

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

**Estudi lumínic i pla de millora de la gestió,
eficiència i consum de l'enllumenat de la ciutat de
Barcelona**

MEMÒRIA

Autor: Martí Anglada Soler
Director: Núria Mallafré Alcorcer
Convocatòria: Juny 2022



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

En el present treball de final de grau es desenvoluparà un anàlisi acurat de la situació actual de l'enllumenat de Barcelona, ja sigui de manera econòmica, ambiental, vial o estructural.

S'analitzaran en profunditat els diferents districtes de l'àrea de Barcelona per tal de fer-ne un acurat estudi lumínic englobant diversos punts específics, valorant el seu consum energètic anual procedent de l'enllumenat públic. Un cop finalitzat, s'executarà un posterior estudi de millora d'alguns d'aquests inputs a través de múltiples criteris donant èmfasi en el seu impacte econòmic, energètic, ambiental i social.

L'obtenció, filtració i recerca de dades s'ha realitzat a partir de dos programes diferents. Rosmiman, un software per a gestió i manteniment d'actius, espais i infraestructures amb àmplia varietat de mòduls per administrar-los i controlar-los de manera global i centralitzada. QGis, que es tracta de programari de codi lliure i multiplataforma, permet la visualització, edició i anàlisi de dades que conforma un sistema d'informació geogràfica geolocalitzada.

Per a l'estudi de variables i tractament de dades, s'ha emprat principalment el programari Office, concretament l'Excel mitjançant taules dinàmiques i la creació de fórmules.

Sumari General

SUMARI GENERAL	5
SUMARI FIGURES	8
SUMARI GRÀFIQUES	10
SUMARI TAULES	12
SUMARI EQUACIONS	13
GLOSSARI	14
1. PREFACI	15
1.1. Origen del projecte.....	18
1.2. Motivació.....	18
2. INTRODUCCIÓ	19
2.1. Objectius i abast del projecte.....	19
3. SITUACIÓ GENERAL	20
3.1. Posició geogràfica: districtes i barris de Barcelona.....	20
3.2. Subcontractes d'empreses mantenidores.....	25
3.3. Coneixements bàsics.....	27
3.3.1. Física de la il·luminació.....	27
3.3.2. Làmpada.....	27
3.3.3. Lluminaària.....	29
3.3.4. Centres de control.....	31
3.3.5. Tipus d'alimentacions de l'electricitat.....	33
3.3.6. Formulari general.....	33
4. COST DEL PREU DE LA LLUM	35
4.1. Classificació de zones.....	38
5. CONTROL DE DADES A PARTIR DE ROSMIMAN	39
5.1. Accés.....	40
5.2. Menús i entorn.....	40
5.3. Utilització dels filtres i extracció a Excel dels resultats.....	41
5.4. GIS - Obrir i localitzar elements.....	44
6. RATIS GLOBALS	48
7. CONSUM ENERGÈTIC PER DISTRICTES	51

8. TIPUS DE LÀMPADES I SEUS CONSUMS PER ALS DIFERENTS DISTRICTES	54
9. TIPUS DE LLUMINÀRIES I SUPORTS EXISTENTS A BARCELONA	55
9.1. Citelum.....	55
9.2. UTE.....	58
9.3. IMESAPI.....	61
10. ALTERNATIVES A MILLORAR	64
10.1. Canvi de bombetes per LED's.....	64
10.2. Control dinàmic de lluminositat a partir de sensors de llum.....	67
10.2.1. Programació del CDL a l'encesa (<i>Figura 10.2</i>).....	67
10.2.2. Programació del CDL a l'apagat (<i>Figura 10.3</i>).....	68
10.2.3. Anàlisi del funcionament del CDL.....	69
10.3. Telegestió dels centres de comandament.....	70
10.3.1. Distribució de quadres del 2019:.....	71
10.3.2. Estat de les comunicacions.....	72
10.3.3. Ràdio Are-Mod.....	73
10.3.4. Ràdio Teltronic.....	75
10.3.5. Mòdems GSM.....	76
10.3.6. Fibra Òptica.....	77
10.3.7. Distribució de quadres del 2022:.....	78
10.4. Reducció de la potència lumínica en hores baixes.....	81
10.5. Ampliació de l'ús de plaques fotovoltaïques per als fanals públics.....	83
10.6. Mesures luminotècniques en instal·lacions d'enllumenat exterior.....	86
11. PRESSUPOST	90
12. IMPACTE AMBIENTAL	91
13. CONCLUSIONS	92
14. AGRAÏMENTS	93
15. ANNEX	94
15.1. Tipus de làmpades amb equips de descàrrega segons potència.....	95
15.2. Inventari ciutat de Barcelona.....	96
15.3. Potències consumides segons el model de làmpada.....	105
15.4. Plànol districte 1: Ciutat Vella.....	106
15.5. Plànol districte 2: L'Eixample.....	107
15.6. Plànol districte 3: Sants-Montjuïc.....	108

15.7.	Plànol districte 4: Les Corts.....	109
15.8.	Plànol districte 5: Sarrià - Sant Gervasi	110
15.9.	Plànol districte 6: Gràcia	111
15.10.	Plànol districte 7: Horta-Guinardó.....	112
15.11.	Plànol districte 8: Nou Barris	113
15.12.	Plànol districte 9: Sant Andreu	114
15.13.	Plànol districte 10: Sant Martí.....	115
15.14.	Especificacions llumeneres LEDs per enllumenat exterior.....	116
15.14.1.	Requeriments del fabricant.....	116
15.14.2.	Requeriments de la llumenera:.....	117
15.14.3.	Requeriments del Driver	120
15.14.4.	Normativa	121
15.15.	Resum del Decret de protecció de cel nocturn de Catalunya	122
15.15.1.	Article 1r. Objecte	122
15.15.2.	Article 2n. Àmbit d'aplicació.....	122
15.15.3.	Article 3r. Inclinació de les pantalles.....	123
15.15.4.	Article 4t. Tancament de les llumeneres.....	123
15.15.5.	Article 5è. Il·luminació sumptuària.....	124
15.15.6.	Article 6è. Tipus de bombetes	124
15.15.7.	Article 7è. Estalvi energètic	124
15.15.8.	Article 8è. Altres mesures a tenir en compte	124
15.15.9.	Article 9è. Qualitat dels paviments.....	125
15.15.10.	Article 10è. Grau d'il·luminació mitjana (horitzontal).....	125
16.	BIBLIOGRAFIA	126
16.1.	Referències bibliogràfiques.....	126
16.2.	Altres referències bibliogràfiques i webgrafia.....	126

Sumari Figures

Figura 3.1	Mapa distribució diferents districtes de Barcelona i rodalies.....	20
Figura 3.2	Barris de Ciutat Vella.....	21
Figura 3.3	Barris de l'Eixample.....	21
Figura 3.4	Barris de Sants-Montjuïc	21
Figura 3.5	Barris de Les Corts.....	21
Figura 3.6	Barris de Sarrià-Sant Gervasi.....	22
Figura 3.7	Barris de Gràcia	22
Figura 3.8	Barris d'Horta-Guinardó.....	22
Figura 3.9	Barris de Nou Barris	23
Figura 3.10	Barris de Sant Andreu	23
Figura 3.11	Barris de Sant Martí	23
Figura 3.12	Districtes de Barcelona	24
Figura 3.13	Logotip Citelum	25
Figura 3.14	Logotip UTE	25
Figura 3.15	Logotip ImesAPI.....	25
Figura 3.16	Esquema general enllumenat artificial.....	27
Figura 3.17	Representació de les 3 làmpades més significatives	28
Figura 3.18	Característiques dels tipus de làmpades estudiats.....	29
Figura 3.19	Direccionament dels rajos de llum.....	29
Figura 3.20	Diferents tipus de suports.....	30
Figura 3.21	Parts d'una lluminària	30
Figura 3.22	Esquema exemple de circuit intern d'un quadre de comandament	31
Figura 3.23	Armari sobre sòcol (2-5 portes)	32
Figura 3.24	Armari monòlit 2+2	32
Figura 3.25	Monòlit.....	32

Figura 4.1	Franges de funcionament dels diferents preus de la llum	36
Figura 4.2	Preus energia en funció de la franja i el grup	36
Figura 4.3	Tipologia de zones.....	38
Figura 5.1	Logotip Rosmiman.....	39
Figura 5.2	Interfaç principal del programa.....	40
Figura 5.3	Menú de treball	40
Figura 5.4	Filtres Enllumenat Públic	41
Figura 5.5	Menú QGis	44
Figura 10.1	Bombeta halògena vs. Bombeta LED.....	64
Figura 10.2	Pantalla de programació del CDL a l'encesa	67
Figura 10.3	Pantalla de programació del CDL a l'apagat.....	68
Figura 10.4	Cel nocturn Barcelona abans de les 22.00h de la nit.....	82
Figura 10.5	Cel nocturn Barcelona després de les 22.00h de la nit.....	82
Figura 10.6	Fanal amb placa fotovoltaica	83
Figura 10.7	Panell fotovoltaic.....	84
Figura 10.8	Mesures preses del carrer en qüestió.....	86
Figura 10.9	Plànol de la zona afectada.....	86
Figura 10.10	Plànol en detall de la zona afectada	87
Figura 10.11	Visió del carrer	87
Figura 10.12	Lux registrats inicialment a cada punt.....	88
Figura 10.13	Lux registrats un cop aplicada la neteja a cada punt	88

Sumari Gràfiques

Gràfica 1.1 Preus mitjans diaris de l'electricitat al 2021	15
Gràfica 1.2 Preu drets d'emissió de CO ₂	16
Gràfica 3.1 Mapa distribució diferents districtes de Barcelona i rodalies	20
Gràfica 3.2 Mapa distribució diferents districtes de Barcelona i rodalies	20
Gràfica 4.1 Previsió preus de la llum en funció dels mesos.....	37
Gràfica 6.1 Suports en funció dels districtes de Barcelona.....	48
Gràfica 6.2 Làmpades en funció dels districtes de Barcelona	49
Gràfica 6.3 Luminària en funció dels districtes de Barcelona	49
Gràfica 6.4 Centres de comandament en funció dels districtes de Barcelona.....	50
Gràfica 7.1 Potència lumínica en funció dels districtes de Barcelona.....	51
Gràfica 7.2 Potència consumida a Ciutat Vella.....	52
Gràfica 7.3 Potència consumida a l'Eixample	52
Gràfica 7.4 Potència consumida a Les Corts	52
Gràfica 7.5 Potència consumida a Sarrià-Sant Gervasi	52
Gràfica 7.6 Potència consumida a Sants-Montjuïc.....	52
Gràfica 7.7 Potència consumida a Gràcia	52
Gràfica 7.8 Potència consumida a Horta-Guinardó	53
Gràfica 7.9 Potència consumida a Nou Barris.....	53
Gràfica 7.10 Potència consumida Sant Andreu.....	53
Gràfica 7.11 Potència consumida Sant Martí	53
Gràfica 10.1 Registre anual de l'horari de sortida del sol (Orto)	69
Gràfica 10.2 Registre anual de l'horari de posta del sol (Ocàs).....	70
Gràfica 10.3 Nombre de quadres segons el sistema de control	71
Gràfica 10.4 Potència de quadres segons el sistema de control.....	71
Gràfica 10.5 Comunicacions totals.....	72

Gràfica 10.6 Comunicació per radiofreqüència Are-Mod	73
Gràfica 10.7 Radiofreqüència Are-Mod al Carmel	74
Gràfica 10.10 Radiofreqüència Are-Mod al Turó Blau	74
Gràfica 10.8 Radiofreqüència Are-Mod a Collserola.....	74
Gràfica 10.9 Radiofreqüència Are-Mod a Montjuïc	74
Gràfica 10.12 Radiofreqüència Are-Mod a Lesseps	74
Gràfica 10.11 Radiofreqüència Are-Mod a l'Edifici Meridiana	74
Gràfica 10.13 Comunicació per radiofreqüència Teltronic	75
Gràfica 10.14 Comunicació mòdem GSM	76
Gràfica 10.15 Comunicació fibra òptica	77
Gràfica 10.16 Nombre de quadres segons el sistema de control.....	78
Gràfica 10.17 Potència dels quadres segons el sistema de control.....	78
Gràfica 15.1 Estudi de les unitats dels diferents tipus de làmpades amb equips de descàrrega amb cada valor de potència concreta	95
Gràfica 15.2 Tipologia de LED.....	118

Sumari Taules

Taula 10.1 Tipus de comunicacions	71
Taula 10.2 Comunicacions totals	72
Taula 10.3 Comunicació per radiofreqüència Are-Mod	73
Taula 10.4 Comunicació per radiofreqüència Teltronic	75
Taula 10.5 Comunicació mòdem GSM	76
Taula 10.6 Comunicació fibra òptica	77
Taula 10.7 Comunicacions actuals en gestió dels quadres de comandament	79
Taula 10.8 Potències consumides amb el corresponent preu	81
Taula 11.1 Costos generals.....	90

Sumari Equacions

Equació 3.1 Potència aparent total	33
Equació 3.2 Intensitat prevista	34
Equació 3.3 Caiguda de tensió prevista.....	34
Equació 10.1 Uniformitat mitjana	88

Glossari

- **OMIE** → Operador del mercat Ibèric d'Energia
- **UTE** → Unió temporal d'empreses
- **GMAO** → Gestió de Manteniment Assistit per Ordinador
- **ESE** → Empresa de servei energètic
- **ICPM** → Interruptor de control de potència màxima
- **IGA** → Interruptor general automàtic
- **PIA** → Petit interruptor automàtic
- **ID** → Interruptor diferencial
- **BE** → Barcelona Energia
- **IVA** → Impost sobre el valor afegit
- **GIS** → Sistema d'informació geogràfica
- **LED** → Díode emissor de llum
- **CDL** → Control dinàmic de lluminositat
- **GSM** → Global System for Mobile Communications
- **GPRS** → General Packet Radio Service
- **EMAS** → Eco-Management and Audit Scheme
- **ISO** → International Organization for Standardization
- **UNE** → Organisme de normalització espanyola
- **ENAC** → Entitat Nacional d'acreditació
- **CRI** → Índex de reproducció cromàtica
- **CLO** → Constant light output
- **DEP** → Departament d'enllumenat públic
- **VSAP** → Bombetes de vapor de sodi d'alta pressió
- **VSBP** → Bombetes de vapor de sodi de baixa pressió
- **OHSAS** → Occupational Health and Safety Assessment Series

1. Prefaci

Els drets d'emissió de CO₂ i l'alta demanda de gas són alguns dels factors que influeixen directament al preu de l'energia elèctrica i, per tant, a la factura de la llum. Durant el 2021 segons les dades de l'operador del mercat Ibèric d'Energia (OMIE), el preu de l'electricitat, concretament la llum, ha augmentat dels 30€/MWh als 140€/MWh.



Gràfica 1.1 Preus mitjans diaris de l'electricitat al 2021

Al 2022 s'han assolit les desorbitades xifres de quasi bé 400 €/MWh i els valors apunten a que podria augmentar encara més.

Les variables que influeixen en el preu de l'energia i que, per tant, afecten la factura de la llum, són principalment cinc: el mix de producció d'electricitat de què es disposa, les condicions climatològiques, el preu dels drets d'emissió de CO₂, el preu dels combustibles i la demanda.

Precio de los derechos de emisión de CO₂

Cotización diaria. Euros por tonelada de CO₂ eq.



Gràfica 1.2 Preu drets d'emissió de CO₂

L'energia amb un cost variable més baix és la renovable, però a Espanya encara no està prou desenvolupada i no és possible cobrir tota la demanda només amb aquest tipus d'energia. En els últims anys, cobria un 20-25% de la demanda energètica elèctrica i actualment ha incrementat fins a més del 45% del consum energètic amb generació renovable.

Per tecnologies, l'eòlica ha estat la que més ha generat, amb els seus 28.079 MW instal·lats ha aconseguit produir al 2021 un total de 60.364 GWh o el 23,3% de l'electricitat a Espanya l'any passat. El segueix la nuclear que amb els seus 7.117 MW instal·lats que ha lliurat 53.921 GWh i ocupa el 20.8% de la producció. Tancant el top 3, el cicle combinat (gas) amb un 17.7% de quota i una producció de 44.622 GWh gràcies als seus 26.650 MW instal·lats.

En total les fonts que no emeten directament, renovables+nuclear, han ocupat el 68,4% de la producció elèctrica a Espanya. Un petit increment respecte al 2020, quan es va aconseguir el 67,3%.

Una de les causes d'haver aconseguit unes xifres millors ha estat la caiguda de la hidràulica, que aquest 2021 ha reduït la seva aportació un 6,56% respecte a l'any anterior. Cosa que compensa la pujada de l'eòlica un 6,88%.

La nuclear ha baixat un 6,31%, el cicle combinat marca un descens de l'1,7%, mentre que la tecnologia que més creix és la solar fotovoltaica que s'anota un increment del 31,1%. Cosa que ens indica que gràcies al seu creixement i l'impuls des d'Europa als plans d'ajuda a les instal·lacions residencials i industrials, la fotovoltaica tindrà el 2022 possiblement un dels millors anys fins al moment, i on s'espera que superi el 10% de producció .

Malgrat la desesperada reactivació dels últims mesos per la pujada dels preus de gas, el carbó enfila el seu final aconseguint el 2021 un mínim 1.9% de la producció, lleugerament per sota del 2% del 2020, i lluny del 19% que s'aconseguia fa tot just 10 anys.

1. Eòlica: 23,3% (+6,88%)
2. Nuclear: 20,8% (-6,31%)
3. Cicle combinat: 17,7% (-1,7%)
4. Hidràulica: 11,4%: (-6,56%)
5. Cogeneració: 10% (-13%)
6. Fotovoltaica: 8% (+31,1%)
7. Carbó: 1,9% (-5%)
8. Solar tèrmica: 1,8% (+5%)

1.1. Origen del projecte

El projecte esdevé a partir de l'inici d'unes pràctiques a l'àrea d'Ecologia Urbana de l'ajuntament de Barcelona, concretament al Departament d'Enllumenat on es dona una àmplia visió i coneixement en el consum energètic de les lluminàries de la ciutat i el seu funcionament, alhora que medis i informació pel tractament de dades al respecte. Això, juntament amb el context en el que s'està, un gran increment del preu de la llum degut a causes varies, s'ha decidit dur a terme un estudi de lumínic actual de la ciutat i una millora global en el consum energètic de l'enllumenat de Barcelona. D'aquesta forma, poder reduir-lo a partir de diferents propostes de millora energètica complementades amb mesures d'eficiència contextualitzades en el mateix àmbit que consegüentment, ajudaran a que les factures anuals d'aquesta entitat no siguin tant elevades i permetin també la disminució de les corresponents emissions.

1.2. Motivació

Arran de la contextualització prèvia relacionada amb el consum energètic i l'augment incontrolat del preu de la llum, es creu que pot ser un clar objecte d'estudi i sobretot de gran utilitat pels propers projectes de millora que es realitzin dins del departament d'enllumenat de l'ajuntament de Barcelona per tal de minimitzar l'impacte econòmic que pot suposar aquest increment del cost. Alhora que un sentiment personal de consciència de la situació per la que s'està passant i la clara necessitat de dur a terme qualsevol tipus de millora factible tenint el medis conseqüents, per tal de col·laborar, per poc que es pugui, en algun àmbit de possible renovació.

2. Introducció

En l'actualitat, l'ús massiu de fonts energètiques contaminants i no renovables ens està portant a una situació insostenible pel planeta. És el nostre deure com a ciutadans responsables, modificar els nostres mals hàbits de malgast de recursos naturals disponibles i sobretot, de consum energètic, per assolir uns nivells de sostenibilitat que frenin l'avanç del canvi climàtic. Concretament, es tractarà l'ajuntament de Barcelona com a centre de l'estudi i entitat beneficiària del projecte amb les possibles millores conseqüents que es puguin realitzar al respecte.

2.1. Objectius i abast del projecte

Durant la realització del Treball de Final de Grau s'analitzaran en profunditat els diferents districtes de l'àrea de Barcelona per tal de fer-ne un acurat estudi lumínic englobant diversos punts específics, valorant el seu consum energètic anual procedent de l'enllumenat públic i s'executarà un posterior estudi de millora d'alguns d'aquests inputs a través de múltiples criteris donant èmfasi en el seu impacte econòmic, energètic, ambiental i social.

3. Situació general

Barcelona és una ciutat i metròpoli a la costa mediterrània de la península Ibèrica. És la capital de Catalunya, així com de la comarca del Barcelonès i de la província de Barcelona, i la segona ciutat en població i pes econòmic de la península Ibèrica, després de Madrid.

Amb una població d'1.636.732 habitants (2021), Barcelona és la ciutat més poblada de Catalunya i l'onzena de la Unió Europea. Abarca un total de 101,3 km² i té una densitat de població de 16.157,28 hab./km²

3.1. Posició geogràfica: districtes i barris de Barcelona

Actualment Barcelona queda organitzada en 10 districtes diferents que subdivideixen la ciutat, els quals contenen amb 73 barris en total. De l'*annex 15.4* al *15.14* apareixen cada un dels districtes en detall. Podem distingir les diferents zones en la següent imatge (*Figura 3.1*).



Figura 3.1 Mapa distribució diferents districtes de Barcelona i rodalies

1. Ciutat Vella

- a. La Barceloneta
- b. El Gòtic
- c. El Raval
- d. Sant Pere, Santa Caterina i la Ribera



Figura 3.2 Barris de Ciutat Vella

2. L'Eixample

- a. L'Antiga Esquerra de l'Eixample
- b. La Nova Esquerra de l'Eixample
- c. La Dreta de l'Eixample
- d. El Fort Pienc
- e. La Sagrada Família
- f. Sant Antoni



Figura 3.3 Barris de l'Eixample

3. Sants - Montjuïc

- a. La Bordeta
- b. La Font de la Guatlla
- c. Hostafrancs
- d. La Marina de Port
- e. La Marina del Prat Vermell
- f. El Poble-sec
- g. Sants
- h. Sants-Badal



Figura 3.4 Barris de Sants-Montjuïc

4. Les Corts

- a. Les Corts
- b. La Maternitat i Sant Ramon
- c. Pedralbes



Figura 3.5 Barris de Les Corts

5. Sarrià - Sant Gervasi

- a. El Putxet i el Farró
- b. Sarrià
- c. Sant Gervasi - la Bonanova
- d. Sant Gervasi - Galvany
- e. Les Tres Torres
- f. Vallvidrera, el Tibidabo i les Planes



Figura 3.6 Barris de Sarrià-Sant Gervasi

6. Gràcia

- a. La Vila de Gràcia
- b. El Camp d'en Grassot i Gràcia nova
- c. La Salut
- d. El Coll
- e. Vallcarca i els Penitents



Figura 3.7 Barris de Gràcia

7. Horta - Guinardó

- a. El Baix Guinardó
- b. El Guinardó
- c. Can Baró
- d. El Carmel
- e. La Font d'en Fargues
- f. Horta
- g. La Clota
- h. Montbau
- i. Sant Genís dels Agudells
- j. La Teixonera
- k. La Vall d'Hebron



Figura 3.8 Barris d'Horta-Guinardó

8. Nou Barris

- a. Can Peguera
- b. Canyelles
- c. Ciutat Meridiana
- d. La Guineueta
- e. Porta
- f. La Prosperitat
- g. Les Roquetes
- h. Torre Baró
- i. La Trinitat Nova
- j. El Turó de La Peira
- k. Vallbona
- l. Verdum
- m. Vilapicina i la Torre Llobeta



Figura 3.9 Barris de Nou Barris

9. Sant Andreu

- a. Baró de Viver
- b. El Bon Pastor
- c. El Congrés i els Indians
- d. Navas
- e. Sant Andreu de Palomar
- f. La Sagrera
- g. La Trinitat Vella



Figura 3.10 Barris de Sant Andreu

10. Sant Martí

- a. El Besòs i el Maresme
- b. El Clot
- c. El Camp de l'Arpa del Clot
- d. Diagonal Mar i el Front Marítim del Besòs i el Maresme
- e. El Parc i la Llacuna del Poblenou
- f. El Poblenou
- g. Provençals del Poblenou
- h. Sant Martí de Provençals
- i. La Verneda i la Pau
- j. La Vila Olímpica del Poblenou

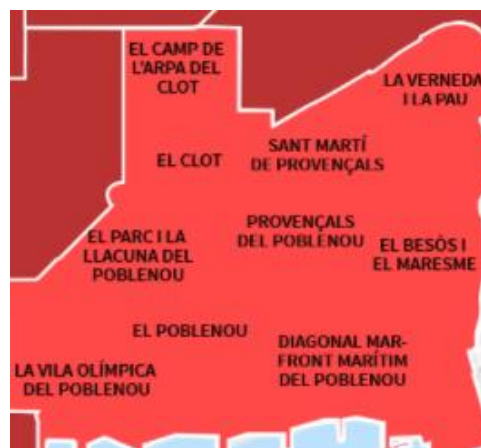


Figura 3.11 Barris de Sant Martí

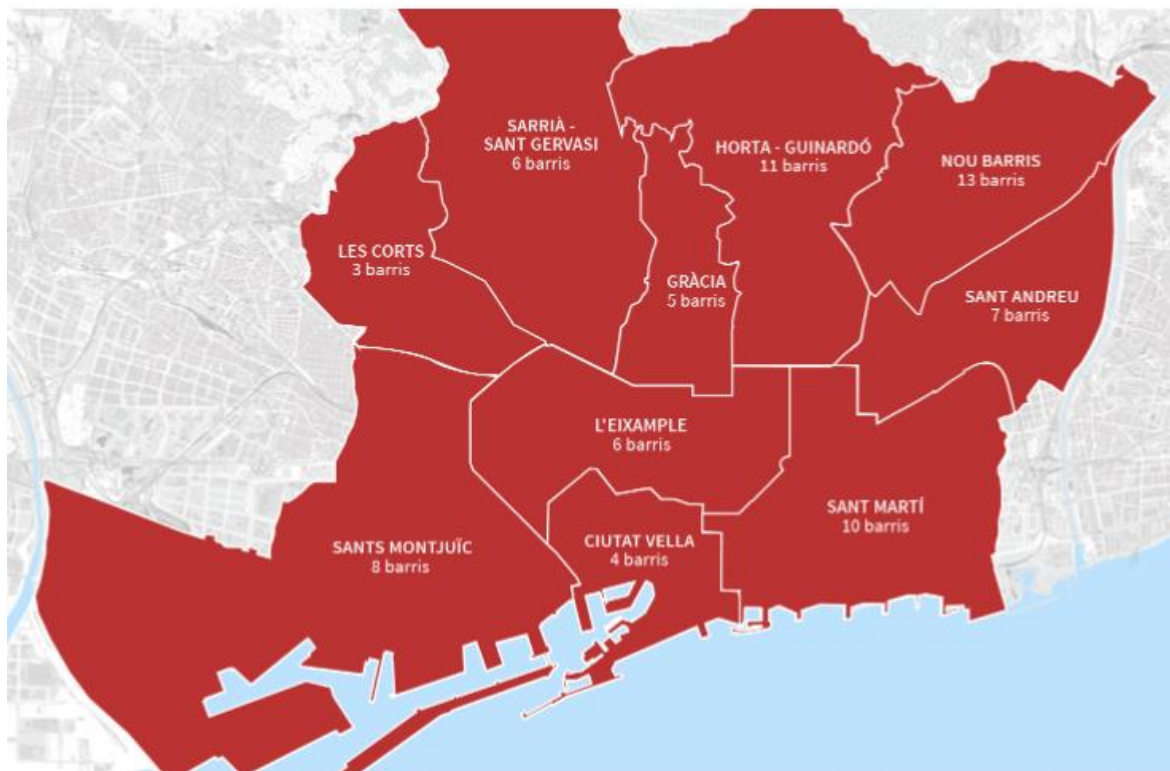


Figura 3.12 Districtes de Barcelona

3.2. Subcontractes d'empreses mantenidores

Actualment el manteniment de l'àrea de l'enllumenat públic de Barcelona està distribuït en 3 empreses adjudicatàries del concurs o licitació pública de 2 anys de durada, de 2022 a 2024 amb possibilitat de pròrroga. Aquestes empreses subcontractades, amb la supervisió dels tècnics de l'ajuntament, es dediquen al manteniment, reparació i verificació de tots els sistemes i elements elèctrics instal·lats a la ciutat.

- 1) Citelum Ibérica: és una empresa creada el 1989, especialitzada en treballar per a les administracions locals en la gestió i el manteniment d'enllumenat de la ciutat. Actualment tenen adjudicats els districtes 1, 2 i 3 de Barcelona, és a dir: Ciutat Vella, l'Eixample i Sants-Montjuïc.



Figura 3.13 Logotip Citelum

- 2) UTE: És una unió temporal d'empreses pública del sector energia, està formada per a Rubatec i Urbalux. Aquestes empreses, ofereixen els serveis d'assessorament i assistència tècnica a les àrees de la seva especialitat i annexes. Treballa en els districtes 4, 5, 6, i 7. És a dir: Les Corts, Sarrià-Sant Gervasi, Gràcia i l'Horta-Guinardó.



Figura 3.14 Logotip UTE

- 3) ImesAPI: És el resultat de la fusió de les empreses imes S.A. i Aplicació de Pintures, API, S.A. Se li ha adjudicat el manteniment dels districtes 8, 9 i 10. Nou Barris, Sant Andreu i Sant Martí.



Figura 3.15 Logotip ImesAPI

Aquestes empreses s'enfoquen en diferents àmbits:

- ENLLUMENAT PÚBLIC. Manteniment de la instal·lació d'enllumenat, execució d'obres d'enllumenat, elaboració de plans directors, estudis d'eficiència energètica i projectes, etc.
- SMART CITY. Disposen d'un GMAO (Gestió de Manteniment Assistit per Ordinador) anomenat Rosmiman, també utilitzat dins del propi ajuntament. Aquest, està totalment adaptat als serveis d'una ciutat, que també fa de plataforma tecnològica capaç d'integrar totes les aplicacions de la ciutat, monitoritzant els indicadors clau.
- SERVEIS ENERGÈTICS. L'empresa com a tal té molts contractes tipus ESE, on els estalvis energètics obtinguts ajuden l'ajuntament a afrontar la inversió.
- QUALITAT, MEDI AMBIENT I PREVENCIÓ. Conscients de la seva importància, aquests disposen la normativa de ISO 9001, ISO 14001, EMAS, ISO 50001 i OHSAS 18001.

Ofereixen ja sigui setmanalment o mensualment, segons sigui necessari, preinformes explicatius de les diferents obres o projectes que l'ajuntament els hi proposa i que es durant a terme al llarg dels períodes esmentats per tal que en pugui fer un seguiment actiu en tot moment i avalar-los o rebutjar-los en cas de que sigui necessari.

3.3. Coneixements bàsics

Per a tractar qualsevol de les parts del treball, interessa tenir una petita base de coneixement de causa, dels sistemes i aparells bàsics, entre d'altres coses, que han estat objecte d'estudi en aquest projecte.

3.3.1. Física de la il·luminació

A partir del següent esquema (*Figura 3.16*) es pot comprendre el funcionament general de l'enllumenat artificial de la ciutat i els diferents punts a tenir en compte.

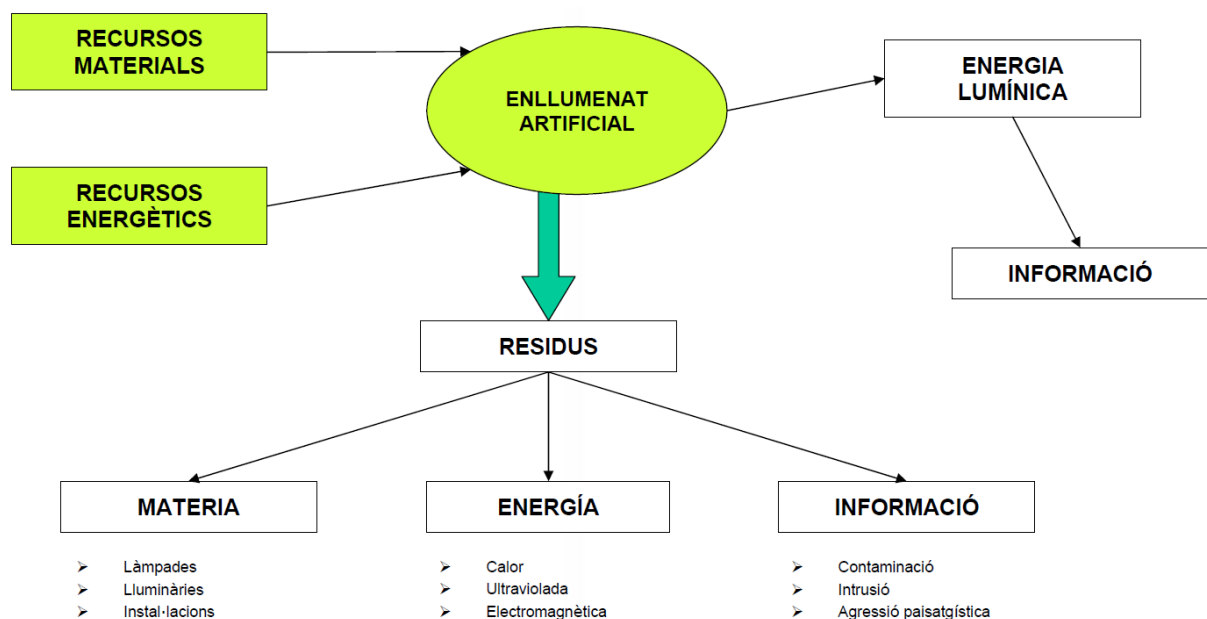


Figura 3.16 Esquema general enllumenat artificial

3.3.2. Làmpada

Una làmpada és qualsevol aparell destinat a produir llum. Per extensió, aquest terme s'utilitza per descriure un objecte destinat a suportar la làmpada pròpiament dita.

Per a entendre-ho d'una forma més visual a continuació a la *Figura 3.17* tenim les seves parts segons les tipologies més generals.

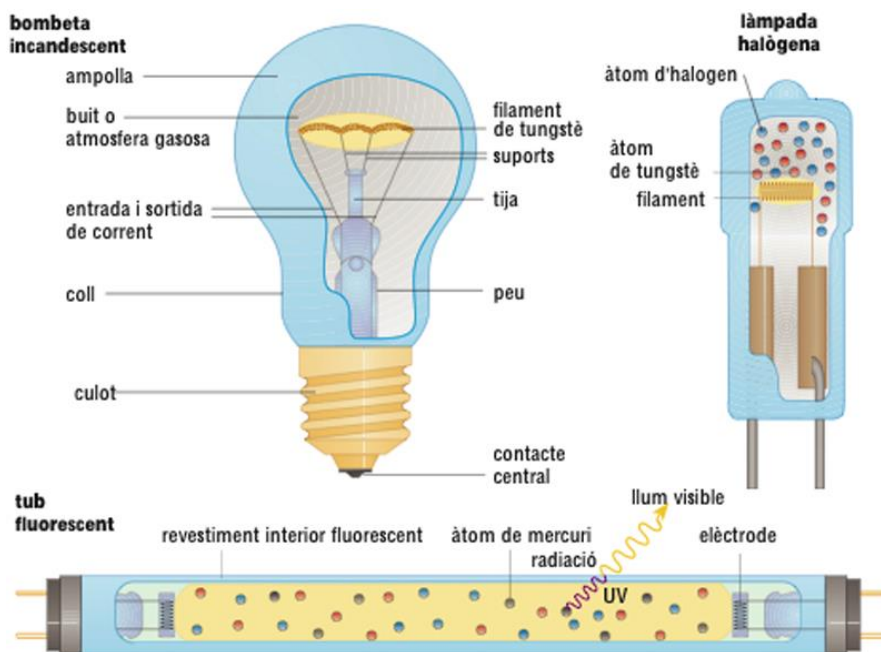






Figura 3.17 Representació de les 3 làmpades més significatives

Com a quadre resum dels diferents tipus de làmpades que es tractaran a continuació, s'ha realitzat la següent *Taula 3.1* amb la informació bàsica de cadascuna d'elles.

TIPUS DE LÀMPADA	LLUM EMESA [Lm/W]	LLUM EMESA ÚTIL [Lm/W]	VIDA ÚTIL [h]	CRI (Índex Reproducció Cromàtica)	IMATGE
Incandescent	15	12	500	90	
Halògena	20	16	1200	100	
Halogenur metàl·lic	70-90	56-72	12.000	85	
Fluorescent	60-90	39-60	8.000	80	




Sodi (baixa pressió)	120-150	84-105	16.000	25	
Sodi (alta pressió)	95-130	76-96	28.000	45	
LED	90-160	70-130	> 50.000	>75	

Figura 3.18 Característiques dels tipus de làmpades estudiats

3.3.3. Luminària

Aparell d'il·luminació que reparteix, filtra o transforma la llum emesa per una o vàries làmpades. A causa de la molt alta luminància de les làmpades, cal augmentar la superfície aparent d'emissió per evitar molèsties visuals (enlluernaments). D'altra banda, cal apantallar els llums per protegir-los dels agents exteriors i perquè dirigeixin el flux en la forma més adequada a la tasca visual..

Objectiu luminotècnic: Primordials i bàsic, tal i com s'ha comentat, direccionar els rajos de llum que produeix la làmpada tal i com es veu a la *Figura 3.18*.

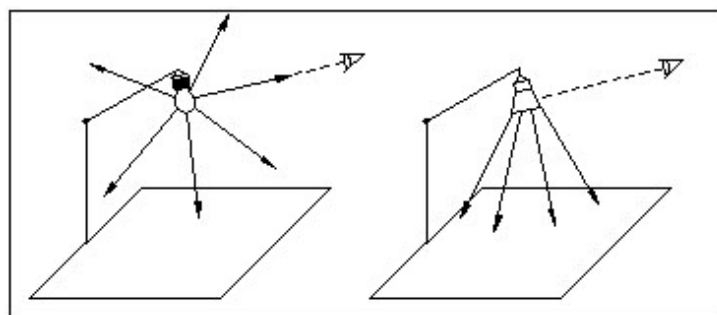


Figura 3.19 Direccionament dels rajos de llum

Objectiu mecànic: Suportar, fixar i protegir les làmpades i tot el conjunt.

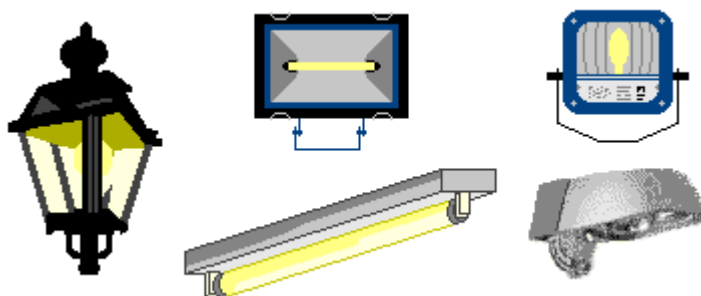


Figura 3.20 Diferents tipus de suports

Objectiu elèctric: Allotjar els aparells necessaris per al correcte funcionament de la instal·lació.

Objectiu estètic: Com a últim objectiu a destacar, sempre es busca una estètica en el producte. En aquest cas es vol que quedi camuflat en l'entorn per a no produir una excessiva contaminació visual als entorns on es col·loca. En algunes ocasions també, es busca un disseny innovador de l'agrat dels vianants.

Com a últim, es defineixen les diferents parts de la lluminària *Figura 3.20*.

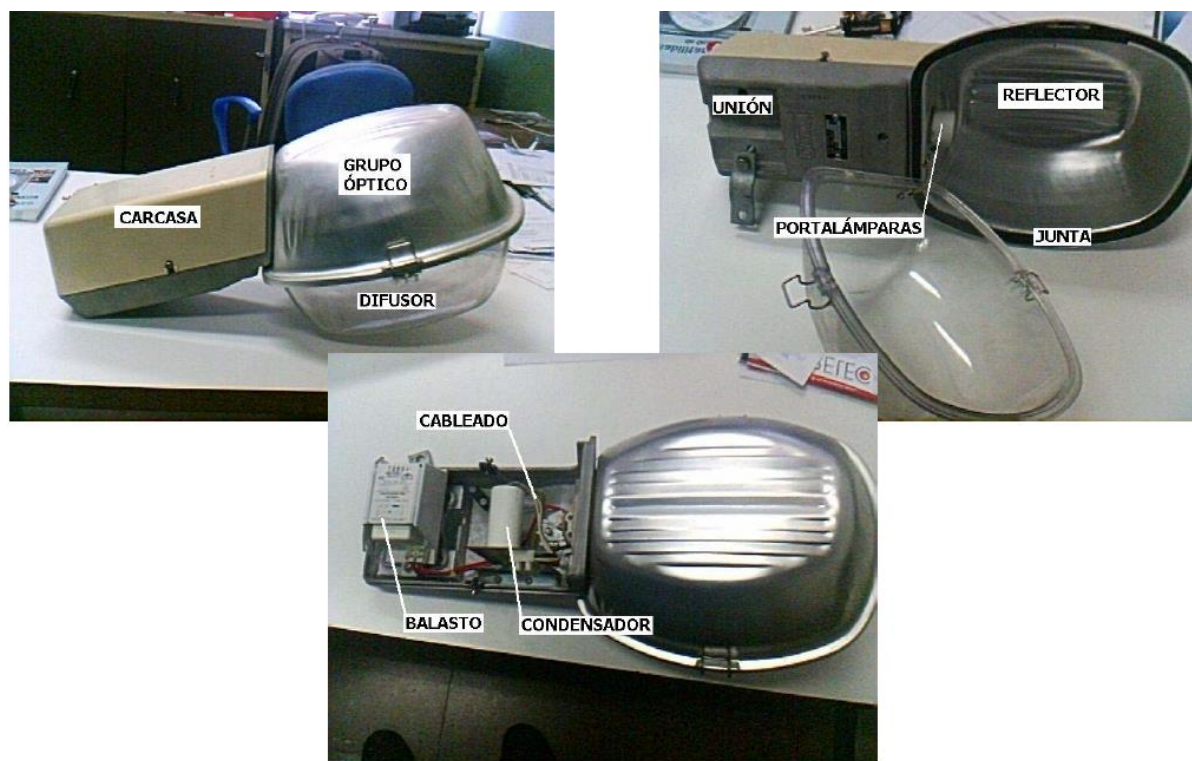


Figura 3.21 Parts d'una lluminària

3.3.4. Centres de control

També anomenats quadres de comandament, són armaris metàl·lics on s'allotgen els elements principals de seguretat, protecció i maniobra de la instal·lació elèctrica. Acostumen a situar-se el més a prop possible de la zona on s'ha instal·lat el sistema d'il·luminació (làmpades, lluminàries i suports). Es pot observar en detall a la *Figura 3.21*.

Els seus components són:

- ICPM (interruptor de control de potència màxima): és un interruptor magnetotèrmic que té la funció d'evitar que la potència subministrada per la companyia superi la potència contractada.
- IGA (interruptor general automàtic): es pot accionar manualment, i disposa de protecció contra sobrecàrrega i curtcircuits.
- PIA (petit interruptor automàtic): té la mateixa funció que l'IGA però per cada circuit. Així si en un circuit hi ha una pujada de potència, sobrecàrrega o curtcircuit no s'apaga tot el quadre sinó que tan sols atura la línia afectada.
- ID (interruptor diferencial): és el que s'encarrega de protegir a les persones de contactes directes i indirectes. Detecta els corrents de fuga (per cada 5 circuits és necessari un ID).

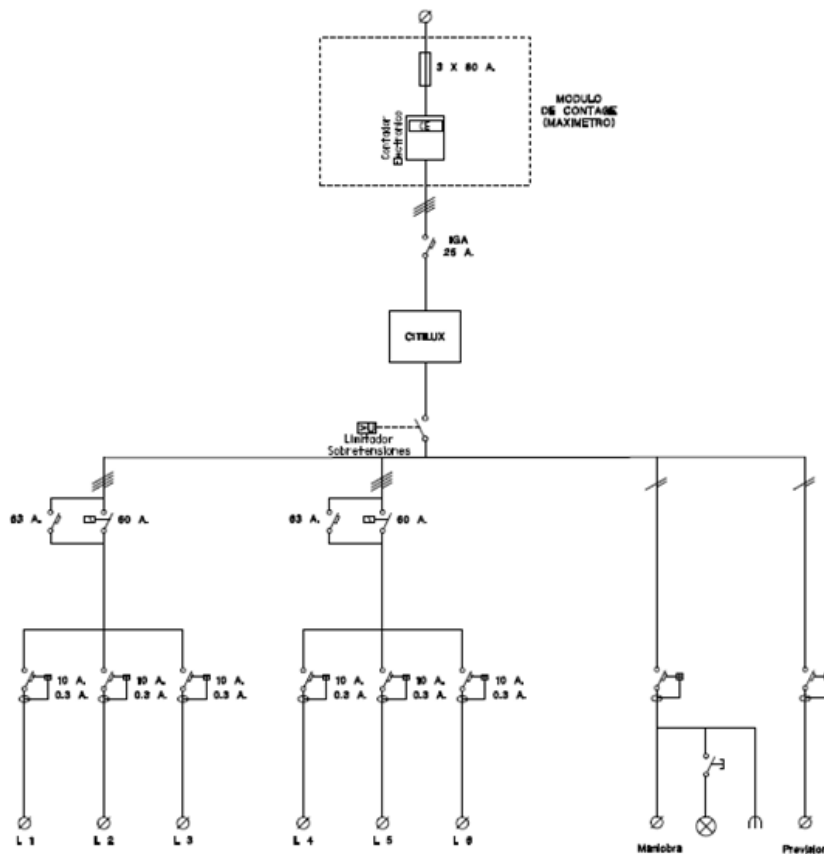


Figura 3.22 Esquema exemple de circuit intern d'un quadre de comandament

Per a la distinció dels quadres es fa numèricament. El primer dígit correspon al districte i els conseqüents són simplement continuació dels quadres anteriors ja fabricats i instal·lats a la zona. En la nomenclatura antiga tenen 4 dígits (5 els del districte 10) i en la nova (activa des de la renovació al 2018) en tenen 6 (excepte el districte 10 que en té 7).

Els quadres tenen 4 categories:

- Viari (P): Per a carretera
- Artístic (A): Per a edificis o obres d'interès (Exemple: la Pedrera)
- Mixta (M): Combinació dels dos anteriors
- Actes cívics (AC): Festes de barris, atraccions temporals, concerts, etc... Els districtes envien per Email a l'ajuntament les peticions de generadors , connexions a quadres o apagades per realitzar actes cívics.

Actualment hi ha legalitzats 3 tipus generals d'armaris que contenen els quadres de comandament:



Figura 3.23 Armari sobre sòcol (2-5 portes)



Figura 3.24 Armari monòlit 2+2



Figura 3.25 Monòlit

El funcionament de cadascun d'aquests és pràcticament el mateix, la principal diferència és en la millora dels sistemes de funcionament. És a dir, els monòlits són armaris més innovadors i moderns que la resta. Hi ha més facilitat d'accés al cablejat si fa falta modificar-ho i alhora més protecció contra risc de danys o electrocucions.

De totes maneres, existeixen altres tipus d'armaris més antics, com els penjats a paret, que en l'actualitat s'estan retirant i substituïnt pels esmentats.

3.3.5. Tipus d'alimentacions de l'electricitat

Per tal de portar l'electricitat dels quadres de comandament als respectius punts de llum s'utilitzen diferents tècniques que s'adeqüen a la casuística a la que es troba:

- Subterrània: El cable va per sota terra, pròpia de la majoria de suports, columnes, bàculs, encastats i balises.
- Grapada: És pròpia dels punts de llum que estan sobre façana, el cable va enganxat a la paret
- Aèria: Només la tenen els pals de fusta, ballarines i penjants.
- Aèria provisional: Com ve diu el nom, no és definitiva, a vegades és només temporal mentre se soluciona una avaria per soterrar el cable però a vegades si una instal·lació està previst fer-la nova, el provisional es fa gairebé definitiu.
- Solar: Són punts de llum independents que no estan alimentats de cap quadre, sinó que tenen una placa d'alimentació pròpia. S'han creat quadres ficticis per poder seguir el mateix patró que amb els suports normals i poder-los agrupar.

3.3.6. Formulari general

A continuació es detallen algunes de les diferents fórmules d'interès per a resoldre sistemes alhora que obtenir molts dels valors i resultats que s'aprecien al llarg del projecte.

Càlcul de càrrega: És la suma de les potències en W de les làmpades de descàrrega, multiplicada per el coeficient de 1,8, tal com s'indica al capítol 3 de la ITC-BT-09 del REBT (Reglament energètic de baixa tensió i guia d'enllumenat), quedarà expressada en VA. Per tant, la xifra de càrrega total, correspondrà al resultat de suma d'aquests dos valors, tal com mostra la següent equació:

$$S_{inst} = 1,8 \cdot \sum_{i=1}^n (N_i \cdot P_i)$$

Equació 3.1 Potència aparent total

Essent:

S_{inst} : Potència aparent total de la instal·lació [VA]

P_i : Potència nominal d'una làmpada d'un sol tipus [W]

n : tipus de làmpades de descàrrega diferents

N_i : nombre de làmpades de descàrrega d'un sol tipus

m : tipus de làmpades de LED diferents

M_i : nombre de làmpades de LED d'un sol tipus

Càlcul de la intensitat:

La intensitat prevista deguda a la càrrega serà la calculada a la fórmula següent:

$$I = \frac{S_{inst.}}{V \cdot \sqrt{3}}$$

Essent: *Equació 3.2 Intensitat prevista*

I : Intensitat prevista	[A]
$S_{inst.}$: Potència aparent total de la instal·lació	[VA]
V : Tensió nominal entre fases	[V]

S'afegeix $\sqrt{3}$ ja que es tractarà amb sistemes trifàsics. En cas de circuits monofàsics seria sense.

Càlcul de la caiguda de tensió:

La caiguda de tensió prevista deguda a la càrrega serà la calculada a la fórmula següent:

$$e(\%) = \frac{S \cdot L}{C \cdot s \cdot V} \cdot \frac{100}{V}$$

essent: *Equació 3.3 Caiguda de tensió prevista*

S : Potència que transporta el conductor	[VA]
s : Secció del conductor	[mm ²]
L : Longitud de la línia	[m]
C : Conductivitat (58 per al Coure)	[1/W]
V : Tensió nominal entre fases	[V]
e : Caiguda de tensió (en %)	

Com que es considera que la càrrega queda repartida a parts iguals entre les fases, a cada fase li correspon la mateixa caiguda de tensió que a les altres i per això s'han fet els càlculs de caiguda de tensió en trifàsic.

Doble igualtat general:

- **COST (€) = CONSUM (kWh) * PREU (€/kWh)**
- **CONSUM (kWh) = POTENCIA (kW) * TEMPS (h)**

4. Cost del preu de la llum

Hi ha una gran demanda d'electricitat per tal de fer funcionar tot el sistema viari actual. Al no poder fabricar tota l'energia necessària pel seu compte, l'ajuntament de Barcelona obté l'electricitat per a il·luminar la ciutat de dues empreses diferents, Barcelona Energia i Endesa.

En el cas de Barcelona Energia (BE), proporciona electricitat fabricada a partir de processos 100% renovables, és per això que més del 80% del consum de la ciutat es factura a aquesta empresa. Endesa tan sols subministra electricitat als quadres antics que encara no s'han pogut renovar i que no compleixen totes condicions i la normativa que B.E. reclama.

Atès que actualment el nombre de quadres antics està en disminució constant degut als processos de millora, el punt en qüestió es tractarà amb els preus de la llum de Barcelona Energia ja que properament seran els únics amb els que l'ajuntament treballarà. També cal dir que els preus entre les dues empreses són molts similars i per això es pot fer aquesta simplificació.

Les factures que es generen doncs, provenen de 2 punts diferents. En primer lloc, d'un preu fix ja consensuat, la potència contractada, que és el nombre de kW que contracta inicialment l'ajuntament per cada un dels quadres en qüestió per tal de que aquests subministrin l'energia suficient per a fer funcionar els fanals connectats a ells. En segon punt hi ha el consum, en kWh, que és la quantitat de kW que cada fanal consumeix al llarg d'una hora. Aquest valor serà variable i fluctuarà en funció del nombre d'hores que aquests estiguin en funcionament.

En general es treballa en 4 tipus de franges diferents, que representen uns mesos concrets de l'any.

Tipus A: Gener, febrer, juliol i desembre

Tipus B: Març i novembre

Tipus B1: Juny, agost i setembre

Tipus C: Abril, Maig i octubre

Aquests tipus se'ls hi atribueixen uns horaris de funcionament anomenats PX (X=1,2,3,4,5,6). Així doncs, segons el tipus (A, B, B1 i C) i els horaris esmentats, s'ha creat la *Taula 4.1* representativa on apareix la distribució general de cadascun d'ells. Aquesta distribució ve donada per les empreses contractades.

Període horari	Tipus de dia									
	Tipus A		Tipus B		Tipus B1		Tipus C		Tipus D	
P1	9:00	14:00	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	18:00	22:00	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	8:00	9:00	9:00	14:00	-	-	-	-	-	-
P2	14:00	18:00	18:00	22:00	-	-	-	-	-	-
P2	22:00	0:00	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	8:00	9:00	9:00	14:00	-	-	-	-
P3	-	-	14:00	18:00	18:00	22:00	-	-	-	-
P3	-	-	22:00	0:00	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	8:00	9:00	9:00	14:00	-	-
P4	-	-	-	-	14:00	18:00	18:00	22:00	-	-
P4	-	-	-	-	22:00	0:00	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	8:00	9:00	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	14:00	18:00	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	22:00	0:00	-	-
P6	0:00	8:00	0:00	8:00	0:00	8:00	0:00	8:00	0:00	0:00

Figura 4.1 Franges de funcionament dels diferents preus de la llum

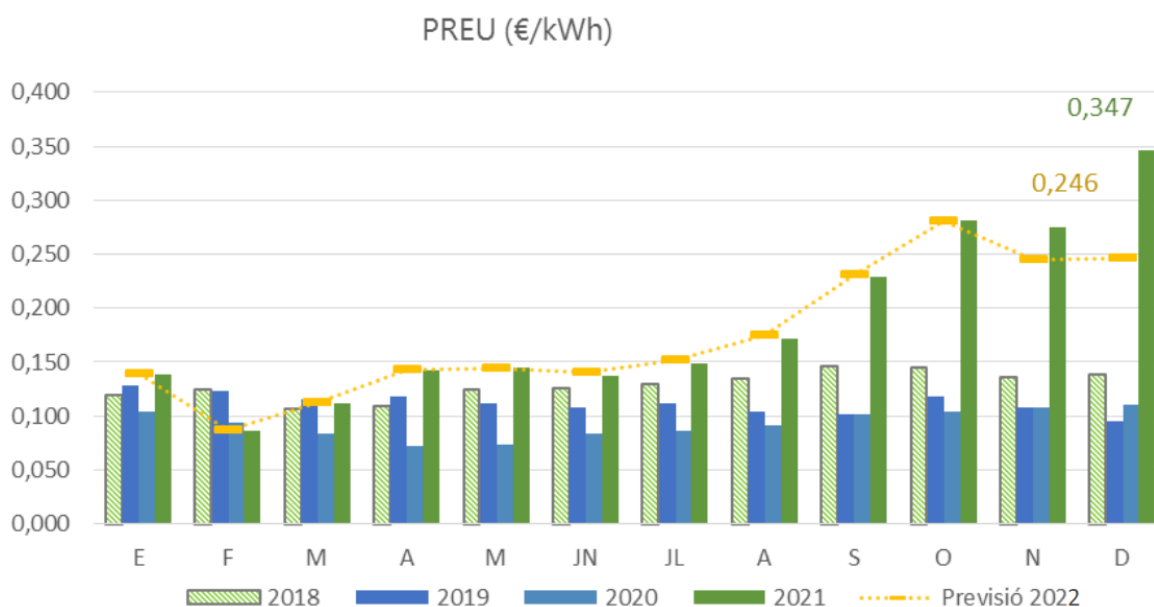
A continuació, *Taula 4.2*, apareixen els preus de cada franja comentada a la taula anterior. Estan subdividits en dos grups: Els 2.0 TD on la potència contractada del quadre de comandament ha de ser inferior als 15 kW. I els 3.0 TD que permet contractar potències superiors als 15 kW.

2.0TD	PREU TERME ENERGIA P1 (€/kWh)	0,345197	PREU TERME POTENCIA P1 (€/kW)	0,0075468	PREU CONTADOR (€/dia)	0,0459
	PREU TERME ENERGIA P2 (€/kWh)	0,248621	PREU TERME POTENCIA P3 (€/kW)	0,0001962		
	PREU TERME ENERGIA P3 (€/kWh)	0,201452				

3.0TD	PREU TERME ENERGIA P1 (€/kWh)	0,269415	PREU TERME POTENCIA P1 (€/kW)	0,0265583	PREU CONTADOR (€/dia)	0,3863
	PREU TERME ENERGIA P2 (€/kWh)	0,24399	PREU TERME POTENCIA P2 (€/kW)	0,0142062		
	PREU TERME ENERGIA P3 (€/kWh)	0,247095	PREU TERME POTENCIA P3 (€/kW)	0,0077716		
	PREU TERME ENERGIA P4 (€/kWh)	0,218765	PREU TERME POTENCIA P4 (€/kW)	0,0059902		
	PREU TERME ENERGIA P5 (€/kWh)	0,179519	PREU TERME POTENCIA P5 (€/kW)	0,0101382		
	PREU TERME ENERGIA P6 (€/kWh)	0,199067	PREU TERME POTENCIA P6 (€/kW)	0,0005622		

Figura 4.2 Preus energia en funció de la franja i el grup

Aquests preus no queden totalment establerts fins a finals d'any, és per això que s'ha realitzat una estimació dels costos de cada mes en funció d'anys anteriors i, a partir d'una especulació de valors, s'ha obtingut la següent gràfica.



Gràfica 4.1 Previsió preus de la llum en funció dels mesos

A la Gràfica 4.1 es pot observar la comparativa mes a mes entre el preu del kWh previst enfront del facturat.

La previsió es va realitzar a inici d'any i s'ha comparat amb els imports reals un cop finalitzat aquest període. L'estimació doncs, s'aproxima de manera apropiada, fins als últims 2 mesos on el preu de l'electricitat va augmentar desmesuradament tal i com es descrivia al prefaci.

Després d'una exhaustiva recerca, per a aconseguir un gran estalvi en aquest punt doncs, s'ha arribat a la conclusió següent: L'ajuntament hauria de passar el màxim nombre possible de contractes a 2.0 TD per a intentar reduir la potència dels fanals de cada quadre fins que sigui inferior als 5 kW. D'aquesta forma, segons queda estipulat les empreses subministradores d'energia elèctrica apliquen a les contractes una reducció de l'IVA (Impost sobre el Valor Afegit) subvencionat per l'Estat i passa del 21% general, a un 10% fixe aconseguint així un gran descompte i un cost general inferior. Més que per la reducció contreta, aquesta disminució d'IVA es va aprovar perquè això obligaria a fer un nou estudi de quadres ja existents optimitzant-los per comprovar que les antigues contractes no fossin de un valor desmesurat de kW que ni tan sols s'utilitzaven i per a aconseguir ajustar la potència contractada amb la consumida.

També anualment s'hauria de crear la previsió detallada anteriorment del següent any i ajustar-se als costos estimats per tal de tenir un seguiment correcte i comptabilitzar el cost econòmic que s'hauria d'invertir en consum d'enllumenat.

4.1. Classificació de zones

Per a separar les diferents casuístiques de zones que poden haver-hi, es va decretar una classificació per tal de saber en quina situació es troba en cada cas (veure a la *Taula 4.3*).

ZONA	DESCRIPCIÓ	Il·luminància vertical (E_v)	Intensitat lumínica emesa
E1	Àrees amb entorns o paisatges foscos: Observatoris astronòmics de categoria internacional, parcs nacionals, espais d'interès natural, àrees de protecció especial, on les carreteres estan sense il·luminació.	2 lux	2.500 cd
E2	Àrees amb brillantor o lluminositat baixa: Zones periurbanes o extraradis de les ciutats, sòls no urbanitzables, àrees rurals i sectors generalment situats fora de les àrees residencials urbanes o industrials, on les carreteres estan il·luminades.	5 lux	7.500 cd
E3	Àrees amb brillantor o lluminositat mitjana: Zones residencials, on les voreres estan il·luminades	10 lux	10.000 cd
E4	Àrees amb brillantor o lluminositat alta: Centres urbans, zones residencials, sectors comercials i d'oci, amb elevada activitat durant la franja horària nocturna.	25 lux	25.000 cd

Figura 4.3 Tipologia de zones

5. Control de dades a partir de Rosmiman

Per a l'ús i tractament de totes les dades amb les que es treballa, s'ha emprat una plataforma d'informació tipus GMAO (Gestió de Manteniment Assistit per Ordinador) contractada per l'ajuntament anomenada Rosmiman (*Figura 5.1*).



Figura 5.1 Logotip Rosmiman

El Rosmiman és un software per a gestió i manteniment d'actius, espais i infraestructures amb àmplia varietat de mòduls per administrar-los i controlar-los de manera global i centralitzada.

Rosmiman® contribueix a la transformació digital aportant solucions amb què els costos associats a la gestió i el manteniment d'actius físics es converteixen en un retorn mesurable amb impacte en el compte de resultats de l'empresa. Tot això amb agilitat, utilitat, flexibilitat i adaptabilitat, per proveir solucions adaptades a cada sector i les seves particularitats respectives.

Fins el 2018 l'ajuntament de Barcelona guardava tota la informació referent a l'enllumenat en carpetes virtuals dins dels ordinadors de les oficines, que podien accedir físicament des d'allà. A partir del 2019 van bolcar totes aquestes dades al software Rosmiman® per tal de que fos accessible per tothom des de qualsevol ordinador. I en l'actualitat es segueix pujant tot tipus d'informació a aquest espai, de manera que simplifica la feina i permet obtenir qualsevol informació a l'instant i amb facilitat.

A partir d'aquest programa doncs és des d'on s'ha treballat al llarg de tot el projecte, pel tractament de dades:

5.1. Accés

S'accedeix a l'aplicació mitjançant l'usuari i contrasenya habituals i introduint "AP" a la casella de domini. URL: <http://cros304\Rosmiman8AP>

Figura 5.2 Interfaç principal del programa

5.2. Menús i entorn

A la pantalla inicial es veu un apartat superior amb algunes opcions generals i una barra de menús a l'esquerra amb tots els menús de treball.

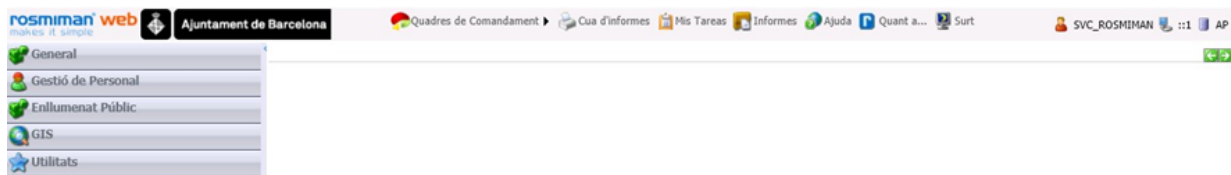


Figura 5.3 Menú de treball

Al menú superior es veuen diverses pestanyes, com els quadres de comandament i els informes.



Serà als menús de l'esquerra on es trobaran totes les eines de treball.



5.3. Utilització dels filtres i extracció a Excel dels resultats

Els filtres funcionaran de la mateixa manera de forma generalitzada a tota la eina. S'utilitzen els suports com a cas exemple de l'ús dels filtres.

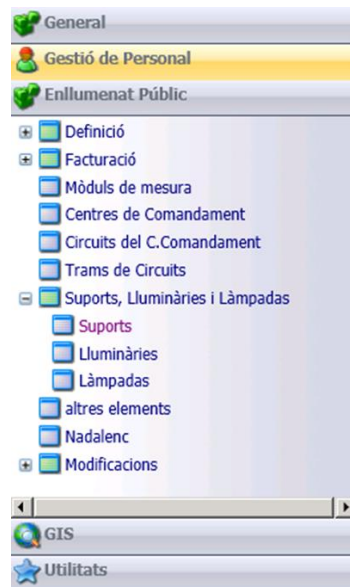
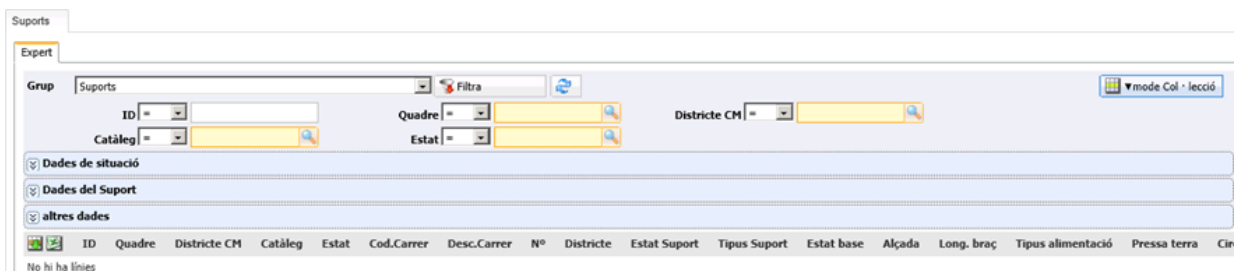
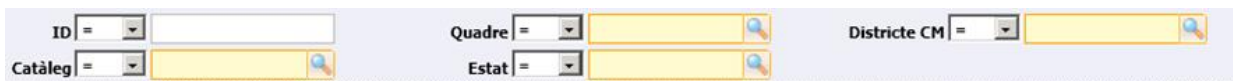


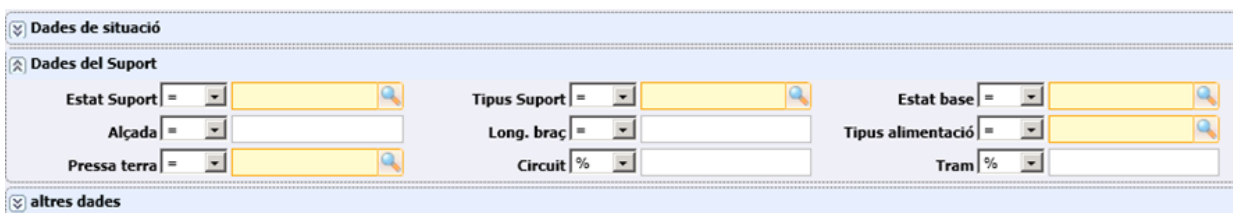
Figura 5.4 Filtres Enllumenat Públic



En general s'observen camps com aquests que serveixen per afegir paràmetres als criteris de la cerca.



En el cas que hi hagi moltes opcions a la disposició, s'afegeixen també uns desplegable per temàtiques on es troben més filtres per elegir.



Per realitzar un filtrat simplement s'omplen els camps que necessiten i es prem el botó "Filtrar". Els camps que es deixen en blanc no afectaran els criteris de cercat.

Expert

Grup: Suports

ID = Quadre =

Catàleg = Estat =

Dades de situació

Dades del Suport

altres dades

ID	↑ Quadre	Districte CM	Catàleg	Estat	Cod.Carrer	Desc.Carrer	
128.848	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	2
95.148	1.007	01	SIN ASIGNAR	DEFICIENTE	360200	Carrer del Vidre	2
95.147	1.007	01	SIN ASIGNAR	MALO	360200	Carrer del Vidre	7
128.851	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	3
133.927	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	112401	Carrer d'Escudellers Blancs	5
133.938	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	345002	Carrer dels Tres Llits	5
133.937	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	345002	Carrer dels Tres Llits	5
133.935	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	275803	Carrer d'en Rauric	5
133.939	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	345002	Carrer dels Tres Llits	5
133.932	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	275803	Carrer d'en Rauric	5
133.936	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	275803	Carrer d'en Rauric	1
128.842	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	1
128.845	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	2
128.836	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	8
128.839	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	1
128.833	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	122904	Carrer de Ferran	6
133.940	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	178002	Carrer de la Lleona	5
133.942	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	178002	Carrer de la Lleona	5
133.943	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	178002	Carrer de la Lleona	5
133.944	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	178002	Carrer de la Lleona	5
133.945	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	178002	Carrer de la Lleona	5
133.949	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	118204	Carrer de les Heures	5
133.950	1.007	01	SIN ASIGNAR	BIEN	118204	Carrer de les Heures	5

Pàgina 1 De 2 (45 Registres.)

A la part inferior dels resultats apareixen la quantitat de registres trobats segons els criteris prèviament seleccionats.

Amb els resultats del filtre es poden realitzar diverses accions utilitzant els botons disponibles. Clicant a l'encapçalament, on apareix la fletxa, es pot reordenar la informació.

↓ ID	Quadr
313.312	1.00
307.100	1.00
307.099	1.00
295.254	1.00
215.867	1.00

↑ ID	Quadr
95.147	1.00
95.148	1.00
128.830	1.00
128.833	1.00
128.836	1.00

Exportar el llistat a un Excel

↑ ID	Quadr
95.147	1.00
95.148	1.00
128.830	1.00
128.833	1.00
128.836	1.00

Accedir a la fitxa de cada registre

↑ ID	Quadr
95.147	1.00
95.148	1.00
128.830	1.00
128.833	1.00
128.836	1.00

Afegir nous registres

↑ ID	Quadr
95.147	1.00
95.148	1.00
128.830	1.00
128.833	1.00
128.836	1.00

Suports

ID:
 Mantenedor:

Centre de Comandam:

Estat:
 Posició:

Model:

Localització:

Via:

Nombre:

Localització:

Entre Vias:

Districte:

Sector:

5.4. GIS - Obrir i localitzar elements.

Es troba el GIS al menú de l'esquerra. Que és un subprograma del QGIS, que és una app de visualització, edició i anàlisi de dades que conforma un sistema d'informació geogràfica. Es tracta de programari de codi lliure i multiplataforma, és a dir que es pot modificar i descarregar lliurement i es pot utilitzar amb diversos sistemes operatius.

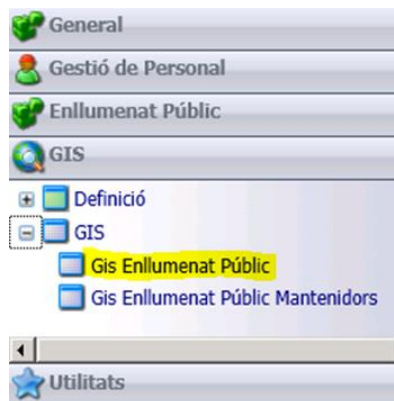
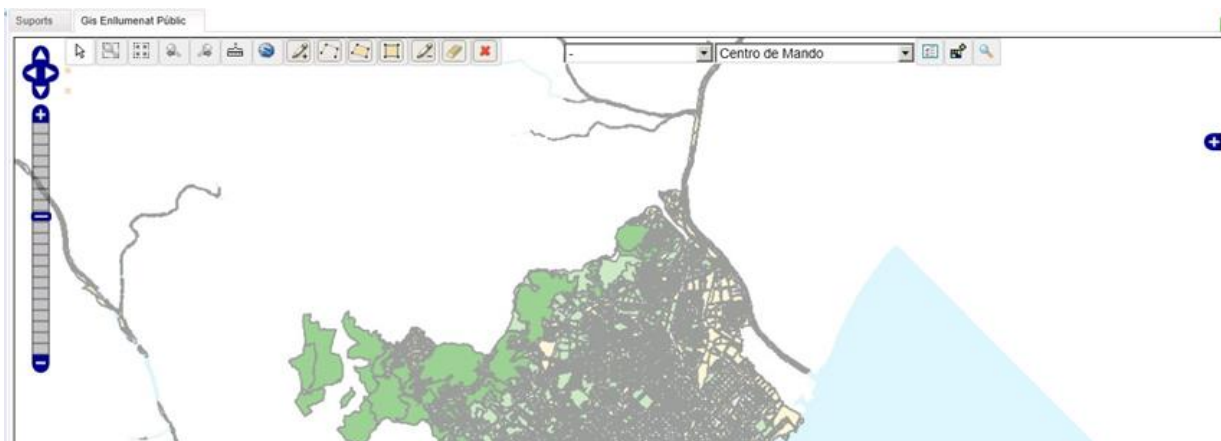


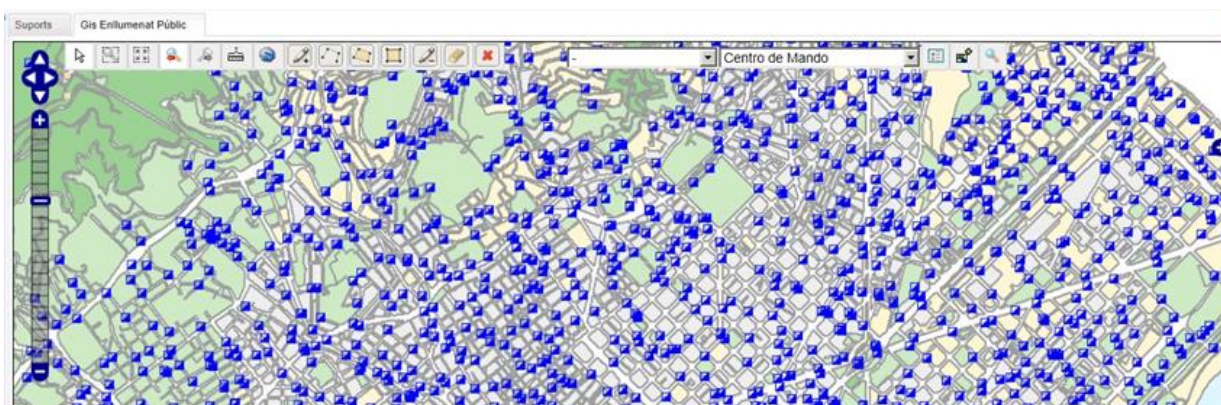
Figura 5.5 Menú QGis

Per localitzar un element al mapa sempre s'haurà de tenir el mapa obert abans

d'obrir la fitxa de l'element.



El zoom permet apropar i segons l'altura a la que es trobi aniran apareixent els elements.



Seleccionant l'opció consultar al primer desplegable del menú superior i el tipus d'element al segon desplegable dona l'opció a escollir la fitxa de qualsevol element representat al mapa.



Buttons: Imprimeix, Esborra, Accepta, Formulari, Localitza

Menu: Circuits, Connexions alienes, Històric, Horas de funcionamiento, L·luminàries, Làmpades del Suport, Manteniment, Suports

ID: 6675 Mantenedor: SECE

Descripció: 6675

Tipus: ARMARIO S/ZOCALO

Tipus instal·lació: Enllumenat públic Posició:

Estat: BIEN

Localització: Servels, Quadre, Contador, Comunicacions, Regulador, Proteccions, Altres, Legalització

Edifici: GI-001 Principal

Via: 286504 Carrer de Roger de Flor Tipo: C

Nombre: 290

Localització:

Entre Vias: 161407 Carrer de la Indústria Tipo: C
297001 Carrer de Sant Antoni Maria Claret Tipo: C

Sector: 908 908

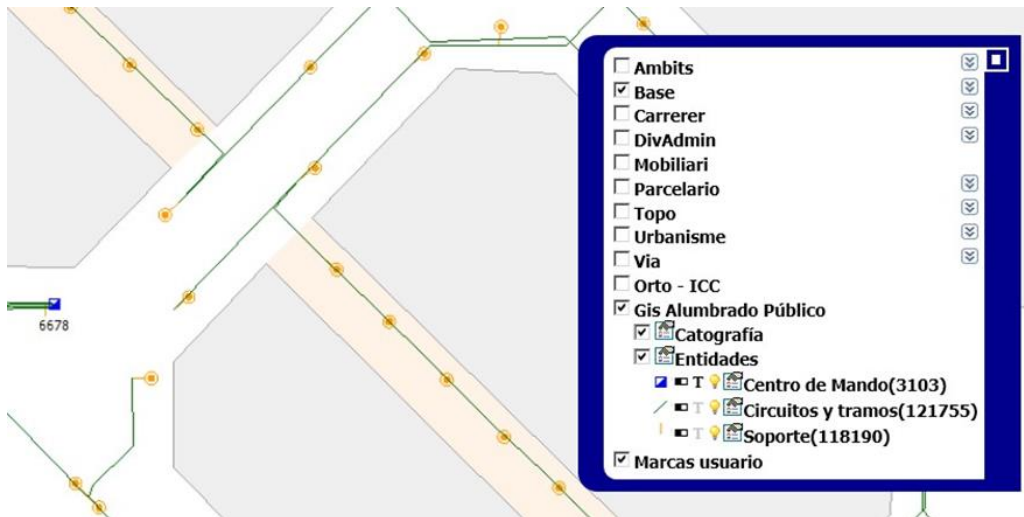
Districte: 06 GRACIA

DESCRIPCIÓ	VALOR
NºLamparas	27
NºSoportes	27
Potencia Restringida	0
Potencia en uso	4.050
Potencia total	4.050

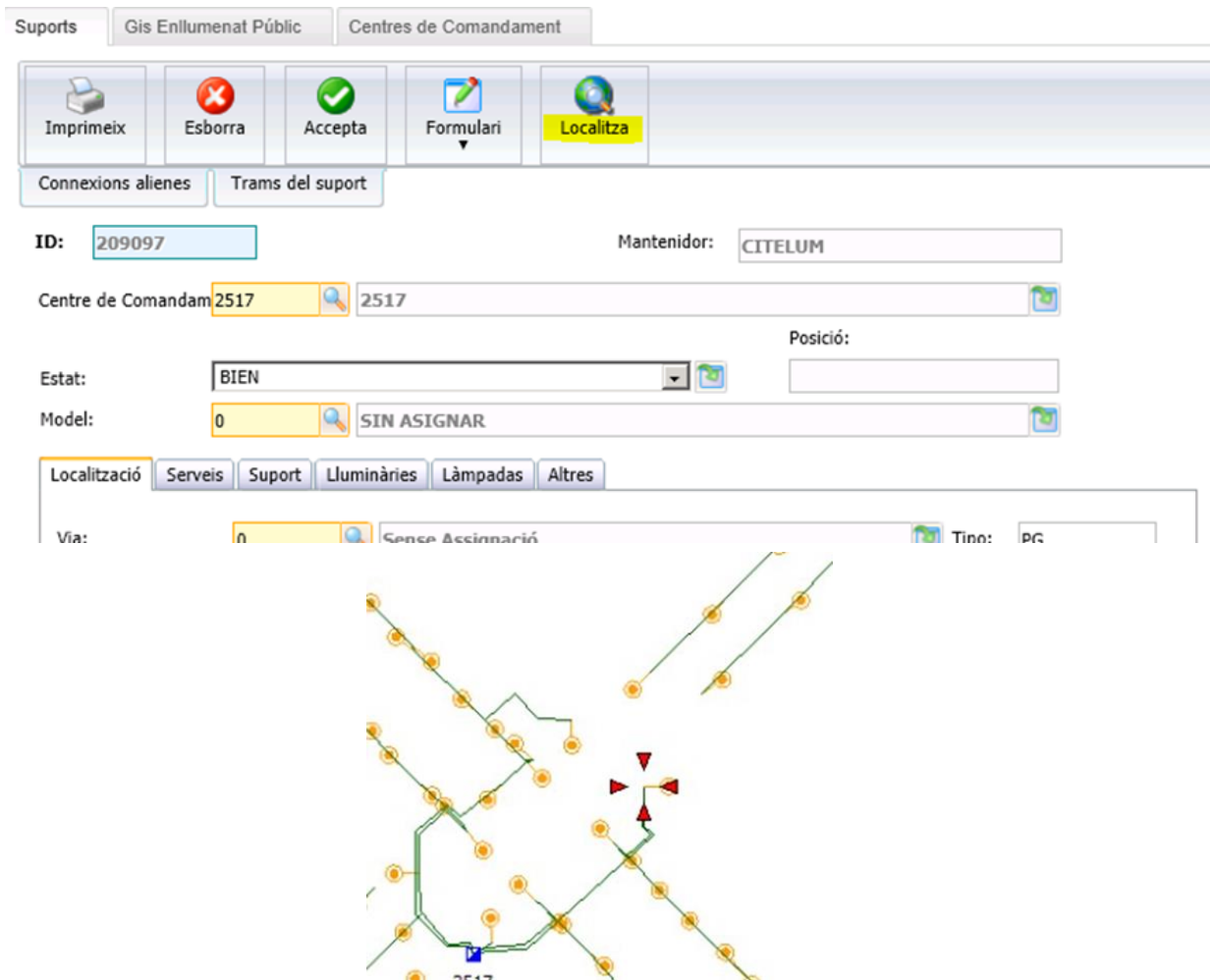
A la dreta del GIS apareix el següent botó



Aquesta eina permet obrir el desplegable on s'escullen els diferents mapes de fons disponibles i on es pot activar i desactivar la visualització dels diferents elements.

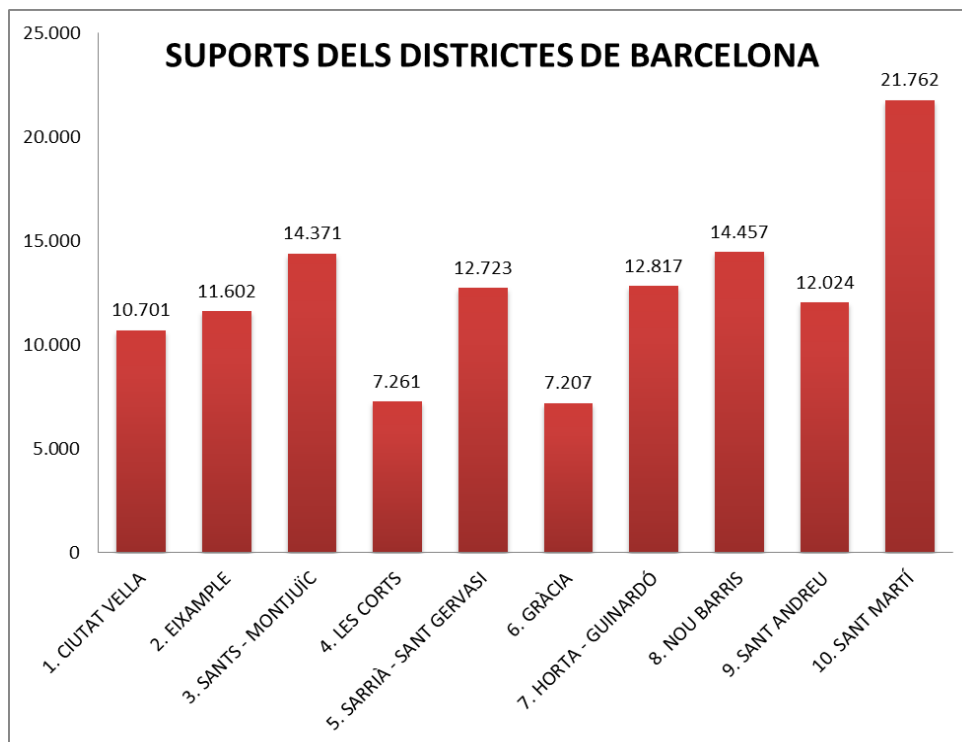


Des de qualsevol fitxa també permet saltar i localitzar al GIS mitjançant el botó senyalitzat.



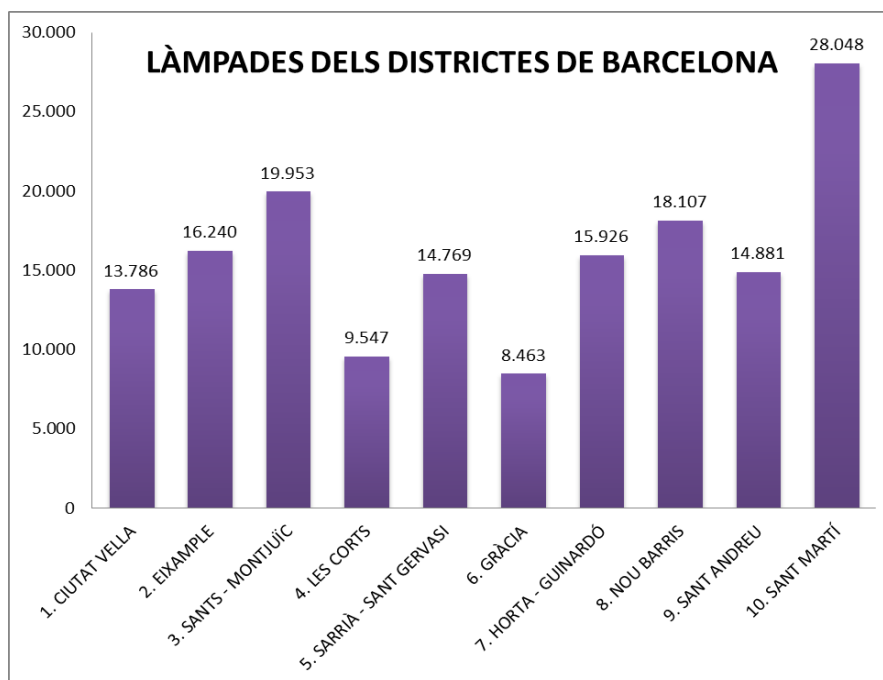
6. Ratis globals

A partir de tot el comentat anteriorment i emprant les diferents eines prèviament estudiades. A continuació, es mostren els valors de cada element que s'ha tractat, desglossat pels diferents districtes de la ciutat de Barcelona. Les dades utilitzades per a desenvolupar aquesta síntesis gràfica queden reflexades a l'annex del treball (*Annex 15.2*).



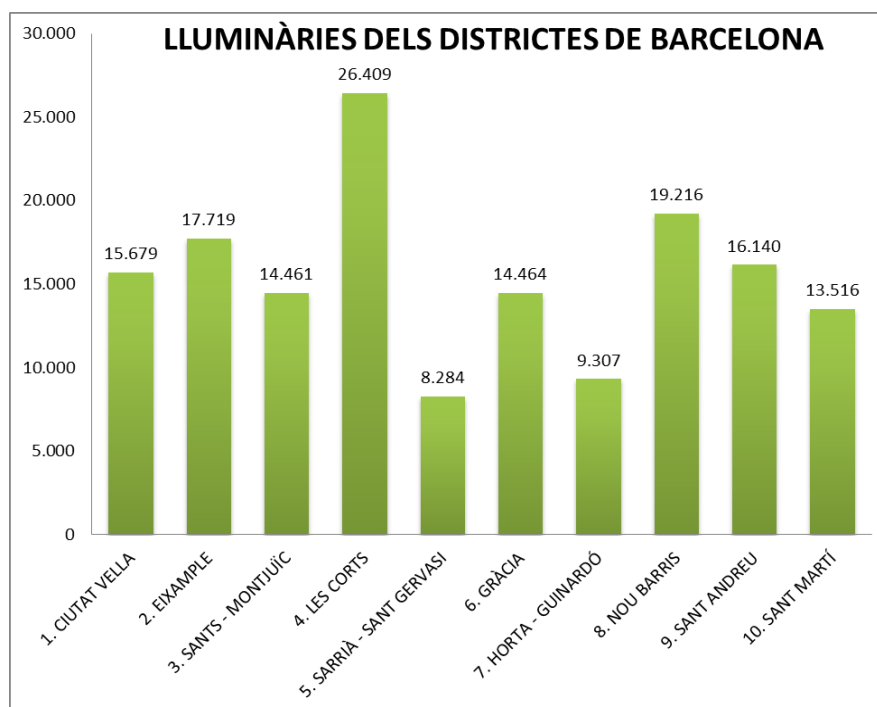
Gràfica 6.1 Suports en funció dels districtes de Barcelona

En primer lloc es pot apreciar a la *Gràfica 6.1* el nombre de suports. Hi ha un total de 126.562 i es poden veure valors força pròxims que ronden els 10.000-15.000 per districte. Exceptuant Les Corts i Gràcia on el total és d'uns 7.200, una mica inferior, i Sant Martí amb pràcticament 22.000 suports que supera notablement la mitjana.



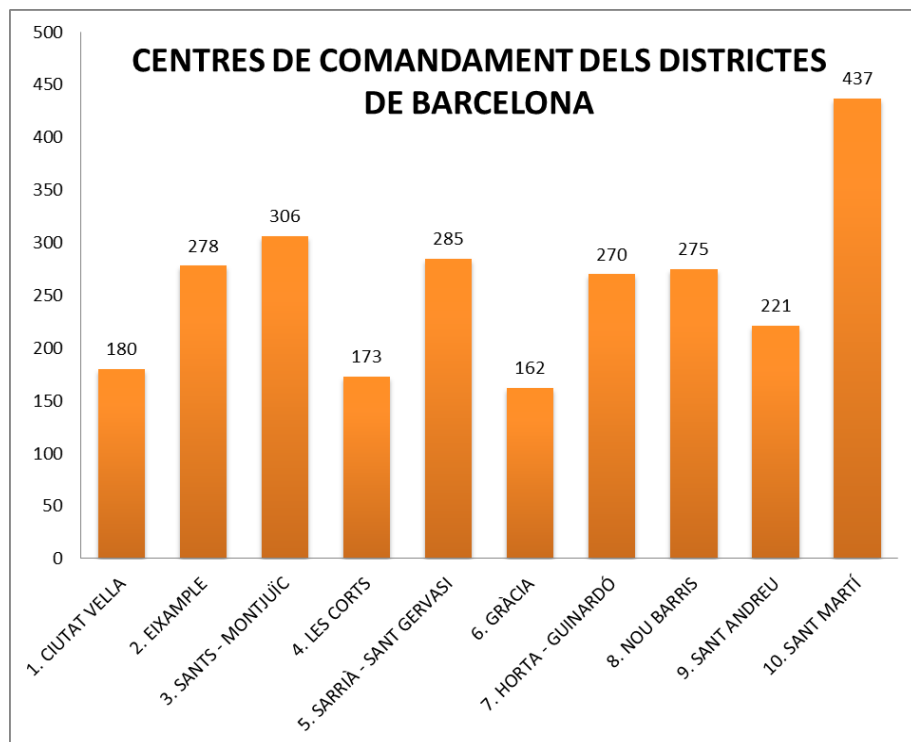
Gràfica 6.2 Llàmpades en funció dels districtes de Barcelona

En el cas de les làmpades, Gràfica 6.2, se'n comptabilitzen 161.772, els resultats obtinguts són una mica més dispers però segueixen força la consonància de valors amb els suports. Podem comprovar doncs, que el districte de Sant Martí segueix destacant amb un total de més de 28.000 làmpades.



Gràfica 6.3 Lluminiària en funció dels districtes de Barcelona

Pel que fa les 157.247 lluminàries de la ciutat (*Gràfica 6.3*), els totals per districte ronden una mitjana de 15.000 exceptuant Sarrià-Sant Gervasi i l’Horta-Guinardó que és inferior i en aquest cas despunta el barri de les Corts amb un total de més de 26.000 lluminàries.

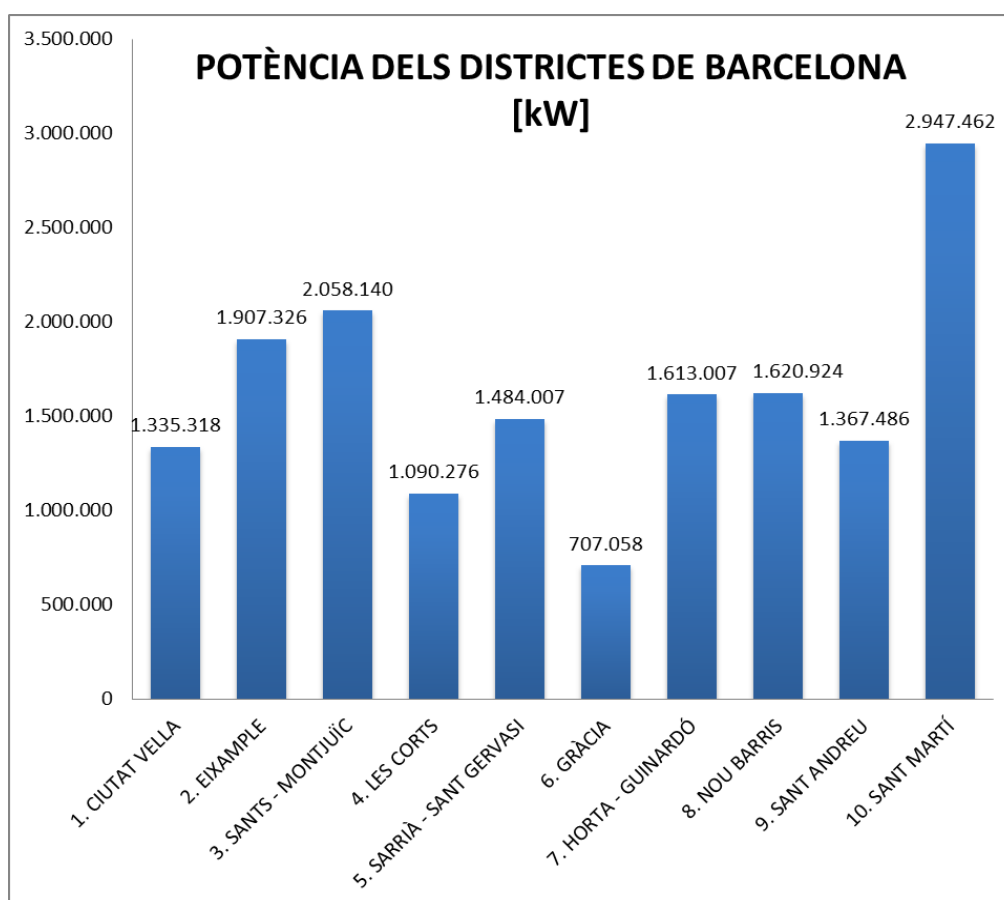


Gràfica 6.4 Centres de comandament en funció dels districtes de Barcelona

Finalment, en l’actualitat hi ha 2.611 centres de comandament actius a Barcelona (*Gràfica 6.4*). Pel que fa la distribució en districtes, els valors són pròxims en tot ells i Sant Martí té un total major a la resta, assolint pràcticament els 440.

7. Consum energètic per districtes

Un dels punts més importants a destacar és el consum energètic en forma d'electricitat que té la ciutat. Aquest, tal i com s'ha comentat en anterioritat és un aspecte molt important a tenir en compte perquè gran part del pressupost anual de l'àrea de l'enllumenat va destinat en aquest àmbit. Sobretot en l'actualitat, que el preu de la llum ha augmentant dràsticament. A continuació es mostraran unes gràfiques a mode de resum de la potència consumida als diferents districtes subdividits per barris. De nou, les dades utilitzades per a desenvolupar aquesta síntesis queden reflexades a l'annex del treball 15.2. En primer lloc s'aprecien els valors generals de potència per districtes a la ciutat, *Gràfica 7.1*.

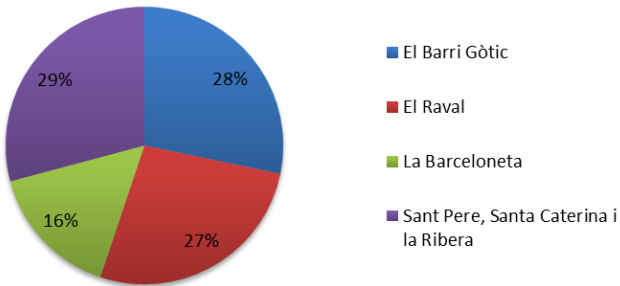


Gràfica 7.1 Potència lumínica en funció dels districtes de Barcelona

Es deu doncs a que els valors de consum en potència van en funció del nombre de quadres i de les làmpades o suports instal·lats a cada districte, apareix una proporció directe entre ells.

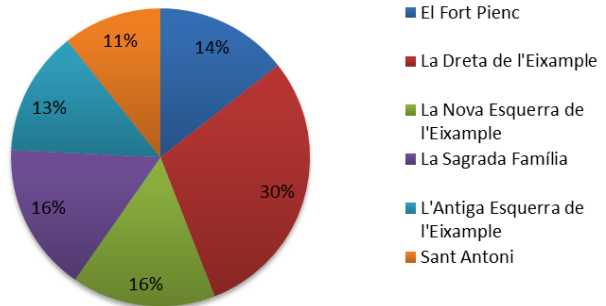
Seguidament es mostren els valors de potència consumida en cada districte, per barris.

POTÈNCIA A 1 - CIUTAT VELLA



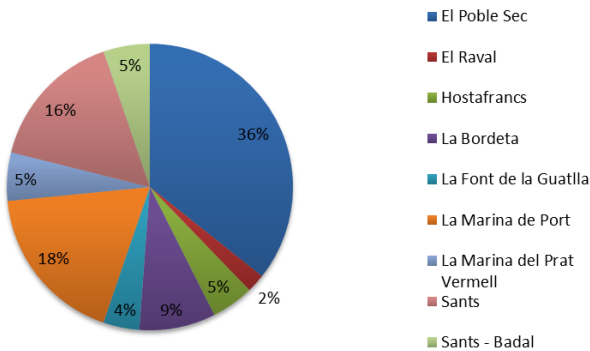
Gràfica 7.2 Potència consumida a Ciutat Vella

POTÈNCIA A 2 - EIXAMPLE



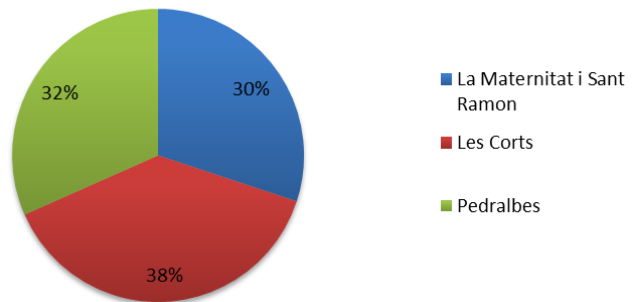
Gràfica 7.3 Potència consumida a l'Eixample

POTÈNCIA A 3 - SANTS-MONTJUÏC



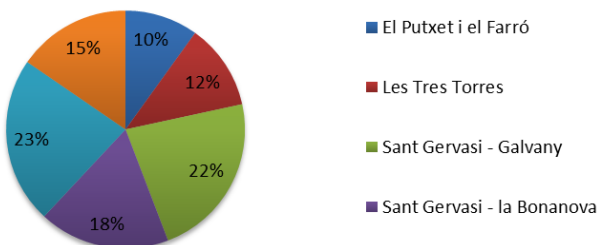
Gràfica 7.6 Potència consumida a Sants-Montjuïc

POTÈNCIA A 4 - LES CORTS



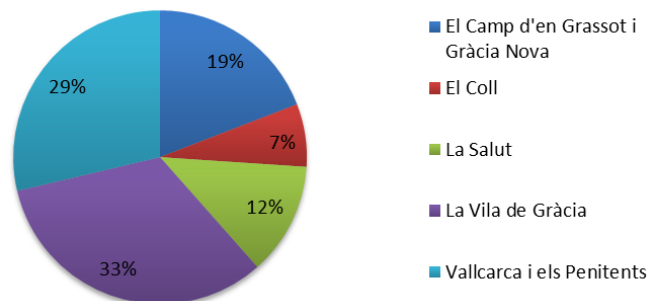
Gràfica 7.4 Potència consumida a Les Corts

POTÈNCIA A 5 - SARRIÀ - SANT GERVASI



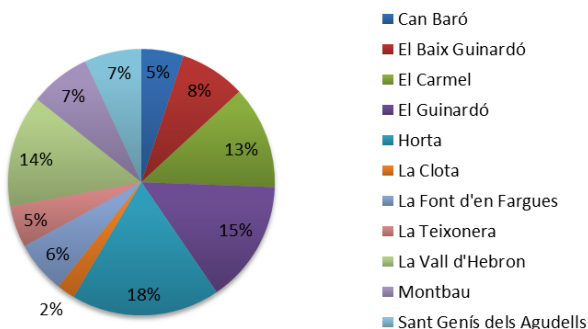
Gràfica 7.5 Potència consumida a Sarrià-Sant Gervasi

POTÈNCIA A 6 - GRÀCIA



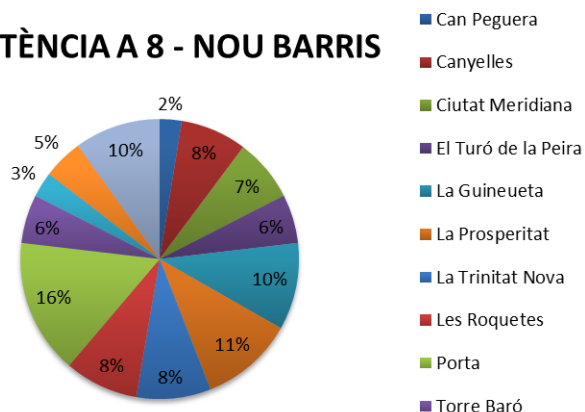
Gràfica 7.7 Potència consumida a Gràcia

POTÈNCIA A 7 - HORTA-GUINARDÓ



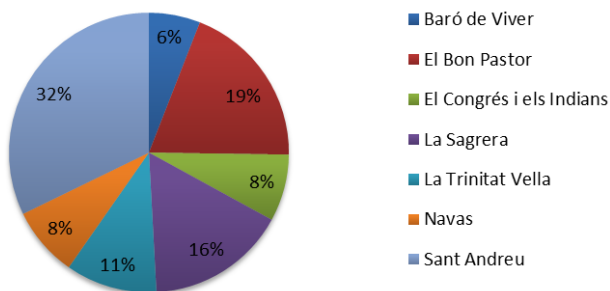
Gràfica 7.8 Potència consumida a Horta-Guinardó

POTÈNCIA A 8 - NOU BARRIS



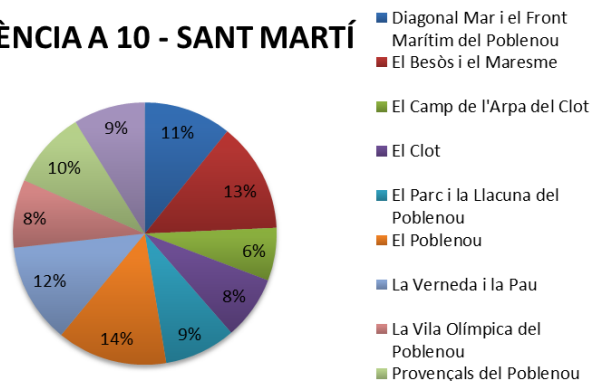
Gràfica 7.9 Potència consumida a Nou Barris

POTÈNCIA A 9 - SANT ANDREU



Gràfica 7.10 Potència consumida Sant Andreu

POTÈNCIA A 10 - SANT MARTÍ



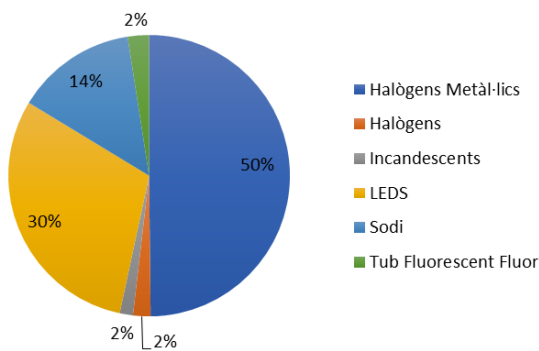
Gràfica 7.11 Potència consumida Sant Martí

En general es pot observar com els valors són força equitatius per a cada districte, en els diferents barris que contenen. És a dir, si s'analitza el global, es pot afirmar que el consum és similar en cadascun d'ells i que per tant, la potència lumínica també.

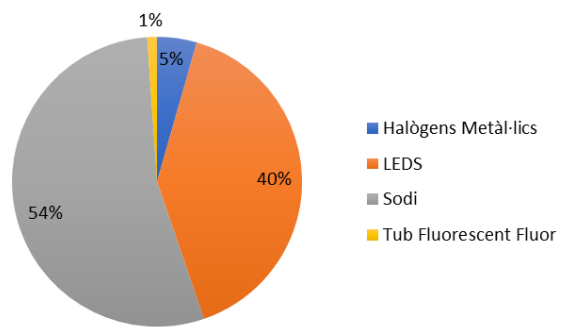
8. Tipus de làmpades i seus consums per als diferents districtes

Seguint amb la dinàmica anterior, a continuació es presenten els diferents tipus de làmpades en ús a la ciutat de Barcelona distribuïts als districtes i, posteriorment, el seu consum energètic en forma de potència. Les dades utilitzades per a desenvolupar aquesta síntesis queden reflexades a l'Annex 15.3 del treball.

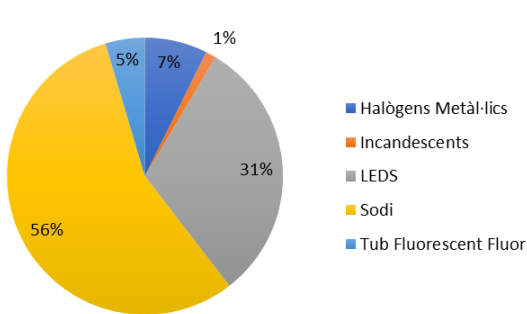
**Tipus de làmpades al districte 1
Ciutat Vella (13.780)**



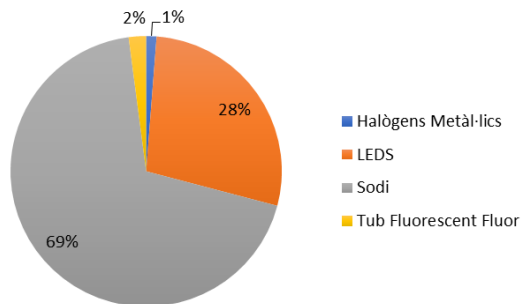
**Tipus de làmpades al districte 2
L'Eixample (16.242)**



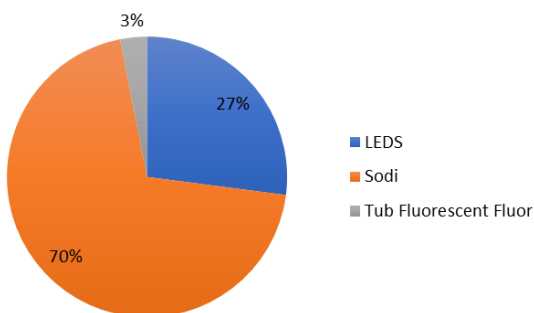
**Tipus de làmpades al districte 3
Sants-Monjuïc (19.959)**



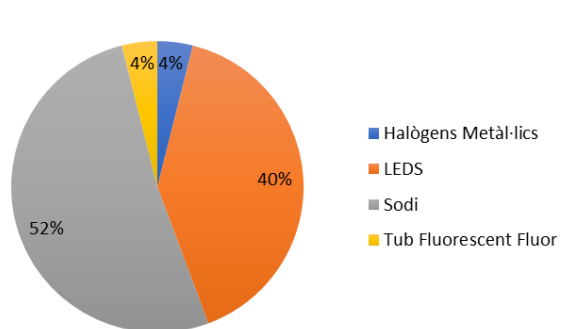
**Tipus de làmpades al districte 4
Les Corts (9.546)**



**Tipus de làmpades al districte 5
Sarrià-Sant Gervasi (14.768)**



**Tipus de làmpades al districte 6
Gràcia (8.460)**



9. Tipus de lluminàries i suports existents a Barcelona

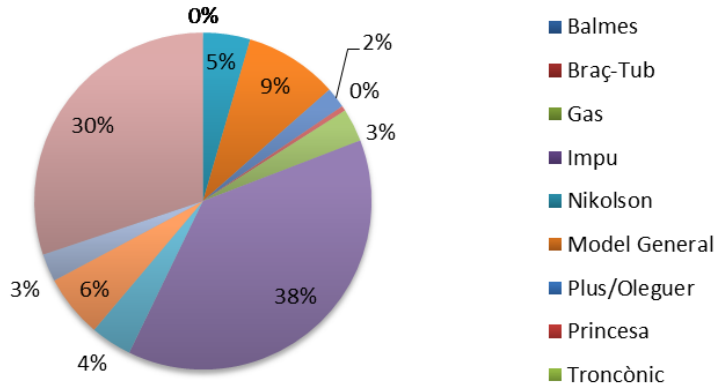
Alhora s'ha dut a terme una recerca dels diferents tipus de lluminàries i suports existents a Barcelona detallats a l'Annex 15.2 comentat anteriorment i que s'observen a mode de taula resum de continuació acompanyades d'una gràfica explicativa. Queden subdividits per a mantenidors amb els seus respectius districtes.

9.1. Citelum

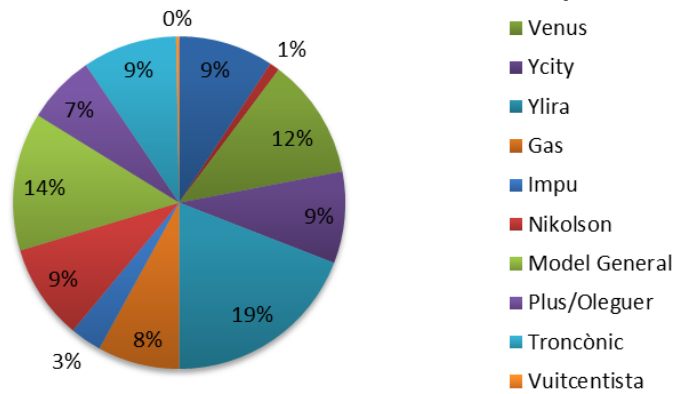
Model suport	Alçada (m)	1. Ciutat Vella	2. Eixample	3. Sants - Montjuïc	Total general	% sobre el total
BALMES	4	259	255	484	998	2,73%
BALMES	5	85	235	58	378	1,03%
BRAÇ-TUB		683	52	1270	2005	5,49%
EIXAMPLE-VENUS TOP base 2,4m	6,5		623		623	1,71%
EIXAMPLE-YCITY L base 2,4m	9		472		472	1,29%
EIXAMPLE-YLIRA S base 2m	6,5		665		665	1,82%
EIXAMPLE-YLIRA S base 2m	7		347		347	0,95%
EIXAMPLE-YLIRA S base 2m	9		118		118	0,32%
GAS	3,6		247		247	0,68%
GAS	4	151	175	25	357	0,98%
IMPU	9	1	50	194	245	0,67%
IMPU	12	36	113	137	286	0,78%
NIKOLSON	4	211	405	526	1142	3,13%
NIKOLSON	4,5	25	21	13	59	0,16%
NIKOLSON	5	7	67	116	190	0,52%
Model general que apareix a la lluminària		2902	712	2290	5904	16,16%
PLUS/OLEGUER	5	40	59	320	419	1,15%
PLUS/OLEGUER	6	89	88	201	378	1,03%
PLUS/OLEGUER	7	65	80	78	223	0,61%
PLUS/OLEGUER	7,5	107	128	272	507	1,39%
PRINCESA	5	460			460	1,26%
RADI 150	7	16	598	296	910	2,49%
RADI 150	9	127	280	216	623	1,71%
TRONCOCÒNIC	7,5	57	168	394	619	1,69%
TRONCOCÒNIC	9	100	128	80	308	0,84%
TRONCOCÒNIC	12	47	191	61	299	0,82%
VUITCENTISTA		2299	16	64	2379	6,51%
Total general		10672	11542	14317	36531	

Per a l'empresa Citelum, hi ha representats els suports dels 3 primers districtes de la ciutat.

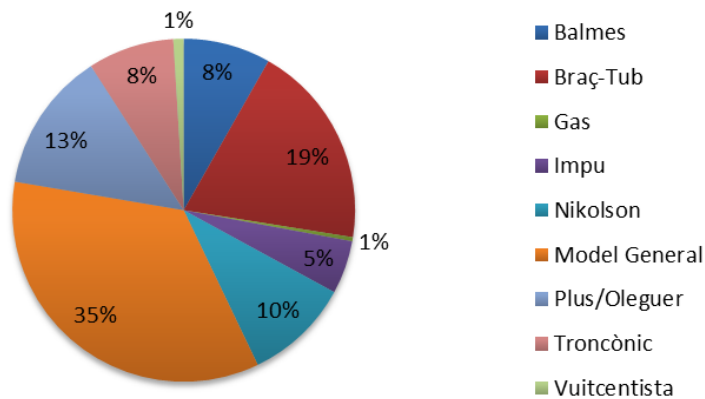
Ciutat Vella



Eixample

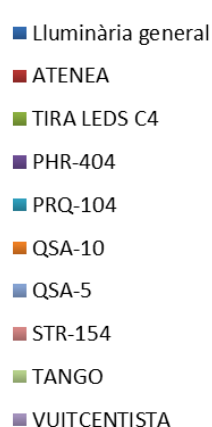
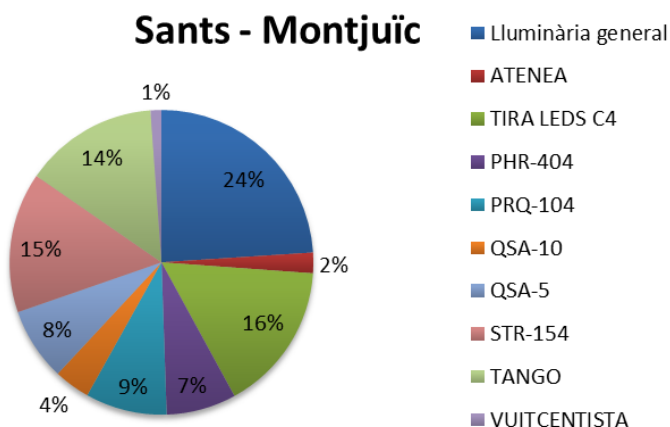
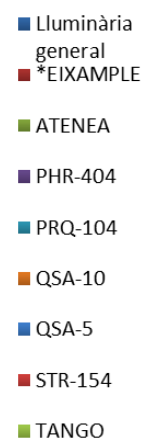
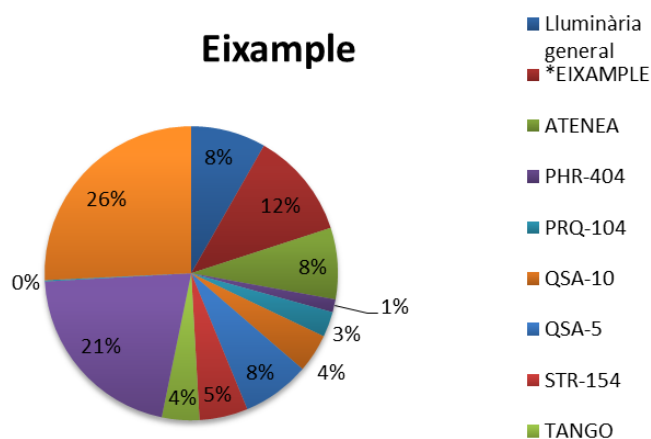
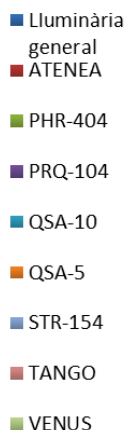
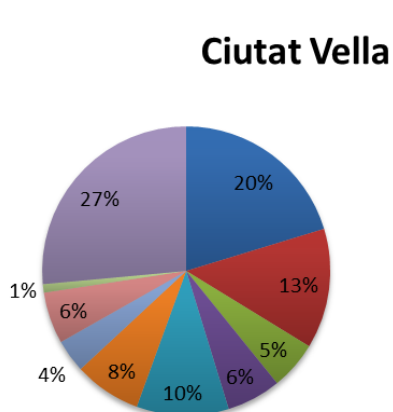


Sants - Montjuïc



A continuació es tenen els models de lluminària:

Model lluminària (més de 1000 unitats)	1. Ciutat Vella	2. Eixample	3. Sants - Montjuïc	Total general	% sobre el total
-	1011	911	1871	3793	7,79%
*EIXAMPLE		1294		1294	2,66%
ATENEA	669	866	170	1705	3,50%
ON TIRA LED LEDS C4			1239	1239	2,54%
PHR-404	270	156	581	1007	2,07%
PRQ-104	303	307	677	1287	2,64%
QSA-10	516	467	299	1282	2,63%
QSA-5	375	823	604	1802	3,70%
STR-154	184	589	1163	1936	3,98%
TANGO	288	455	1112	1855	3,81%
VENUS	47	2301		2348	4,82%
VUITCENTISTA	1318	16	90	1424	2,92%
Y		2839		2839	5,83%
Total general	13490	16126	19078	48694	

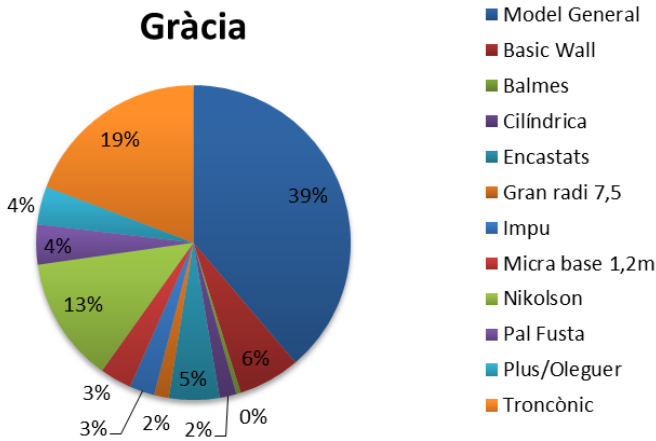


9.2. UTE

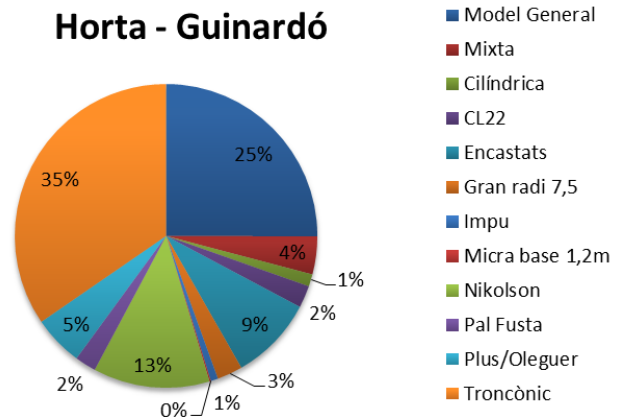
Seguidament apareixen els districtes de Barcelona assignats l'empresa mantenedora UTE amb els corresponents models de suport i lluminàries existents.

Model suport	Alçada	4. Les Corts	5. Sarrià - Sant Gervasi	6. Gràcia	7. Horta - Guinardó	Total general	% sobre el total
Model general que apareix a la lluminària		515	1851	1875	2386	6627	16,55%
*BASIC WALL (salvi)	5		122	307		429	1,07%
BALMES	4	92	133	23		248	0,62%
BCN MIXTA	6,5	8	13		385	406	1,01%
CILÍNDRICA	5	44	154	5	115	318	0,79%
CILÍNDRICA	7,5	84	34	78	9	205	0,51%
CL22	4,5		147		224	371	0,93%
ENLLUMENAT (encastats)		323	264	250	856	1693	4,23%
GRAN RADI 7,5	7,5	282	301	73	259	915	2,28%
IMPU	9	133	292	124	75	624	1,56%
MICRA base 1,2 mts	4	22	248	158	14	442	1,10%
NIKOLSON	4	559	566	478	1140	2743	6,85%
NIKOLSON	4,5	72	54	57	31	214	0,53%
NIKOLSON	5	100	23	88	16	227	0,57%
PAL FUSTA		96	1060	199	615	1970	4,92%
PLUS/OLEGUER	4	32	63	83	216	394	0,98%
PLUS/OLEGUER	6	226	130	84	201	641	1,60%
PLUS/OLEGUER	7,5	100	201	22	92	415	1,04%
TRONCOCÒNIC	4	115	146	199	365	825	2,06%
TRONCOCÒNIC	4,5	170	237	130	175	712	1,78%
TRONCOCÒNIC	5	230	238	83	185	736	1,84%
TRONCOCÒNIC	6	59	124	11	354	548	1,37%
TRONCOCÒNIC	7	12	505		344	861	2,15%
TRONCOCÒNIC	7,5	378	945	351	864	2538	6,34%
TRONCOCÒNIC	8	72	192	1	213	478	1,19%
TRONCOCÒNIC	9	193	229	47	714	1183	2,95%
TRONCOCÒNIC	10	314	84	107	79	584	1,46%
Total general		7408	12481	7301	12862	40052	

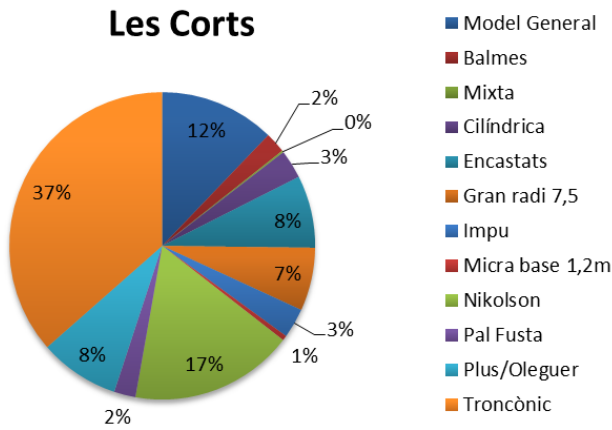
Gràcia



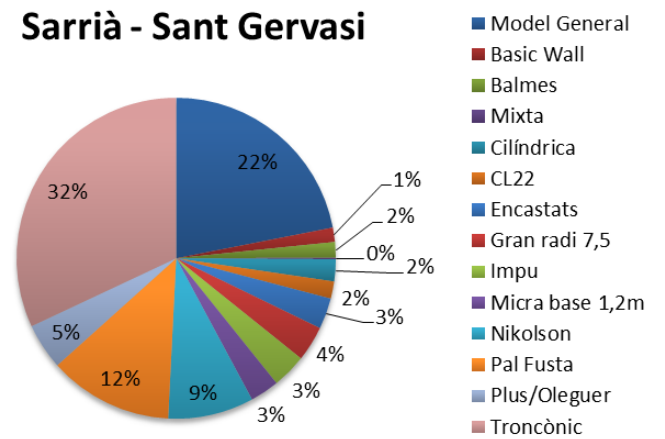
Horta - Guinardó



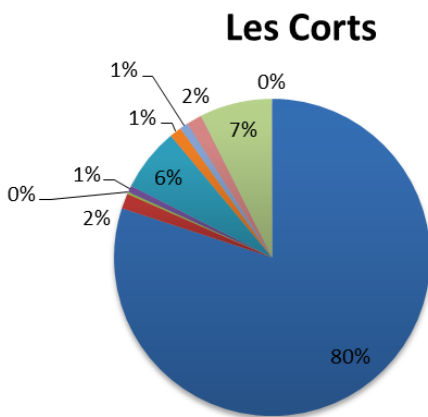
Les Corts



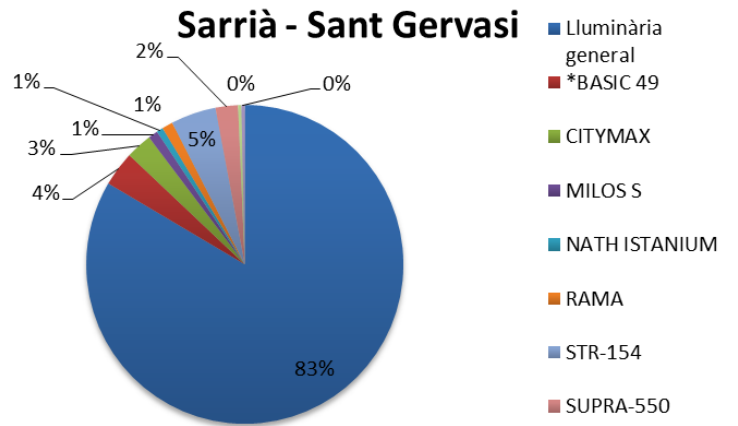
Sarrià - Sant Gervasi



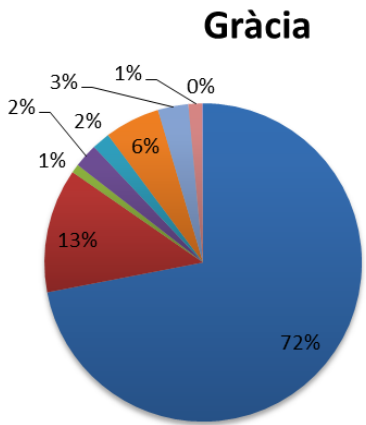
Model Il·luminària (més de 500 unitats)	4. Les Corts	5. Sarrià - Sant Gervasi	6. Gràcia	7. Horta - Guinardó	Total general	% sobre el total
-	6152	8812	4290	10616	29870	62,51%
*BASIC 49	119	373	752	32	1276	2,67%
CITYMAX	16	281	53	196	546	1,14%
MILOS S	52	103	145	288	588	1,23%
NATH ISTANIUM	497	70	110	104	781	1,63%
RAMA	93	116	335	212	756	1,58%
STR-154	66	485	185	287	1023	2,14%
SUPRA-550	121	241	82	152	596	1,25%
TECEO-1	568	36		68	672	1,41%
V-MAX V1	4	36	7	455	502	1,05%
Total general	9499	14125	8425	15736	47785	



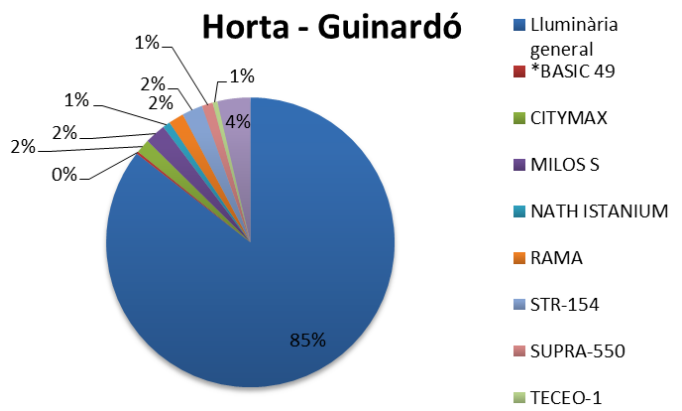
- Lluminària general
- *BASIC 49
- CITYMAX
- MILOS S
- NATH ISTANIUM
- RAMA
- STR-154
- SUPRA-550
- TECEO-1



- Lluminària general
- *BASIC 49
- CITYMAX
- MILOS S
- NATH ISTANIUM
- RAMA
- STR-154
- SUPRA-550



- Lluminària general
- *BASIC 49
- CITYMAX
- MILOS S
- NATH ISTANIUM
- RAMA
- STR-154
- SUPRA-550



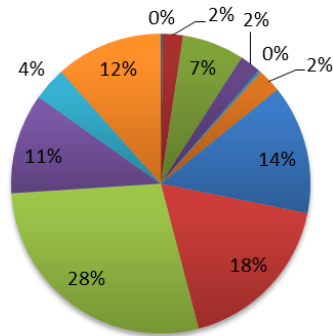
- Lluminària general
- *BASIC 49
- CITYMAX
- MILOS S
- NATH ISTANIUM
- RAMA
- STR-154
- SUPRA-550
- TECEO-1

9.3. IMESAPI

Finalment els 3 últims districtes dels quals ImesAPI se'n fa càrrec

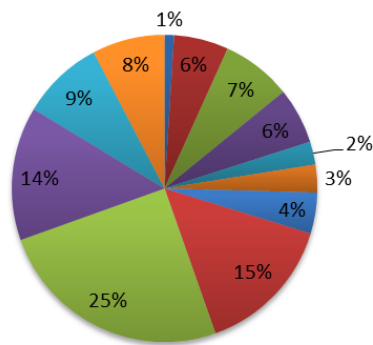
Model suport	Alçada	8. Nou Barris	9. Sant Andreu	10. Sant Martí	Fòrum	Total general	% sobre el total
22@, 7,5X0,9M	7,5	21	79	420		520	1,04%
BALMES	4	213	453	240		906	1,81%
BRAÇ-TUB (façana)		653	584	1068		2305	4,61%
GRAN RADI 7,5*1,5	7,5	223	466	993		1682	3,36%
GRAN RADI 9*2	9	27	191	172		390	0,78%
IMPU	7,5	12		235		247	0,49%
IMPU	8	2		216		218	0,44%
IMPU	9	218	200	424		842	1,68%
IMPU	10	18	32	552		602	1,20%
KUMA BCN	4	638	140	88		866	1,73%
KUMA BCN	4,5	724	202	26		952	1,90%
NIKOLSON	4	1662	923	2339		4924	9,84%
NIKOLSON	4,5	70	247	164		481	0,96%
Model general que apareix a la lluminària		2736	1965	4545	1412	10658	21,30%
PLUS/OLEGUER	4,5	27	118	96		241	0,48%
PLUS/OLEGUER	5	50	207	102		359	0,72%
PLUS/OLEGUER	6	452	389	1082		1923	3,84%
PLUS/OLEGUER	7	166	37	108		311	0,62%
PLUS/OLEGUER	7,5	360	361	319		1040	2,08%
RADI 150	7,5	131	420	1124		1675	3,35%
RADI 150	9	179	142	463		784	1,57%
RADI 150	10	43	122	344		509	1,02%
TRONCOCÒNIC	4	364	117	143		624	1,25%
TRONCOCÒNIC	7,5	238	367	573		1178	2,35%
TRONCOCÒNIC	9	529	121	379		1029	2,06%
Total general		14516	11308	22547	1660	50031	

Nou Barris



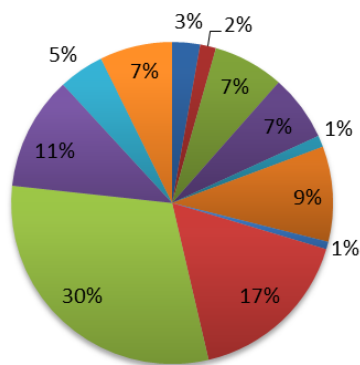
- 22@, 7,5X0,9M
- Balmes
- Braç-Tub
- Gran radi 7,5*1,5
- Gran Radi 9*2
- Impu
- Kuma
- Nikolson
- Model General
- Plus/Oleguer
- Radi 150
- Troncònic

Sant Andreu



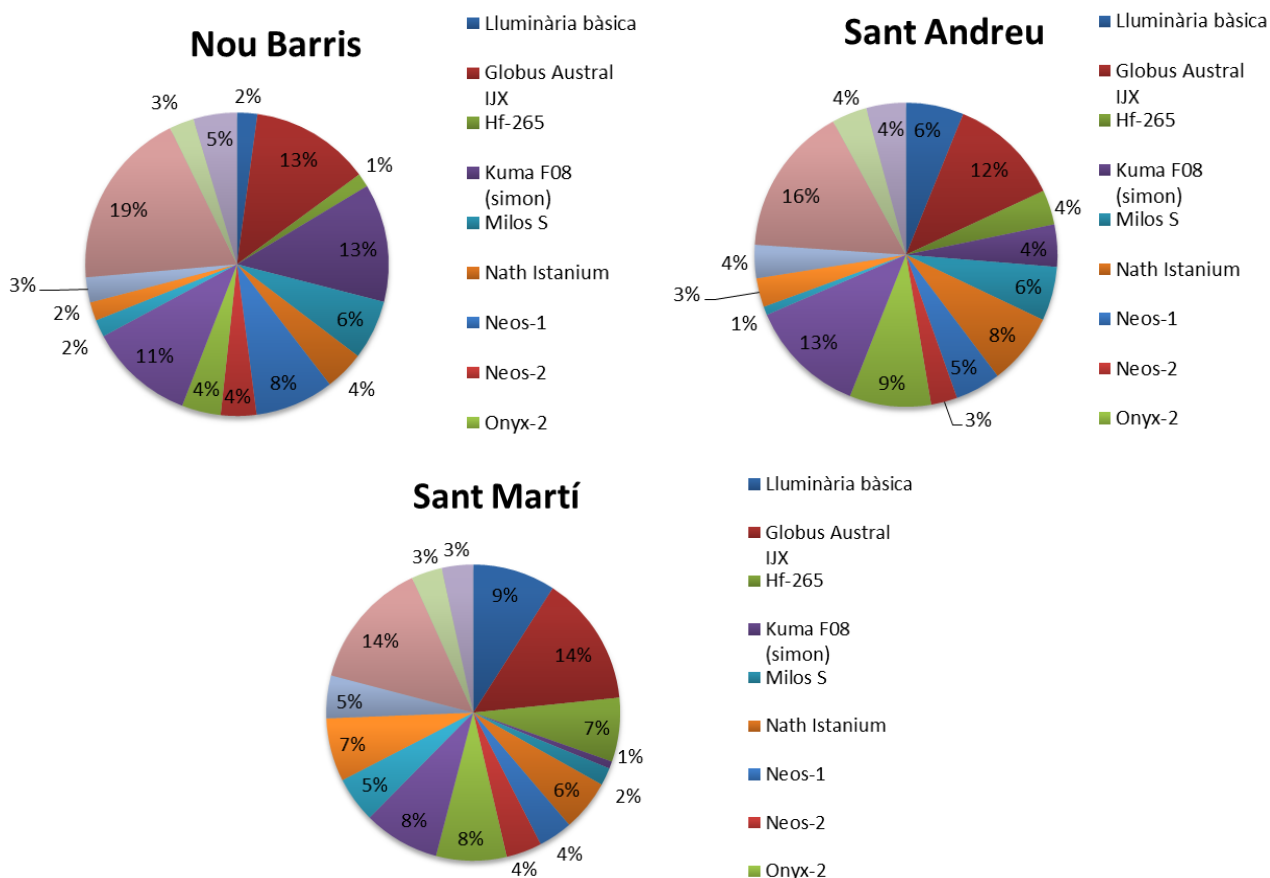
- 22@, 7,5X0,9M
- Balmes
- Braç-Tub
- Gran radi 7,5*1,5
- Gran Radi 9*2
- Impu
- Kuma
- Nikolson
- Model General
- Plus/Oleguer
- Radi 150
- Troncònic

Sant Martí



- 22@, 7,5X0,9M
- Balmes
- Braç-Tub
- Gran radi 7,5*1,5
- Gran Radi 9*2
- Impu
- Kuma
- Nikolson
- Model General
- Plus/Oleguer
- Radi 150
- Troncònic

Model Iluminària (més de 1000 unitats)	8. Nou Barris	9. Sant Andreu	10. Sant Martí	Fòrum	Total general	% sobre el total
-	206	467	1407	675	2755	4,53%
GLOBUS AUSTRAL IJX	1215	903	2213		4331	7,12%
HF-265	140	280	1085	73	1578	2,59%
KUMA F08 (SIMON)	1202	340	123		1665	2,74%
MILOS S	604	436	298		1338	2,20%
NATH ISTANIUM	401	578	868		1847	3,04%
NEOS-1	800	368	576		1744	2,87%
NEOS-2	362	213	608		1183	1,95%
ONYX-2	396	657	1196		2249	3,70%
PRQ-104	1072	947	1295	56	3370	5,54%
QS2 (Carandini)	175	69	776		1020	1,68%
QS-3	189	233	1075		1497	2,46%
QSA-5	255	268	725		1248	2,05%
STR-154	1820	1208	2188		5216	8,58%
STR-404	251	285	523		1059	1,74%
TANGO	442	320	531	535	1828	3,01%
Total general	17802	13733	27224	2060	60819	



S'observa doncs, en tots els casos, que la distribució de tipus de lluminàries és equitativa.

10. Alternatives a millorar

10.1. Canvi de bombetes per LED's

Sempre s'ha comentat que una de les millores més grans que es podria realitzar seria el canvi de totes les lluminàries existents a la ciutat, ja siguin halògens, fluorescents, halurs metàl·lics... a díodes LED. El baix consum d'energia, baix manteniment i mida reduïda dels LED's moderns ha donat lloc a aplicacions com a indicadors d'estat i es presenta en una gran varietat d'equips i instal·lacions. Però, aplicat al municipi de Barcelona, seria coherent realitzar aquest gran canvi?

L'acrònim anglès LED (Light Emitting Diode) que en català significa literalment "Díode Emissor de Llum" és un element capaç de rebre un corrent elèctric moderat i emetre una radiació electromagnètica transformada en llum. Col·loquialment és conegut com Díode Luminós.



Els requeriments específics legals per a l'ús de LED's queden detallats a l'*annex 15.14*.

Figura 10.1 Bombeta halògena vs. Bombeta LED

Tal i com s'ha vist en l'estudi realitzat a l'apartat 8, "*Tipus de làmpades i seus consums per als diferents districtes*", les làmpades de sodi figuren el 76% del consum total, que hi ha un 32% de LED's instal·lats que tan sols representen en 13% del consum. Això dona una idea del balanç de potència que consumeix cada un dels tipus esmentats.

Per a demostrar-ho quantitativament es resoldrà un petit estudi de costos generals.

Es sap doncs, que en l'actualitat s'usa 16.634.253 W cada hora per encendre els fanals (extret de les gràfiques de l'apartat 7). Aquest valor però, no és la potència total consumida ja que li manquen tots els sistemes de control que s'instal·len juntament amb la lluminària.

En el cas dels LED, s'empra un sistema anomenat Driver que fa de controlador i segons una simplificació de càlculs facilitada per dades infogràfiques de l'ajuntament, consumeix un 5% extra dels watts totals de la làmpada. Per a la resta de làmpades, el valor s'incrementa un 15% ja que utilitzen el sistema d'equips de descàrrega que a part de controlar el funcionament, proporcionen un pic d'energia a l'instant inicial per a encendre els fanals.

És a dir, per un càlcul real de potència total consumida, afegirem els respectius percentatges de cost energètic dels sistemes de control al consum previ, en funció del tipus de làmpada que sigui:

- **Làmpada de sodi** : 76% del consum total (16.634.253 W/h) = 12.642.032,28 W/h

Afegim l'equip de descàrrega (+15%) → $12.642.032,28 \text{ W/h} \cdot 1,15 = \mathbf{14.538.337,12 \text{ W/h}}$

- **LED** : 13% del consum total (16.634.253 W/h) = 2.162.452,89 W/h

Afegim driver (+5%) → $2.162.452,89 \text{ W/h} \cdot 1,05 = \mathbf{2.270.575,53 \text{ W/h}}$

- **Halògen** : 9% del consum total (16.634.253 W/h) = 1.497.082,77 W/h

Afegim l'equip de descàrrega (+15%) → $1.497.082,77 \text{ W/h} \cdot 1,15 = \mathbf{1.721.645,19 \text{ W/h}}$

- **Tubs fluorescents de fluor** : 2% del consum total (16.634.253 W/h) = 332.685,06 W/h

Afegim l'equip de descàrrega (+15%) → $332.685,06 \text{ W/h} \cdot 1,15 = \mathbf{382.587,82 \text{ W/h}}$

Llavors, agrupant tots els models s'obté un total global de **18.913.145,66 W/h**.

Les làmpades estan actives i en funcionament un total mitjà de 4250 hores a l'any:

$$18.913.145,66 \text{ W/h} \cdot 10^{-3} \text{ kW/W} \cdot 4250 \text{ h/any} = \mathbf{80.380.869,06 \text{ kW/any}}$$

És a dir que anualment a Barcelona es consumeixen **80.380.869,06 kW** de potència lumínica únicament en el funcionament de fanals.

Si es vol saber el cost que es destina a il·luminar la ciutat, només cal recuperar la taula 4.2 del punt 4, "Cost del preu de la llum". D'aquí es farà una mitjana de valors agrupant els quadres amb contracta 2.0 i 3.0 TD i s'obindrà un preu per kW aproximat que multiplicat pel consum anual dona el cost anual lumínic següent:

$$80.380.869,06 \text{ kW/any} \cdot 0,13237 \text{ €/kW} = \mathbf{10.640.015,64 \text{ €/any}}$$

En resum, sense aplicar cap tipus de canvi, a Barcelona actualment es gasten prop de 10,65 milions d'euros en el funcionament dels fanals, parlant explícitament del consum d'aquests.

Ara doncs, s'efectuarà el canvi de làmpades a LED. Sabent que n'hi ha un total de 161.744 de làmpades subdividides en la tipologia esmentada, es busca en primer lloc el consum unitari de cada model:

- 55% de làmpades de sodi → 88.960 unitats

- Consum total de 12.642.032,28 W/h → $\frac{12.642.032,28 \text{ W/h}}{88.960 \text{ unitats}} = 142,11 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}}$

- 32% de LED's → 51.759 unitats

- Consum total de 2.162.452,89 W/h → $\frac{2.162.452,89 \text{ W/h}}{51.759 \text{ unitats}} = 41,78 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}}$

- 8% d'halògens metàl·lics → 12.940 unitats

- Consum total de 1.497.082,77 W/h → $\frac{1.497.082,77 \text{ W/h}}{12.940 \text{ unitats}} = 115,69 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}}$

- 6% de tubs fluorescents de fluor → 8.085 unitats

- Consum total de 332.685,06 W/h → $\frac{332.685,06 \text{ W/h}}{8.085 \text{ unitats}} = 41,15 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}}$

Es pot observar que els tipus de làmpada que més consumeixen són les de sodi i els halògens metàl·lics, amb un consum mitjà per unitat d'aproximadament 142 W/h i 116 W/h respectivament. Els LED's i els tubs fluorescents de fluor tenen un valor molt similar, d'uns 41 W/h per unitat.

Seguidament es realitza el canvi de les làmpades amb equip de descàrrega a LED i es calcula el seu consum per hora:

- Làmpades de sodi → LED:
 - $88.960 \text{ unitats} \cdot 41,78 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}} = 3.716.748,8 \text{ W/h}$
- Halògens metàl·lics → LED:
 - $12.940 \text{ unitats} \cdot 41,78 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}} = 540.633,2 \text{ W/h}$
- Tub fluorescents de fluor → LED:
 - $8.085 \text{ unitats} \cdot 41,78 \frac{\text{W/h}}{\text{unitat}} = 337.791,3 \text{ W/h}$

Tenint en compte que ara tots els dispositius de control seran iguals, ja que s'ha canviat tot a LED, sumarem tots els consums i hi afegirem el 5% dels drivers.

- Consum total sense dispositius de control:
 - $3.716.748,8 \text{ W/h [antic sodi]} + 2.162.452,89 \text{ W/h [LED]} + 540.633,2 \text{ W/h [antic halògen metàl·lic]} + 337.791,3 \text{ W/h [antic tub fluorescent]} = \underline{6.757.626,19 \text{ W/h}}$
- Consum total amb dispositius de control:
 - $6.757.626,19 \text{ W/h} \cdot 1,05 = \mathbf{7.095.507,5 \text{ W/h}}$

Arribats en aquest punt ja es pot comprovar la disminució de consum lumínic per hora. Inicialment s'assolien els **18.913.145,66 W/h** i fent el canvi a LED tan sols es consumeixen **7.095.507,5 W/h**, reducció del 62,48% és a dir, de més de la meitat de potència.

Finalment es repetirà el procés anterior per a donar un cost monetari anual final:

$$7.095.507,5 \text{ W/h} \cdot 10^{-3} \text{ kW/W} \cdot 4250 \text{ h/any} = \mathbf{30.155.906,87 \text{ kW/any}}$$

$$30.155.906,87 \text{ kW/any} \cdot 0,13237 \text{ €/kW} = \mathbf{3.991.737,39 \text{ €/any}}$$

Per tant, en un hipotètic cas en el que es realitzés un canvi massiu de totes les làmpades de la ciutat de Barcelona a LED. La despesa de potència lumínica de la ciutat passaria de 80.380.869,06 kW a 30.155.906,87 kW anuals. Suposaria una reducció del cost anual del consum d'aquest fanals de 10.640.015,64 € a 3.991.737,39 €. Un benefici econòmic del 62,48% que representa un total de 6.648.278,25 € cada any.

10.2. Control dinàmic de lluminositat a partir de sensors de llum

El control dinàmic de lluminositat (CDL) ha de gestionar de forma dinàmica l'encesa i l'apagada dels quadres d'enllumenat públic en funció del grau de lluminositat en funció de l'horari orto i de l'ocàs. És a dir, es telegestionen uns sensors de lluminositat que quan deixen de rebre la quantitat corresponent de lux, és a dir, que es fa fosc, enviïn l'ordre als quadres de comandament d'engegar les lluminàries. Alhora, quan es comenci a fer de dia a la matinada, automàticament es parin. L'ajuntament té distingides tres zones de funcionament segons del tipus de carrer.

- Zona 1: Carrers estrets
- Zona 2: Carrers de mida mitjana
- Zona 3: Carrers amplis

A continuació s'indica el tipus de programació que té cada zona en funció del nivell d'il·luminació i els paràmetres de funcionament.

10.2.1. Programació del CDL a l'encesa (Figura 10.2)

Nivel de luminosidad		
		Nivel en calle <input type="text" value="15"/> Lux
Zona 1	Zona 2	Zona 3
<input type="text" value="1333"/> %	<input type="text" value="333"/> %	<input type="text" value="200"/> %
<input type="text" value="200"/> Lux	<input type="text" value="50"/> Lux	<input type="text" value="30"/> Lux
<input checked="" type="checkbox"/> Activo	<input checked="" type="checkbox"/> Activo	<input checked="" type="checkbox"/> Activo

Figura 10.2 Pantalla de programació del CDL a l'encesa

Paràmetres d'encesa

L'inici del control comença 25 minuts abans de l'ocàs i s'acaba 20 minuts després de l'ocàs.

L'interval de lectures és de 15 segons.

Modifica l'encesa segons la lluminositat a cada tipus de carrer. Es pot apreciar com a la zona 1 (carrers estrets) en el moment en que els lux disminueixen per sota dels 200, la centraleta enviarà la senyal al quadre d'engegar els fanals. Pel cas de la zona 2 (carrers de mida mitjana) no serà fins a assolir els 50 lux, mentre que a la zona 3, s'arribarà als 30 lux. Aquest valors són els estipulats per estudis prèviament realitzats per l'ajuntament on es va escollir la quantitat exacta de lux que es volien en cada situació esmentada.

10.2.2. Programació del CDL a l'apagat (*Figura 10.3*)

Nivel de luminosidad		
Nivel en calle <input type="text" value="15"/> Lux		
Zona 1	Zona 2	Zona 3
<input type="text" value="933"/> %	<input type="text" value="333"/> %	<input type="text" value="200"/> %
<input type="text" value="140"/> Lux	<input type="text" value="50"/> Lux	<input type="text" value="30"/> Lux
<input checked="" type="checkbox"/> Activo	<input checked="" type="checkbox"/> Activo	<input checked="" type="checkbox"/> Activo

Figura 10.3 Pantalla de programació del CDL a l'apagat

Paràmetres d'apagat

L'inici del control comença 25 minuts abans de l'orto i acaba 20 minuts després de l'orto.

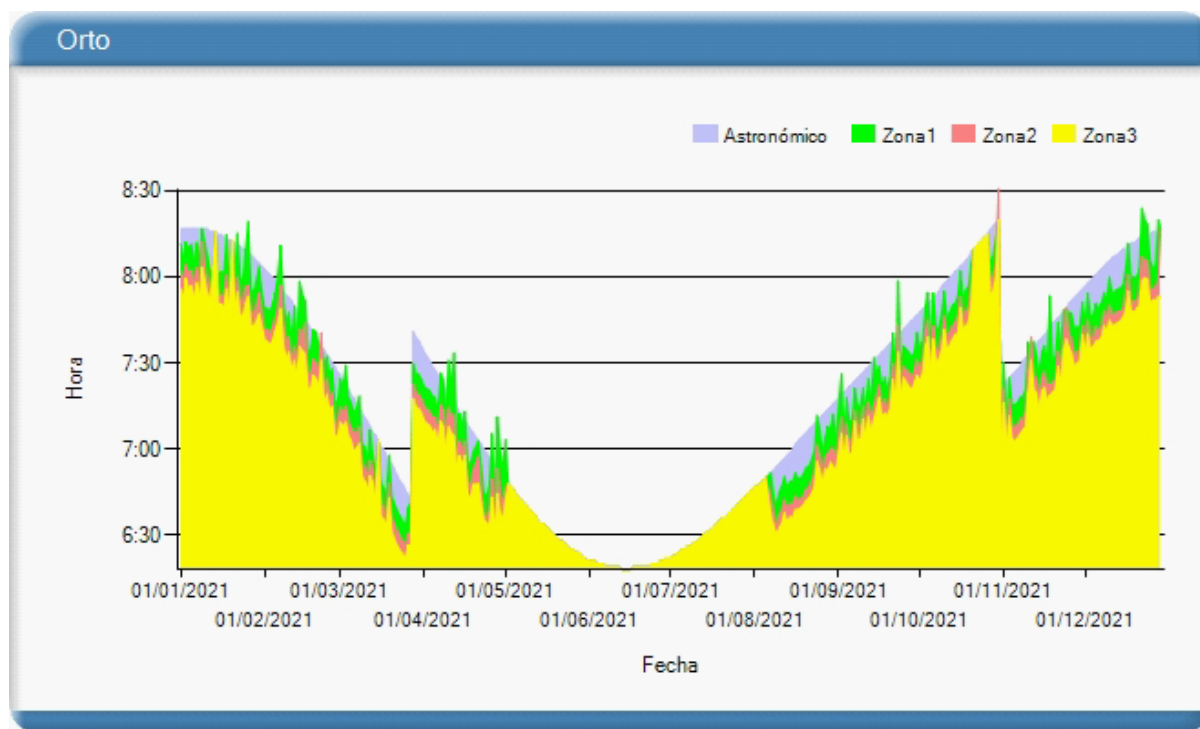
L'interval de lectures és de 15 segons.

Modifica l'apagat segons la lluminositat a cada tipus de carrer. En aquest cas, per exemple en la zona 1, fins que els sensors no detectin una lluminositat superior a 140 lux, no desactivaran els fanals. El mateix passa amb la resta de zones i els seus respectius nivells de lluminositat.

A partir d'aquesta premissa, es fa un estudi de l'estat de comunicacions dels quadres durant un mes, per comprovar-ne l'eficàcia.

10.2.3. Anàlisi del funcionament del CDL

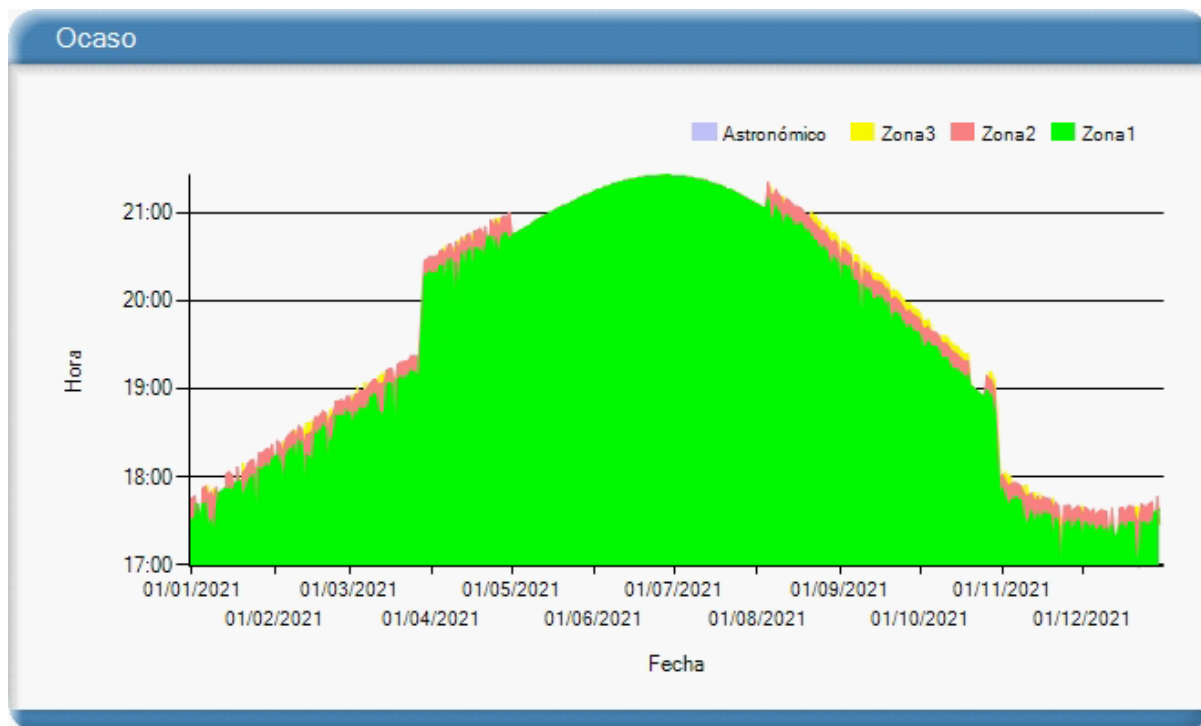
Per a representar-ho més gràficament s'ha realitzat el següent registre anual:



Gràfica 10.1 Registre anual de l'horari de sortida del sol (Orto)

Es pot apreciar en primer lloc la franja de color lila de la *Gràfica 10.1*, una mica superior a la resta, que ens representa l'hora de sortida del sol segons el rellotge astronòmic al llarg de tots els mesos de 2021 (últim any vista amb totes les dades completes). A partir d'aquí doncs, apareix l'hora d'apagada de cadascuna de les zones prèviament esmentades a partir del sistema de sensor lumínic. Si ens fixem en el gener (01/01/2021) com era d'esperar es veu que en primer lloc s'han aturat els llums de la zona 3 una mica abans de les 8.00h. On al detectar tan sols 30 lux d'intensitat lumínica ja s'envia l'ordre des de la centralita de desactivar els fanals. Seguidament es troba la zona 2, als voltants de les 8.00h en punt i finalment es troba la Zona 1, on els llum romanen oberts fins havent passat les 8.00h.

Com s'observa a la gràfica, els llum s'apagaran més tard als mesos de tardor o hivern (octubre, novembre, desembre, gener, febrer ...) on tenim menys hores de sol, i per tant es fa clar més tard. I per contra, s'apagaran abans quan es trobi en els mesos d'estiu.



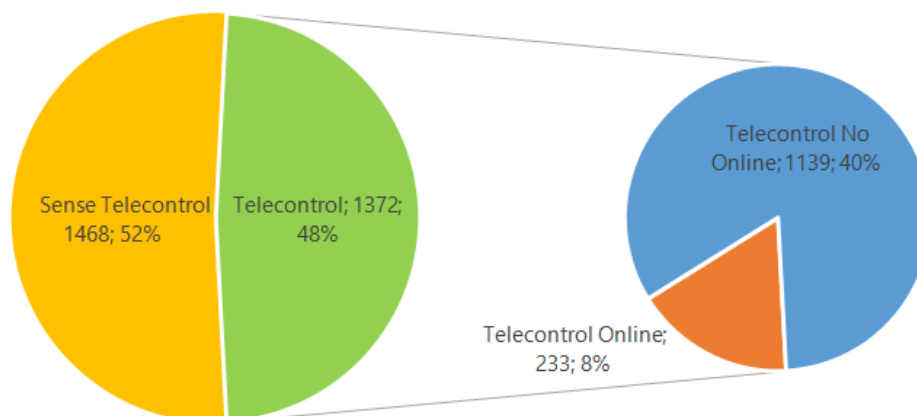
Gràfica 10.2 Registre anual de l'horari de posta del sol (Ocàs)

En aquest cas la Gràfica 10.2 segueix la mateixa dinàmica que l'anterior. Al ser horari d'obertura dels fanals, caldrà que s'engeguin abans de que s'hagi post el sol, és per això que la franja 'Astronómico' no apareix, ja que la intenció és que en tot moment estiguin els carrers de la ciutat il·luminats. Tal i com ja s'ha comentat doncs però a l'inversa, els mesos de menys llum natural (tardor/hivern), les lluminàries quedaran enceses durant més hores al dia i per tant s'activaran abans. Per exemple al gener, abans de les 18.00h la quantitat de lux en les 3 zones ja serà inferior a la estipulada i per tant la centraleta enviarà la senyal perquè s'engeguin els llums. En canvi en els mesos de més hores solars (estiu) passaran a engegar-se a partir de les 21h, els tres casos seguiran aquesta dinàmica.

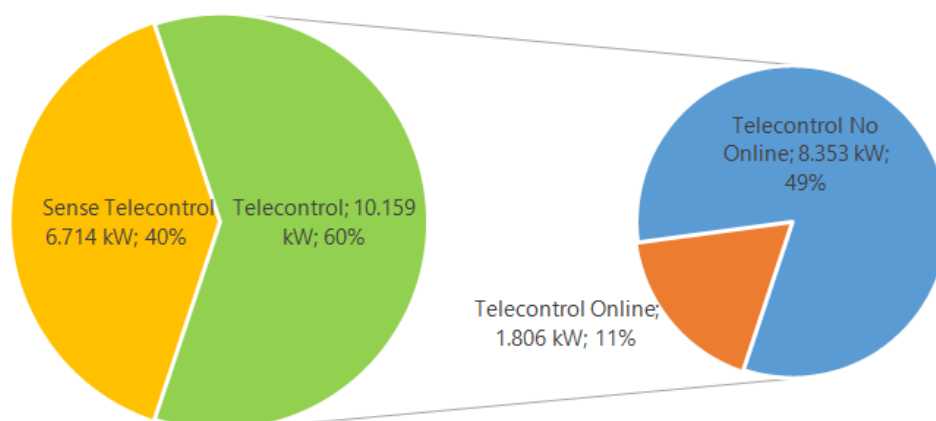
10.3. Telegestió dels centres de comandament

Sistema de control centralitzat de l'enllumenat públic de Barcelona.

La informació disponible més completa data del 2019, on es mostren les dades rellevants del sistema de telegestió i manteniment dels quadres de l'ajuntament de Barcelona. A partir d'aquestes dades, s'iniciarà l'estudi pertinent i es contraposarà amb els valors de l'actualitat per fer l'estimació de millora.

10.3.1. Distribució de quadres del 2019:

Gràfica 10.3 Nombre de quadres segons el sistema de control



Gràfica 10.4 Potència de quadres segons el sistema de control

Nombre de quadres de cada tipus de comunicació que s'empra en la telegestió:

Radio Are-mod	1099
Radio Teltronic	5
GSM	233
Fibra òptica	40
TOTAL	1372

Taula 10.1 Tipus de comunicacions

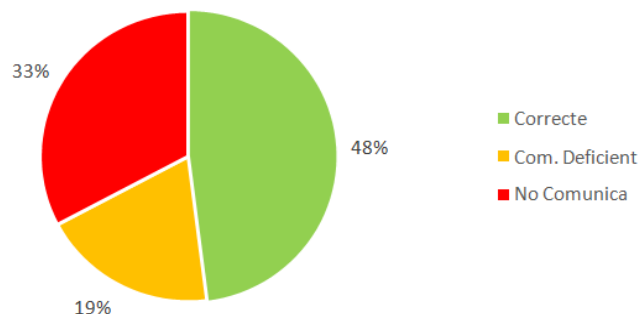
Tal i com es veu en la *taula 10.1*, el tipus més usat al 2019 era ràdio Are-mod, és a dir comunicació amb radiofreqüència. És la primera que es va instal·lar a la ciutat i mica en mica s'està substituint per altres comunicacions més eficients. Permet fer un escombratge de dades general, però tan sols dóna la informació en cas de que es sol·liciti, encara que salti alguna alarma o inclús que el quadri falli, si el teletreballador no demana la informació, el quadre no avisa de cap error. El radio Teltronic és igual a Are-mod, tot i que com es veu a la taula anterior ja pràcticament no s'utilitza tenint en compte que té una tecnologia menys precisa que l'anterior.

El mòdem GSM (Global System for Mobile Communications) va ser un dispositiu àmpliament usat a partir del 2014 per a la comunicació de telèfons mòbils o portàtils, també anomenat 2G. Per a la situació que es tracta, es pot gestionar a través d'un microcontrolador, i així ser incorporat a sistemes de control remot automàtic.

El cas de la fibra òptica, es tracta d'una línia privada de l'ajuntament que recórrer uns carrers concrets de la ciutat. No és la mateixa que consumim de forma privada pel que redueix la possibilitat d'incloure aquest tipus de comunicació a molts dels quadres, ja que tan sols es pot incorporar exclusivament als que passin prop d'aquesta línia.

Tan el mòdem GSM com la fibra òptica té un funcionament similar al de radiofreqüència però en aquest cas les alarmes sí que es reben automàticament a la centraleta quan salta l'error de manera que funcionen amb una autonomia major.

10.3.2. Estat de les comunicacions



Gràfica 10.5 Comunicacions totals

Correcte	661	47,98%
Com. Deficient	265	19,25%
No comunica	452	32,77%
TOTAL	1378	100%

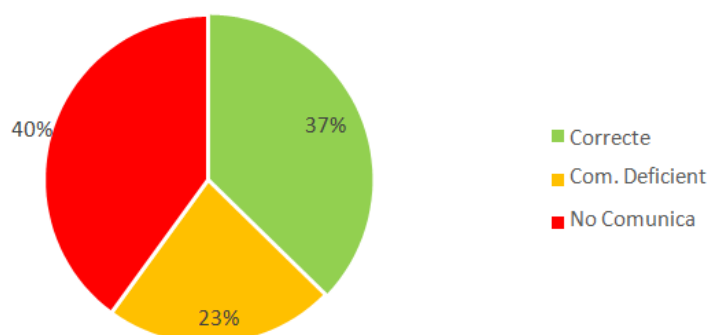
Taula 10.2 Comunicacions totals

Observacions

Tractant com a mitjana de tots els mesos de l'any 2019, en aquest cas mensualment, el 67,23% dels quadres han tingut comunicació, però tan sols el 47,98% de manera correcta. És a dir, enviant la informació sol·licitada.

El temps mitjà de durada del control d'apagat ha estat de 2 hores i 33 minuts i del control d'encesa ha estat de 8 hores i 40 minuts. Aquests valors són el temps en què la centraleta contacta amb cada un dels quadres de comandament per saber de la seva situació i comprovar que no hi hagi cap problema o alarma. Aquest procés es realitza 2 cops al dia que corresponen a l'encesa i apagada dels llums.

10.3.3. Ràdio Are-Mod



Gràfica 10.6 Comunicació per radiofreqüència Are-Mod

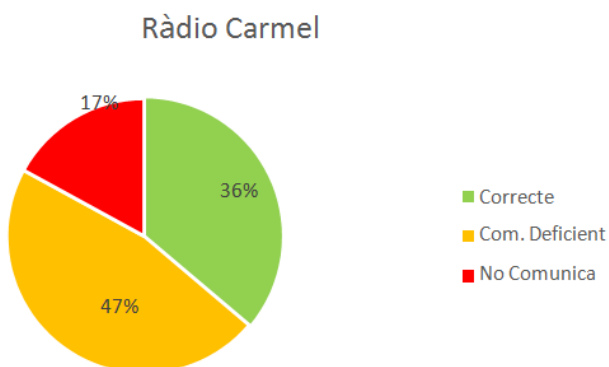
Correcte	408	37,29%
Com. Deficient	249	22,76%
No comunica	437	39,96%
TOTAL	1094	100%

Taula 10.3 Comunicació per radiofreqüència Are-Mod

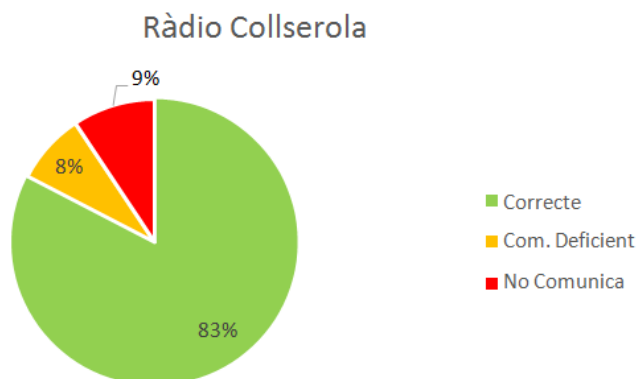
Observacions:

En aquest cas, el 60,04% dels quadres han tingut comunicació, el 37,29% amb bona qualitat i el 22,76% amb comunicació deficient. El temps mitjà de durada dels controls de Ràdio és d'aproximadament 3 hores a l'apagat i 8 hores a l'encesa.

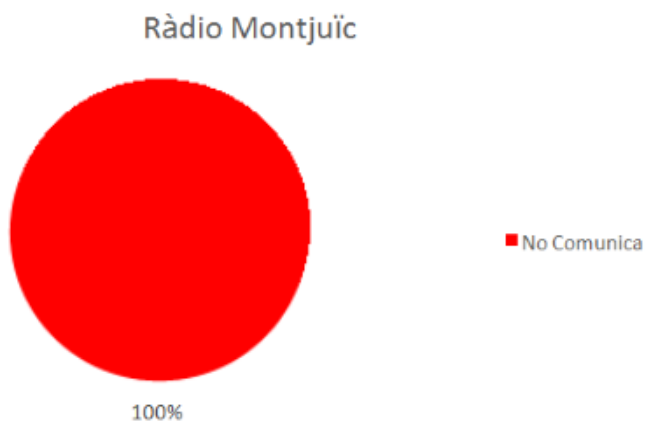
Si es subdivideix per zones o districtes, l'estat de comunicacions de cada repetidor queda de la següent manera:



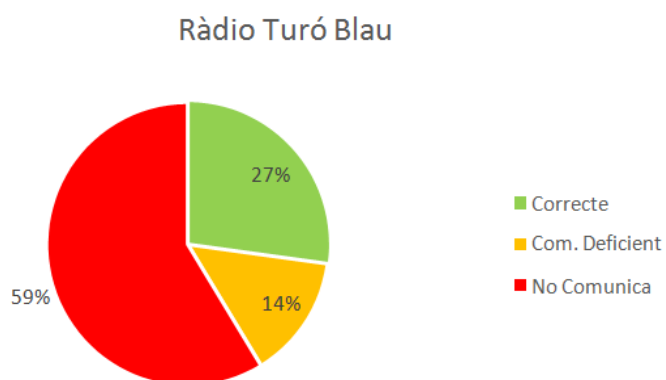
Gràfica 10.7 Radiofreqüència Are-Mod al Carmel



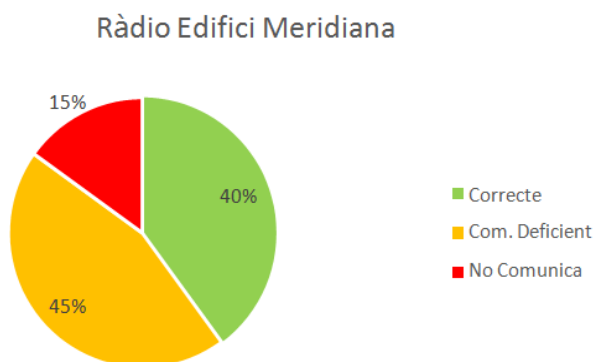
Gràfica 10.9 Radiofreqüència Are-Mod a Collserola



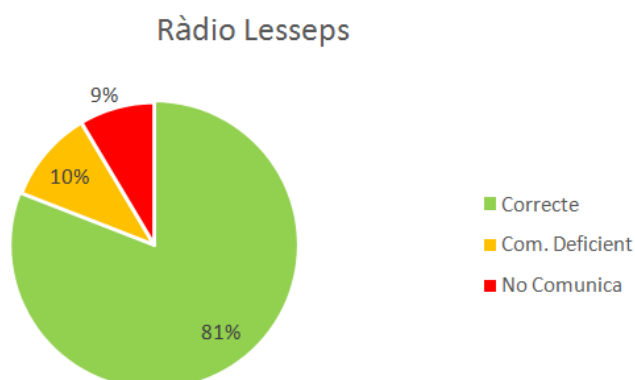
Gràfica 10.10 Radiofreqüència Are-Mod a Montjuïc



Gràfica 10.8 Radiofreqüència Are-Mod al Turó Blau



Gràfica 10.12 Radiofreqüència Are-Mod a l'Edifici Meridiana



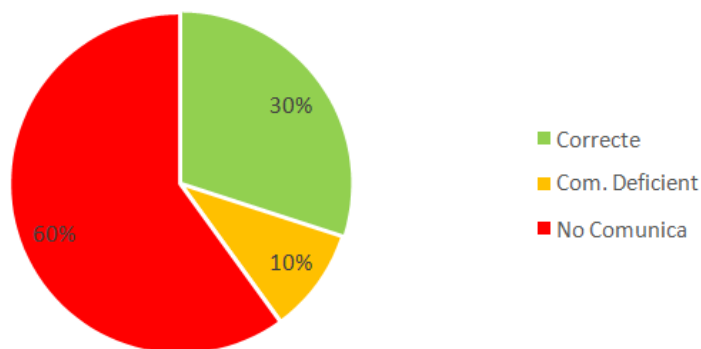
Gràfica 10.11 Radiofreqüència Are-Mod a Lesseps

Observacions:

De les 2 freqüències amb què es treballa, només la que comparteixen Lesseps i Collserola funciona mitjanament bé. La resta de freqüències estan pràcticament inoperatives.

10.3.4. Ràdio Teltronic

Pel que fa l'última tipologia de ràdiofreqüència.



Gràfica 10.13 Comunicació per radiofreqüència Teltronic

Correcte	2	30%
Com. Deficient	1	10%
No comunica	3	60%
TOTAL	5	100%

Taula 10.4 Comunicació per radiofreqüència Teltronic

Observacions:

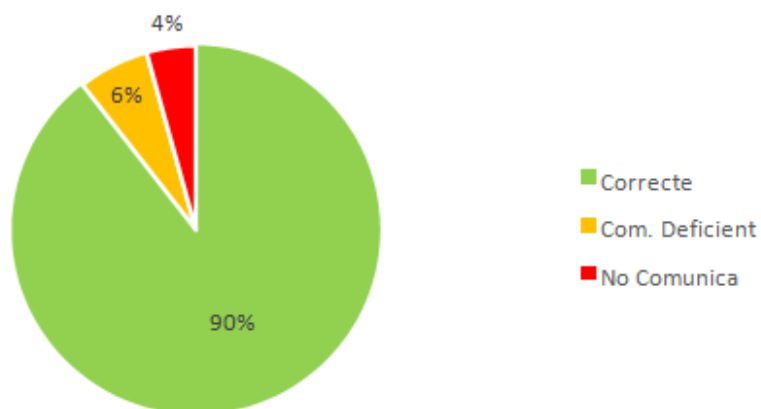
Dels 5 quadres amb ràdio Teltronic, 2 han comunicat durant el mes, 1 d'ells correctament, 1 de forma deficient i 3 no comuniquen.

El temps mitjà de durada dels controls de ràdio Teltronic és de 5 minuts.

També és cert que l'estudi en aquest cas té poca fiabilitat ja que tan sols es tracten 5 casos concrets i no es té un ventall prou gran de dades.

10.3.5. Mòdems GSM

A continuació es veu l'estat de la comunicació dels quadres via mòdem GSM



Gràfica 10.14 Comunicació mòdem GSM

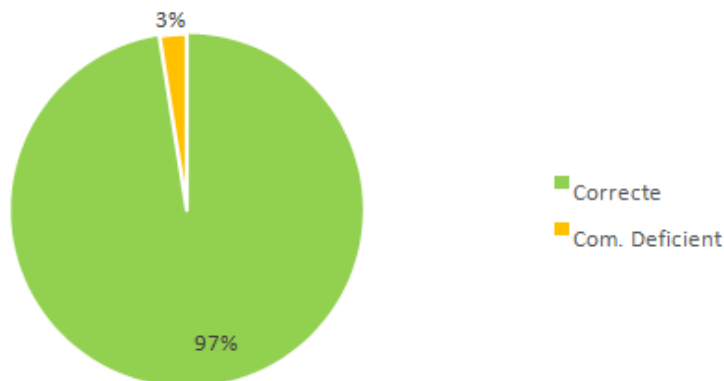
Correcte	212	89,43%
Com. Deficient	15	6,24%
No comunica	10	4,33%
TOTAL	237	100%

Taula 10.5 Comunicació mòdem GSM

Observacions:

Dels 238 quadres amb mòdems GSM, el 89,43% té comunicació. El temps mitjà de durada dels controls de GSM és de 1 hora i 20 minuts, que és el mateix tan per encesa com apagada.

10.3.6. Fibra Òptica



Gràfica 10.15 Comunicació fibra òptica

Correcte	39	97,50%
Com. Deficient	0	0%
No comunica	1	2,50%
TOTAL	40	100%

Taula 10.6 Comunicació fibra òptica

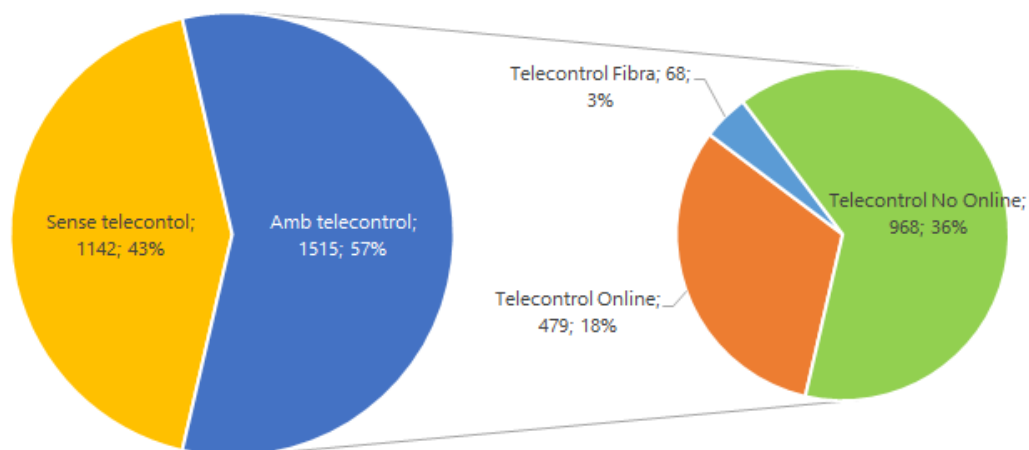
Observacions:

Dels 40 Quadres amb fibra òptica el 97,50% comuniquen correctament.

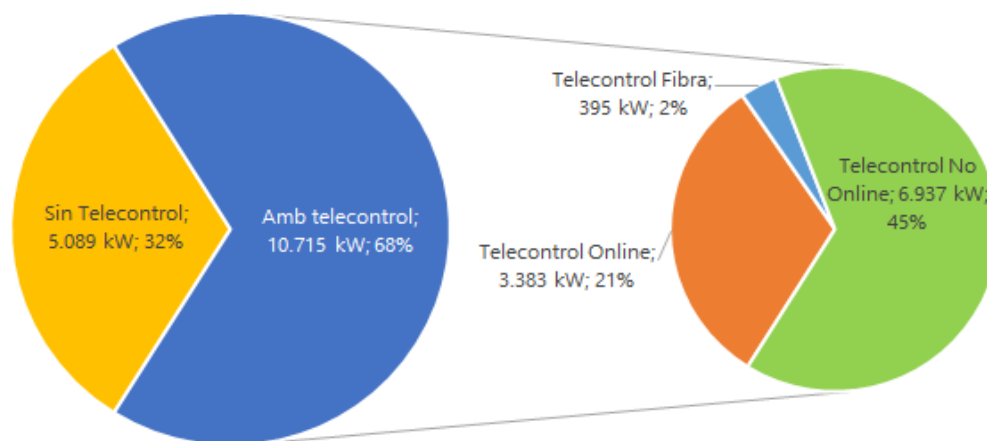
El temps mitjà de durada dels controls de fibra òptica és de 9 minuts.

Es pot apreciar doncs, que els sistemes més eficients que s'han tractat són els quadres controlats via repetidors GSM i fibra òptica, amb una operativa correcte superior al 90% pràcticament i a més els temps mitjans de control són els més baixos. Per contra, tan el sistema de radio Teltronic com el radio Are-mod, el percentatge inoperatiu és superior a l'operatiu sent així molt poc fiables i descartables en les futures millores alhora que les comunicacions són molt lentes o inclús inexistentes.

10.3.7. Distribució de quadres del 2022:



Gràfica 10.16 Nombre de quadres segons el sistema de control



Gràfica 10.17 Potència dels quadres segons el sistema de control

Nombre de quadres de cada tipus de comunicació que s'empra en la telegestió:

Radio Are-mod	973
Radio Teltronic	1
GSM	350
Fibra òptica	68
GPRS	121
TOTAL	1515

Si es treballa en detall la taula de la gràfica 10.17, apareix un nou tipus de comunicació anomenat GPRS. És un dispositiu amb una estructura de funcionament molt similar al GSM, té un sistema de xarxa activa que envia i rep dades a través de les ones de ràdio. La peculiaritat que presenta, com a millora respecte el GSM, és que transmet a la central les dades i informació ininterrompudament i a temps real de la situació a la que es troba el quadre en qüestió. Això permet un seguiment de cada punt de llum a l'instant, molt més precís i acurat.

Així doncs, en les contractes amb les 3 empreses mantenidores (Citelum, ImesAPI i UTE) s'ha afegit una clàusula en la que s'inclourà el canvi de 100 quadres per any del sistema ràdio Are-mod a mòdem GPRS. Per tant, cada empresa renovarà 100 quadres anuals, representant un total de 300 quadres a l'any. La contracta preveu doncs, que en un període de 3 anys (2+1 anys de durada habitual del concurs o licitació pública) es puguin canviar aproximadament la comunicació de 900 quadres. Els de control amb fibra òptica no es modificaran ja que com s'ha comprovat a l'estudi anterior, són suficientment fiables.

Aquesta millora repercutiria positivament en el seguiment de l'estat dels armaris, optimitzant així el seu funcionament. Si la proposta és un èxit, es reduirà un 90-95% la quantitat de quadres amb comunicació per radiofreqüència més antiga. D'aquesta forma respecte el total global, tan sols restarà un 23% de quadres per canviar, bàsicament de tipus mòdem GSM i alguns de radiofreqüència. A continuació com a moviment final ja, s'ha proposat seguir amb el procés i convertir aquests mòdems GSM i ràdio Are-mod restants a GPRS també.

DISTRICTES	TELEGESTIÓ		RÀDIO		FIBRA ÒPTICA		GSM		GPRS		SENSE TELEGESTIÓ		TOTAL
1	91	45%	54	27%	3	1%	17	8%	17	8%	111	55%	202
2	159	57%	96	34%	19	7%	36	13%	8	3%	120	43%	279
3	172	56%	122	40%	8	3%	33	11%	9	3%	136	44%	308
4	90	56%	56	35%	1	1%	29	18%	4	2%	71	44%	161
5	147	49%	96	32%	3	1%	33	11%	15	5%	153	51%	300
6	107	64%	43	26%	9	5%	45	27%	10	6%	61	36%	168
7	144	55%	87	33%	1	0%	42	16%	14	5%	118	45%	262
8	178	64%	120	43%	3	1%	37	13%	18	7%	98	36%	276
9	148	66%	101	45%	7	3%	24	11%	16	7%	77	34%	225
10	279	59%	193	41%	14	3%	51	11%	21	4%	193	41%	472
TOTAL	1515	-	968	-	68	-	347	-	132	-	1138	-	2653

Taula 10.7 Comunicacions actuals en gestió dels quadres de comandament

Al llarg d'aquests 3 anys, els 2840 quadres de comandament existents inicials (1468 sense telecontrol i 1372 telecontrolats) han passat a ser 2653 (1142 sense telecontrol i 1515 telecontrolats representats a la taula 10.1 anterior). Aquesta minora en el nombre total és deguda a centralitzacions de diversos quadres antics en un sol quadre nou agrupant així diferents circuits de corrents de carrers pròxims. Aquesta tècnica s'empra per tal de reduir el cablejat i manteniment general, alhora que consum elèctric de la instal·lació.

Pel que fa el telecontrol, al 2019 hi havia 1372 quadres telecontrolats que correspon a un 48% del total, dividit en 40% de telegestió no online i 8% de telegestió online. Aquest valor incrementa fins a 1515 quadres al 2022, un 57% del total, subdividit també en 36% de telegestió no online, un 18% online i un 3% de telegestió amb fibra. Es dona a entendre doncs, que hi ha un creixement notable de l'ús del telecontrol, incorporant inclús telegestió de fibra activa.

En el cas de la potència consumida, també es detecta una millora. Al 2019 es comptava amb un total de 16.873 kW (6.714 kW sense telecontrol i 10,159 kW amb telecontrol). El telecontrol suposa un 60% del total, dels quals un 11% és online i 49% no online.

En canvi, el 2022 gràcies a les centralitzacions de quadres esmentades, s'ha reduït el consum a 15.804 kW (5.089 kW sense telecontrol i 10.715 kW amb telecontrol). En aquest cas es parla del 68% de telegestió respecte el total i compta amb 21% online, 45% no online i 2% de telegestió amb fibra.

A partir dels resultats obtinguts s'aprecia una millora general que suposa una innovació tecnològica i reducció del consum energètic de la instal·lació. També permet una major facilitat alhora de gestionar diversos problemes, tals com l'efectuació d'un tall de llum degut a una sobretensió d'alguna línia, reducció del temps de reacció quan ha sorgit afer inesperat, entre d'altres. Alhora, tractar amb els canvis que es vulguin dur a terme en un quadre de comandament i qualsevol suport, lluminària o element de l'enllumenat subjacent al quadre que es tracti.

Caldria llavors, seguir amb la mateixa dinàmica per tal d'assolir el 100% de quadres telegestionats des de centraleta i poder així consolidar la màxima eficiència tant energètica com organitzativa en aquest àmbit.

10.4. Reducció de la potència lumínica en hores baixes

Tal i com s'ha comentat anteriorment en el control dinàmic de lluminositat, els fanals s'activen i s'aturen automàticament en funció dels lux que hi ha a la ciutat als períodes esmentats. Independentment d'això, en l'actualitat a la ciutat de Barcelona s'aplica una disminució de la potència lumínica a hores baixes. Els dies d'entre setmana, a partir de les 22.00h la potència lumínica de la ciutat es veu reduïda un 30% respecte el valor habitual, ja que la majoria ciutadans de Barcelona ja estan als seus habitatges i no depenen tant de la llum exterior.

Al dur a terme aquesta atenuació, el consum també es veu afectat i minva notablement. En el cas d'unes poques hores d'un dia concret, la diferència no és molt gran, però a continuació s'ha realitzat una taula explicativa d'aquest succés on queda tot detallat i es pot comprovar com en el període d'un any, aquests valors ja són més notoris. Apareixen els valors de potència consumida sense i amb reducció, el seu estalvi i respectivament es repeteix pel preu d'aquesta. S'ha subdividit pels diferents mesos de l'any.

MES	Potència consumida [kW]		ESTALVI EN CONSUM [kW]	Import potència consumida [€]		ESTALVI EN PREU [€]
	Sense Reducció	Amb Reducció		Sense Reducció	Amb Reducció	
Gener	6.303.287,74	5.676.876,40	626.411,34	1.405.435,38	1.279.227,20	126.208,18
Febrer	5.275.730,04	4.737.228,55	538.501,49	1.186.499,57	1.077.548,17	108.951,40
Març	5.252.865,89	4.696.528,28	556.337,60	1.168.738,96	1.056.062,12	112.676,84
Abril	4.489.635,06	3.958.893,98	530.741,08	943.373,01	838.161,17	105.211,84
Maig	4.120.058,00	3.612.846,09	507.211,92	854.483,41	753.920,88	100.562,52
Juny	3.724.450,87	3.249.712,77	474.738,11	768.122,48	673.255,15	94.867,33
Juliol	3.969.655,61	3.465.765,19	503.890,42	819.121,09	718.275,31	100.845,78
Agost	4.414.396,46	3.878.957,52	535.438,94	928.582,47	821.545,32	107.037,15
Setembre	4.840.015,17	4.286.727,30	553.287,87	1.041.610,14	930.855,19	110.754,95
Octubre	5.610.191,33	5.005.193,66	604.997,67	1.206.897,77	1.086.863,08	120.034,68
Novembre	5.956.297,95	5.381.540,91	574.757,04	1.345.955,21	1.229.490,13	116.465,08
Desembre	6.446.984,30	5.822.261,39	624.722,91	1.439.399,68	1.313.467,18	125.932,50
TOTAL	60.403.568,41	53.772.532,02	6.631.036,39	13.108.219,16	11.778.670,90	1.329.548,26

Taula 10.8 Potències consumides amb el corresponent preu

Tal i com s'observa a la taula, el major consum de potència i per conseqüència, el major estalvi en proporció es troba en els mesos d'hivern on hi ha menys hores de llum i per tant els fanals funcionen al llarg de més estona. La potència consumida total a l'any sense la reducció supera els 60 GW i té un preu total de més de 13,1 milions d'euros. Un cop aplicada aquesta restricció, els valors de consum baixen fins a poc més de 53 GW i un cost de 11,78 milions d'euros anuals. D'aquesta forma es pot assegurar que l'estalvi anual actual serà de més de 6 GW de potència i de 1,32 milions d'euros. S'està parlant doncs, d'un estalvi econòmic del 10% aplicant una mesura que no té efectes perjudicials en cap aspecte, sinó que inclús també es reduiria la contaminació lumínica de la ciutat segons el Decret detallat a l'Annex 15.15.



Figura 10.4 Cel nocturn Barcelona abans de les 22.00h de la nit



Figura 10.5 Cel nocturn Barcelona després de les 22.00h de la nit

En aquest punt no faria falta cap millora concreta, ja que aquest projecte està treballant dins del marc de la legalitat i els valors de potència lumínica que s'han establert queden regulats correctament per tal de que el municipi no quedi sota mínims d'il·luminació durant la nit. Tot i cercar sempre un estalvi econòmic i evitar o reduir qualsevol tipus de contaminació, sempre s'ha de tenir en compte la seguretat vial i ciutadana.

La única opció aplicable, seria la combinació del sistema de reducció de potència amb el sensors lumínics emprats en l'encesa i apagada de fanals comentats anteriorment. D'aquesta manera, inclús es podria reduir encara més del 30%, cap a un 35-40% les nits que es detectés molta intensitat lumínica, com per exemple, les nits de lluna plena o amb molt poca densitat de nuvolositats.

10.5. Ampliació de l'ús de plaques fotovoltaïques per als fanals públics

L'enllumenat públic genera grans costos per a l'ajuntament d'una zona. La generació d'energia elèctrica per a l'enllumenat a través dels combustibles fòssils fa que s'incrementi la despesa que se li dedica. No obstant això, amb els fanals solars pot desaparèixer aquest problema. Estem parlant de fanals capaços de il·luminar de forma "gratuïta". Durant el dia es carreguen d'energia solar que emmagatzemen per ser utilitzades a la nit. De totes maneres, no es pot oblidar que l'ús d'aquests queda regit per la normativa del decret de protecció de cel nocturn de Barcelona que indica les diferents zones a Catalunya amb les respectives proteccions. Aquesta actuació va lligada amb la protecció de la fauna de l'entorn a tractar. El reglament de protecció de cel nocturn queda detallat a l'annex 15.15 del treball .



Figura 10.6 Fanal amb placa fotovoltaica

És més freqüent veure a les autopistes i carrers fanals que estan alimentades per energia solar. I és que els avantatges que ofereixen respecte a la resta, donen peu a reflexió. Gràcies a el desenvolupament de l'energia solar i el seu abaratiment, ens permet tenir panells solars, bateries i bombetes cada vegada més eficients.

La necessitat de reduir el CO₂ de l'atmosfera obliga a recapacitar en alternatives netes com els fanals solars. També ofereixen una bona garantia amb pocs riscos d'avaries. A continuació s'exposen diversos aspectes que poden resultar atractius per apostar per aquests fanals.

Quan a l'estiu s'incrementa la despesa elèctrica pels aparells condicionats, aquestes bombetes alleugen la saturació de la distribució elèctrica. Els elements que formen els fanals solars són més econòmics que els que tenen els fanals convencionals. Tot i que un fanal solar en si és més car que un de convencional, quan es tracta d'instal·lacions més separades de la xarxa elèctrica o més complexes, resulta més rendible. Tan sols es necessita una instal·lació d'ancoratge a terra.

No necessita cap tipus de cablejat o connexió atès que són autònomes.

Els panells solars fotovoltaics, representats en la *Figura 10.7*, són l'ànima del fanal. És l'element encarregat de rebre l'energia del sol i transformar-la en energia elèctrica. Es col·loquen al capdamunt d'una estructura per captar el màxim de llum possible.

Un dels inconvenients que presenta en la seva situació, sobretot quan es tracta d'un ciutat com Barcelona, és el fet d'estar col·locat en una avinguda o zona amb edificis alts, aquests poden impedir el pas de llum i donar ombra, reduint la seva eficàcia. Punt a tenir en compte de cara a la construcció més massiva d'aquests. És per això que s'haurà de focalitzar la inversió en zones on el sol pugui inserir al llarg d'una gran quantitat d'hores. Els panells han d'estar orientats sempre cap a l'equador terrestre i amb la inclinació adequada per optimitzar la captació. En funció de la latitud on ens trobem, caldrà més inclinació o menys.

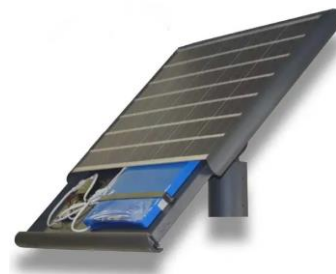


Figura 10.7 Panell fotovoltaic

Les bateries emmagatzemen l'energia captada pels panells solars per a després usar-los durant la nit. Funcionen de manera similar a les que hi ha a les plaques solars fotovoltaïques comuns. Depenent de fabricant, es pot posar en la zona més alta, sota el panell o sota la zona lluminària. Aquesta col·locació es fa per evitar la manipulació indeguda, tot i que dificulta les tasques de manteniment.

Depenent de l'àrea on es va a col·locar es posa en un lloc o un altre. Si la posem en una carretera interurbana, és menys probable que persones indesitjades la pugui agafar o manipular. Funcionen amb una potència de 12 volts.

Finalment els elements de control s'encarreguen de racionalitzar i optimitzar la quantitat d'energia que s'utilitza i que hi ha emmagatzemada. L'encesa i l'apagat s'automatitza perquè s'eviti la despesa innecessària. Això contribueix a l'allargament de la vida útil dels components del fanal. La regulació dels elements de control s'aconsegueix mitjançant:

Dispositius capaços de programar l'encesa i apagada de les lluminàries en funció de la informació introduïda al seu software integrat sobre el dia. És a dir, depenent de les hores de sortida i posta de sol cada dia de l'any i en el lloc on es col·locaran.

Una cèl·lula fotoelèctrica és capaç de detectar el nivell de lluminositat que hi ha en aquest moment. Quan es detecta poca llum, vol dir que arriba la nit i s'encén. Per contra, quan comença a detectar més llum a la matinada, s'apaga automàticament. El valor de potència lumínica (lux) és modificable, en el cas dels fanals en propietat de l'ajuntament, segueixen la classificació de zones i de valor similar al punt *10.2 Control dinàmic de lluminositat*

També disposen d'uns sistemes d'apagada de seguretat. Aquests funcionen en els dies en què per diverses raons no s'ha pogut carregar bé la bateria. Imaginem que han passat diversos dies ennuvolats en els quals no s'ha pogut carregar la bateria. Aquest sistema fa que no s'encengui a la nit per no danyar la bateria fins al seu esgotament. Si la bateria es descarrega massa i en nombroses ocasions, pot quedar malmesa i obsoleta. Quan queda poca bateria també inclou un sistema que permet l'encesa de només part de la lluminària per guardar energia.

10.6. Mesures luminotècniques en instal·lacions d'enllumenat exterior

A continuació s'ha analitzat un estudi desenvolupat per l'ajuntament de Barcelona, el qual es duu a terme en l'actualitat a la ciutat, per tal de comprovar si el propòsit de fer un seguiment i control dels fanals per tal d'aplicar-los-hi una neteja adient, milloraria el seu rendiment diari.

Per tal de fer-ho doncs, s'ha desenvolupat un exemple en concret, a la Rambla Prim nº250. Els fanals en qüestió no havien tingut cap tipus de seguiment en la neteja des de feia aproximadament 5 anys. L'execució ha estat realitzada durant la nit. En primer lloc es té l'estudi de la situació inicial, acompanyada d'un plànol representatiu.

Districte: 10 - Sant Martí Distribució dels fanals: Bilateral (ambdós costats del vial)

Centre de comandament: 10982 Inspector: VG

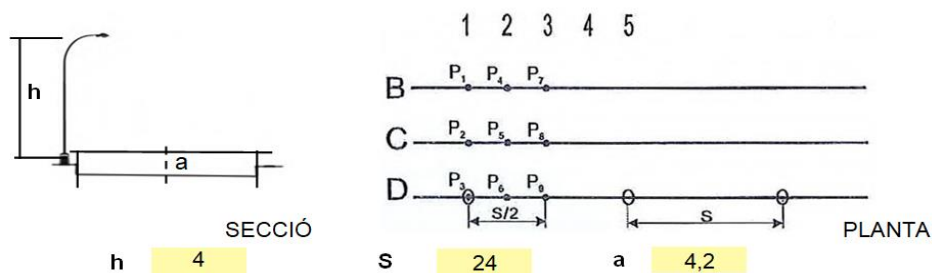


Figura 10.8 Mesures preses del carrer en qüestió

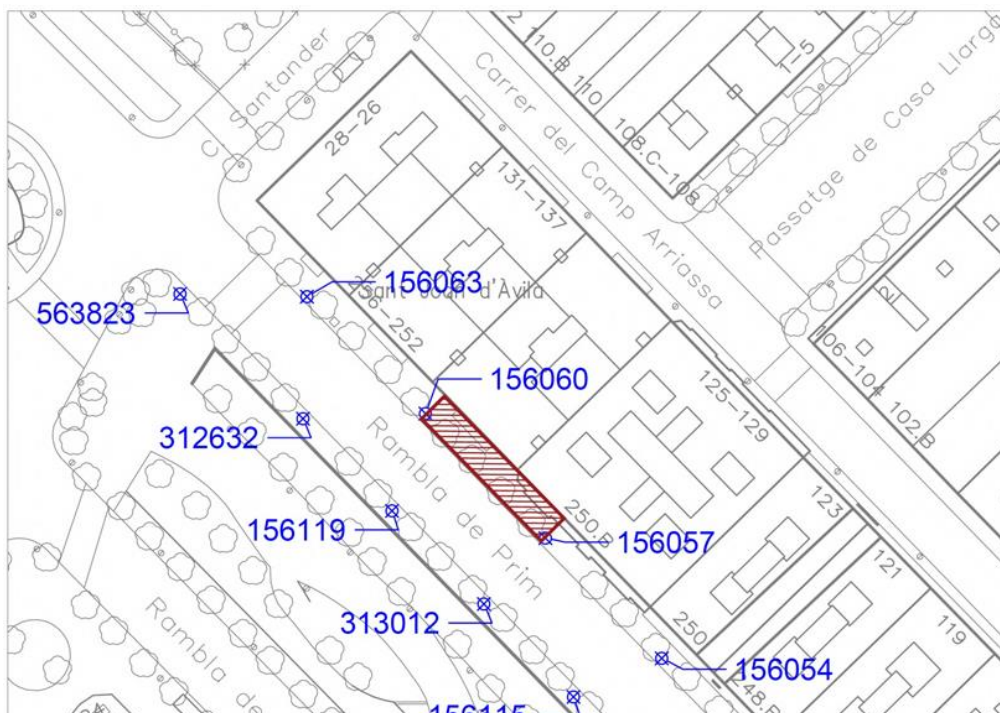


Figura 10.9 Plànol de la zona afectada

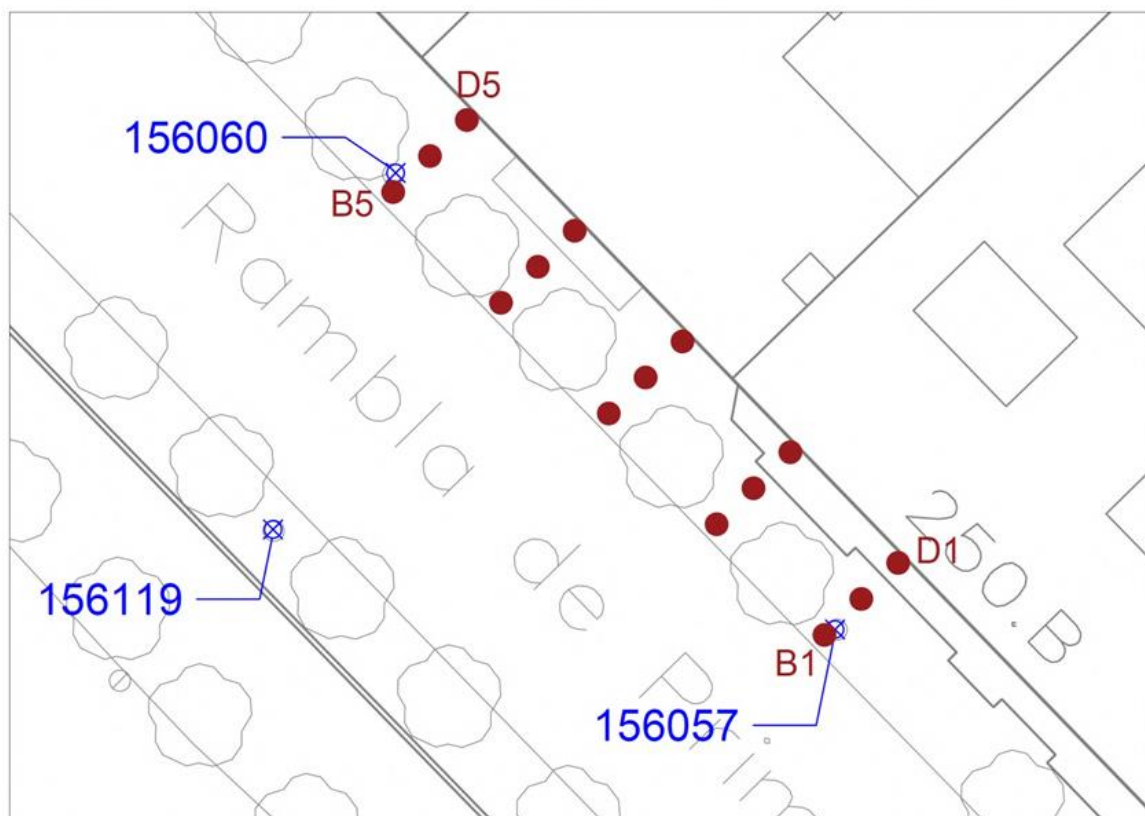


Figura 10.10 Plànol en detall de la zona afectada

A partir de l'esquema anterior, es pot veure al detall els punts analitzats on s'ha recollit la informació, en aquest cas, dels lux de potència lumínica que les llumeneres ofereixen al carrer. També la distribució dels fanals amb el seu respectiu codi o ID.



Figura 10.11 Visió del carrer

Els valors de les mesures, abans de la neteja són els següents:

Tipus làmpada: Fluorescent Potència: 36 W Regulador: -

	1	2	3	4	5
B	27,40	47,80	41,40	47,30	57,20
C	23,30	14,00	16,90	12,40	21,00
D	15,10	23,30	11,50	28,60	12,60

Figura 10.12 Lux registrats inicialment a cada punt

Aquest valors comptabilitzen el nombre de lux registrats en cada punt. S'ha calculat la mitjana d'aquests resultats i s'obté el següent, juntament amb la $U_{mitjana}$ (uniformitat mitjana) que és el valor mitjà de llum que rep el carrer, per tal de que estigui repartit equitativament en tot el tram i no es creïn zones fosques. Aquest valor ha de ser :

$$E_{mitjana}(\text{lux}) = 24,18$$

$$U_{mitjana} = \frac{E_{mínima}}{E_{mitjana}} = \frac{11,50 \text{ lux}}{24,18 \text{ lux}} = 0,48 (\geq 0,5)$$

Equació 10.1 Uniformitat mitjana

Per tant, s'obté un valor mitjà d'uns 24 lux de llum i d'uniformitat mitjana està al voltant de 0,48, una mica inferior al valor mínim estipulat com a correcte (0,5).

És per això que es procedeix a la neteja adient d'aquests fanals i es repeteix la recollida de dades, els resultats obtinguts són els següents:

	1	2	3	4	5
B	28,00	58,80	48,50	53,20	80,30
C	28,20	18,00	30,30	31,50	59,60
D	41,60	29,20	18,40	18,20	33,30

Figura 10.13 Lux registrats un cop aplicada la neteja a cada punt

$$E_{mitjana}(\text{lux}) = 36,83$$

$$U_{mitjana} = \frac{E_{mínima}}{E_{mitjana}} = \frac{18,40 \text{ lux}}{36,83 \text{ lux}} = 0,5 (\geq 0,5)$$

En aquest cas doncs, s'obté un valor mitjà d'uns 37 lux de llum, valor d'aproximadament 13 lux més de mitjana respecte a l'anterior. En el cas d'uniformitat mitjana, està en 0,5 i per tant ja és correcte tenint en compte la disparitat de lux en alguns punts degut als arbres que hi ha la zona.

De totes maneres, els resultats són molt positius ja que hi ha un gran augment de lluminositat, s'obté un total de més del 45% d'increment lumínic per tan sols dur a terme un seguiment i neteja puntual a les lluminàries de la Rambla Prim.

Al ser tan sols proves, encara no hi ha una contracta estipulada on a part de les tasques prèviament esmentades, regeixi tot aquest seguiment. De totes maneres en cas de que s'acabés desenvolupant, la idea seria que el cost de l'operació fos mínim, tan sols el preu del treballador i els productes de neteja. Ja que s'inclouria dins la contracta anterior pel que no tindria un cost extra per l'ajuntament.

Les mesures luminotècniques d'enllumenat exterior doncs, són un gran punt on donar èmfasis i que es podria recolzar amb més força en futures prestacions o gestions d'obra. Realitzar aquest seguiment al cada 5-7 anys de funcionament de les llumeneres, seria el més adequat per tal d'obtenir un millor rendiment de cada fanal de la ciutat sense haver de realitzar una gran despesa econòmica.

11. Pressupost

Els costos que s'han considerat per elaborar el present projecte es corresponen, principalment, a costos de personal. S'han calculat les hores dedicades per la realització del projecte, així com, les hores dedicades a consultes amb el tutor o especialistes i els costos de les llicències. S'ha realitzat un total de tres reunions al llarg del projecte, amb dos tècnics de l'ajuntament i amb una durada d'uns 60 minuts cada una. El preu per hora de l'enginyer que realitza el projecte serà de 20€/h. Aquest valor s'ha obtingut del conveni laboral de l'ajuntament de Barcelona, en el cas de l'enginyer a càrrec del projecte, s'ha suposat un preu per hora del doble del contracte de pràctiques curriculars, de 10€/h. En el cas dels experts, serà de 60€/h tenint en compte que seria una tasca extra a la seva jornada laboral i se'ls hi pagaria un preu major al base, tenint en compte que es tracta d'un enginyer amb titulació superior. Pel que fa a les llicències, el software utilitzat per a realitzar les etapes de preparació de les dades i de la creació de taules dinàmiques així com gràfiques i/o estudis ha estat el pack Office. S'ha calculat el cost proporcional de l'ús realitzat envers el preu de la llicència de Microsoft Office. Es considera que es fa servir unes 1500 h a l'any, a un cost de 75,99 € seran 0,05€/h.

A continuació s'ha desenvolupat una taula resum dels costos corresponents, cal remarcar que les hores de dedicació no tenen uns valors molt precisos, s'ha comptabilitzat de manera aproximada:

	Dedicació (h)	Preu (€/h)	Cost (€)
Fase d'autoaprenentatge	30	20	600
Anàlisi de documents	55	20	1.100
Anàlisi i tractament de dades	60	20	1.200
Construcció de taules dinàmiques i models matemàtics	50	30	1.500
Recerca d'informació i propostes de millora	30	20	600
Microsoft Office 2020	85	0,05	4,25
Comprovacions	10	20	200
Redacció de la memòria	55	20	1.100
Consultes a experts	2	60	120
		TOTAL	6.424,25€

Taula 11.1 Costos generals

Així doncs, tenint en compte tots aquestes variables, s'obté un cost total el projecte de **6.424,25€**

12. Impacte ambiental

Aquest projecte d'anàlisi de l'enllumenat de la ciutat de Barcelona, alhora que propostes de millora, no produeix un impacte ambiental rellevant elevat. No s'ha realitzat cap fase experimental en el medi ni s'ha construït cap prototip. L'únic moment en el que augmentaria aquest impacte, seria s'aproveïssin i s'apliquessin les millores esmentades. Llavors s'hauria de realitzar un estudi orientatiu per estudiar en detall els valors de consum o despesa que podrien suposar.

Donat que s'ha utilitzat l'ordinador per elaborar el treball, s'han calculat les emissions de CO₂ derivades del consum elèctric de l'ús d'aquest a partir de l'ordre del mix elèctric.

El mixt elèctric és el valor que expressa les emissions de CO₂ associades a la generació d'electricitat que es consumeix, en aquest cas, amb l'ordinador. Segons l'oficina Catalana del Canvi Climàtic el mix elèctric de la xarxa elèctrica peninsular el 2017 s'estima en 392g de CO₂/kWh.

Tenint en compte les hores dedicades al projecte, s'ha estimat un ús de l'ordinador de un total de 336 hores.

Si el consum de l'ordinador és d'uns 200 W, s'han consumit 67,2 kWh i s'han emès 26,34 kg de CO₂.

A priori, s'ha desestimat el possible consum energètic a causa de la il·luminació o climatització de l'espai de treball, en primer lloc perquè una gran part del temps s'ha treballat amb llum natural i en segon lloc perquè el consum s'hauria produït independentment de la realització projecte.

13. Conclusions

L'objectiu principal del projecte era analitzar en profunditat els diferents districtes de l'àrea de Barcelona per tal de fer-ne un acurat estudi lumínic englobant diferents punts específics, valorant el seu consum energètic anual procedent de l'enllumenat públic i en cas de que fos possible, presentar possibles millores d'alguns d'aquests inputs a través de múltiples criteris valorant el seu impacte econòmic, energètic, ambiental i social. Es pot dir doncs, que dins del marc teòric i en gran part, experimental s'ha acomplert aquest objectiu, donant una visió en profunditats dels aspectes més importants a analitzar al respecte.

Les diferents alternatives comentades al llarg del treball donen un gran ventall de a escollir per part de l'Ajuntament per tal de realitzar una millora general en diferents àmbits. Ja sigui el canvi de lluminàries per LED's, millores en el control dinàmic de lluminositat, telegestió amb comunicacions més innovadores i a més quadres de comandament o la reducció de la potència lumínica a hores baixes, entre d'altres. Alguns seran més o menys viables o eficients, el que està clar és que poden escollir entre diversos camins per aconseguir una renovació en la instal·lació i un futur benefici econòmic respecte l'actualitat.

Es per això que aquest treball permet crear noves variants de projectes i nous reptes per tal de continuar millorant l'eficiència de l'enllumenat de la ciutat. Es podria continuar amb l'anàlisi i millora en altres departaments, com biodiversitat, trànsit, etc... Que no s'han tractat en aquest projecte i també aportarien grans avantatges a l'àmbit en qüestió.

També aquest informe, ha tractat bàsicament de tot l'estudi de l'enllumenat de la ciutat i una posterior proposta de millora en alguns dels aspectes estudiats. Una altra opció per a la continuïtat d'aquest, seria centrar-se en algunes de les propostes de millora esmentades i fer-les tangibles a partir d'estudis més exhaustius i precisos alhora que amb un major treball de camp o experimental.

14. Agraïments

En aquest apartat es vol agrair a un seguit de persones i entitats per l'ajuda aportada durant el treball.

En primer lloc m'agradaria donar les gràcies a l'àrea d'Ecologia Urbana de l'ajuntament de Barcelona, concretament al Departament d'Enllumenat, on la Lluïsa Cabezas m'ha atutorat, guiat i m'ha permès la recopilació de dades i informació que han fet possible aquesta memòria. Alhora també, a tots els tècnics, administratius i treballadors del departament amb els que he tingut el privilegi de formar equip i compartir projectes, que sempre m'han ajudat i resolt qualsevol dubte.

En segon lloc, agrair a la Núria Mallafre, tutora del meu treball de final de carrera i ponent d'aquest, per haver-me orientat, corregit i aconsellat en el transcurs de l'estudi.

Finalment a tota la meva família i tota la gent més pròxima que m'ha donat suport i recolzat durant aquests mesos de recerca, però també al llarg de la vida.

16. Bibliografia

16.1. Referències bibliogràfiques

- [1] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. SERVEI DE LENGÜES I TERMINOLOGIA
*. *Guia lingüística pràctica 2*. Barcelona, Servei de Publicacions de la UPC , 1996. *Institució.
Departament(s).
- [2] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. SERVEI DE LENGÜES I
TERMINOLOGIA. *Guia lingüística pràctica 2*. Barcelona, 1998.
- [3] AJUNTAMENT DE BARCELONA. ÀREA D'ECOLOGIA URBANA, DEPARTAMENT
D'ENLLUMENAT * Base de dades de l'ajuntament

16.2. Altres referències bibliogràfiques i webgrafia

- [1] [13-05-2022] Làmpada
<https://www.enciclopedia.cat/gran-enciclopedia-catalana/lampada>
- [2] [10-03-2022] ABC
https://www.abc.es/economia/abci-abc-explica-sube-precio-202201160211_video.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- [3] [10-03-2022] El Economista
<https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/11355408/08/21/El-Banco-de-Espana-explica-por-que-se-dispara-el-precio-de-una-luz-que-vuelve-a-marcar-maximos-historicos.html>
- [4] [10-03-2022] Euronews
<https://es.euronews.com/2021/09/03/por-que-sube-tanto-el-precio-de-la-luz-en-espana>
- [5] [20-04-2022] ForoElectrico
<https://forococheselectricos.com/2022/01/produccion-electrica-espana-2021.html>
- [6] [26-04-2022] Citelum

<https://citelum.com/es/>

[7] [26-04-2022] UTE

<https://portal.ute.com.uy/>

[8] [26-04-2022] ImesApi

<https://imesapi.es/>

[9] [05-05-2022] Eficiència Energètica

<https://www.elpuntavui.cat/societat/article/5-societat/2073736-eficiencia-energetica-a-la-metropolis-de-barcelona.html>

[10] [05-05-2022] Energia solar fotovoltaica

https://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/04_energia_solar_fotovoltaica.pdf

[11] [05-05-2022] Protecció medi nocturn

<https://participa.gencat.cat/processes/decret-proteccio-medi-nocturn>

[12] [05-05-2022] Reglament protecció cel nocturn

<https://seuelectronica.viladecans.cat/images/documents/Ordenances/municipales/9Reglamentprotecciocelnocturn.pdf>

[13] [05-05-2022] Ciutat de Barcelona

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

[14] [16-05-2022] Làmpada Incandescent

<https://www.fabricatulampara.com/bombilla-incandescente-esferica-clara-de-25w-rosca-e27>

[15] [16-05-2022] Làmpada Halògena

<https://www.grainger.com.mx/producto/TECNOLITE-L%C3%A1mpara-Hal%C3%B3gena-Base-Gx5-3-Miniref-20W/p/29F566>

[16] [16-05-2022] Làmpada Halogenur metàl·lic

<https://almacenelectricidad.es/halogenuro-metalico-tubular-philips/40669-lampara-halogeno->

[tubular-cdo-tt-plus-150w-828-e40-16400lm-philips.html](https://www.philips.com/Products/ProductsDetail.aspx?productId=828&productCode=828&productType=828)

[17] [16-05-2022] Tub fluorescent

<https://media.rourejuni.com/c/product/casquillo-t5-tubo-fluorescentet5-35w-16mm865-duolec-520x520.jpg>

[18] [16-05-2022] Làmpada de sodi de baixa pressió

<https://www.lt10digital.com.ar/bombillas-de-sodio-a-baja-presion/#!>

[19] [16-05-2022] Làmpada de sodi d'alta pressió

<https://www.mayoristaelectronico.com/lamparas-de-sodio-de-alta-presion/423-lampara-de-sodio-tubular-de-alta-presion-e-40-250w-luz-calida-2100k.html>

[20] [16-05-2022] LED (figura 10.1.1)

<https://www.lojaseletropolo.com.br/lampada-LED-4u-18w-6500k-2430lm-127-220v-sorteluz-20375/p>

[21] [20-05-2022] Cel nocturn a Barcelona (figures 10.4.1 i 10.4.2)

<https://www.vuelaviajes.com/wp-content/2017/05/Barcelona-noche.jpg>

<https://www.metropoliabierta.com/uploads/s1/30/01/89/vita-nocturna-barcellona-nightlife.jpeg>

[22] [14-06-2022] Mòdems GSM i GPRS

<https://es.rs-online.com/web/c/informatica-y-perifericos/componentes-y-modulos-inalambricos/modems-gsm-y-gprs/>

