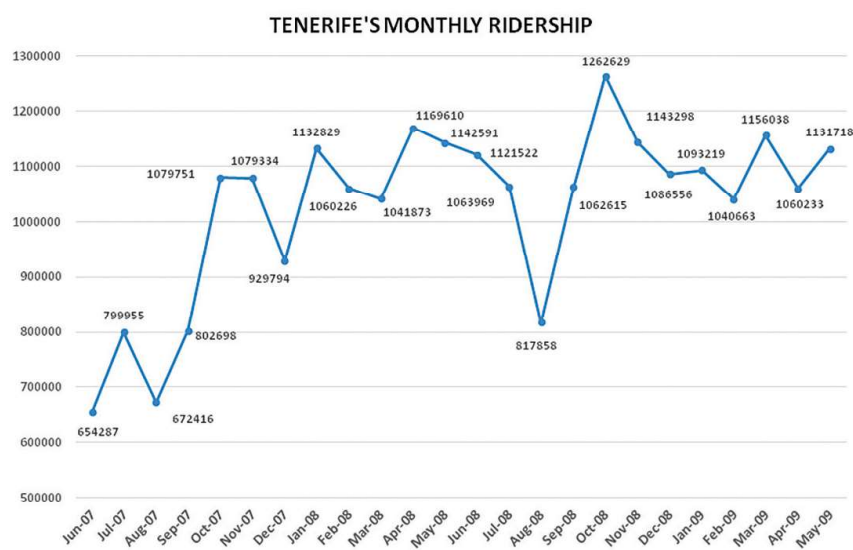


Fig. 5 - Evoluzione mensile dell'utenza di Tenerife nei primi 24 mesi di attività.
Fig. 5 - Tenerife's monthly ridership evolution in the first 24 months of operation.

dettagliatamente nel § 4.4. Ancora una volta, si può apprezzare la diminuzione stagionale in agosto, in dicembre e nella settimana di Pasqua (marzo 2008 e aprile 2009).

A conclusione, i dati sui passeggeri di Tenerife confermano l'idea che Granada crescerà nei prossimi mesi. L'utenza del primo anno per Tenerife era di circa 11,6 milioni di passeggeri. Il contratto di gestione stimava 11,1 milioni di passeggeri come valore annuale di passeggeri per il primo anno di servizio di Granada, mentre il valore ottenuto è stato di 9,5 milioni. Questo valore è considerato un grande successo, sebbene leggermente inferiore al previsto, a causa dei problemi iniziali di adeguamento dei servizi alle frequenze pianificate.

4.3. Effetto dell'apertura della LRT di Granada nella rete di trasporto

La Tabella 5 mostra l'effetto dell'apertura della LRT di Granada nella rete di trasporto. La media giornaliera di utenza su ogni modalità di trasporto della rete è indicata nella tabella per i primi nove mesi del 2018 (dopo la messa in esercizio del sistema) in relazione allo stesso periodo del 2017 (solo 10 giorni di funzionamento) e 2016 (prima dell'apertura). L'aumento totale della media giornaliera di utenza del 2018 rispetto al 2017 è del 6,46%, mentre nell'anno precedente era solo del 3,81%. La cifra del 6,46% è superiore alla variazione annuale di utilizzo del trasporto in Spagna per il 2015-2016 (ultimi dati disponibili [11]), pari al 4,6%. L'aumento cumulativo della media giornaliera di passeggeri dal 2016 al 2018 è del 10,51%.

Inoltre, l'apertura del sistema LRT a Granada ha avuto un impatto importante nella crescita del numero di

Finally, Fig. 5 shows the evolution of Tenerife's ridership for the first 24 months of operation, just until the opening of line 2. The ridership consolidates in the first 12 months, and it stabilizes during the following 12 ones, although in this case there is an effect of the economic crisis, which will be shown in more detail in section 4.4. Again, seasonal decrease can be appreciated in August, December and Easter Week (March 2008 and April 2009).

As conclusion, Tenerife's ridership data corroborates the idea that Granada will grow in the next months. The first year's ridership for Tenerife was around 11.6 million passengers. The operation contract estimated 11.1 million passengers as the value of annual ridership for the first year of Granada's service, while the value obtained was 9.5 million. This value, although slightly lower than planned, is considered a big success, due to the initial problems for adjusting the services to the planned headways.

4.3. The effect of the Granada's LRT opening into the transit network

The effect of the Granada's LRT opening into the transit network is illustrated in Table 5. The average daily ridership on every transit mode of the network is shown in the table for the first nine months of 2018 (after the opening of the system) in relation to the same period of 2017 (only 10 days of operation) and 2016 (before the opening). The total increase in the average daily ridership of 2018 compared to 2017 is 6.46%, while in the previous year it was only 3.81%. The 6.46% figure is higher than the year-to-year change of transit use in Spain for 2015-2016 (latest data available [11]), of 4.6%. The cumulative increase in average daily ridership from 2016 to 2018 is 10.51%.

In addition, the opening of the LRT system in Granada has had an important impact in the growth of the number of metropolitan transit cards sold in the area. The number of cards grew a 3.31% in the first seven months of 2016, a 3.50% in the first seven months of 2017, and a 13.44% in the first seven months of the LRT operation. This important rise shows the increase in transit users loyalty generated by the opening of the LRT.

4.4. Ridership evolution of Tenerife during the whole period of operation

Fig. 6a shows the annual ridership evolution for Tenerife during the whole period of operation. It does not have the typical shape, where there is a ramp up during the first

Tabella 5 – Table 5

Media giornaliera di passeggeri nella rete di trasporto di Granada
Average daily ridership in Granada transit network

	Autobus urbano <i>Urban bus</i>	Autobus interurbano (linee che si sovrappongono con il tracciato LRT) <i>Interurban bus (lines overlapping with the LRT alignment)</i>	Bus interurbano (linee non sovrapposte con il tracciato LRT) <i>Interurban bus (lines not overlapping with the LRT alignment)</i>	Linea LRT <i>LRT line</i>	Totale <i>Total</i>
Gennaio-settembre 2016 <i>January-September 2016</i>	86,232	8,138	16,227	0	110,597
Gennaio-settembre 2017 <i>January-September 2017</i>	86,760	8,199	16,595	3,254	114,808
Gennaio-settembre 2018 <i>January-September 2018</i>	73,726	4,631	16,906	26,956	122,219
Saldo (2017-2016) <i>Balance (2017-2016)</i>	528	61	368	3,254	4,211
Saldo (2017-2016) (%) <i>Balance (2017-2016) (%)</i>	-0,61%	0,75%	2,27%	-	3,81%
Saldo (2018-2017) <i>Balance (2018-2017)</i>	-13,034	-3,568	311	23,702	7,411
Saldo (2018-2017) (%) <i>Balance (2018-2017) (%)</i>	-15,02%	-43,52%	1,87%	728,40%	6,46%

tessere per la metropolitana vendute nell'area. Il numero di tessere è cresciuto del 3,31% nei primi sette mesi del 2016, del 3,50% nei primi sette mesi del 2017 e del 13,44% nei primi sette mesi dell'esercizio LRT. Questa importante crescita mostra l'aumento della lealtà degli utenti del trasporto generata dall'apertura della LRT.

4.4. Evoluzione dei passeggeri di Tenerife durante l'intero periodo di attività

La Fig. 6a mostra l'evoluzione annuale dei passeggeri a Tenerife durante l'intero periodo di esercizio. Il diagramma non ha andamento usuale, dove vi è un aumento durante i primi anni di funzionamento (fase di inizio del servizio) e un tasso di crescita più basso durante la fase di maturità. Invece è evidenziato una diminuzione di passeggeri dal 2008 al 2013 e, da allora in poi, i valori iniziano a migliorare fino a raggiungere, nel 2017, quasi lo stesso livello del 2008.

Il fenomeno descritto è dovuto all'effetto della crisi economica: la Fig. 6a mostra anche il tasso di disoccupazione nella provincia di Santa Cruz de Tenerife, cresciuto dal 9,58% nel 2007 al 32,48% nel 2013 e diminuito al 22,26% nel 2017 [9].

La Fig. 6 illustra chiaramente la relazione inversa tra tasso di disoccupazione e uso del trasporto. Questo ha senso considerando che, come affermato in precedenza,

years of operation (introduction phase) and a lower growth rate during the maturity phase. Instead, there is a decline in ridership from 2008 to 2013, and from then on, the values start to improve until reaching, in 2017, almost the same Fig. 6 than in 2008.

This is due to the effect of the economic crisis: Fig. 6a also shows the unemployment rate in the province of Santa Cruz de Tenerife, growing from 9.58% in 2007 to 32.48% in 2013, and decreasing to 22.26% in 2017 [9].

The Fig. 6 evidently illustrates the inverse relationship between unemployment rate and transit use. This makes sense considering that, as stated in a previous section, 24.22% of Tenerife's trips were work-related in 2008. In Fig. 6a, the evolution of the population of municipalities served by line 1 is also shown: there is a slight decrease since 2011, but it does not relate so clearly to the LRT ridership evolution.

The contract of operation estimated 11.6 million passengers as the value of annual ridership for the first year of Tenerife's service, while the actual value for the first 12 months of operation was 11.565 million. The ridership for year 2008 (first calendar year of operation) was 13.11 million passengers.

On the other hand, the estimated value after 29 years of operation is 16.8 million passengers. The average growth rate from 2013 to 2017 in Tenerife's annual ridership was around 3.215%. If this growth were applicable from 2013

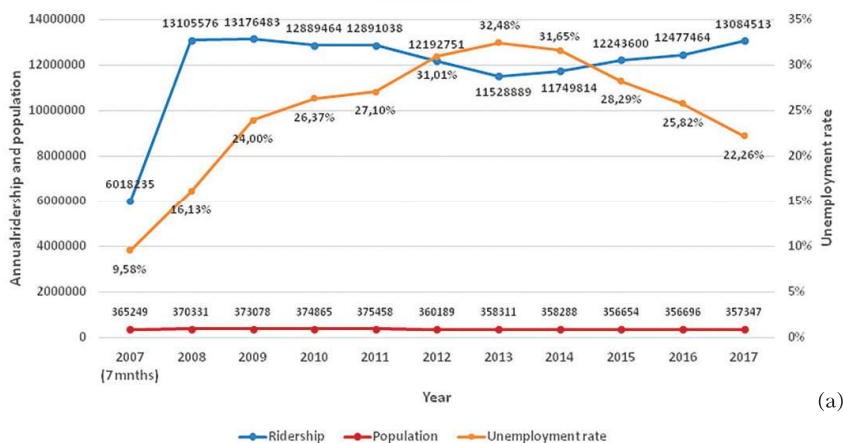
il 24,22% dei viaggi sul sistema di Tenerife era legato al lavoro nel 2008. Nella Fig. 6a, viene anche mostrata l'evoluzione della popolazione dei comuni serviti dalla linea 1: vi è una leggera diminuzione dal 2011, ma non è possibile stabilire una relazione chiara con l'evoluzione dell'utenza per la LRT.

Il contratto di gestione stimava 11,6 milioni di passeggeri come valore dell'utenza annuale per il primo anno di servizio di Tenerife, mentre il valore effettivo per i primi 12 mesi di attività è stato di 11,565 milioni. L'utenza per l'anno 2008 (primo anno solare di esercizio) è stato di 13,11 milioni di passeggeri.

D'altra parte, il valore stimato dopo 29 anni di esercizio è di 16,8 milioni di passeggeri. Il tasso medio di crescita dal 2013 al 2017 dell'utenza annuale di Tenerife era di circa il 3,215%. Se questo modello di crescita fosse applicabile dal 2013 al 2035, l'utenza annuale dopo 29 anni di attività sarebbe di 23,1 milioni di passeggeri, valore questo molto più elevato del previsto. Ciononostante, l'applicazione di questo tasso di crescita fino al 2035 sarebbe intraprendente, poiché tale valore include in parte l'effetto di recupero dalla crisi (in realtà, il sostenuto tasso di crescita dell'utenza è solitamente considerato intorno a 1-2%). Tuttavia, questi valori mostrano l'evoluzione favorevole dell'utenza di Tenerife dopo la crisi e il probabile raggiungimento delle aspettative del progetto nel futuro.

La Fig. 6b mostra una prospettiva sull'effetto della crisi a Tenerife, l'evoluzione dell'utenza annuale aggregata di diverse reti di trasporto delle principali aree metropolitane spagnole (Madrid, Barcellona, Valencia, Siviglia, Asturie, Malaga, Maiorca, Bahía de Cádiz, Gipúzkoa, Granada, Alicante e Pamplona), così come l'evoluzione per la linea 1 LRT di Tenerife. In questo grafico, il dato dell'utenza, in relazione al valore nel 2008, è rappresentato per la serie 2008-2016 (essendo il 2016 l'ultimo anno disponibile in [11]). La tendenza all'utenza aggregata delle principali aree metropolitane è quasi la stessa della linea 1 LRT di Tenerife, con una diminuzione fino al 2013 e un aumento nel 2014-2016. La diminuzione a Tenerife è più marcata, poiché il tasso di disoccupazione è più alto rispetto al valore medio spagnolo, così come mostrato anche nella Fig. 6.

ANNUAL RIDERSHIP, UNEMPLOYMENT RATE AND POPULATION FOR TENERIFE



ANNUAL RIDERSHIP PROPORTION IN RELATION TO 2008 VALUE AND UNEMPLOYMENT RATE

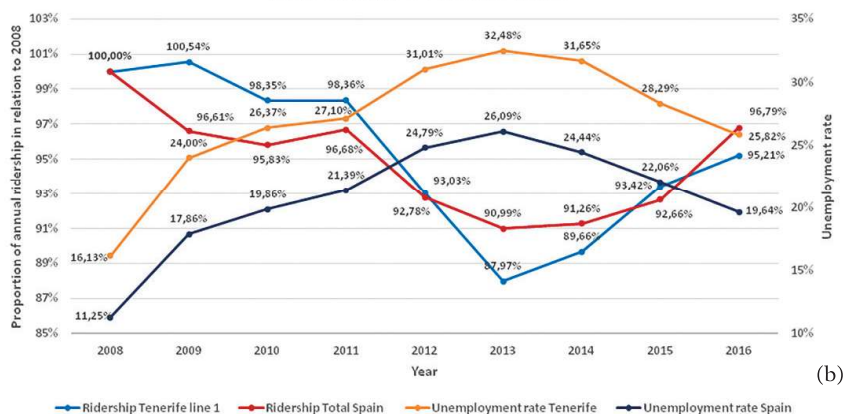


Fig. 6 - (a) Utenza annuale, tasso di disoccupazione e popolazione per la LRT di Tenerife; (b) Percentuale annua di utenti aggregati relativa al 2008 per diverse aree metropolitane spagnole e Tenerife e tasso di disoccupazione.

Fig. 6 - (a) Annual ridership, unemployment rate and population for Tenerife's LRT; (b) Annual aggregated ridership proportion in relation to 2008 for several Spanish metropolitan areas and Tenerife, and unemployment rate.

to 2035, the annual ridership after 29 years of operation would be 23.1 million passengers, much higher than the forecasted value. Nevertheless, the application of this growth rate until 2035 would be bold, as that value partly includes the recovery effect from the crisis (in fact, ridership sustained growth rate is usually considered to be around 1-2%). Yet, these values show the favorable evolution of Tenerife's ridership after the crisis, and the probable accomplishment of the project expectations in the future.

To get some perspective about the effect of the crisis in Tenerife, the evolution of the aggregated annual ridership of several transit networks of the main Spanish metropolitan areas (Madrid, Barcelona, Valencia, Seville, Asturias, Málaga,

Nonostante le lievi differenze tra popolazione servita, quota modale e caratteristiche operative dei sistemi LRT della linea 1 e aree metropolitane di Granada e Tenerife, in circostanze normali, è possibile ipotizzare l'evoluzione dell'utenza di Tenerife per fornire una indicazione del possibile scenario futuro per Granada. L'utenza stimata per il servizio di Granada dopo 29 anni di attività è di 19,1 milioni di passeggeri. Applicando il tasso medio di crescita dell'utenza degli ultimi quattro anni, evidenziato sul servizio annuale di Tenerife (3,215%) ai dati del primo anno di Granada (9,5 milioni di passeggeri), dopo 29 anni ivi l'utenza sarebbe stata di 23,8 milioni di passeggeri, valore questo che supera ampiamente le stime. Ancora una volta, l'applicazione di questo tasso di crescita apparirebbe intraprendente, come affermato in precedenza. D'altra parte, l'apertura della linea 2 LRT di Tenerife ha portato a un effetto di rete che non esisterebbe nel caso di Granada, a meno che una seconda linea di collegamento con la prima dovesse essere aperta in futuro. In ogni caso, le somiglianze tra Tenerife e Granada, e la buona evoluzione dei dati d'utenza per Tenerife negli ultimi anni, rappresentano motivo per essere ottimisti circa le prestazioni future della LRT di Granada.

5. Soddisfazione e comportamento degli utenti

I gestori dei servizi LRT di Granada e di Tenerife eseguono sondaggi sulla soddisfazione degli utenti. In entrambi gli esercizi, gli utenti hanno selezionato la velocità, la puntualità e la frequenza come gli attributi più importanti del sistema [20], [21], scelte logiche dato che queste caratteristiche hanno diretta influenza sul loro tempo di viaggio.

La Tabella 6 mostra i risultati delle indagini di Granada e Tenerife, sia in relazione alla soddisfazione degli utenti che al comportamento degli utenti. Per Granada, sono mostrati i valori ottenuti nel secondo sondaggio di aprile 2018 (dopo 7 mesi di servizio), ad esclusione del caso relativo alla parte "Modalità utilizzata per accedere alle fermate/stazioni LRT", dove sono presentati i valori del primo sondaggio (novembre 2017) in quanto il secondo sondaggio non ha registrato queste informazioni. Per Tenerife, sono presentati gli indici (tasso su base 10) di soddisfazione degli utenti relativi ai sondaggi 2008 e 2017. Si può vedere come alcuni valori si riducano leggermente nei secondi sondaggi rispetto ai primi, fenomeno questo abituale, mentre con il tempo gli utenti si abituanano alle buone prestazioni del sistema. In ogni caso, anche i valori per alcuni indici migliorano.

In relazione alle tre più importanti caratteristiche per i passeggeri, la tabella mostra come il tasso di puntualità è superiore a 8,00 in entrambi i sistemi. I valori per frequenza del servizio e velocità sono superiori a 8,00 per Tenerife e oltre 7,00 per Granada, che in entrambi i casi sono valori buoni. Come spiegato in precedenza, le cifre più basse per Granada sono discretamente normali, considerando che i sondaggi sono stati condotti dopo soli due o

ga, Mallorca, Bahía de Cádiz, Gipúzkoa, Granada, Alicante and Pamplona) is shown in Figure 6b, as well as the evolution for Tenerife's LRT line 1. In this graph, the proportion of ridership in relation to the value in 2008 is depicted for the series 2008-2016 (2016 being the last year available in [11]). The tendency for the aggregated ridership of the main metropolitan areas is almost the same as in Tenerife's LRT line 1, with a decrease until 2013 and an increase in 2014-2016. The decrease in Tenerife is sharper, as the unemployment rate is higher in relation to the average Spanish value, shown also in the Fig. 6.

Despite the slight differences shown in population served, modal share and operational characteristics of Granada's and Tenerife's line 1 LRT systems and metropolitan areas, under normal circumstances, we could use the ridership evolution from Tenerife to give an idea about the possible future scenario for Granada. The estimated ridership for Granada after 29 years of operation is 19.1 million passengers. Applying the average growth rate of the last four years in Tenerife annual ridership (3.215%) to Granada's first year data (9.5 million passengers), the ridership after 29 years would be 23.8 million passengers, which highly exceeds the estimated value. Again, the application of this growth rate would be bold, as stated before. On the other hand, the opening of Tenerife line 2 LRT has led to a network effect that would not exist in the Granada's case, unless a second line connecting with the first one were to be opened in the future. In any case, the similarities between Tenerife and Granada, and the good evolution of ridership data for Tenerife in the last years, are reasons to be optimistic about the future performance of Granada's LRT.

5. User satisfaction and behavior

Both Granada's and Tenerife's LRT agencies make user satisfaction surveys. In both systems, users selected speed, punctuality and frequency as the most important attributes of the system [20], [21], which is logical as those attributes are the ones which will influence directly their journey time.

Table 6 shows the results of the Granada's and Tenerife's surveys, both in relation to user satisfaction and user behavior. For Granada, the values obtained in the second survey of April 2018 (after 7 months of service) are shown, but for the case of the part related to "Mode used to access the LRT stops/stations", where the values of the first survey (November 2017) are presented as the second survey did not register this information. For Tenerife, the user satisfaction values from 2008 and 2017 surveys are presented. It can be seen how some of the rates slightly decrease in the second surveys in relation to the first ones, which is a usual fact while the customers get used to the good performance of the system with time. In any case, some of the rates also improve.

In relation to the three most important attributes for passengers, the table shows how the rate for punctuality is over 8.00 in both systems. The values for service frequency

Tabella 6 – Table 6

Risultati dei sondaggi sulla soddisfazione degli utenti per Granada e Tenerife
Results of the user satisfaction surveys for Granada and Tenerife

SODDISFAZIONE DELL'UTENTE (tasso su base 10) USER SATISFACTION (rate over 10)			
Tasso di soddisfazione per attributi diversi (oltre 10) <i>Satisfaction rate for different attributes (over 10)</i>	Granada (04/2018) [22]	Linea 1 di Tenerife (12/2008) [19] <i>Tenerife line 1 (12/2008) [19]</i>	Tenerife (10/2017) [21]
Puntualità <i>Punctuality</i>	8,01	8,89	8,75
Frequenza del Servizio <i>Service frequency</i>	7,42	8,81	8,37
Velocità <i>Speed</i>	7,72	8,55	8,25
Comfort (per Granada, due attributi: spazio - temperatura interna) <i>Comfort (for Granada, two attributes: space – interior temperature)</i>	7,30 - 7,91	8,48	8,41
Azionamento <i>Driving</i>	n.d.	8,36	n.d.
Informazioni sul servizio <i>Information about the service</i>	7,42	8,12	8,43
Informazioni durante gli eventi <i>Information during events</i>	n.d.	8,15	
Biglietterie automatiche <i>Ticket machines</i>	n.d.	7,68	7,80
Macchine di convalida <i>Validation machines</i>	n.d.	7,78	
Prezzo <i>Price</i>	6,74	5,60 (11/2009)	7,30
Sicurezza Passeggeri <i>Passenger security</i>	8,22	8,45	8,09
Grado di pulizia <i>Cleanliness</i>	8,37	8,67	8,13
Accessibilità (per Granada, facile accesso e uscita) <i>Accessibility (for Granada, easy access and exit)</i>	8,19	8,76	8,56
Servizio clienti (per Granada, trattamento dello staff della stazione) <i>Customer service (for Granada, station staff treatment)</i>	8,04	8,73	8,47
Orari <i>Timetable</i>	7,87	n.d.	n.d.
Prossimità <i>Proximity</i>	8,09	n.d.	n.d.
COMPORTAMENTO DELL'UTENTE USER BEHAVIOR			
Modalità utilizzata per accedere alle fermate/stazioni LRT <i>Mode used to access the LRT stops/stations</i>	Granada (11/2017) [20]	Tenerife linea 1 (12/2008) [19] <i>Tenerife line 1 (12/2008) [19]</i>	
A piedi <i>Walking</i>	91,67%	85,57%	
Autobus urbano <i>Urban bus</i>	1,56%	9,14%	
Autobus interurbano <i>Interurban bus</i>	4,17%		

(segue... - follows...)

(segue tab. 6 - follows tab. 6)

Autovettura/Moto <i>Car/motorcycle</i>	1,82%	4,65%	
Taxi <i>Taxi</i>	0,26%	0,48%	
Bicicletta <i>Biking</i>	0,52%	0,16%	
Spostamento modale: in precedenza come hai fatto questo viaggio? <i>Modal shift: How did you make this trip before?</i>	Granada (04/2018) [22]	Tenerife linea 1 (12/2008) [19] <i>Tenerife line 1 (12/2008) [19]</i>	
A piedi <i>Walking</i>	5,7%	8,34%	
Autobus urbano <i>Urban bus</i>	52,8%	65,37%	
Autobus interurbano <i>Interurban bus</i>	17,9%		
Autovettura/Moto <i>Car/motorcycle</i>	21,8%	22,17%	
Taxi <i>Taxi</i>	-	3,66%	
Bicicletta <i>Biking</i>	1,7%	0,46%	
Altro <i>Other</i>	-	-	
Non ho fatto questo viaggio in precedenza <i>I did not make this trip before</i>	2,9%	-	
Hai una macchina disponibile per fare questo viaggio? <i>Do you have a car available to make this trip?</i>	Granada (04/2018) [22]	Linea 1 di Tenerife (12/2008) [19] <i>Tenerife line 1 (12/2008) [19]</i>	Tenerife (10/2017) [21]
Sì (choice riders) <i>Yes (choice riders)</i>	60,75%	44,67%	40%
No (captive riders - utenti obbligati) <i>No (captive riders)</i>	39,25%	55,33%	60%

sette mesi di servizio, quando alcuni completamenti erano ancora in corso per ottenere i valori del contratto.

Il tasso di soddisfazione globale per la LRT di Granada è stato di 7,90 nel primo sondaggio e di 7,78 nel secondo [20], [22], valori superiori se confrontati a quelli relativi per gli autobus interurbani (7,35). Per Tenerife il valore è stato di 8,42 nel 2008 e di 8,26 nel 2017 [19], [21].

La caratteristica peggiore è il prezzo, con un tasso di 6,96-6,74 per Granada, e un'evoluzione a Tenerife da 5,60 nel 2009 (primi dati disponibili per questa tariffa) a 7,30 nell'ultimo sondaggio. È importante notare che i gestori dei servizi LRT non possono modificare i prezzi, poiché questi sono stabiliti dall'Amministrazione Locale o Regionale.

Per quanto riguarda il comportamento degli utenti, vi è un'evoluzione interessante dei valori nei sondaggi di Granada. La percentuale di utenti che utilizzano il sistema per più di 4 giorni a settimana è passata dal 43,49% di novembre 2017 al 52,8% di aprile 2018. Di contro, la percentuale di utenti occasionali (coloro che utilizzano il sistema meno di una volta alla settimana) è diminuita dal 34,38% di no-

and speed are over 8.00 for Tenerife, and over 7.00 for Granada, which are good values in either case. The lower figures for Granada are fairly normal considering that the surveys were conducted after only two or seven months of service, when some adjustment were still being made to get the contract values, as explained before.

The global satisfaction rate for Granada's LRT was 7.90 in the first survey and 7.78 in the second [20], [22], which are higher than the value for interurban buses (7.35). For Tenerife it was 8.42 in 2008 and 8.26 in 2017 [19], [21].

The worst rated attribute is price, with 6.96-6.74 for Granada, and an evolution in Tenerife from 5.60 in 2009 (first data available for this rate) to 7.30 in the latest survey. It is important to note that the LRT agencies cannot change prices, as the value is established by the Local or Regional Administration.

In relation to user behavior, there is an interesting evolution of the values in Granada's surveys. The percentage of users who ride the system more than 4 days a week has

vembre 2017 al 18,5% di aprile 2018 [20], [22]. Questo mutamento evidenzia come gli utenti siano passati da cittadini curiosi, che volevano provare la nuova LRT, a pendolari che utilizzano la LRT per andare al lavoro o per studiare. Nel caso di Tenerife, il 66,75% degli utenti utilizza il sistema più di 4 giorni a settimana, mentre il 12,83% lo utilizza meno di una volta alla settimana [19].

Il modo principale di accesso alla fermata/stazione è a piedi (91,67% per Granada e 85,57% per Tenerife), seguito da trasferimento modale ad interscambio con bus (5,73% per Granada e 9,14% per Tenerife) [19], [20]. Questa è una evidenza tipica delle linee LRT considerate, ben inserite nell'ambiente pre-esistente e con una buona integrazione con la rete di trasporto.

Relativamente al trasferimento modale, la maggior parte dei viaggi, nel primo spostamento, è stata effettuata in autobus (58,1% - 70,7% per singolo sondaggio a Granada e 65,4% per Tenerife). Tuttavia, vale la pena far notare che la seconda modalità di viaggiare prima dell'apertura della LRT era auto/moto, con il 23,0% - 21,8% ed il 22,2% degli spostamenti trasferiti da questa modalità a Granada e Tenerife [19], [20], [22].

Inoltre, circa il 60% degli utenti LRT di Granada e il 40% di Tenerife sono utenti per scelta, ovvero hanno anche a disposizione un'auto per effettuare il viaggio [19], [20], [22]. Nel caso di Granada, la motivazione principale per cui i cittadini hanno deciso di utilizzare la LRT anziché la disponibilità dell'auto è stata la mancanza di parcheggio (38,0% - 32,1% per entrambi i sondaggi) e la convenienza (29,7% - 27,6) [20], [22]. Va notato che a Tenerife vi sono parcheggi gratuiti in centro in entrambi i comuni.

6. Conclusioni

Questa ricerca esamina il servizio LRT di Granada, ultimo sistema ad entrare in esercizio in Spagna (a settembre 2017), fornendo una dettagliata descrizione. Questa memoria illustra i dati più significativi dell'infrastruttura, dei veicoli e del servizio e li confronta con quelli dell'esercizio LRT Linea 1 di Tenerife, la linea LRT spagnola più simile. Il confronto tra i due sistemi pone in relazione i primi risultati dell'esercizio di Granada e fornisce suggerimenti sugli scenari futuri per questo sistema.

Entrambe le linee hanno caratteristiche simili riguardo la maggior parte degli aspetti importanti: lunghezza della linea, numero di fermate e distanza media tra di loro, tasso di motorizzazione e il tracciato del binario. Le principali differenze che influenzano il livello di servizio e di utenza sono:

- la percentuale di tracciato sotterraneo è più elevata nel sistema di Granada che ha tre stazioni sotterranee con accesso a tornelli;
- cadenzamento nelle ore di punta;
- popolazione residente entro un raggio di 500 m dalle fermate/stazioni;
- l'apertura di una seconda linea a Tenerife il 30 maggio 2009. Tuttavia, il fatto che entrambi i sistemi abbiano

evolved from 43.49% in November 2017 to 52.8% in April 2018. On the other hand, the percentage of occasional users (those who ride the system less than once a week) has decreased from 34.38% in November 2017 to 18.5% in April 2018 [20], [22]. This evolution shows how the users have changed from curious citizens who wanted to try the new LRT to commuters using the LRT for going to work or to study. For the case of Tenerife, 66.75% of users ride the system more than 4 days a week, while 12.83% uses it less than once a week [19].

The main way of accessing the stop/station is by walking (91.67% for Granada and 85.57% for Tenerife), followed by bus interchange (5.73% for Granada and 9.14% for Tenerife) [19], [20]. This is a sign of the kind of LRT lines considered, well inserted in the built environment and with a good integration with the transit network.

In relation to modal shift, the majority of the trips were previously made by bus (58.1% - 70.7% for each survey in Granada and 65.4% for Tenerife). Nevertheless, it is worth noting that the second way of making the trip before the LRT opening was car/motorcycle, with 23.0% - 21.8% and 22.2% of the trips shifting from this mode for Granada and Tenerife [19], [20], [22].

Additionally, around 60% of Granada's LRT users and 40% of Tenerife's are "choice users", i.e., they have a car available to make the trip [19], [20], [22]. In Granada's case, the main reason why citizens decided to use the LRT instead of the available car were the lack of parking space (38.0% - 32.1% for both surveys) and convenience (29.7% - 27.6) [20], [22]. It should be noted that in Tenerife there is free of payment parking downtown in both municipalities.

6. Conclusions

This research looks at Granada's LRT, the latest system that has started its service in Spain (in September 2017), describing it in detail. It presents the most representative data of the infrastructure, vehicles and service and it compares it to Tenerife's LRT line 1, the most similar Spanish LRT line. The comparison between both systems puts into context the first results of Granada's operation and give hints about future scenarios for this system.

Both lines have similar characteristics in relation to most of the important aspects: length of the line, number of stops and average distance between them; motorization rate; and track alignment. The main differences that affect level of service and ridership are:

- the percentage of underground alignment is higher in Granada's system and it has three underground stations with turnstile access;
- the peak-hour headway;
- the population living within a radius of 500 m of the stops/stations;
- the opening of a second line in Tenerife in May 30, 2009. Nevertheless, the fact that both systems have al-

quasi la stessa velocità commerciale rende irrilevante la differenza al punto 1.

Questo lavoro confronta l'evoluzione mensile e la media giornaliera di Granada e Tenerife per i primi mesi di esercizio. È evidenziato come gli sviluppi siano simili in entrambi i sistemi, anche se con un maggior numero di passeggeri per Tenerife. Questa considerazione può essere spiegata in funzione della riorganizzazione della rete di autobus di Granada (iniziata pochi mesi dopo la messa in esercizio della LRT) e dai problemi iniziali per raggiungere il programma pianificato (già risolto), nonché dal valore di cadenzamento più basso per Tenerife e dalla popolazione residente leggermente più alta in un raggio di 500 m dalle fermate/stazioni in questa città. In ogni caso, nell'ottobre 2018 si osserva un'importante crescita dell'utenza di Granada, completata l'operatività dell'intero sistema come rete reale e terminato l'effetto stagionale della riduzione nel periodo delle ferie estive.

Il documento mostra anche l'effetto dell'apertura della LRT di Granada sull'intera rete di trasporto. Il risultato è stato un aumento di circa il 6,5%, nell'utenza media giornaliera per il periodo gennaio-settembre 2018 rispetto al 2017, e un aumento della presenza degli utenti nel trasporto, rilevata dalla crescita del numero di tessere per la metropolitana vendute nell'area.

Lo studio evidenzia anche l'evoluzione dell'utenza di Tenerife per l'intero periodo di esercizio (2007-2017), spiegando l'effetto della crisi economica. Questo effetto complica la formulazione di previsioni per Granada alla luce di questi dati, ma i valori di Tenerife lasciano spazio all'ottimismo circa le prestazioni future della LRT di Granada.

Infine l'ultima sezione del documento analizza la soddisfazione e il comportamento degli utenti. In entrambi i sistemi, gli utenti hanno comprensibilmente selezionato la velocità, la puntualità e la frequenza come gli indici più importanti del sistema di trasporto. Gli utenti della LRT di Granada e Tenerife sono molto soddisfatti del servizio fornito, con qualche margine di miglioramento nel caso di Granada, che si prevede di raggiungere nel prossimo sondaggio, per effetto dei miglioramenti già introdotti al momento in cui sono stati fatti i primi sondaggi.

L'alta qualità del servizio LRT in entrambe le città si traduce nel fatto che quasi un quarto dei passeggeri prima utilizzava veicoli privati per lo stesso itinerario e che circa il 60% degli utenti a Granada e il 40% a Tenerife sono gli utenti per scelta.

most the same commercial speed makes the difference in point 1 irrelevant.

The paper compares the monthly and average daily ridership evolution in Granada and Tenerife for the first months of operation. It shows how the trends are similar in both systems, although with higher ridership for Tenerife. This can be explained by the rearrangement of Granada's bus network (that started a few months after the LRT's opening to service) and the initial problems to achieve the planned schedule (already solved), as well as by the lower headway value for Tenerife and by the slightly higher population living within a radius of 500 m of the stops/stations in this city. In any case, an important growth of Granada's ridership is observed in October 2018, once the whole system is working like an actual network and the seasonal effect of summer ridership reduction ends.

The effect of the Granada's LRT opening into the whole transit network is also shown in the paper. It resulted in an increase of around 6.5% in the average daily ridership for the January-September period of 2018 in relation to 2017, and in a raise in transit users loyalty revealed by the growth in the number of metropolitan transit cards sold in the area.

The evolution of Tenerife's ridership for the whole period of operation (2007-2017) is shown in the paper, explaining the effect of the economic crisis. This effect complicates formulating forecasts for Granada in the light of this data, but Tenerife's values give room for being optimistic about the future performance of Granada's LRT.

Finally, user satisfaction and behavior is analyzed in the last section of the paper. In both systems, users understandably selected speed, punctuality and frequency as the most important attributes of the system. Users of both Granada's and Tenerife's LRT are highly satisfied with the service provided, with some room for improvement in the case of Granada that is expected to be achieved in the next survey, due to the service enhancements already provided in relation to the moment when the first surveys were made.

The high quality of the LRT service in both cities results in that almost a quarter of riders were previously using private vehicles for the same itinerary, and that around 60% of users in Granada and 40% in Tenerife are choice riders.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] M. NOVALES, "Light Rail Systems in Spain", Transportation Research Board 91st Annual Meeting, presentation at LRT Committee Meeting AP075, Washington DC, January 22-26, 2012. <https://drive.google.com/file/d/0BxoI3J-J1EVGVzIdDdRIUTUtUzQ/view>. Accessed 08/02/2019.
- [2] M. NOVALES, E. CONLES, "First Tram-Train: the First Experience on Spanish Conventional Lines: Cádiz Bay Tram-Train / Prima Esperienza Tram-Treno Sulle Linee Ferroviarie Spagnole Convenzionali: Il Tram-Treno Della Baia Di Cadice", *Ingegneria Ferroviaria*, 2014 (2), pp. 1-21.

- [3] M. NOVALES, J.A.G. CEREZO, R. ORTEGA, “*Light rail in Alicante, Spain. Improving the Use of Existing Railway Lines*”, Transportation Research Record, 2013. Vol. 2353, pp. 69-81. <http://dx.doi.org/10.3141/2353-07>.
- [4] M. NOVALES, “*The Insertion Approach in the Spanish Cities: Successes and failures*”, Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, invited presentation at the Workshop: “*Light Rail Transit Innovations and Urban Insertion*”, Washington DC, January 12-16, 2014. <https://drive.google.com/file/d/0BxoI3J-J1EVGSlA5ZWRFMB6QzA/view>. Accessed 08/02/2019.
- [5] A. MUÑOZ, “*LRT in Tenerife – Spain: Integrating Successful LRT into an Automobile-Oriented City*”, Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, invited presentation at the Workshop: “*Light Rail Transit Innovations and Urban Insertion*”, Washington DC, January 12-16, 2014. <https://drive.google.com/file/d/0BxoI3J-J1EVGTjBEemtf-clFPNGs/view>. Accessed 08/02/2019.
- [6] M. NOVALES, J. CARSI, O. ORTIZ, A. MUÑOZ, “*Spanish LRT safety data collection and analysis*”, Transportation Research Board 94th Annual Meeting, Washington DC, January 11-15, 2015.
- [7] F. CALVO, A. NASH, “*Wireless Electric Propulsion Light Rail Transit Systems in Spain*”, Transportation Research Board 97th Annual Meeting, Washington DC, January 7-11, 2018.
- [8] C. MUÑOZ, “*Efecto del metropolitano de Granada en el sistema de transporte de Granada*”, XIII Congreso de Ingeniería del Transporte, Gijón (Spain), June 6-8, 2018.
- [9] INE (Instituto Nacional de Estadística), *Population by municipalities. Municipal Register, and Unemployment rates by province*, Spanish Statistical Office, 2017. <http://www.ine.es/dynt3/inebase/en/index.htm?padre=525> and <http://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=3996&L=0>. Accessed 08/02/2019.
- [10] DGT (Dirección General de Tráfico), *Stock of vehicles by municipality*, Directorate-General for Traffic, 2016. <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/informacion-municipal/>. Accessed 08/02/2019.
- [11] R. CASCAJO, A. MONZÓN, C. ROMERO, J. RUIZ, “*Informe OMM-2016*”, Observatorio de la movilidad metropolitana, June 2018. http://www.observatoriomovilidad.es/images/stories/05_informes/informe_omm_2016_final.pdf. Accessed 08/02/2019.
- [12] Cabildo Insular de Tenerife, Plan Territorial Especial de Ordenación del Transporte de Tenerife, May 2012. <http://www.tenerife.es/planes/PTEOTransporte/PTEOTransporteindex.htm>. Accessed 08/02/2019.
- [13] V.R. VUCHIC, “*Urban Transit Systems and Technology*”, John Wiley & Sons Inc., New York, 2007. ISBN: 978-0-471-75823-5.
- [14] Semaly Ltd., FaberMaunsell, “*Comparative Performance Data from French Tramway Systems*”, South Yorkshire Passenger Transport Executive, 2003. <http://www.urbantransportgroup.org/system/files/general-docs/LRTfrench-comparisonsreport.pdf>. Accessed 08/02/2019.
- [15] E. CONLES, M. NOVALES, A. ORRO, J. ANTA, “*BHLS in Nantes: Characteristics and results of the Busway in relation to LRT*”, Transportation Research Record, 2014. Vol. 2418, pp. 63-81. <http://dx.doi.org/10.3141/2418-08>.
- [16] M. NOVALES, A. ORRO, M.R. BUGARÍN, “*Track geometry for light rail systems*”, Transportation Research Record, 2010. Vol. 2146, pp. 18-25. <http://dx.doi.org/10.3141/2146-03>.
- [17] Vía Libre News, “*Metro de Granada amplía su flota con la adquisición de dos nuevas unidades*”, Vía Libre, October 2018. Available on-line: <https://www.vialibre.org/noticias.asp?not=25343&cs=oper> (access 08/02/2019).
- [18] CEREMA, “*Quel bilan de 12 années d’évaluation a posteriori de projets de transport en commun urbains?*”, CEREMA, 2015.
- [19] B&G Consulting, “*Estudio de demanda*”, Metropolitano de Tenerife SA, December 2008.
- [20] Quality Survey SL, “*Estudio de satisfacción de usuarios/as del servicio de autobuses y metro de Granada tras la puesta en marcha del Metro de Granada*”, Consorcio de Transportes Metropolitano. Área de Granada, November 2017.
- [21] B&G Nivaria Consulting, “*Estudio de demanda*”, Tranvía de Tenerife, Metropolitano de Tenerife SA, October 2017.
- [22] Quality Survey SL, “*Avance de resultados (Metro de Granada). Estudio de satisfacción de usuarios del servicio de autobuses y metro de Granada tras la puesta en marcha del servicio de Metro*”, Consorcio de Transportes Metropolitano. Área de Granada, April 2018.