

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials (GETI)

Avaluació de l'impacte de la Covid-19 en el consum elèctric dels edificis de la UPC

MEMÒRIA

Autor: Laia Raurell Paré

Director: Roberto Vilafàfila Robles

Convocatòria: Tardor 2020



Escola Tècnica Superior

d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Aquest darrer any s'ha vist clarament afectat per la pandèmia de la [COVID-19](#) la qual ha provocat una aturada sistemàtica de la nostra activitat. Primerament, aturant aquella no essencial acompanyada d'un confinament domiciliari durant dues setmanes, i seguida per una progressiva desescalada, encara avui present.

L'aturada es va realitzar a tots nivells: productius, de serveis, industrial i de mobilitat. Per aquest motiu, i com resulta evident, ha tingut un impacte directe en el consum elèctric durant tot el seu transcurs. L'objectiu d'aquest projecte és analitzar la variació del consum d'electricitat en tots els edificis de la [UPC](#) durant el quadrimestre anterior - de confinament domiciliari - i de l'actual quadrimestre, de format semi-presencial.

Així doncs, el projecte ha estat dividit en diferents parts, per tal d'arribar a un millor estudi i comprensió dels esdeveniments succeïts i de les dades utilitzades. En primer lloc, s'analitza el context energètic actual de la [UPC](#), estudiant així els objectius del Pla [UPC 2020](#) de sostenibilitat energètica i els resultats de l'informe [SIRENA 2019](#). S'explica el funcionament dels sistemes de monitorització i, en concret, del sistema d'informació de recursos energètics i aigua de la [UPC](#).

Posteriorment, s'analitzen els consums de tots els edificis de la [UPC](#), dividits per campus i edificis. A tots ells, les dades han estat recollides mensualment durant el període acadèmic d'aquest any, que va del 10 de febrer al 22 de desembre del 2020, i posteriorment, s'ha comparat amb el mateix període del darrer any amb dades disponibles, per tal de poder comprendre i visualitzar bé el canvi en aquestes. També s'han estudiat i comparat els consums per quadrimestres.

Per concloure el projecte, s'han extret conclusions a nivell global de la [UPC](#) i s'ha determinat propostes de millora de cara al futur de la universitat, per tal de reduir el consum energètic en tots els seus edificis, sobretot en referència al consum de fons, que encara representa un percentatge molt important dins del consum total del campus.

Totes les dades analitzades en aquest projecte s'han obtingut de la plataforma [SIRENA](#). Tot i que s'han obtingut les dades de la majoria dels edificis, la falta de dades d'alguns ha fet que no es poguessin incloure dins l'estudi.

Índex

1	Glossari	11
2	Introducció	13
2.1	Objectius	13
2.2	Abast del projecte	13
3	Context energètic a la UPC 2020	15
4	Sistemes de monitorització. SIRENA	17
5	Anàlisi del consum elèctric dels edificis de la UPC	19
5.1	Campus Nord	19
5.1.1	Consum elèctric Mòduls A	20
5.1.2	Consum elèctric Mòduls B	21
5.1.3	Consum elèctric Mòduls C	22
5.1.4	Consum elèctric Mòduls D	23
5.1.5	Consum elèctric Biblioteca (BRGF)	24
5.1.6	Consum elèctric edificis Omega i K2M	26
5.1.7	Consum elèctric poliesportiu	26
5.1.8	Consum elèctric enlluernat exterior	27
5.1.9	Consum elèctric Rectorat i edifici Til·lers	28
5.1.10	Consum elèctric edifici Vèrtex	29
5.1.11	Conclusions Campus Nord	31
5.2	Campus Sud	32
5.2.1	Consum elèctric edifici P	32
5.2.2	Consum elèctric edifici A	33
5.2.3	Consum elèctric edifici C	34
5.2.4	Consum elèctric edifici B	35
5.2.5	Consum elèctric ETSEIB	36
5.2.6	Consum elèctric edifici U	39
5.2.7	Conclusions Campus Sud	40
5.3	Campus Terrassa	41
5.3.1	Consum elèctric edificis TR1-2-3	42
5.3.2	Consum elèctric edificis TR4-45-5-6	43
5.3.3	Consum elèctric edifici TR7	44
5.3.4	Consum elèctric edifici TR8	45
5.3.5	Consum elèctric edifici TR9	46
5.3.6	Consum elèctric edifici TR10	47
5.3.7	Consum elèctric edifici TR11	48
5.3.8	Consum elèctric edifici TR12	49
5.3.9	Consum elèctric edifici TR14	49
5.3.10	Consum elèctric edifici TR30	50
5.3.11	Conclusions del Campus de Terrassa	51
5.4	Campus Baix Llobregat	53
5.4.1	Consum elèctric edifici C1C	53
5.4.2	Consum elèctric edifici C4C	54
5.4.3	Consum elèctric edifici D4C	55

5.4.4	Consum elèctric edifici D7C	56
5.4.5	Consum elèctric enlluernat exterior	57
5.4.6	Conclusions campus Baix Llobregat	58
5.5	Campus Diagonal Besòs	59
5.6	Campus Vilanova	61
5.6.1	Consum elèctric edificis VG1-2-3	62
5.6.2	Consum elèctric edifici VG6	63
5.6.3	Conclusions Campus Vilanova i la Geltrú	64
5.7	Campus Sant Cugat del Vallès	64
5.8	Campus Manresa	66
5.8.1	Consum elèctric edificis MN1-2-3	66
5.8.2	Consum elèctric edifici MN6	67
5.9	Conclusions Campus Manresa	68
5.10	Campus de Nàutica	69
5.11	Conclusions Campus UPC	70
6	Propostes de millora	75
7	Pressupost	77
8	Impacte ambiental	79
9	Conclusions	81
10	Agraïments	83

Índex de figures

1	Resultats informe SIRENA 2019	15
2	Campus de la UPC	19
3	Distribució del Campus Diagonal Nord	20
4	Consum elèctric mensual dels mòduls A	21
5	Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls A	21
6	Consum elèctric mensual dels mòduls B	22
7	Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls B	22
8	Consum elèctric mensual dels mòduls C	23
9	Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls C	23
10	Consum elèctric mensual dels mòduls D	24
11	Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls D	24
12	Consum elèctric mensual BRGF	25
13	Comparació del consum elèctric mensual BRGF	25
14	Consum mensual elèctric i climatització BRGF	26
15	Comparació del consum elèctric mensual dels edificis Omega i K2M	26
16	Consum elèctric mensual del poliesportiu	27
17	Comparació del consum elèctric mensual del poliesportiu	27
18	Consum elèctric mensual de l'enlluernat exterior	28
19	Comparació del consum elèctric mensual de l'enlluernat exterior	28
20	Consum elèctric mensual de Rectorat i l'edifici Til·lers	29
21	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici Til·lers	29
22	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici Til·lers	29
23	Consum elèctric mensual de l'edifici Vèrtex	30
24	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici Vèrtex	30
25	Consum mensual quadrimestre primavera Campus Nord	31
26	Consum mensual quadrimestre tardor Campus Nord	31
27	Distribució del Campus Diagonal Sud	32
28	Consum elèctric mensual de l'edifici P	33
29	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici P	33
30	Consum elèctric mensual de l'edifici A	34
31	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici A	34
32	Consum elèctric mensual de l'edifici C	35
33	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici C	35
34	Consum elèctric mensual de l'edifici B	36
35	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici B	36
36	Consum elèctric mensual de l'ETSEIB	37
37	Comparació del consum elèctric mensual de l'ETSEIB	37
38	Consum elèctric diari de l'ETSEIB al 2020	38
39	Consum elèctric d'una setmana a l'ETSEIB per hores	38
40	Consum elèctric mensual de l'edifici U	39
41	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici U	40
42	Consum mensual quadrimestre primavera Campus Sud	41
43	Consum mensual quadrimestre tardor Campus Sud	41
44	Distribució dels edificis del Campus Terrassa	41
45	Consum elèctric mensual dels edificis TR1, TR2 i TR3	42
46	Comparació del consum elèctric mensual dels edificis TR1, TR2 i TR3	42
47	Consum elèctric mensual dels edificis TR4, TR45, TR5 i TR6	43

48	Comparació del consum elèctric mensual dels edificis TR4, TR45, TR5 i TR6	43
49	Consum elèctric mensual de l'edifici TR7	44
50	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR7	44
51	Consum elèctric mensual de l'edifici TR8	45
52	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR8	45
53	Consum elèctric mensual de l'edifici TR9	46
54	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR9	46
55	Consum elèctric mensual de l'edifici TR10	47
56	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR10	47
57	Consum elèctric mensual de l'edifici TR11	48
58	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR11	48
59	Consum elèctric mensual de l'edifici TR12	49
60	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR12	49
61	Consum elèctric mensual de l'edifici TR14	50
62	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR14	50
63	Consum elèctric mensual de l'edifici TR30	51
64	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR30	51
65	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Terrassa	52
66	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Terrassa	52
67	Distribució dels edificis del Campus Baix Llobregat	53
68	Consum elèctric mensual de l'edifici C1C	54
69	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici C1C	54
70	Consum climatització mensual de l'edifici C4C	55
71	Comparació del consum de climatització mensual de l'edifici C4C	55
72	Consum elèctric mensual de l'edifici D4C	56
73	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici D4C	56
74	Consum elèctric mensual de l'edifici D7C	57
75	Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici D7C	57
76	Comparació del consum elèctric mensual de l'enlluernat exterior	58
77	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus Baix Llobregat	59
78	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus Baix Llobregat	59
79	Distribució dels edificis del Campus Diagonal Besòs	59
80	Consum elèctric mensual del campus Diagonal Besòs	60
81	Comparació del consum elèctric mensual del campus Diagonal Besòs	60
82	Consum elèctric diari del campus Diagonal Besòs	61
83	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus Diagonal Besòs	61
84	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus Diagonal Besòs	61
85	Distribució dels edificis del Campus Vilanova i la Geltrú	62
86	Consum elèctric mensual dels mòduls VG1, VG2 i VG3	62
87	Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls VG1, VG2 i VG3	63
88	Consum elèctric mensual de l'edifici VG6	63
89	Comparació del consum elèctric mensual del mòdul VG6	64
90	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Vilanova	64
91	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Vilanova	64
92	Consum elèctric mensual del Campus de Sant Cugat del Vallès	65
93	Comparació del consum elèctric mensual del Campus de Sant Cugat del Vallès	65
94	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus Diagonal Besòs	66
95	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus Diagonal Besòs	66
96	Consum elèctric mensual dels edificis MN1-2-3	67

97	Comparació del consum elèctric mensual dels edificis MN1-2-3	67
98	Consum elèctric diari de l'edifici MN6	68
99	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Manresa	68
100	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Manresa	68
101	Consum elèctric mensual del Campus de Nàutica	69
102	Comparació del consum elèctric mensual del Campus de Nàutica	69
103	Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Nàutica	70
104	Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Nàutica	70
105	Consum elèctric diari de la UPC	72

Índex de taules

1	Resum consums del Campus Nord (febrer-desembre)	31
2	Comparació consum ETSEIB	37
3	Resum consums del Campus Sud	40
4	Resum consums del Campus Terrassa	52
5	Resum consum del campus Baix Llobregat	58
6	Resum consum elèctric UPC	71
7	Resum consums dels campus per quadrimestres	73
8	Cost dels recursos materials i informàtics	77
9	Cost dels recursos humans	77
10	Cost total del projecte	77

1 Glossari

BRGF: Biblioteca Rector Gabriel Ferraté.

BSC: Barcelona Supercomputing Center.

CD6: Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes.

CIM: Computer Integrated Manufacturing.

CITM: Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia.

COVID-19: Coronavirus Disease 2019.

CPD: Centre de Processament de Dades.

CREDA: Centre de Recerca en Economia i Desenvolupament Agroalimentari.

CRITT: Centre de Recerca i Transferència de Tecnologia.

EEBE: Escola d'Enginyeria de Barcelona de l'Est.

EETAC: Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels.

EPSEB: Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona.

EPSEM: Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa.

EPSEVG: Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú.

ESAB: Escola Superior d'Agricultura de Barcelona.

ESEIAAT: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa.

ETSAB: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.

ETSAV: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès.

ETSECCPB: Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.

ETSEIB: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

ETSETB: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona.

EUETIB: Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.

FIB: Facultat d'Informàtica de Barcelona.

FME: Facultat de Matemàtiques i Estadística.

FNB: Facultat de Nàutica de Barcelona.

FOOT: Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa.

IREC: Institut de Recerca en Energia de Catalunya.

IRII: Institut de Robòtica i Informàtica Industrial.

PIU: Pla d'Inversions Universitàries

PMT: Parc Mediterrani de la Tecnologia.

SAI: Sistema d'Alimentació Ininterrompuda.

SIRENA: Sistema d'informació de recursos energètics i aigua de la UPC.

UPC: Universitat Politècnica de Catalunya.

K2M: Knowledge to Market.

2 Introducció

El model econòmic en el que es viu actualment es caracteritza per un creixement constant del consum energètic que consisteix en l'extracció i la combustió de recursos fòssils que permeten l'obtenció del que era - fins fa poc - energia barata i abundant. Aquest mètode de producció és clarament insostenible i genera forts impactes al medi ambient i a les persones.

Fa anys que existeixen diferents projectes arreu que promouen la sostenibilitat per tal de minimitzar l'impacte que l'activitat humana exerceix sobre el medi ambient.

Seguint en aquesta direcció, els Estatuts de la [UPC](#) esmenten la sostenibilitat com un principi propi, així com el fet que "La Universitat ha de vetllar perquè aquests principis siguin efectius". També fan referència a que "La Universitat Politècnica de Catalunya ha de promoure la responsabilitat social". A més, al 2015 es va aprovar el Pla [UPC 2020](#) de Sostenibilitat Energètica, el qual té uns clars objectius d'assolir una universitat de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, sostenible a mig i llarg termini i experimentar la innovació als campus per potenciar el rol de la universitat com a recurs de coneixement i aprenentatge vers una societat sostenible energèticament.

Un eix clau per a desplegar aquest Pla és el sistema de monitorització [SIRENA](#) el qual fa visible el consum en temps real d'electricitat, gas i aigua dels edificis de la universitat. Cada any es realitza un informe [SIRENA](#) on es resumeix el consum energètic i les accions realitzades per tal d'assolir els objectius que hi ha marcats.

Enguany l'informe [SIRENA](#) es veurà clarament afectat per la situació viscuda. Les universitats catalanes van tancar les portes el 13 de març, on van iniciar l'activitat docent de manera no presencial, fet mai vist fins aleshores, que ens permetrà veure clarament el consum energètic dels edificis de la Universitat amb les portes tancades per primer cop. També la seva variació durant el mes de setembre, amb l'entrada del nou any escolar amb alguna activitat de forma presencial.

2.1 Objectius

L'Objectiu principal d'aquest projecte és analitzar el consum energètic de tots els edificis de la [UPC](#) en el període excepcional viscut degut a la [COVID-19](#) per tal de comparar els resultats amb un període lectiu normal, com seria l'any 2019, per a poder quantificar la reducció en el consum energètic i observar-ne el consum romanent. Un cop quantificat els consums de fons de la universitat, ja que s'han obtingut les dades del consum amb els edificis completament tancats, estudiar possibles mesures per reduir-lo. També, comprendre el sistema de monitorització [SIRENA](#), des d'on seran obtingudes totes les dades, sempre que estiguin disponibles.

Per acabar, veure si s'han assolit els objectius del Pla [UPC 2020](#), tot i que no es poden prendre les dades obtingudes d'aquest any com una mostra representativa de l'estat energètic actual de la [UPC](#).

2.2 Abast del projecte

Per a la realització d'un estudi a fons de la nostra universitat caldria un anàlisi del consum elèctric, del consum del gas i de Districlima, però les lectures d'aquests dos últims s'han d'introduir de manera manual a [SIRENA](#), i a causa de les restriccions d'accés als edificis de la [UPC](#) actualment no es disposa d'aquestes dades a la plataforma en línia. El Districlima és una xarxa urbana de calor i fred que permet proporcionar energia tèrmica a diversos edificis alhora.

Aquesta energia s'utilitza per produir calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària en els edificis, substituint els sistemes convencionals. De moment, el Campus Diagonal Besòs és l'únic que funciona amb aquesta tecnologia.

L'estudi es durà a terme segons el consum elèctric mensual dels edificis per tal d'obtenir una visió general de l'estat energètic actual. Es compararà el consum per quadrimestres sense incloure el període d'exàmens, ja que del quadrimestre actual encara no es disposen de les dades, ni el període d'estiu. S'analitzarà més a fons un dels edificis: l'[ETSEIB](#) del Campus Sud, ja que és un dels edificis més grans i que més consumeixen per tal d'aprofundir millor en el seu consum diari.

Malauradament, però, no tots els edificis disposen d'un sistema de monitorització connectat a la plataforma [SIRENA](#), fet pel qual aquests quedaran exclosos de l'estudi.

Pel que fa al període de temps escollit per l'estudi, va del 10 de febrer, inici del quadrimestre de primavera de 2020, al 22 de desembre del 2020, final del quadrimestre de tardor. Respecte a la comparació per quadrimestres, el quadrimestre de primavera (QP) agafa els consums del 10 de febrer al 31 de maig i el quadrimestre de tardor (QT) va des de l'1 de setembre al 22 de desembre. D'aquesta manera, l'anàlisi cobreix dos quadrimestres sencers, fet que permet fer una millor comparativa.

3 Context energètic a la UPC 2020

Per a contextualitzar l'estat energètic actual de la UPC s'analitza l'informe SIRENA 2019 i el Pla UPC 2020 de Sostenibilitat Energètica aprovat el 2015 pel consell de govern de la Universitat Politècnica de Catalunya.

A l'informe SIRENA es reflecteixen els resultats obtinguts d'aquell any - 2019 - i la seva evolució, així com també les millores implementades i les línies estratègiques de futur que es seguiran per obtenir els objectius marcats de sostenibilitat energètica.

Els resultats que se'n extreuen són els següents:

- Pel que fa al **consum energètic 2019**: El consum energètic es va reduir un 8% , el consum d'electricitat un 4%, el de gas natural un 14% i el de clima un 18% respecte al 2018.
- Respecte a les **emissions de CO2**: aquestes es van reduir un 19% gràcies a la disminució del consum energètic de la Universitat i d'emissions de Districlima. Aquest 19% se suma a la reducció que es va aconseguir arran de la compra d'energia elèctrica 100% renovable, amb garantia d'origen, contractada des del 2018.
- **D'energia renovable** s'ha inaugurat una planta solar fotovoltaica al Campus Nord per a l'autoconsum a la Universitat, de 170 kW i 510 mòduls. Amb això, es preveu arribar als 600 kW de potència al 2021.
- **CampusLab**: es va començar el projecte Emergència Climàtica i Edificis on estudiants de grau i màster contribueixen amb els seus treballs a la millora energètica de la Universitat.
- La **reducció de la despesa energètica** va ser d'un 9% degut a la millora dels preus de compra i a la reducció del consum.



Figura 1: Resultats informe SIRENA 2019

Els principals objectius marcats de cara al 2020 són:

- **Reduir el consum d'energia un 10%** implicant a la comunitat i monitoritzant, informant i comunicant el consum d'energia i aigua.

- **Destinar un 15% del PIU a inversions de millora per a l'eficiència:** Aconseguir la certificació energètica dels edificis, substituir la il·luminació de la BRGF i ETSEIB per LED, millorar els sistemes de telegestió de les instal·lacions, canviar les calderes i refredadores i la millora de les instal·lacions exterior als campus per a la prevenció d'agressions sexuals, seguint criteris de gènere i sostenibilitat.
- Noves instal·lacions d'energia solar fotovoltaica projectades.

En referència al Pla UPC 2020 de Sostenibilitat Energètica que s'emmarca en l'estratègia UE 2020 d'eficiència energètica per 2020, es proposa reduir un 20% el consum d'energia primària de la UE i reduir un 20% les emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte 1990, així com elevar la contribució de les energies renovables al 20% del consum.

Aquest pla és l'expressió estratègica de la política de la Universitat en aquest àmbit. La seva missió és doble:

- Assolir una universitat de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, sostenible a mig i llarg termini.
- Experimentar i plantejar la innovació als campus per potenciar el rol de la universitat com a recurs de coneixement i aprenentatge vers una societat sostenible energèticament.

Per assolir aquests objectius es seguiran les següents quatre línies d'actuació:

- 1. Gestió i optimització de la demanda energètica:** Reduir la demanda dels edificis al mínim possible a partir d'accions de gestió.
- 2. Eficiència energètica i gestió de les instal·lacions:** Utilitzar els sistemes més eficients per a cobrir les necessitats.
- 3. Energia renovable:** Potenciar l'ús d'energia renovable als campus per avançar cap a l'auto-suficiència energètica.
- 4. CampusLAB:** Convertir el campus en un laboratori d'experimentació en sostenibilitat energètica vinculant gestió, docència i recerca.

Responent al principi de sostenibilitat econòmica i incorporant una visió a mig i llarg termini, els recursos dedicats a la implantació del Pla es relacionaran amb els estalvis que generi, pel qual es definirà un model de reinversió dels estalvis generats. Com a mínim, un 10% de la dotació anual del Pla d'Inversions Universitàries (PIU) tindrà per finalitat la sostenibilitat energètica de la UPC.

Aquest projecte reflectirà l'efecte del tancament de totes els universitats així com també l'inici d'aquest curs amb molt poca presència a les aules pel que fa al consum elèctric. Encara que no es puguin prendre les dades d'aquest any com a vàlides per l'anàlisi de l'eficiència energètica ja que no són representatives si que serviran per observar d'on prové majoritàriament els consums romanents de la UPC.

4 Sistemes de monitorització. SIRENA

Els sistemes de monitorització tenen per objecte proveir informació sobre paràmetres energètics d'una instal·lació o edifici per a l'optimització de la gestió dels consums. Aquesta informació és obtinguda a través de sensors que prenen mesures de les variables d'interès, per un posterior tractament i anàlisi de les dades obtingudes. Es tracta de una eina imprescindible per a la realització d'una gestió energètica sistemàtica.

SIRENA és l'acrònim del Sistema d'Informació de Recursos Energètics i Aigua de la **UPC**, que monitoritza el consum energètic dels diferents campus, recollint dades dels consums d'electricitat, aigua i gas. Té per objectiu fer visible els consums en temps real dels diferents edificis de la universitat. Aquest sistema serà la font de dades que s'analitzaran d'aquest projecte.

La primera versió del **SIRENA** es va publicar l'any 2007 i actualment inclou una xarxa de monitorització formada per més de 200 punts de lectura. El sistema registra el consum d'electricitat (kWh), gas (kWh) i aigua (m^3) cada 15 minuts. Les dades es poden consultar en temps real, o en períodes històrics, ja que acumula les dades. La versió actual del **SIRENA** també registra dades de temperatura de l'estació meteorològica més propera dels edificis monitoritzats, i permet fer normalitzacions del consum energètic respecte graus-dia.

Des del seu inici, el **SIRENA** s'ha revelat com una eina indispensable per acompanyar les accions d'estalvi energètic ja que permet tenir un retorn de l'efecte de les mesures que s'adopten en un edifici específic.

L'accés a **SIRENA** és obert i, tot i que existeix un accés restringit que permet realitzar anàlisis en profunditat de les dades, qualsevol usuari pot consultar les dades de consum energètic de la **UPC**.

5 Anàlisi del consum elèctric dels edificis de la UPC

La Universitat Politècnica de Catalunya consta de 9 campus: Campus Diagonal Nord, Campus Sud, Campus Terrassa, Campus Baix Llobregat, Campus Diagonal Besòs, Campus Vilanova, Campus Sant Cugat, Campus Manresa i la Facultat de Nàutica.

L'anàlisi energètic es durà a terme per campus (ordenats per superfície construïda), cada un dividit pels edificis o mòduls que el conformen. Tots ells s'estudiaran de forma mensual i posteriorment es compararan els consums obtinguts enguany amb els del mateix període de l'any anterior, i en el cas de que aquestes no estiguin disponibles, es compararan amb el darrer any amb dades disponibles.

Per acabar, a nivell de campus es durà a terme una comparació per quadrimestres; quadrimestre de primavera (QP) i quadrimestre de tardor (QT), sense incloure el període d'exàmens finals. Aquestes comparacions dels consums per campus, sempre que sigui possible, es farà amb els consums dels dos anys anteriors.

En relació a l'estudi de l'[ETSEIB](#), també es dividirà el període d'estudi en tres períodes:

- El període A, que correspon al quadrimestre de primavera, en el qual va haver-hi el tancament de tota la universitat. Aquest va del 10 de febrer al 31 de Maig.
- El període B, relatiu als mesos d'exàmens i tràmits acadèmics, de l'1 de juny al 31 d'agost.
- El període C, és el quadrimestre de tardor i va de l'1 de setembre al 22 de desembre.



Figura 2: Campus de la UPC

5.1 Campus Nord

El Campus Diagonal Nord és un dels principals campus de la UPC i el més extens. Està situat entre la Zona Universitària i el barri Pedralbes de Barcelona, i és on s'hi troba la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB), l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona (ETSETB) i l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de

Barcelona (ETSECCPB), a més de la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté (BRGF) i diversos centres de recerca.

A la següent figura s'observa la distribució del Campus Nord, aquest està compost per diferents edificis. Els mòduls que van de l'A a la D són els aularis on s'imparteixen les classes de graus i màsters. Just a sota seu hi ha la Biblioteca BRGF, el poliesportiu, l'edifici Nexus, Omega i K2M. A la seva dreta s'hi troba l'edifici Vèrtex, Rectorat, la Torre Girona, l'edifici Til·lers i la residència d'estudiants. En el Campus Nord també s'hi troba el Barcelona Supercomputing Center (BSC), pioner a Espanya, on hi ha el supercomputador MareNostrum.



Figura 3: Distribució del Campus Diagonal Nord

En aquest estudi s'analitzaran tots els edificis amb l'excepció de l'edifici Nexus, la Torre Girona, el BSC i la residència d'estudiants, ja que la plataforma SIRENA no disposa de les dades.

5.1.1 Consum elèctric Mòduls A

Els mòduls A estan compostos per sis edificis: A1, A2, A3, A4, A5 i A6, destinats a la docència dels graus i màsters. La superfície total d'aquests aularis és de $23.564 m^2$.

La següent figura mostra el consum elèctric mensual del curs acadèmic d'aquest 2020, que va del 10 de febrer al 22 de desembre. Es pot observar com el consum del febrer (de més de 43.000 kWh) disminueix fins al voltant de 22.000 kWh a l'abril. Al març es veu una lleu disminució ja que no va ser fins el dia 13 d'aquest mes que es va aturar l'activitat acadèmica. Pel que fa al quadrimestre actual, semi-presencial, es veu una petita disminució en comparació al febrer.

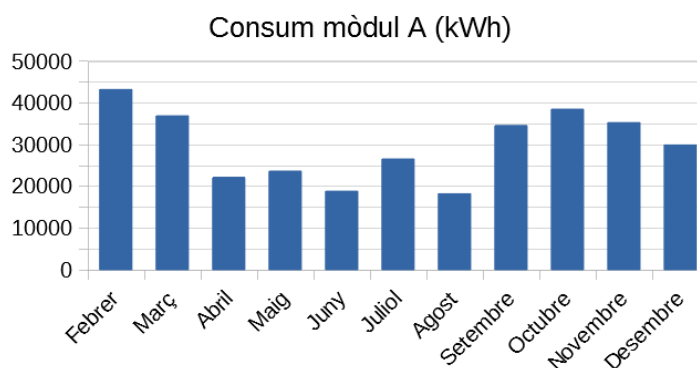


Figura 4: Consum elèctric mensual dels mòduls A

Si comparem el consum d'enguany amb el del mateix període de l'any passat hi ha una disminució del 24,3%. En aquesta comparació s'ha exclòs el mòdul A4 ja que [SIRENA](#) no enregistra dades des del Maig d'aquest any. Si s'observa el gràfic de continuació es veu que la diferència s'accentua sobretot en els mesos d'abril i maig, quan no hi havia activitat acadèmica. Pel que fa al quadrimestre actual hi ha una lleu disminució.

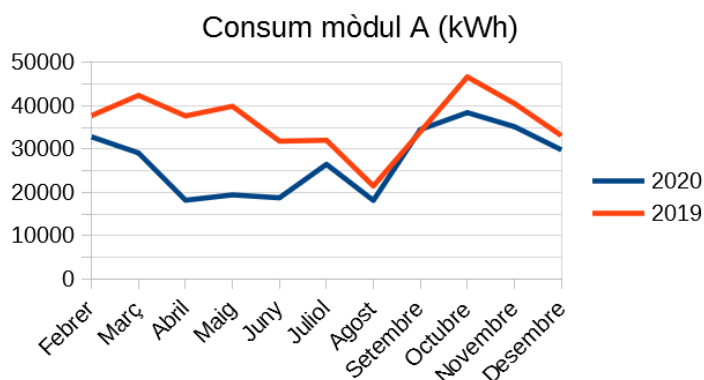


Figura 5: Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls A

5.1.2 Consum elèctric Mòduls B

Els mòduls B estan formats pels edificis B0, B1, B2, B3, B4, B5 i B6. Aquests set edificis disposen d'una superfície total construïda de 17.743 m². Aquests edificis estan dedicats a activitat acadèmica i com a despatxos de professorat.

A l'estudi d'aquest mòdul no s'ha pogut incloure l'edifici B0, ja que no està monitoritzat al [SIRENA](#), ni l'edifici B1, ja que no hi ha les dades dels consums enregistrades. Per tant, els consums representaran als quatre edificis restants.

En el següent gràfic es mostra l'evolució del consum elèctric dels edificis B2, B3, B4, B5 i B6, amb l'absència d'algunes dades del mòdul B6, ja que no s'enregistren els consums des del 13 de maig. Tal com passava als mòduls A, el consum elèctric es va veure afectat pel tancament del

campus passant de consumir més de 74.000 kWh al febrer a consumir al voltant de 40.000 kWh durant l'abril i al maig. Pel que fa als darrers mesos de l'any, no ha tornat a assolir els nivells d'abans de l'inici de la pandèmia.

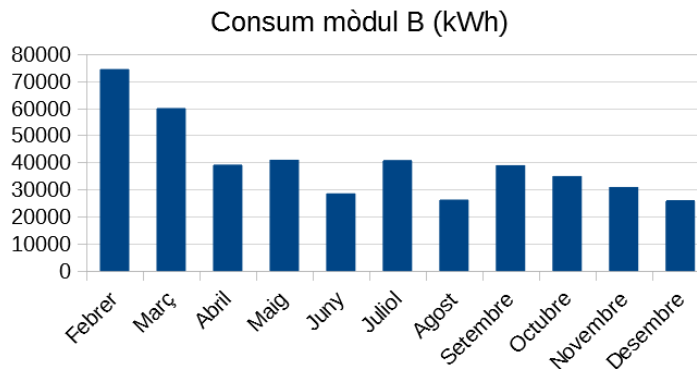


Figura 6: Consum elèctric mensual dels mòduls B

Per comparar l'evolució del consum amb l'any 2019 només s'han tingut en compte els mòduls B2, B3 i B4, ja que com s'ha dit anteriorment, de l'edifici B6 es van deixar d'enregistrar dades a mitjans de maig.

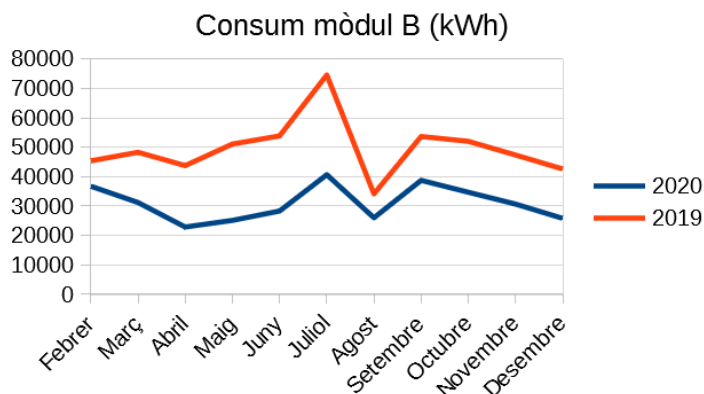


Figura 7: Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls B

Si bé els consums d'aquests quatre edificis segueixen una tendència molt similar els dos anys analitzats, durant el 2020 hi ha una reducció important. Concretament, es va reduir el consum elèctric un 37,6%, situant el consum total del 2020 a 340.000 kWh..

5.1.3 Consum elèctric Mòduls C

El mòdul C està format per sis edificis: C1, C2, C3, C4, C5 i C6, destinats principalment a despatxos de professorat i laboratoris. Formen una superfície total de 27.284 m².

Com es pot observar en el següent gràfic, mostra la mateixa tendència de reducció del consum elèctric durant els mesos en que la universitat va estar tancada. A l'abril va haver-hi una reducció

del 28,1% respecte al febrer. Pel que fa als últims mesos de l'any ha tornat a augmentar el consum elèctric.

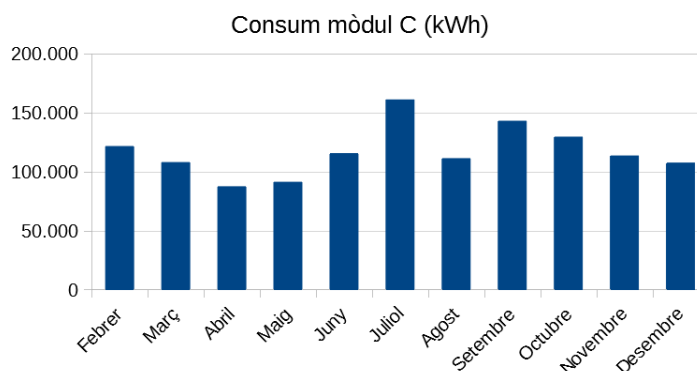


Figura 8: Consum elèctric mensual dels mòduls C

En el següent gràfic es compara l'evolució dels mesos estudiats amb el mateix període de l'any 2018, ja que del 2019 no està la totalitat dels consums enregistrats a la plataforma SIRENA.

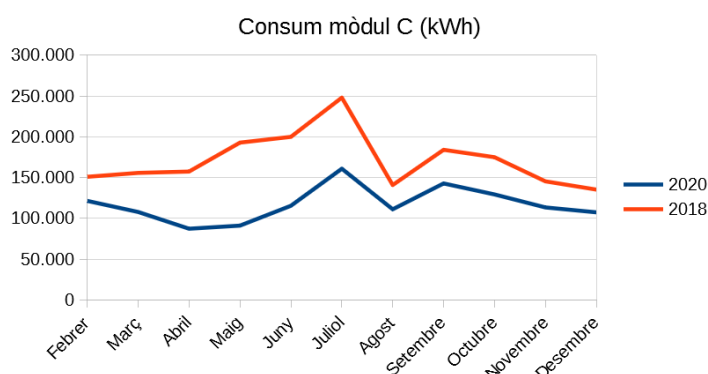


Figura 9: Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls C

Al llarg del període lectiu del 2020, del 10 de febrer al 22 de desembre, es va consumir un total de 1.287 MWh, el que representa una disminució del 31,7% respecte als 1.885 MWh consumits l'any 2018.

5.1.4 Consum elèctric Mòduls D

El mòdul D està format per sis edificis: D1, D2, D3, D4, D5 i D6, destinats tant a la docència com a laboratoris i despatxos de professorat. Aquests edificis disposen d'una superfície construïda de 20.461 m².

A la següent figura es representa l'evolució del consum d'electricitat dels mòduls D, que segueix una tendència similar a la dels mòduls anteriors però amb una disminució més lleu. Els mesos en que la universitat estava totalment tancada, com l'abril, només va disminuir un 15,7% respecte al febrer.

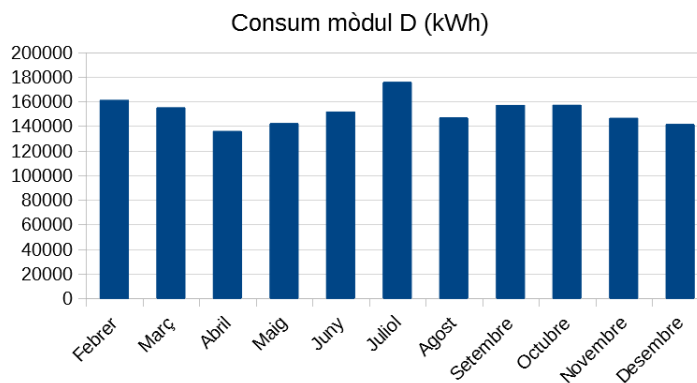


Figura 10: Consum elèctric mensual dels mòduls D

De la mateixa manera que al mòdul C, falten dades enregistrades dels consums de l'any 2019, per això s'ha comparat l'evolució dels mesos amb l'any 2018, tal i com es mostra al següent gràfic. El consum de tots els mesos d'aquest 2020 està per sota del consumit al 2018. Aquesta disminució ha estat de 464.000 kWh, el que representa una reducció del 21,8% respecte al 2018.

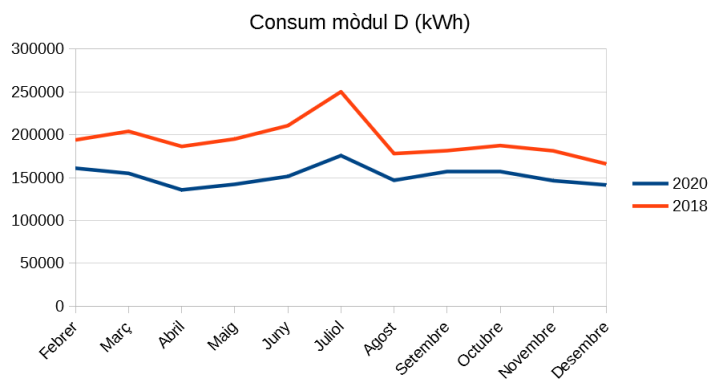


Figura 11: Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls D

5.1.5 Consum elèctric Biblioteca (BRGF)

La Biblioteca Rector Gabriel Ferraté és la biblioteca del campus Nord i disposa d'una superfície construïda de 6.651 m².

El consum mensual d'electricitat d'aquest any de la biblioteca és el que es mostra al següent gràfic. Com era d'esperar, mostra la mateixa evolució, començant a disminuir durant el març fins assolir el mínim de 7.800 kWh durant el mes d'abril, quan el campus estava tancat.

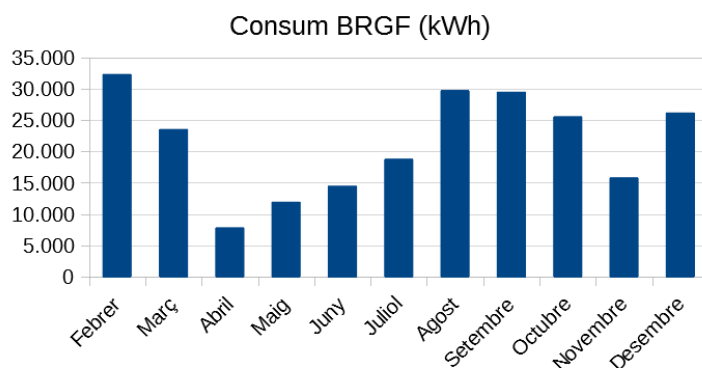


Figura 12: Consum elèctric mensual BRGF

Si es compara el consum elèctric de tots els mesos amb l'any anterior, com es mostra al següent gràfic, es pot apreciar la gran reducció en el consum. Hi ha hagut una reducció del 48,2% del consum total respecte l'any 2019, que suposa un estalvi total de 218.800 kWh.

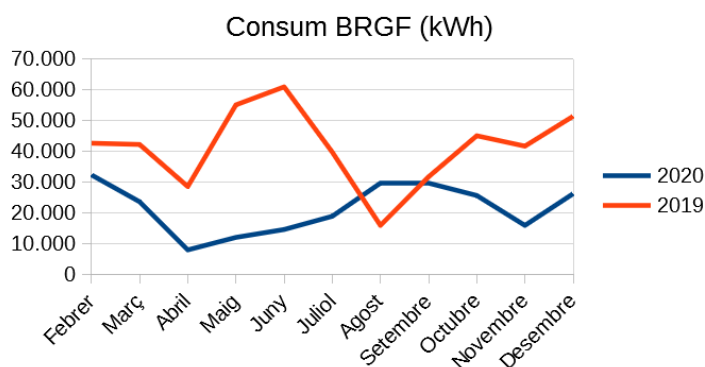


Figura 13: Comparació del consum elèctric mensual BRGF

Si s'analitza la xarxa de climatització de la biblioteca es veu que també hi ha una reducció important en el consum. Al 2019 es va consumir 227.500 kWh, mentre que aquest any el consum total ha estat de 111.100 kWh, el que representa una reducció del 51,1%. En el següent gràfic es mostra l'evolució dels mesos del 2020 de la xarxa de climatització i de la xarxa elèctrica, les quals han tingut un comportament molt similar.

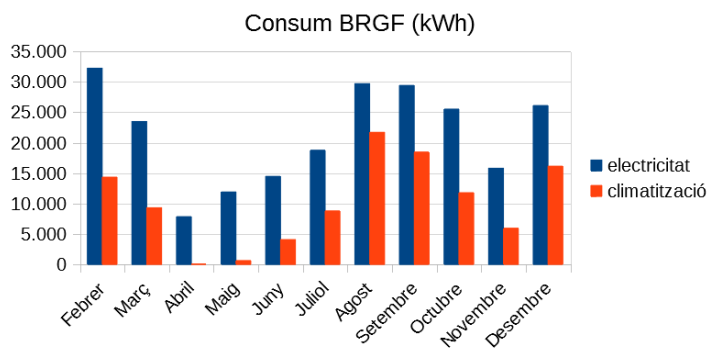


Figura 14: Consum mensual elèctric i climatització BRGF

5.1.6 Consum elèctric edificis Omega i K2M

L'anàlisi d'aquests dos edificis es realitza conjuntament ja que algunes dades de la plataforma [SIRENA](#) així les mostren.

L'edifici Omega ubica el Centre de Processament de Dades (CPD) de la UPC, on es gestiona diferents serveis de la universitat, com el correu electrònic UPC, el campus Atenea, la gestió financera i de personal, i el servei de telefonia. Aquest edifici té una superfície de $14.170 m^2$.

L'edifici K2M possibilita la relació universitat-empresa, posant a disposició de les empreses el coneixement i tecnologia que es genera a la UPC per incrementar la capacitat d'innovació i la seva competitivitat. Aquest edifici té una superfície construïda de $3.334 m^2$.

Com s'observa en el següent gràfic, el consum elèctric d'aquests edificis no s'ha vist afectat pel confinament. Els resultats obtinguts són d'esperar ja que els edificis ubiquen els servidors de la UPC, que estan en funcionament tot l'any.

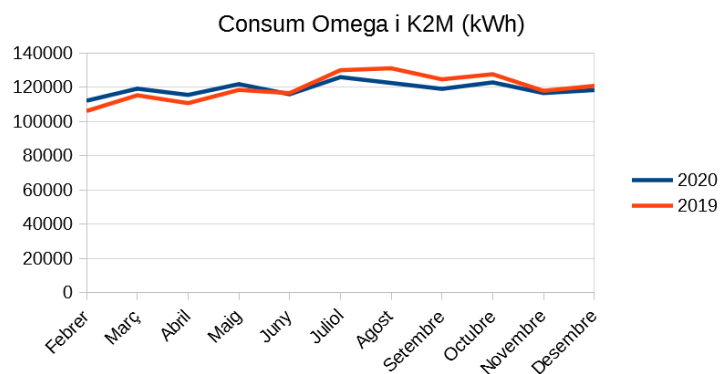


Figura 15: Comparació del consum elèctric mensual dels edificis Omega i K2M

5.1.7 Consum elèctric poliesportiu

El poliesportiu del campus Nord disposa d'una superfície de $6.612 m^2$ on s'hi pot trobar el gimnàs, piscina i diferents pistes esportives.

A la següent figura es pot observar com el consum d'electricitat cau des de gairebé 37.000 kWh consumits al febrer a consumir només al voltant de 12.000 kWh al mes durant els mesos en que el campus va romandre tancat. Una reducció important considerant que es tracte del 66%.

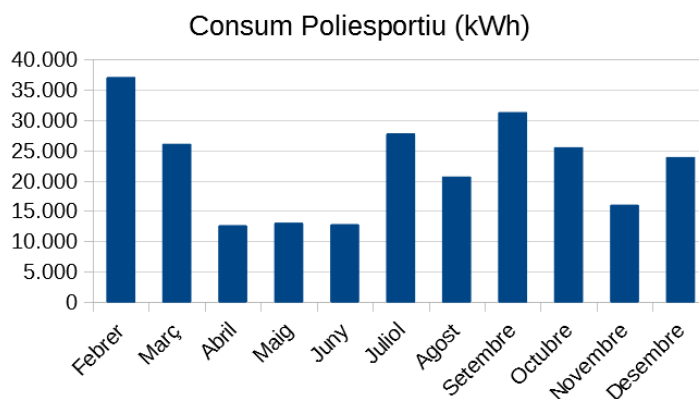


Figura 16: Consum elèctric mensual del poliesportiu

Pel que fa al consum al llarg dels mesos des del febrer fins al desembre s'aprecia la diferència respecte l'any anterior. Mentre que al 2019 es van consumir 391.100 kWh, al 2020 hi ha una disminució del 37,15% i es situa als 245.800 kWh.

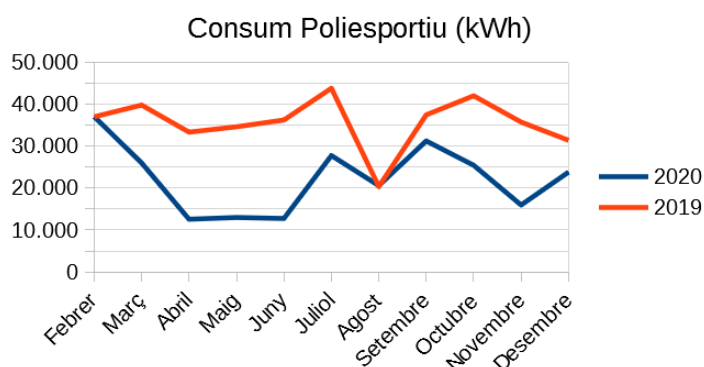


Figura 17: Comparació del consum elèctric mensual del poliesportiu

5.1.8 Consum elèctric enlluernat exterior

Pel que fa a l'anàlisi del consum d'electricitat de l'enlluernat exterior del campus Nord, aquest no hauria de tenir canvis tant significatius degut al tancament del campus.

En el següent gràfic es mostra l'evolució del consum mensual d'aquest 2020. Tot i que no s'aprecia una gran davallada en el consum els mesos de confinament, només una reducció del 20,1% de l'abril respecte al febrer, sí que s'aprecia una gran reducció del consum aquests darrers mesos de l'any.

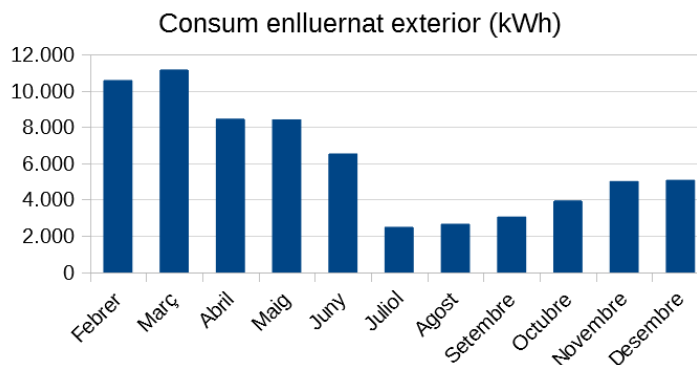


Figura 18: Consum elèctric mensual de l'enlluernat exterior

Si es compara el consum de l'enlluernat exterior amb el mateix període de l'any passat s'obté el següent gràfic:

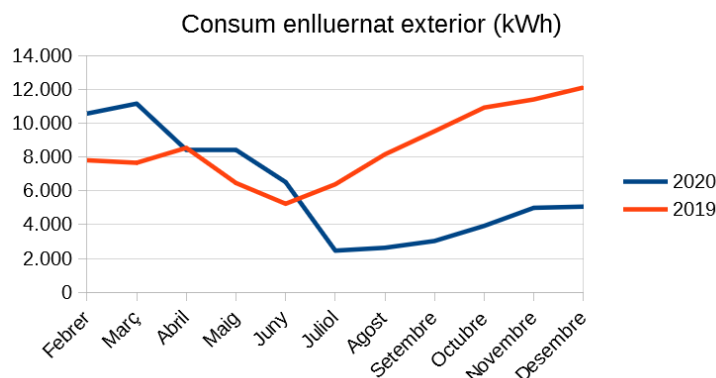


Figura 19: Comparació del consum elèctric mensual de l'enlluernat exterior

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, la segona meitat de l'any presenta una forta disminució comparat amb l'any 2019. S'hauria de veure a què és degut ja que l'enlluernat exterior de l'edifici no hauria d'haver modificat pràcticament el seu funcionament. Pel que fa al consum total, ha disminuït un 28,7% respecte al 2019.

5.1.9 Consum elèctric Rectorat i edifici Til·lers

L'edifici Til·lers, que acull els serveis i òrgans institucionals més vinculats amb les relacions externes de la [UPC](#), té una superfície de 3.542 m². De l'edifici de Rectorat no es disposa de les dades de la seva superfície construïda.

L'evolució del consum elèctric mensual dels dos edificis es mostra en la següent imatge i, com es pot veure, no sembla que el tancament del Campus hagi tingut un impacte significatiu. El consum elèctric durant el mes de maig, on s'assoleix el mínim consum mensual de 25.500 kWh, va disminuir un 17,5% respecte el consum del febrer. Això significa que aquests edificis van mantenir una activitat més elevada que en la resta d'edificis, a part d'un consum romanent

elevat que caldria estudiar.

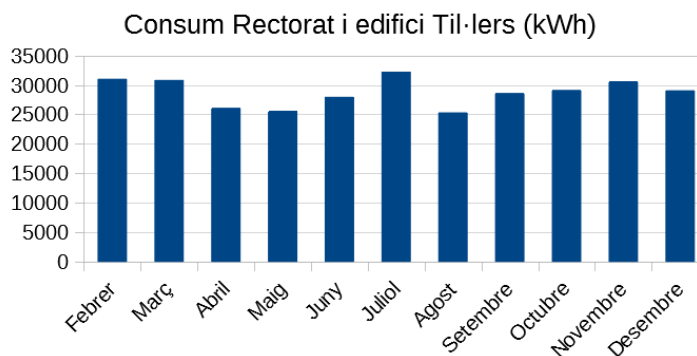


Figura 20: Consum elèctric mensual de Rectorat i l'edifici Til·lers

Degut a que no es disposen de les dades de tots els mesos de l'any 2019 de l'edifici Til·lers, la seva evolució s'ha comparat amb l'evolució del consum del 2018. Per altra banda, Rectorat s'ha comparat l'evolució del seu consum elèctric amb la del mateix període del 2019. Ambdues comparacions es mostren a continuació.

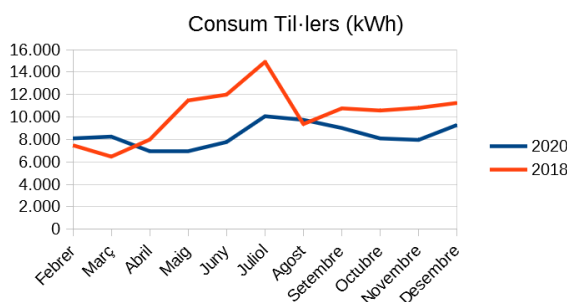


Figura 21: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici Til·lers

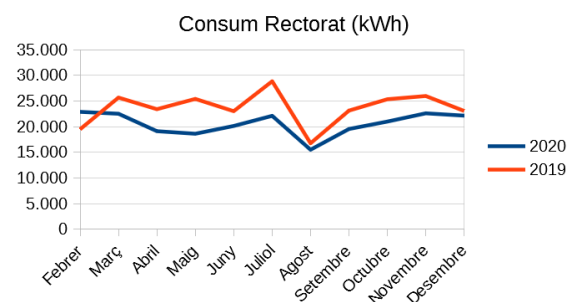


Figura 22: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici Til·lers

En els dos edificis es nota la reducció del consum elèctric, sobretot a l'edifici Til·lers, on el consum total s'ha vist reduït un 18,5% respecte al 2018. El consum de Rectorat ha disminuït un 13% respecte l'any 2019.

5.1.10 Consum elèctric edifici Vèrtex

A l'edifici Vèrtex del Campus Nord hi ha un seguit d'aules on es realitza tant la formació per al PAS de la UPC com altres cursos i congressos que necessiten d'espais per a sessions paral·leles. Una part important del consum de fons de l'edifici es deu als servidors ubicats a l'edifici, gestionats per UPCnet. Aquests servidors inclouen el SAI (Sistema d'Alimentació Ininterrompuda) i un sistema de refrigeració propi.

El vèrtex disposa d'una superfície total construïda de 18.565 m².

Al següent gràfic es mostra l'evolució mensual, des del 10 de febrer, de l'edifici Vèrtex. Com s'observa, tot i haver-hi una reducció en el consum durant els mesos d'abril i maig, concretament del 31,9% i 24,5%, respectivament, en base al consum del febrer, aquest segueix sent molt elevat.

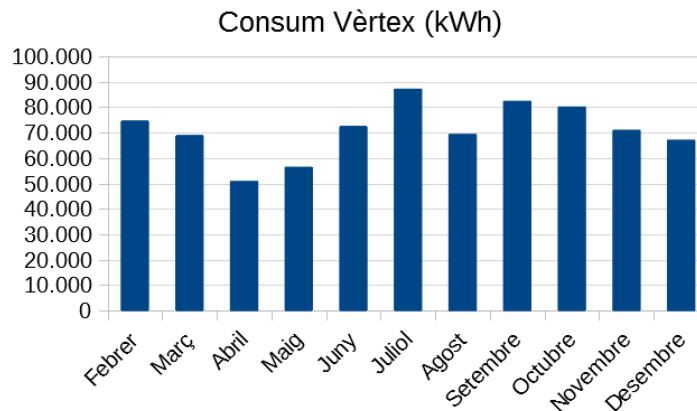


Figura 23: Consum elèctric mensual de l'edifici Vèrtex

La tendència del consum d'aquest edifici és molt similar a la de l'any anterior amb una lleu disminució durant els mesos d'abril, maig i juny. El fet que aquest edifici hagi disminuït menys el consum elèctric comparat amb la resta del campus és degut als SAI i als sistemes de refrigeració ja que aquests sistemes han d'estar connectats a la xarxa de manera continuada, per tant, aquest edifici no ha d'haver notat gaire el tancament del campus.

En el següent gràfic es compara el consum dels mesos analitzats d'aquest 2020 amb el consum del 2019.

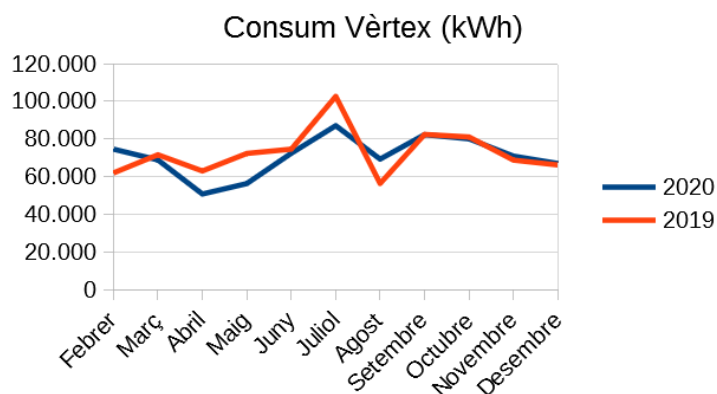


Figura 24: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici Vèrtex

Tal i com es preveia, el consum del 2020 només ha disminuït un 2,7% respecte l'any anterior, el que suposa un estalvi de 21.200 kWh.

5.1.11 Conclusions Campus Nord

En la següent taula es resumeixen els resultats obtinguts de l'anàlisi dels edificis del Campus Nord. S'ha de remarcar que no de tots els edificis es tenen les dades monitoritzades, així que no s'han pogut incloure. També, que els edificis C, D i Til·lers s'han comparat amb el 2018 i no amb el 2019 com la resta, ja que la falta de dades no ho ha permès.

Edificis	2019 (kWh)	2020 (kWh)	Diferència	Reducció (%)
A	397.517	300.983	-96.534	24,28 %
B	546.480	340.679	-205.801	37,66 %
C (2018)	1.884.956	1.287.428	-597.528	31,70 %
D (2018)	2.133.314	1.668.799	-464.515	21,77 %
BRGF	454.072	235.254	-218.818	48,19 %
Omega i K2M	1.318.361	1.309.040	-9.321	0,71 %
Poliesportiu	391.156	245.841	-145.315	37,15 %
Enlluernat exterior	94.171	67.160	-27.011	28,68 %
Rectorat	260.007	226.107	-33.900	13,04 %
Til·lers (2018)	113.096	92.140	-20.956	18,53 %
Vèrtex	801.180	779.882	-21.298	2,66 %
TOTAL	8.394.310	6.553.313	-1.840.997	21,93 %

Taula 1: Resum consums del Campus Nord (febrer-desembre)

Durant els mesos analitzats s'ha obtingut una reducció del consum elèctric total del Campus Nord de gairebé el 22% respecte l'últim any amb dades disponibles. És una reducció prou elevada considerant que els edificis que més consumeixen, l'edifici Omega, K2M i l'edifici Vèrtex pràcticament no han variat els seus consums.

Respecte a l'estudi a nivell global de campus i per quadrimestres, només es disposen de les dades totals del 2020. En els següents gràfics es pot veure l'evolució.

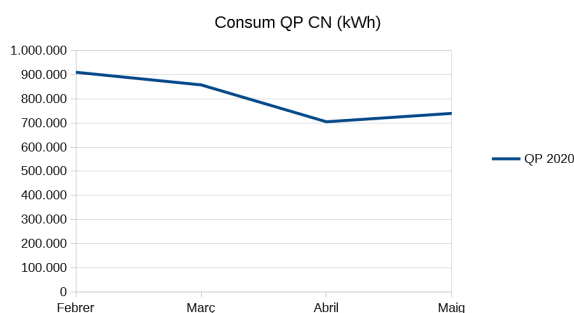


Figura 25: Consum mensual quadrimestre primavera Campus Nord

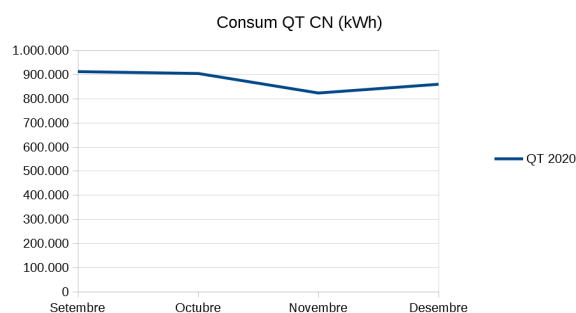


Figura 26: Consum mensual quadrimestre tardor Campus Nord

Aquest consum correspon al consum agregat de tots els edificis que estan monitoritzats al SI-RENA. Encara que aquest campus no es pugui comparar amb el consum d'anys anterior ens permet quantificar el seu consum elèctric total i veure la disminució en els mesos d'abril i maig.

5.2 Campus Sud

El Campus Diagonal Sud és un dels més extens de la **UPC**. Està ubicat a l'Avinguda Diagonal de Barcelona entre Zona Universitària i Palau Reial. En aquest campus s'hi troba l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (**ETSAB**), l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona (**ETSEIB**), l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona (**EPSEB**) i la Facultat de Matemàtiques i Estadística (**FME**). També hi ha centres d'investigació, com la Fundació CIM i l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (**IRII**), departaments i serveis de la universitat. Aquest campus té una superfície construïda de $99.944 m^2$.

En la següent imatge es pot veure la distribució dels edificis del campus. L'**EPSEB** està formada per l'edifici P. Al seu costat, l'**ETSAB** pels edificis A, C i B, que correspon a la biblioteca de l'escola. L'**ETSEIB** està composta pels mòduls PI, PB, PG, PF, PE, PD, PC, C' i H, i just darrera es troba l'edifici U, que forma la **FME**.

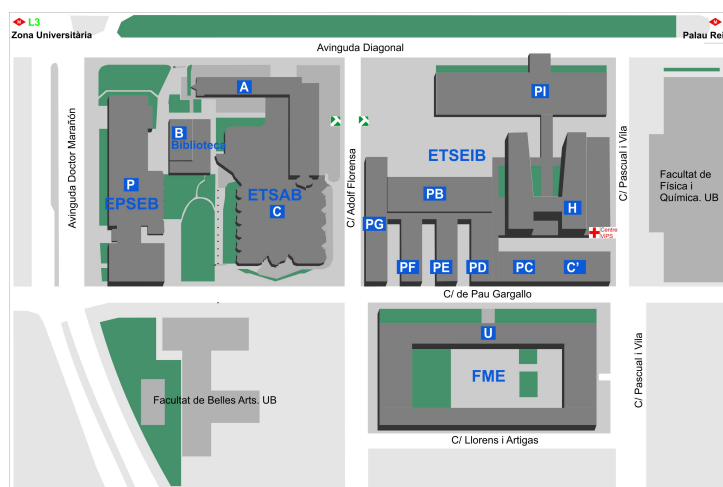


Figura 27: Distribució del Campus Diagonal Sud

En aquest campus s'analitzen tots els edificis per separat, excepte l'**ETSEIB** que es fa conjuntament ja que així disposem de les dades. De l'**ETSEIB** també es realitza un estudi més a fons, per dies i hores, per tal de conèixer millor els consums provinents d'aquesta escola. S'ha triat aquesta ja que és una de les escoles més grans i que més consumeix.

5.2.1 Consum elèctric edifici P

A l'edifici P s'hi troba l'**EPSEB**, l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, la qual té una superfície construïda de $16.044 m^2$.

En la següent imatge es pot veure el consum d'aquest edifici durant l'últim curs acadèmic. Durant el mes de febrer es va consumir al voltant de $30.000 kWh$ i arriba a disminuir fins la meitat durant el mes d'abril on l'escola va romandre totalment tancada.

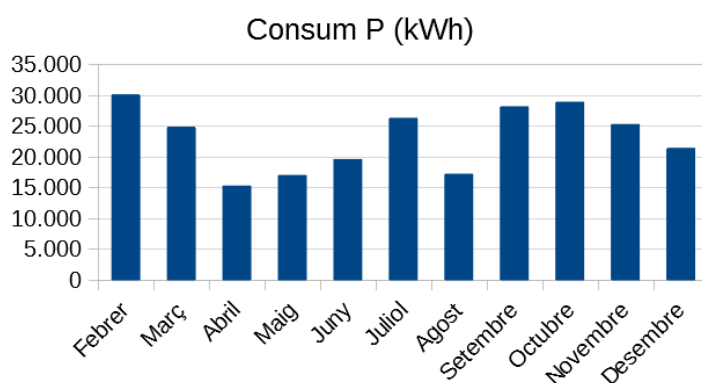


Figura 28: Consum elèctric mensual de l'edifici P

Si comparem l'evolució de l'any en aquesta escola amb l'anterior es pot apreciar la davallada que comença el mes de març amb la pandèmia.

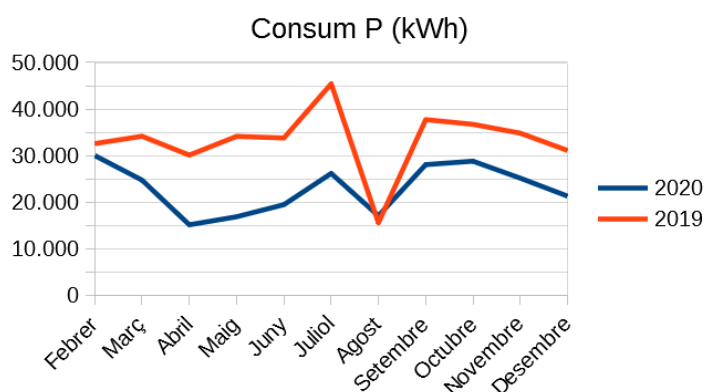


Figura 29: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici P

Així doncs, pel que fa al consum global, aquest ha disminuït un 30,86% passant de consumir 366.000 kWh al 2019 a 253.000 kWh al 2020.

5.2.2 Consum elèctric edifici A

A l'edifici A, també anomenat edifici Segarra, del Campus Sud s'hi ubica l'ETSAB, l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Aquest edifici acull les aules de taller de l'escola i la majoria dels seus departaments. La superfície total construïda d'aquest edifici no està especificada, però sí que es troba l'àrea conjunta dels edificis A i C, els quals formen l'ETSAB, que és de 20.778 m².

La següent figura mostra l'evolució del consum de l'edifici A durant el període d'estudi. Es veu clarament la caiguda fins a 17.000 kWh durant el mes d'abril, que representa només un 40% de l'electricitat consumida durant el febrer.

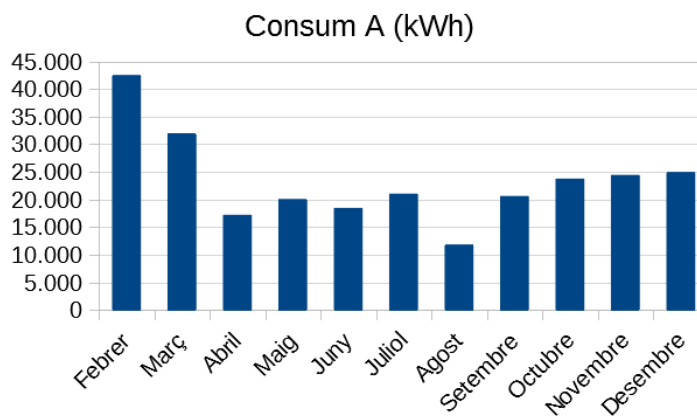


Figura 30: Consum elèctric mensual de l'edifici A

També s'observa que aquest darrer quadrimestre (del setembre fins al desembre) ha augmentat lleugerament el consum en comparació amb quan va començar la pandèmia, però segueix estant per sota del que seria un període amb normalitat a les aules tal i com es mostra al següent gràfic on es compara amb l'any 2019.

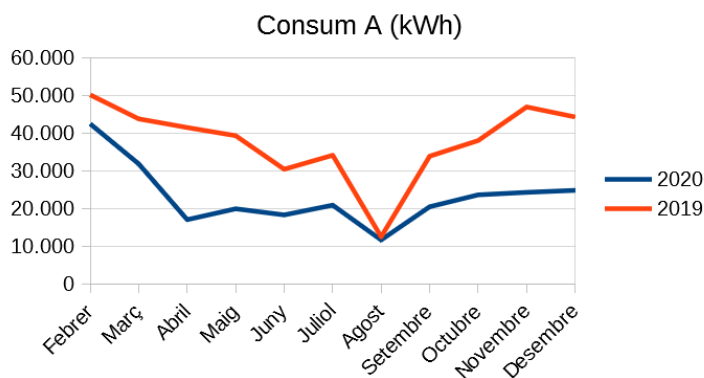


Figura 31: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici A

Així doncs, el consum elèctric total ha suposat una reducció del 38,33% vers a l'any anterior, passant de consumir 415.000 kWh a l'edifici A a consumir 255.000 kWh.

5.2.3 Consum elèctric edifici C

L'edifici C, també anomenat edifici Coderch, és el segon edifici que conforma l'ETSAB. En aquest, es situen les aules teòriques i l'aula magna, a més d'espais per a personal docent i investigador, així com una sèrie de serveis per als estudiants com les sales d'estudi, aules de maquetes, impressió 3D, copisteria, sales de graus i seminaris.

El consum elèctric mensual d'aquest edifici es mostra en la següent imatge. Aquest es veu clarament afectat per la pandèmia tenint un consum molt baix tots els mesos des de l'abril, amb l'excepció d'una pujada durant el juliol.

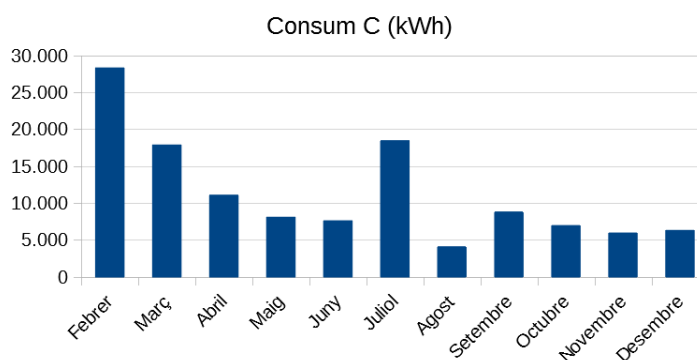


Figura 32: Consum elèctric mensual de l'edifici C

Si es compara el consum elèctric total amb el de l'any 2019 aquest ha disminuït un 52,95%, passant de 262.000 kWh a 123.000 kWh. En el següent gràfic es pot comparar mes per mes, on en tots els mesos del 2020 el consum ha sigut inferior al del 2019.

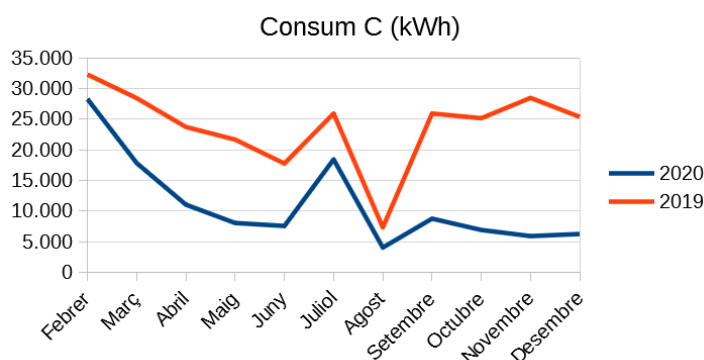


Figura 33: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici C

5.2.4 Consum elèctric edifici B

L'edifici B ubica la biblioteca de l'[ETSAB](#), també anomenada Biblioteca Oriol Bohigas. Aquesta biblioteca té una superfície de 1.890 m².

En el següent gràfic es mostra l'evolució del consum elèctric durant els mesos d'estudi. La reducció durant el mes d'abril, on la universitat estava completament tancada, és del 85,9% des del febrer. Aquest edifici és un dels que es fa més notori el tancament de la universitat i assoleix una reducció més elevada en el consum. En canvi, a partir del juny la Biblioteca recupera bastant la seva activitat i, per tant, la del seu consum elèctric.

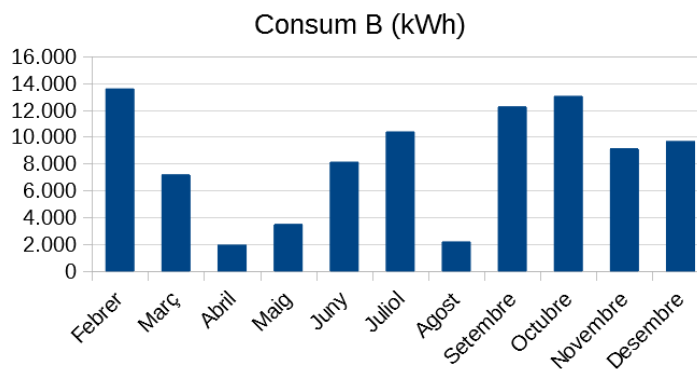


Figura 34: Consum elèctric mensual de l'edifici B

En el següent gràfic es mostra la comparació del consum de la Biblioteca amb la de l'any anterior. De l'anàlisi d'aquest edifici cal destacar el baix consum que presenta en caps de setmana i dies no festius en comparació amb el consum romanent que presenten la majoria dels edificis.

La reducció del consum elèctric durant aquest any ha estat d'un 38,5% respecte al 2019.

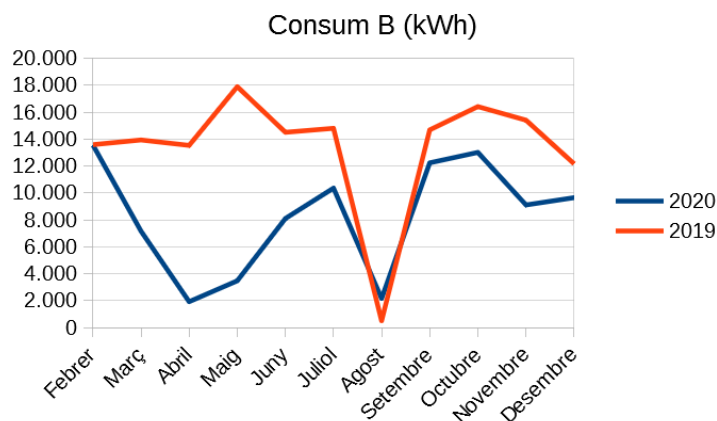


Figura 35: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici B

5.2.5 Consum elèctric ETSEIB

L'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona tot i estar formada per nou mòduls s'estudiarà el consum elèctric conjuntament ja que és com ens proporciona les dades la plataforma [SIRENA](#). Els mòduls dels que consta són: PI, H, L, PB, PC, PD, PE, PF i PG, que sumen una superfície construïda de 48.784 m².

En el següent gràfic es pot observar com el consum elèctric cau considerablement durant els mesos d'abril i maig, passant de consumir 200.000 kWh al febrer a 87.000 kWh a l'abril, essent això una disminució del 56%. Si ens fixem en el quadrimestre actual, també es veu una lleu disminució del consum elèctric respecte els mesos abans del [COVID-19](#).

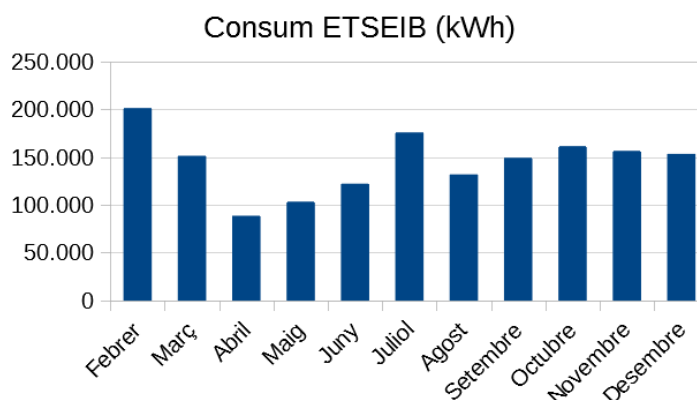


Figura 36: Consum elèctric mensual de l'ETSEIB

La següent imatge ens permet comparar-ho amb el consum del 2019, i observem una clara disminució durant aquest any, passant d'un consum elèctric total de 2.208 MWh en el període d'estudi del 2019 a un consum de 1.589 MWh al 2020.

A la taula de continuació es pot veure numèricament la disminució segons els períodes.

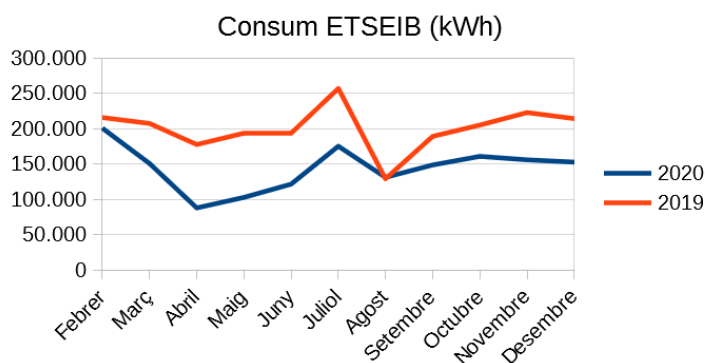


Figura 37: Comparació del consum elèctric mensual de l'ETSEIB

	Consum 2019 (kWh)	Consum 2020 (kWh)	Diferència (kWh)	Reducció
Període A	795.856	542.314	-253.542	31,86 %
Període B	580.086	428.235	-151.851	26,18 %
Període C	832.331	355.641	-476.690	57,27 %
TOTAL	2.208.273	1.326.190	-882.083	39,94 %

Taula 2: Comparació consum ETSEIB

Pel que fa a l'edifici de l'ETSEIB, s'ha estudiat més profundament ja que és un dels edificis més grans, i per tant, que més consumeixen de la UPC. En el següent gràfic es mostra el consum d'aquest any, però de forma diària. Es pot veure clarament la forta disminució en la segona setmana de març i, com aquest setembre el consum elèctric torna a augmentar però sense arribar

als nivells d'abans de la pandèmia. També s'aprecia el consum romanent durant els caps de setmana, en què la universitat està tancada, el qual és molt similar al nivell de la segona meitat del mes de març i de l'abril. Aquest consum de fons és d'uns 3.000 kWh per dia.

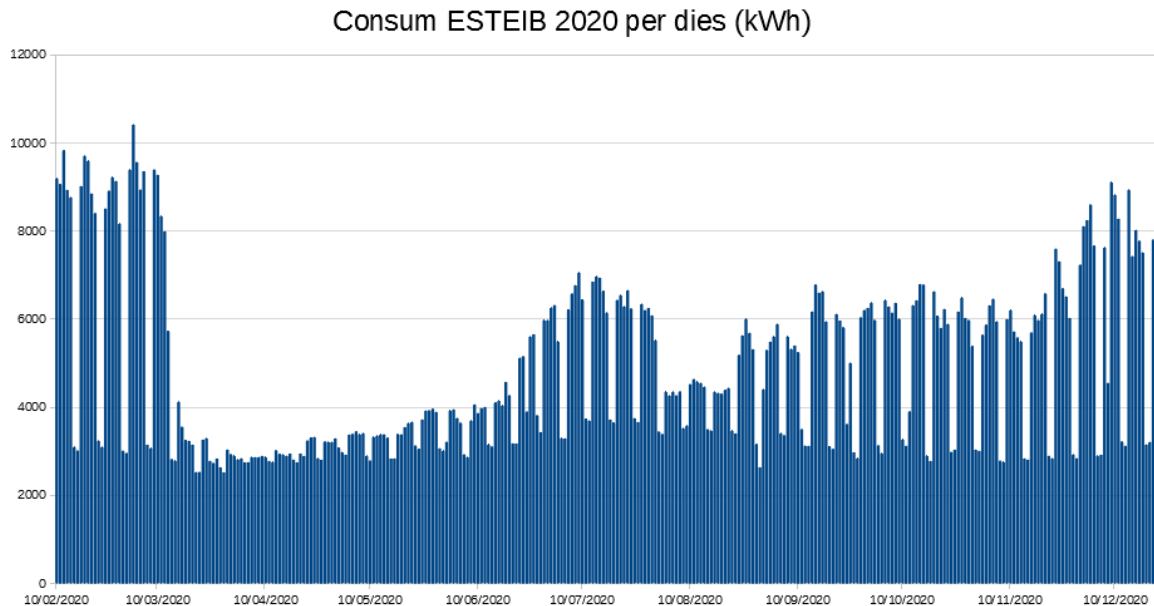


Figura 38: Consum elèctric diari de l'ETSEIB al 2020

Però, al llarg del dia el consum també varia molt. Si s'analitza el consum per hores al llarg d'una setmana amb activitat acadèmica amb normalitat, com seria a mitjans de febrer, i es compara amb la primera setmana del tancament de les universitats s'obté el següent gràfic:

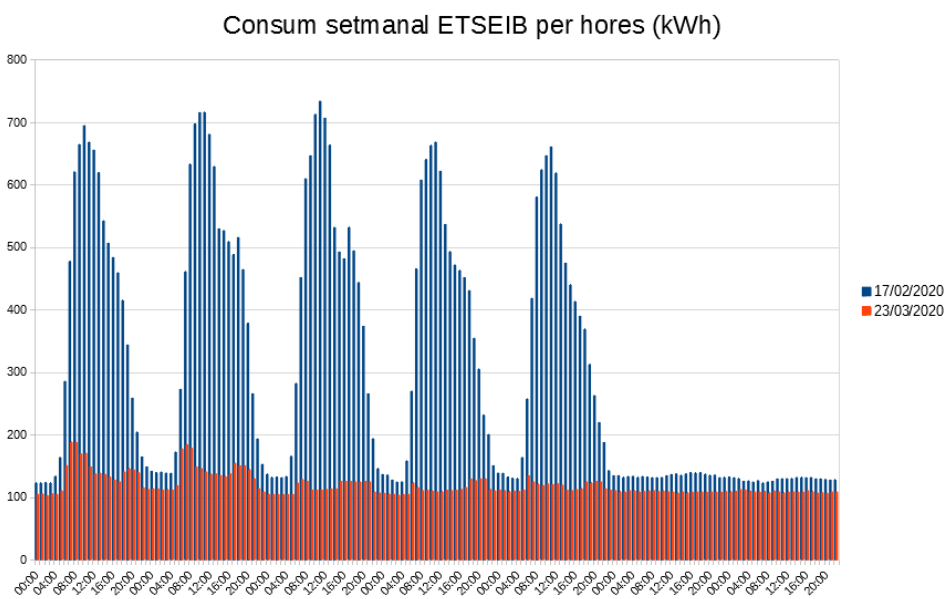


Figura 39: Consum elèctric d'una setmana a l'ETSEIB per hores

Com era previsible, el consum elèctric al març és tot romanent ja que és el consum de fons que té la universitat estant tancada. Aquest és al voltant d'uns 100 kWh per hora. Pel que fa a la setmana del febrer, s'observa clarament en els dies lectius, de dilluns a divendres, com el consum va augmentant al llarg del matí fins a arribar al seu pic al voltant d'uns 700 kWh. El consum nocturn i del cap de setmana és similar al de la setmana de març ja que és tot consum de fons.

5.2.6 Consum elèctric edifici U

En l'edifici U s'hi troba la Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME). També s'hi ubica el CIM (Computer Integrated Manufacturing) de la UPC, centrat a ajudar a les empreses i als professionals a incrementar la capacitat tecnològica i d'innovació mitjançant el desenvolupament de projectes d'investigació i activitats de formació en l'àmbit de les Tecnologies de la Producció.

En el següent gràfic es pot observar el consum dels mesos de l'edifici U.

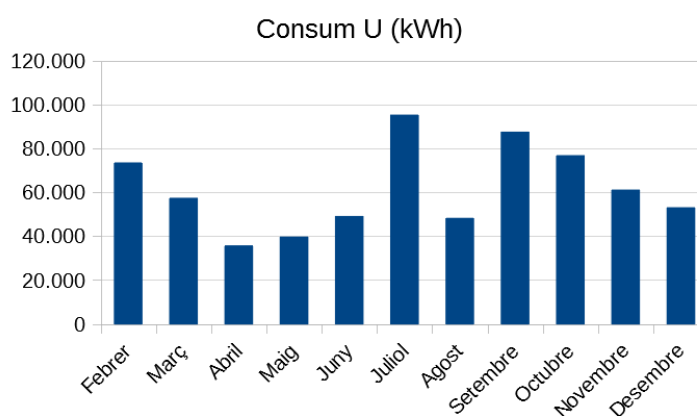


Figura 40: Consum elèctric mensual de l'edifici U

El fet que aquest edifici albergui el CIM pot haver influït en que el consum no hagi disminuït tant com en altres edificis. El consum elèctric al 2020 s'ha reduït un 18,46% respecte el 2019, on es va consumir 830.000 kWh al llarg del període d'estudi. En el següent gràfic es pot comparar per mesos.

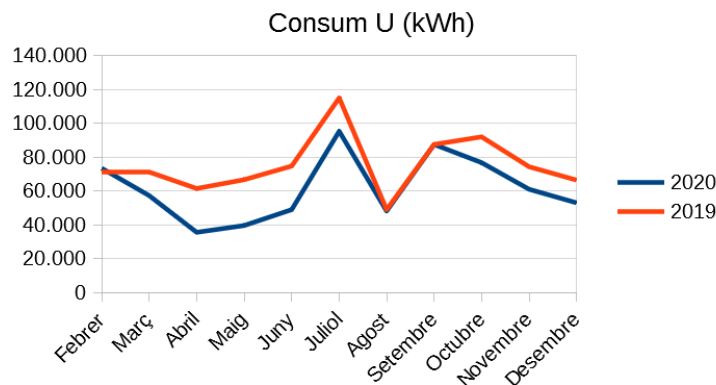


Figura 41: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici U

5.2.7 Conclusions Campus Sud

En la següent taula s'observa els resultats de l'impacte de la pandèmia sobre el consum elèctric a tots els edificis del Campus Sud.

Edificis	2019 (kWh)	2020 (kWh)	Diferència (kWh)	Reducció (%)
P	366.383	253.333	-113.050	30,86 %
A	414.982	255.902	-159.080	38,33 %
C	261.964	123.252	-138.712	52,95 %
B	147.417	90.726	-56.691	38,46 %
ETSEIB	2.208.273	1.589.236	-619.037	28,03 %
U	830.288	677.020	-153.268	18,46 %
TOTAL	4.229.307	2.989.469	-1.239.838	29,32 %

Taula 3: Resum consums del Campus Sud

S'ha consumit un total de més de 2.989 MWh aquest 2020, en el període d'estudi escollit. Envers el mateix període de l'any 2019, el consum s'ha reduït un 29,32%, el que suposa una reducció de més de 1.239 MWh.

Pel que fa a l'anàlisi de cada quadrimestre per separat, ambdós segueixen una evolució molt similar en els anys 2018 i 2019, però disminueix al 2020. Concretament, el quadrimestre de primavera pateix una reducció del 32,07%, accentuada als mesos d'abril i maig, i el quadrimestre de tardor del 24,73%, bastant constant al llarg dels quatre mesos. En els següents gràfics es pot observar millor:

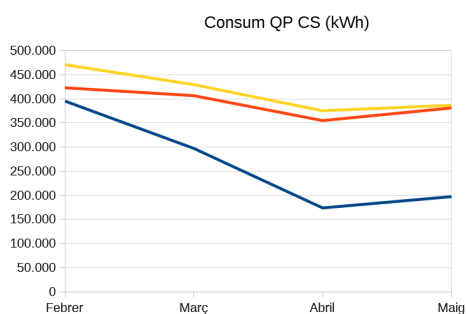


Figura 42: Consum mensual quadrimestre primavera Campus Sud

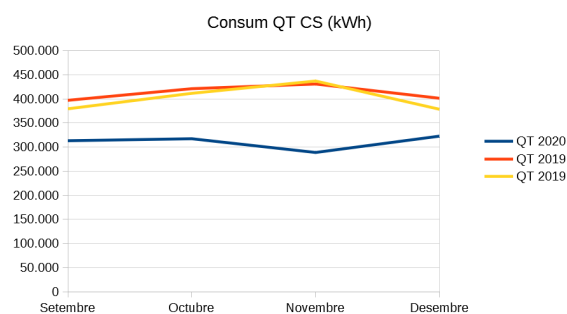


Figura 43: Consum mensual quadrimestre tardor Campus Sud

5.3 Campus Terrassa

El campus de Terrassa està format per l'Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa ([ESEIAAT](#)), la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa ([FOOT](#)) i el Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia ([CITM](#)). Aquest campus disposa d'una superfície construïda de 77.165 m².

La distribució dels edificis que conformen el campus és la de la següent imatge.

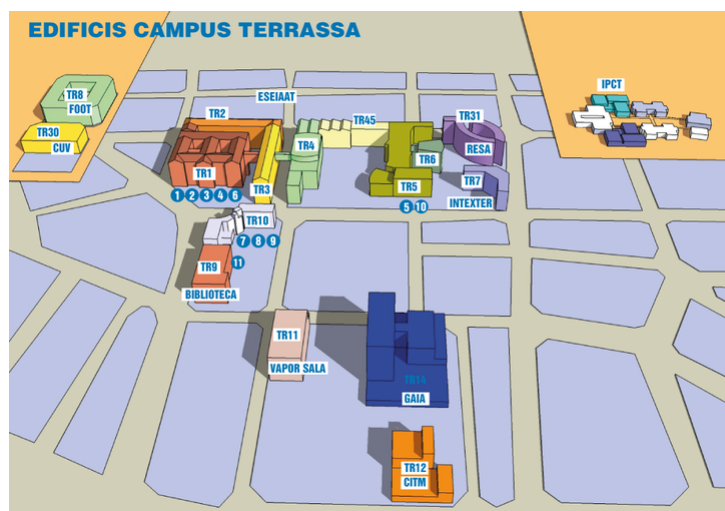


Figura 44: Distribució dels edificis del Campus Terrassa

Pel que fa als edificis, a TR1, TR2, TR3, TR4, TR45, TR5 i TR6 s'hi troba el centre docent i d'investigació. Davant seu s'hi troba l'edifici utilitzat pels serveis generals del campus (TR10) i la biblioteca (TR9). La residència d'estudiants del campus està situada a l'edifici TR31.

A l'edifici TR7 s'hi troba l'Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa (IN-TEXTER).

A la part superior esquerra del mapa es troben els edificis TR8 i TR30, on es situa el [FOOT](#) i el Centre Universitari de la Visió (CUV).

A l'edifici TR11, TR12 i TR14 s'hi troben, respectivament, el Centre de Desenvolupament de

Sensors, Instrumentació i Sistemes de la [UPC](#), el [CITM](#) i l'edifici Gaia.

5.3.1 Consum elèctric edificis TR1-2-3

Els edificis TR1, TR2 i TR3 s'analitzen conjuntament ja que la plataforma [SIRENA](#) no els distingeix. Aquests tres edificis estan dedicats a activitat docent del campus de Terrassa, per tant haurien de tenir una evolució del consum similars, i alberguen una superfície construïda de $14.945 m^2$.

El consum energètic d'aquests edificis obtingut durant els mesos del 2020 és el següent:

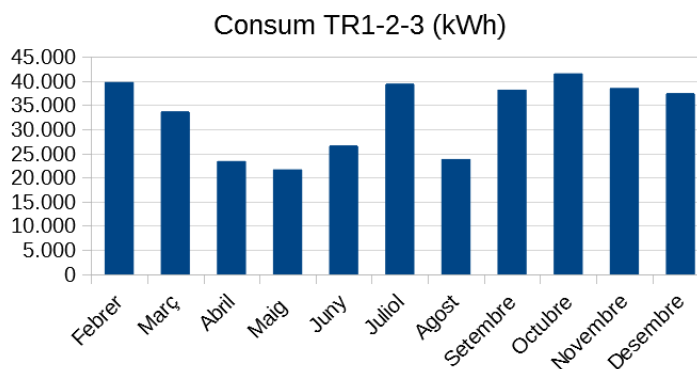


Figura 45: Consum elèctric mensual dels edificis TR1, TR2 i TR3

Degut al confinament es va passar de consumir gairebé 40.000 kWh durant el febrer a consumir-ne 21.500 kWh al mes de maig, que es el mes on es registra el mínim consum mensual. Aquesta reducció suposa una disminució del 45,6%. Pel que fa als darrers mesos de l'any, el consum d'aquests edificis sembla haver recuperat el consum elèctric previ a la pandèmia.

Si es compara el consum mensual del 2020 amb el 2019 s'obté que ha disminuït un 20,4%, el que són 93.000 kWh d'estalvi. En el següent gràfic es pot veure l'evolució, on la major reducció prové dels mesos de confinament, i que, des del juliol mostra una tendència molt semblant al 2019 però amb un consum inferior.

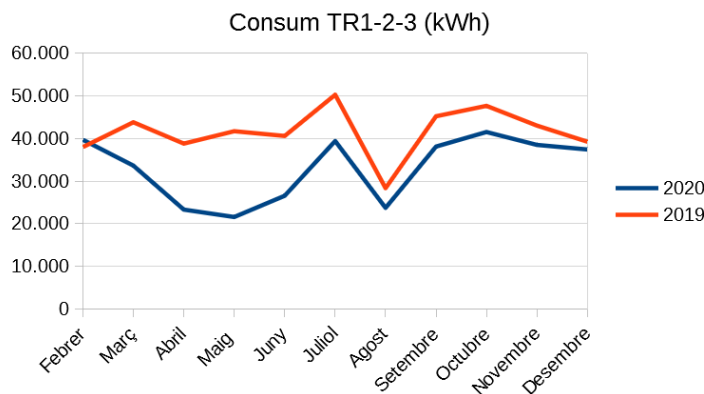


Figura 46: Comparació del consum elèctric mensual dels edificis TR1, TR2 i TR3

5.3.2 Consum elèctric edificis TR4-45-5-6

De la mateixa manera que s'ha analitzat l'apartat anterior, dels edificis TR4, TR45, TR5 i TR6 també es realitza un anàlisi energètic conjunt. Aquests edificis també estan dedicats a la docència de l'ESEIAAT i disposen d'una superfície total de 24.604 m².

L'evolució mensual dels quatre edificis és el que es mostra a continuació:

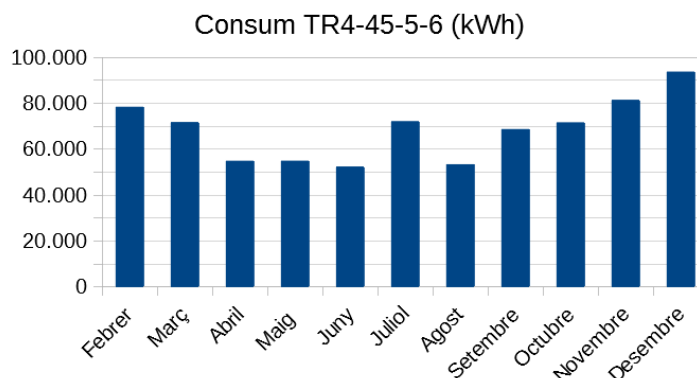


Figura 47: Consum elèctric mensual dels edificis TR4, TR45, TR5 i TR6

Es repeteix la tendència dels altres mòduls dedicats a la docència, el consum elèctric disminueix durant els mesos de confinament i torna a augmentar considerablement a partir del setembre.

El consum total d'aquests mesos és de 945.700 kWh, un 20,75% menys que l'any anterior, on es van consumir 749.400 kWh. Al següent gràfic es pot comparar l'evolució:

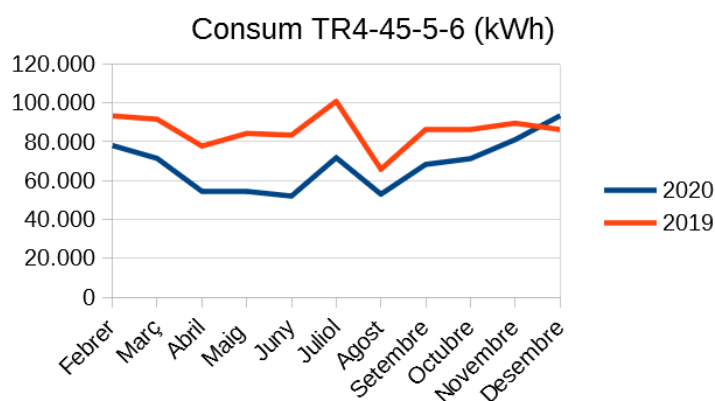


Figura 48: Comparació del consum elèctric mensual dels edificis TR4, TR45, TR5 i TR6

Es pot veure com la tendència que segueixen aquests edificis és molt similar però amb una disminució del consum en tots els mesos, exceptuant el desembre.

5.3.3 Consum elèctric edifici TR7

L'edifici TR7 ubica l'Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa. Aquest institut és una unitat acadèmica de la [UPC](#) creada al 1962, que té com a objectiu principal el foment de la investigació en el sector tèxtil i afins, així com la cooperació industrial mitjançant la realització d'assajos, peritacions, treballs de normalització, homologació i certificació.

L'edifici TR7 té una superfície de 2.623 m².

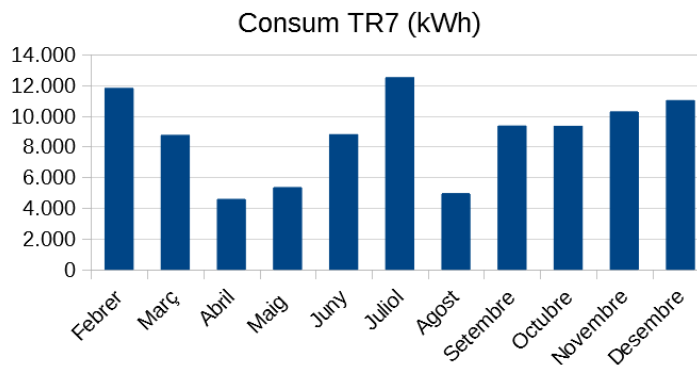


Figura 49: Consum elèctric mensual de l'edifici TR7

Tal i com es pot veure en el gràfic anterior, el confinament dut a terme a partir del 14 de març, va tenir un efecte significatiu. El consum elèctric durant el mes d'abril, un mes amb la universitat completament tancada, es va reduir un 61,4% respecte el febrer, passant de consumir 11.700 kWh a 4.500 kWh.

Si es compara l'evolució de tots els mesos analitzats amb l'evolució dels mateixos mesos del 2019 s'obté el següent gràfic, on tot i mostrar la mateixa tendència, el consum s'ha reduït, sobretot durant l'abril i el maig.

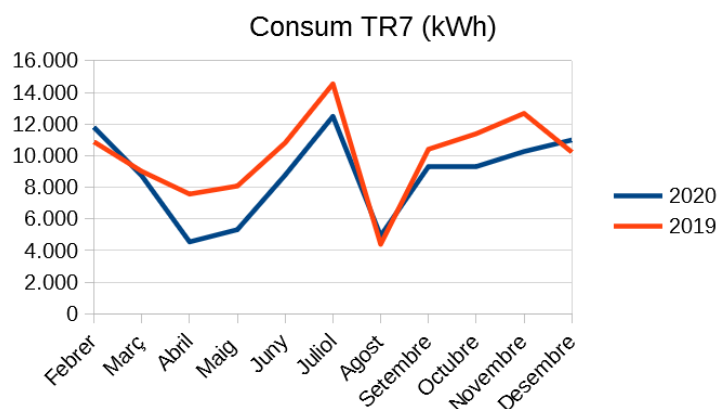


Figura 50: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR7

Al llarg del període lectiu del 2020 es van consumir 96.400 kWh, un 12,2% menys que el mateix

període del 2019, on es van consumir gairebé 110.000 kWh. Una reducció menys significativa que els mòduls de Terrassa vist anteriorment.

5.3.4 Consum elèctric edifici TR8

L'edifici TR8, que té una superfície de $6.445 m^2$, s'hi situa la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa.

L'evolució del consum mensual d'aquest edifici és el que es mostra en el següent gràfic. Aquest edifici, tot i mostrar la mateixa tendència, s'ha vist menys afectat pel tancament del campus en el consum energètic. El mes d'abril només es van estalviar 2.000 kWh respecte un mes amb l'activitat docent funcionant amb normalitat, com el febrer.

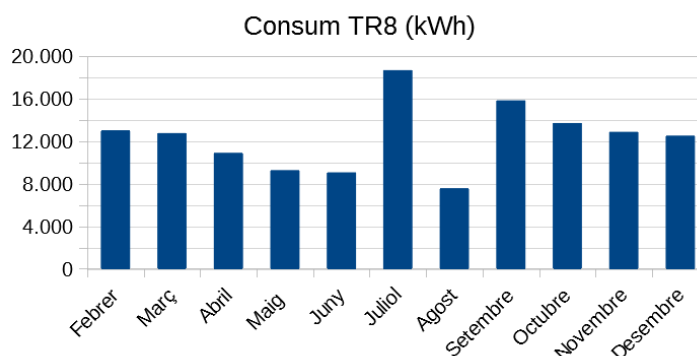


Figura 51: Consum elèctric mensual de l'edifici TR8

Al llarg d'aquests 11 mesos s'han consumit 135.900 kWh, el que suposa una reducció del 15% respecte els mateixos mesos de l'any anterior. El consum de l'edifici durant el 2019 es situa als 159.900 kWh. En el següent gràfic es pot comparar l'evolució del mesos on s'aprecia clarament aquesta reducció.

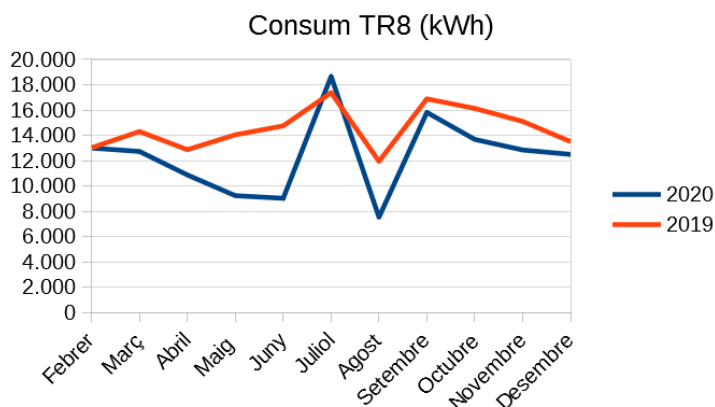


Figura 52: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR8

5.3.5 Consum elèctric edifici TR9

La biblioteca del Campus de Terrassa es troba a l'edifici TR9. Aquesta disposa d'una superfície construïda de 2.392 m².

En el següent gràfic es mostra l'evolució mensual del consum elèctric. En aquest edifici es veu clarament l'efecte del tancament del Campus en el seu consum. El mes de febrer es van consumir 16.400 kWh, mentre que a causa del confinament es van consumir prop de 5.000 kWh durant l'abril. Això suposa una reducció del 69,7%. Aquesta gran reducció significa que el consum de fons d'aquest edifici és inferior a molts altres.

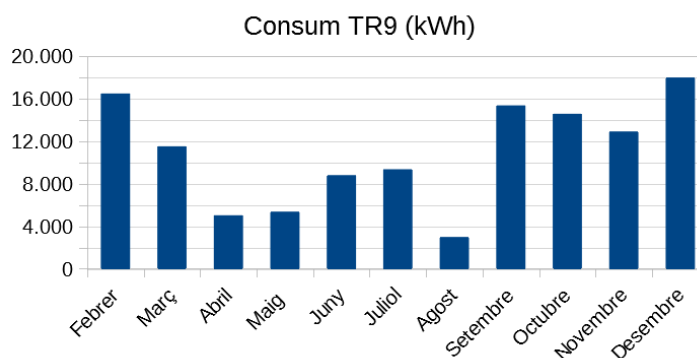


Figura 53: Consum elèctric mensual de l'edifici TR9

Tot i la forta reducció en el consum durant els mesos de confinament, aquests últims mesos de l'any, amb el Campus obert però poca presencialitat a les aules, l'edifici ha anat augmentant el seu consum. En el següent gràfic es compara l'evolució dels mesos amb l'evolució del 2019.

A la totalitat del mesos estudiats, aquest 2020 s'ha consumit 120.000 kWh, un 28,5% menys respecte l'any 2019.

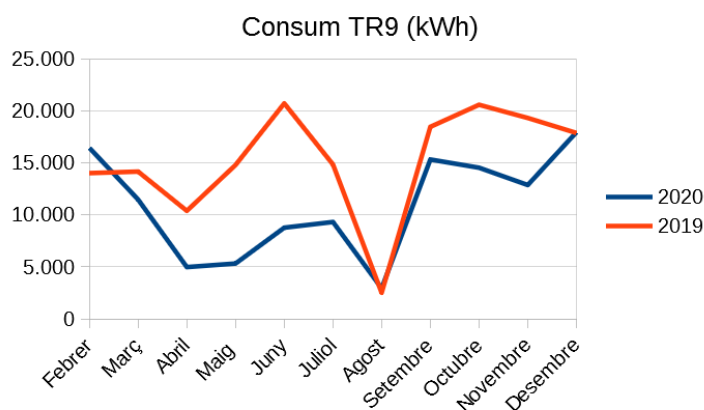


Figura 54: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR9

5.3.6 Consum elèctric edifici TR10

L'edifici TR10 consta d'una superfície construïda de $2.218 m^2$, i en aquest s'ubiquen els serveis generals del campus i els serveis comuns per l'estudiantat.

Com es mostra en l'evolució del consum mensual del següent gràfic, l'efecte del tancament del Campus no sembla haver tingut un fort impacte en el consum energètic de l'edifici. Des del febrer fins l'abril, el mes on menys es va consumir, només hi ha una reducció del 9,4%.

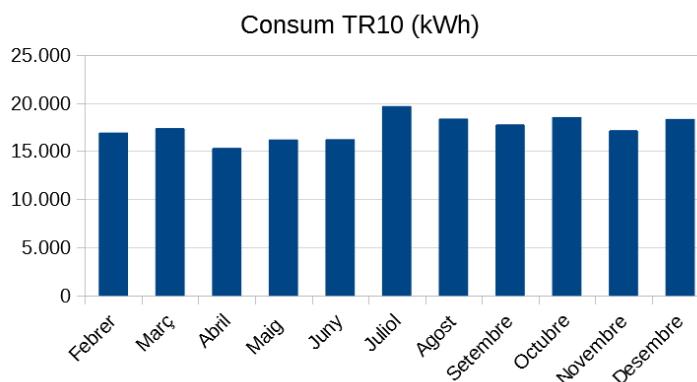


Figura 55: Consum elèctric mensual de l'edifici TR10

En el següent gràfic es mostra l'evolució del consum energètic en el període d'estudi dels últims dos anys. Com s'ha dit anteriorment, la pandèmia no va influir en aquest edifici. Al llarg dels mesos del 2020 es van consumir 191.300 kWh, només un 5,5% menys que el mateix període del 2019, on es van consumir 202.600 kWh. Això suposa un estalvi de 11.300 kWh.

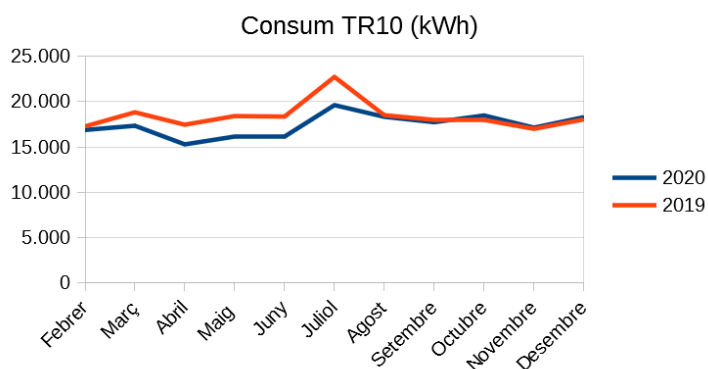


Figura 56: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR10

Es desconeix el funcionament d'aquest edifici durant el període on el Campus estava tancat, però s'hauria de dur a terme una investigació per conèixer els motius de l'elevat consum elèctric durant el confinament i com es podria reduir.

5.3.7 Consum elèctric edifici TR11

A l'edifici TR11 es situa el Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes de la UPC, que desenvolupa la seva activitat en el camp de l'Enginyeria Òptica. L'activitat del CD6 està orientada a la creació de valor a través de la innovació. Aquest edifici té una superfície de 2.778 m².

En aquest mòdul es fa molt evident la reducció del seu consum energètic degut al confinament. Mentre que al febrer el seu consum va ser d'uns 6.400 kWh, a l'abril va ser de 1.600 kWh. Això suposa una reducció del 74% de l'electricitat consumida i un estalvi de gairebé 4.800 kWh. En relació al consum dels últims mesos de l'any, aquest s'ha vist pràcticament recuperat. En el següent gràfic es mostra l'evolució d'aquest consum.

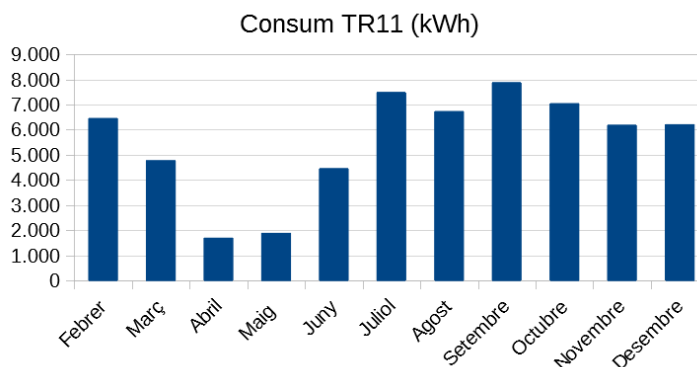


Figura 57: Consum elèctric mensual de l'edifici TR11

Pel que fa al consum d'aquest edifici respecte l'any anterior, s'ha reduït un 32,3%. La reducció d'aquest edifici és deguda, en gran part, als mesos entre el març el juny. En el següent gràfic es compara l'evolució d'aquests dos anys.

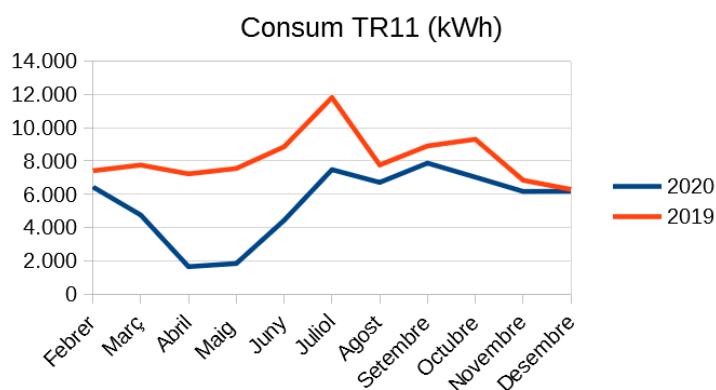


Figura 58: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR11

5.3.8 Consum elèctric edifici TR12

Al TR12 s'hi situa el Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia de Terrassa. Aquest és un centre docent adscrit a la [UPC](#) especialitzat en formació sobre els àmbits d'animació i art digital, tecnologies multimèdia i videojocs. Disposa d'una superfície construïda de 3.198 m².

Com s'observa a la següent imatge, el consum elèctric d'aquest edifici s'ha anat reduint des del febrer, degut al tancament de la universitat a mitjans de març. El consum mínim d'aquest edifici s'assoleix al maig consumint 3.600 kWh, un 78,5% menys que al febrer. Tot i que a l'abril la universitat estava tancada, igual que al maig, el seu consum va ser del doble, de gairebé 7.000 kWh, així que s'hauria d'estudiar els motius d'aquesta diferència.

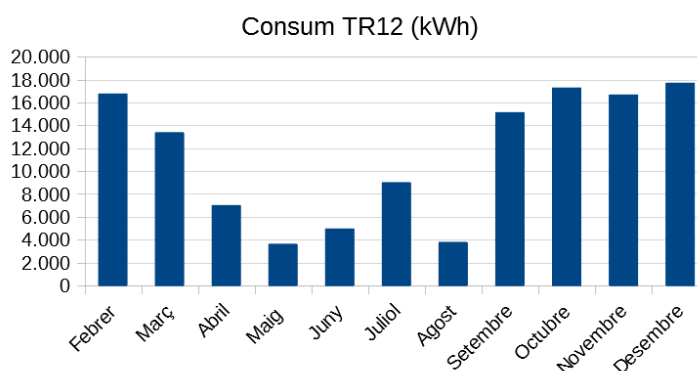


Figura 59: Consum elèctric mensual de l'edifici TR12

A la següent figura es pot observar la tendència que segueix el consum d'aquest edifici en els últims dos anys. El consum total d'aquest període aquest any ha estat de 125.100 kWh, un 41,5% menys que l'any 2019, situant el seu consum elèctric a 213.700 kWh.

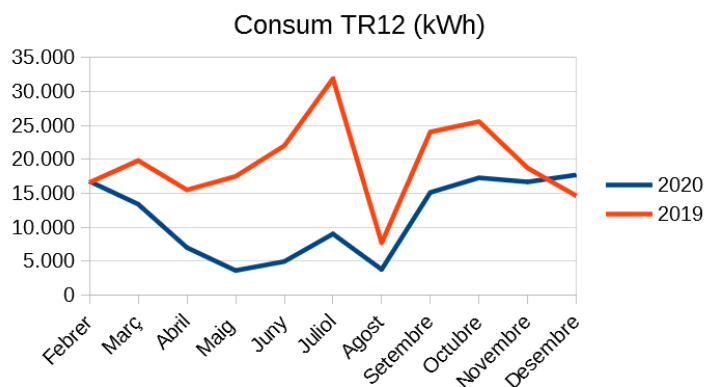


Figura 60: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR12

5.3.9 Consum elèctric edifici TR14

Al mòdul TR14 s'hi troba l'edifici Gala, que disposa d'una superfície construïda de 7.377 m². L'edifici Gaia està destinat a ubicar projectes universitat-empresa, empreses de base tecnològica,

centres i instituts de recerca i unitats d'innovació.

En el següent gràfic es pot veure l'evolució mensual d'aquest edifici. Tal i com la majoria dels edificis d'aquest campus, segueix la tendència de disminuir el consum. A l'abril, el seu mínim, es varen consumir 7.800 kWh, un 55,5% menys que al febrer. Tot i estar tancada la universitat, el consum al maig va augmentar fins a 10.600 kWh.

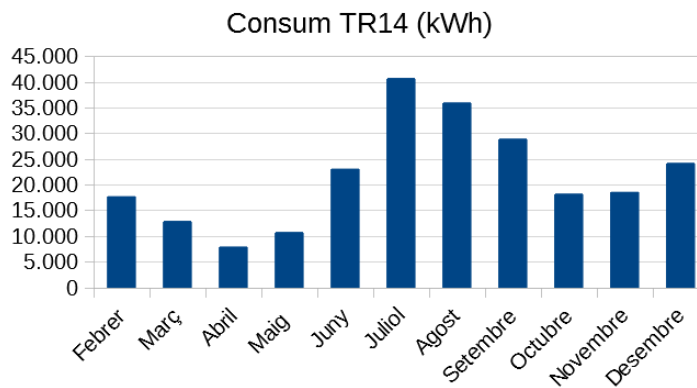


Figura 61: Consum elèctric mensual de l'edifici TR14

Si es compara l'evolució al llarg de l'any amb l'any anterior, es veu que tot i disminuir, segueix una tendència molt similar. El consum al 2020 ha sigut de 238.100 kWh, només un 5,8% menys que al 2019, on es va consumir gairebé 253.000 kWh.

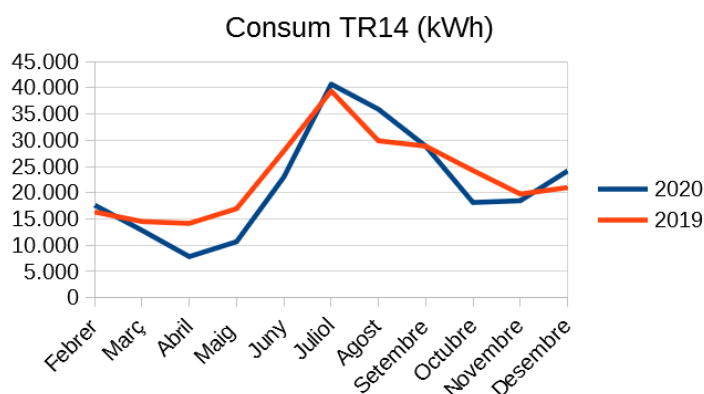


Figura 62: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR14

5.3.10 Consum elèctric edifici TR30

A l'edifici TR30 s'hi ubica el Centre Universitari de la Visió que és la clínica de la Facultat d'Òptica i Optometria. Aquest edifici té una superfície construïda de 1.349 m², sent el que té menys extensió.

El tancament del Campus va tenir un efecte significatiu en el consum elèctric de l'edifici, passant

de consumir 3.300 kWh al febrer a tenir un consum d'uns 800 kWh els mesos en que va romandre tancat. Això suposa una disminució del 76,9%. En el següent gràfic es mostra el consum mensual.

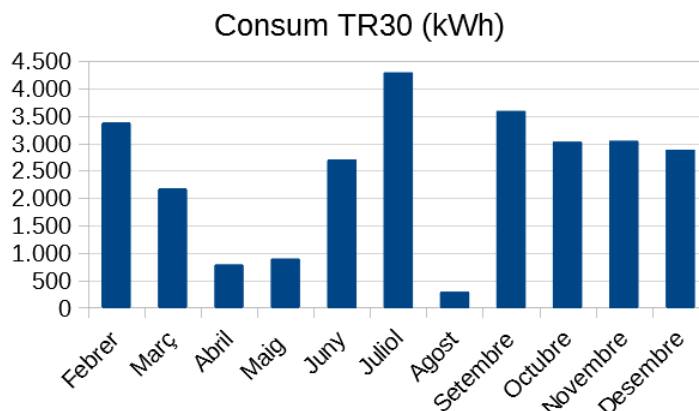


Figura 63: Consum elèctric mensual de l'edifici TR30

El consum al llarg de l'any presenta una major diferència al primer quadrimestre, el del confinament, un consum pràcticament igual als mesos d'estiu, i un consum una mica inferior aquest últim quadrimestre si ho comparem amb el consum mensual del 2019. En el següent gràfic es compara l'evolució.

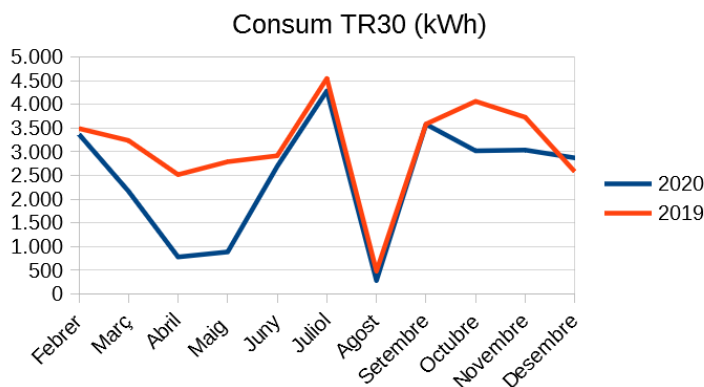


Figura 64: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici TR30

El consum total enguany ha disminuït un 20,5% respecte l'any passat, consumint 27.000 kWh al 2020 i gairebé 34.000 kWh al 2019.

5.3.11 Conclusions del Campus de Terrassa

En la següent taula es pot observar l'impacte en el consum elèctric que ha tingut la pandèmia de COVID-19 en el campus de Terrassa durant aquest curs acadèmic del 2020. Els percentatges de la reducció obtinguda s'extremen en relació al mateix període de l'any 2019.

En l'anàlisi d'aquest campus s'hi ha pogut incloure gairebé tots els edificis amb la totalitat de les seves dades, amb l'excepció de les residències d'estudiants.

Edificis	2019 (kWh)	2020 (kWh)	Diferència (kWh)	Reducció (%)
TR1-2-3	456.129	363.065	-93.064	20,40 %
TR4-45-5-6	945.766	749.481	-196.285	20,75 %
TR7	109.992	96.493	-13.499	12,27 %
TR8	159.923	135.902	-24.021	15,02 %
TR9	167.843	120.024	-47.819	28,49 %
TR10	202.607	191.384	-11.223	5,54 %
TR11	89.742	60.727	-29.015	32,33 %
TR12	213.758	125.140	-88.618	41,46 %
TR14	252.994	238.135	-14.859	5,87 %
TR30	33.939	26.979	-6.960	20,51 %
TOTAL	2.632.693	2.107.330	-525.363	19,96 %

Taula 4: Resum consums del Campus Terrassa

El consum elèctric total del Campus de Terrassa, del 10 de febrer al 22 de desembre, en el 2019 va ser de 2.632 MWh. El mateix període del 2020 el consum s'ha reduït gairebé un 20%, situant-se a 2.107 MWh. Aquesta reducció es deguda sobretot als mesos on la universitat estava totalment tancada, de mitjans de març al juny, però també gràcies als darrers mesos de l'any on a quasi tots els edificis s'ha consumit menys que l'any anterior. Pel que fa als edificis TR10 i TR14 s'hauria d'estudiar perquè el consum de fons ha estat tan elevat durant els mesos on tota l'activitat estava aturada.

Respecte al consum global del campus per quadrimestres es pot observar l'evolució que tenen en les següents figures.

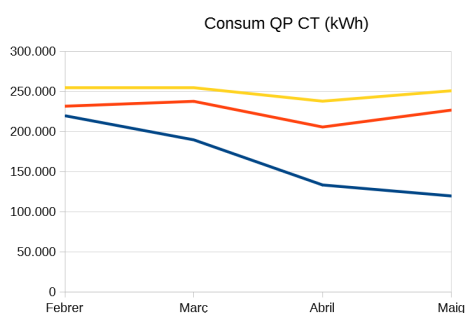


Figura 65: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Terrassa

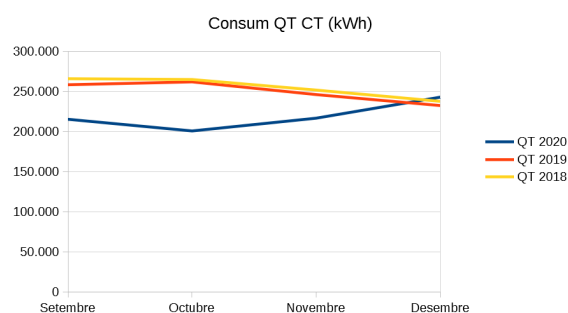


Figura 66: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Terrassa

De la mateixa manera que al campus anterior, els consums en els anys 2018 i 2019 són molt similars, i la reducció en l'any 2020 es veu accentuada en els mesos d'abril i maig. Pel que fa al quadrimestre de primavera, el consum en l'any 2020 es va reduir un 26,57% respecte l'any anterior, i el quadrimestre de tardor un 12,35%.

5.4 Campus Baix Llobregat

El Campus del Baix Llobregat és un espai territorial de la **UPC** ubicat a Castelldefels i pertanyent al Parc Mediterrani de la Tecnologia (**PMT**). En aquest campus s'hi troba l'Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (**EETAC**) i l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (**ESAB**). En total consta de $54.176 m^2$ de superfície construïda.

A la següent imatge es pot observar la distribució dels edificis del **PMT**.

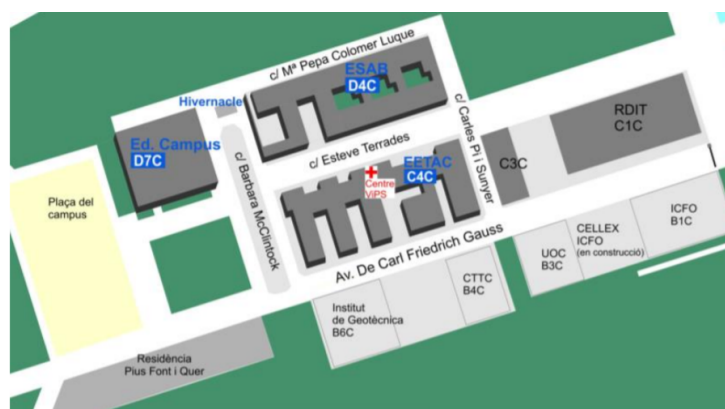


Figura 67: Distribució dels edificis del Campus Baix Llobregat

Els edificis que pertanyen a la **UPC** són el C4C, on s'ubica l'**EETAC**, el D4C on hi ha l'**ESAB** i l'edifici D7C, on es troben els serveis generals del campus. A més, la **UPC** també compta amb la unitat científicotècnica anomenada Agròpolis, que es troba a la mateixa ciutat de Castelldefels però a quatre quilòmetres del campus.

La resta d'edificis del **PMT** alberguen centres i instituts de recerca i empreses amb activitats d'innovació tecnològica.

L'estudi del consum elèctric d'aquest campus es limitarà als edificis C1C, C4C, D4C, D7C i l'enllumenat exterior, ja que la resta d'edificis no estan monitoritzats al **SIRENA** en la seva totalitat i el comptador total del **PMT** no enregistra dades des del Maig del 2020.

5.4.1 Consum elèctric edifici C1C

A l'edifici C1C s'hi troba l'ESA Business Incubation Centre (BIC) Barcelona. Aquest té una superfície construïda de $11.911 m^2$.

En la següent imatge es mostra l'evolució del consum elèctric durant el període acadèmic de l'any 2020. Es pot observar com va disminuir al mes d'abril, reduint el seu consum un 37% en comparació amb el febrer.

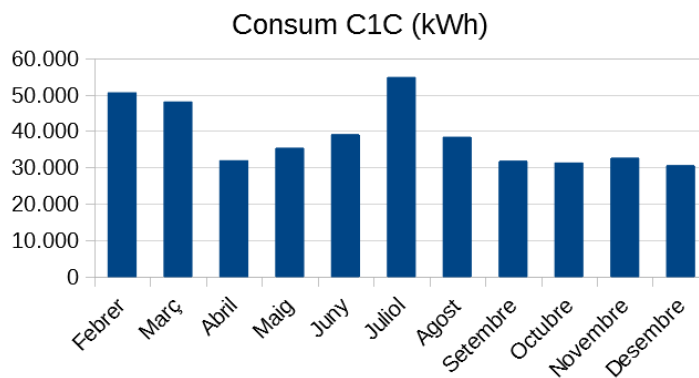


Figura 68: Consum elèctric mensual de l'edifici C1C

La comparació amb l'any anterior dels mesos d'estudi del consum elèctric es mostra a la següent imatge, on en tots els mesos hi ha hagut un consum inferior. La reducció total del consum d'aquest any ha estat del 31,3% en base el 2019.

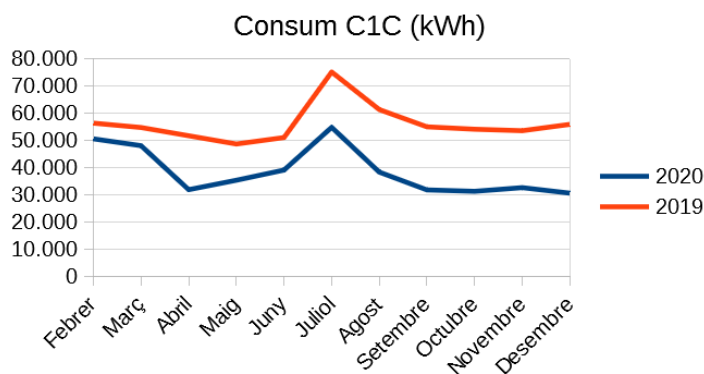


Figura 69: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici C1C

5.4.2 Consum elèctric edifici C4C

A l'edifici C4C s'hi ubica l'Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels ([EETAC](#)), on es duu a terme docència i recerca en els àmbits de les tecnologies de la informació i les comunicacions i l'aeronàutica. Té una superfície construïda de 14.961 m². Malauradament, la plataforma [SIRENA](#) només disposa de les dades de climatització, i no del consum elèctric. Per tant, es realitzarà l'estudi només de la instal·lació de climatització a fi de conèixer l'efecte de la pandèmia en aquest edifici.

En el següent gràfic es mostra l'evolució del consum mensual de la instal·lació de climatització de l'edifici C4C durant el 2020.

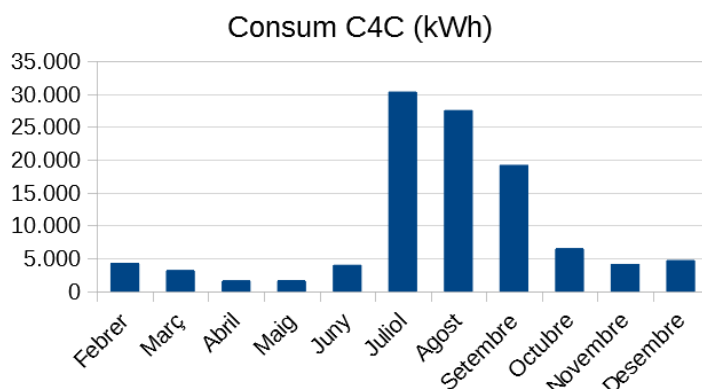


Figura 70: Consum climatització mensual de l'edifici C4C

Com es pot apreciar, el consum va disminuir durant els mesos de tancament de les universitats, reduint un 63% el consum en el mes d'abril comparat amb el febrer. Tot i l'elevat consum que s'observa en els mesos d'estiu, aquest segueix sent inferior al de l'any anterior, com es mostra en el següent gràfic on es compara el consum mensual de tot l'any.

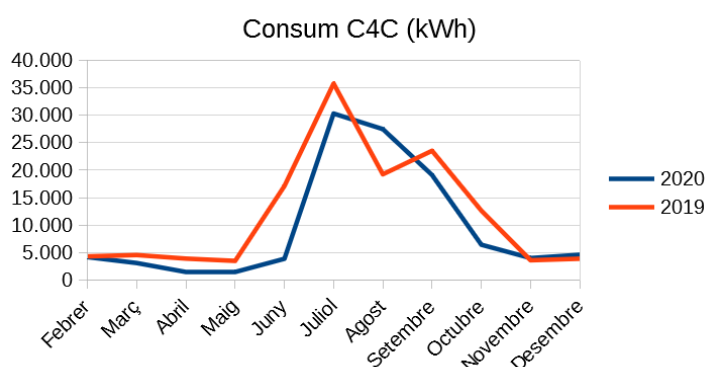


Figura 71: Comparació del consum de climatització mensual de l'edifici C4C

El consum total de la instal·lació de climatització s'ha reduït un 19,56%, el que són 25.000 kWh menys.

5.4.3 Consum elèctric edifici D4C

L'edifici D4C ubica l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona ([ESAB](#)). També s'hi troba el Centre de Recerca en Economia i Desenvolupament Agroalimentari ([CREDA](#)). En total disposa d'una superfície construïda de 12.286 m².

El consum mensual de l'any 2020 a partir del mes de febrer es mostra a la següent imatge. Com s'observa, el consum en els mesos d'abril i maig és considerablement inferior als mesos d'abans de la pandèmia, reduint-se un 43% respecte al febrer.

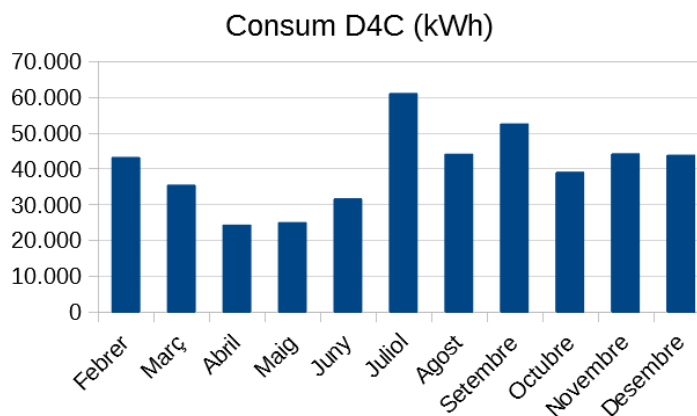


Figura 72: Consum elèctric mensual de l'edifici D4C

Tot i així, el consum en els darrers mesos és pràcticament igual al consum d'abans del confinament. En el següent gràfic es compara el consum mensual dels mesos d'estudi amb el consum de l'any anterior.

El consum total d'aquest edifici només ha disminuït un 13,39% comparat amb el consum del 2019, i la gran part d'aquesta disminució és deguda als mesos del confinament i posterior desescalada, és a dir, des de mitjans de març fins a l'inici de l'estiu.

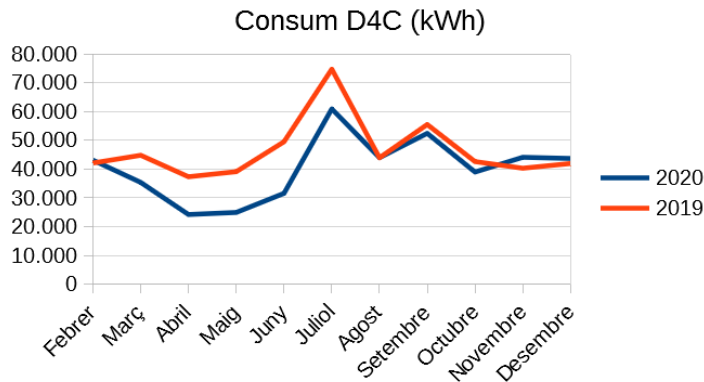


Figura 73: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici D4C

5.4.4 Consum elèctric edifici D7C

L'edifici D7C té una superfície total construïda de $6.435 m^2$, i s'hi troben els diversos serveis del campus com la Unitat Transversal de Gestió, la biblioteca, les diferents associacions i delegacions, els serveis d'esport, etc.

Tal i com es pot observar en el següent gràfic, el tancament de la universitat produït a mitjans de març va tenir un gran impacte en el consum d'electricitat. Els mesos d'abril i maig, amb la universitat completament tancada, es va consumir el 22% del que s'havia consumit al febrer, és a dir, al voltant d'uns 6.000 kWh per mes.

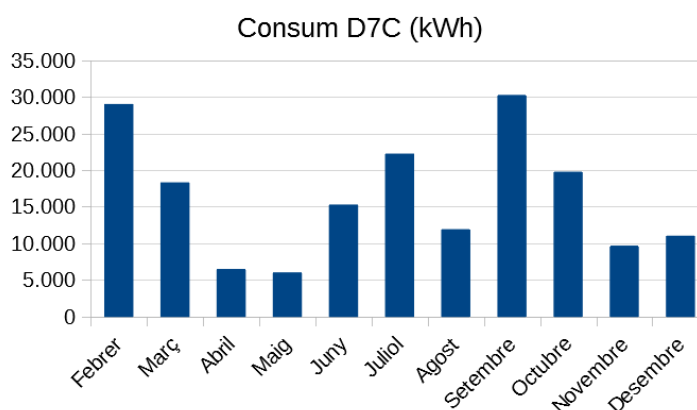


Figura 74: Consum elèctric mensual de l'edifici D7C

Pel que fa al quadrimestre actual, el consum elèctric segueix estant per sota del consum d'un any amb normalitat. Al següent gràfic es compara el consum dels mesos estudiats d'enguany amb el consum produït durant els mateixos mesos al 2019, on es pot veure que el consum d'aquest any en tots els mesos es clarament inferior, amb l'excepció del febrer, on encara la universitat funcionava amb normalitat, que és pràcticament igual.

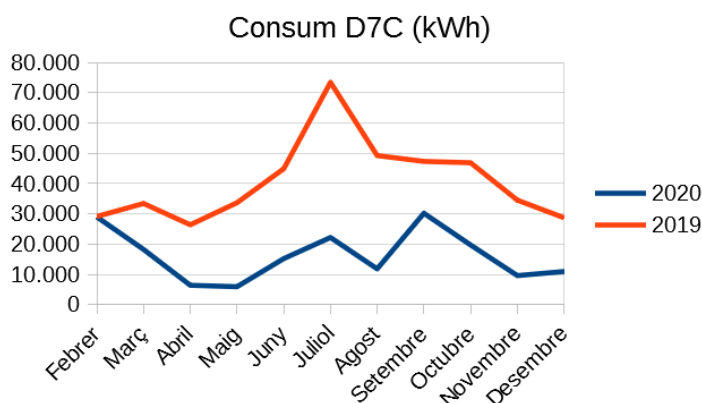


Figura 75: Comparació del consum elèctric mensual de l'edifici D7C

5.4.5 Consum elèctric enlluernat exterior

En aquest apartat s'analitzarà el consum elèctric de l'enlluernat exterior del campus del Baix Llobregat, que no hauria de tenir canvis significatius ja que no ha modificat el seu funcionament durant els mesos de confinament.

Tal i com es pot veure en el següent gràfic, on es compara el consum elèctric d'aquest 2020 amb el de l'any anterior, no només no ha disminuït, sinó que ha augmentat un 15,58% al llarg de l'any.

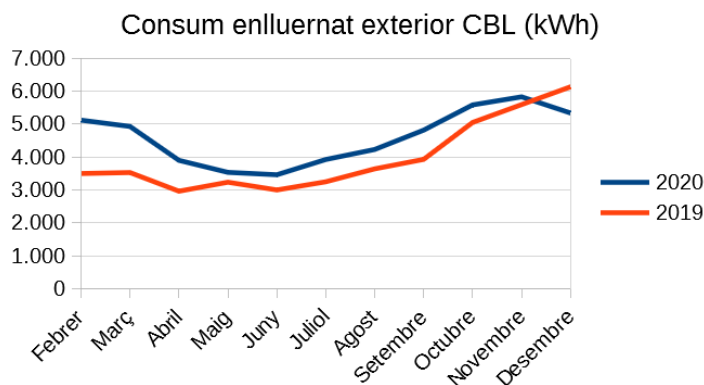


Figura 76: Comparació del consum elèctric mensual de l'enlluernat exterior

5.4.6 Conclusions campus Baix Llobregat

En la següent taula es mostra l'impacte que ha tingut la pandèmia causada pel COVID-19 ha tingut sobre el campus del Baix Llobregat de la UPC. Tot i això, cal recordar que les dades de la taula no corresponen a la totalitat del campus, ja que no es disposen de les dades de consum de l'Agròpolis ni de la instal·lació elèctrica de l'edifici C4C.

Edificis	2019 (kWh)	2020 (kWh)	Diferència (kWh)	Reducció (%)
C1C	616.451	423.464	-192.987	31,31 %
C4C (clima.)	132.200	106.347	-25.853	19,56 %
D4C	511.736	443.209	-68.527	13,39 %
D7C	447.537	179.211	-268.326	59,96 %
Enlluernat exterior	43.818	50.645	6.827	-15,58 %
TOTAL	1.751.742	1.202.876	-548.866	31,33 %

Taula 5: Resum consum del campus Baix Llobregat

Com s'observa, en tots els edificis el consum elèctric ha disminuït considerablement, amb l'excepció de l'enlluernat exterior, que ha augmentat el seu consum un 15,58%. En la totalitat del campus, la reducció del consum total d'electricitat ha estat de gairebé 550.000 kWh, el que suposa una reducció del 31,33% respecte a l'any 2019.

Respecte a l'anàlisi dels consums per quadrimestres, en els següents gràfics es pot comparar la seva evolució amb la dels anys 2018 i 2019. En aquest campus, la reducció del consum en l'any 2020, dels dos quadrimestres, ha estat del 27,7%.

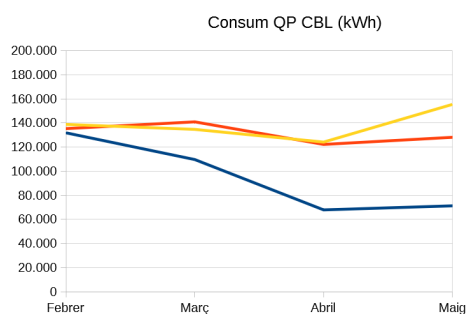


Figura 77: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus Baix Llobregat

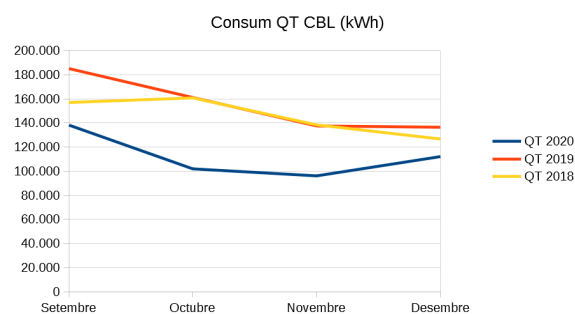


Figura 78: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus Baix Llobregat

5.5 Campus Diagonal Besòs

El Campus Diagonal Besòs, inaugurat l'any 2016, té una superfície construïda de $45.779 m^2$, tot i que té $150.000 m^2$ de superfície potencial per edificar. En aquest campus s'hi troben l'Escola d'Enginyeria de Barcelona de l'Est (EEBE), que integra les activitats de docència i recerca de l'EUETIB i una part de l'activitat docent i de recerca vinculada als àmbits de l'enginyeria química i de materials de l'ETSEIB, a part d'altres institucions com l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC).

A dia d'avui, el Campus consta de tres edificis dedicats a la docència i la recerca. L'edifici A, on s'hi troben els centres docents, l'edifici C, destinat principalment a grups de recerca en energia de la UPC i a l'IREC, i l'edifici I, destinat a la recerca en Tecnologia Química, de Materials i Biomèdica.

A la següent imatge es pot veure la distribució dels edificis:

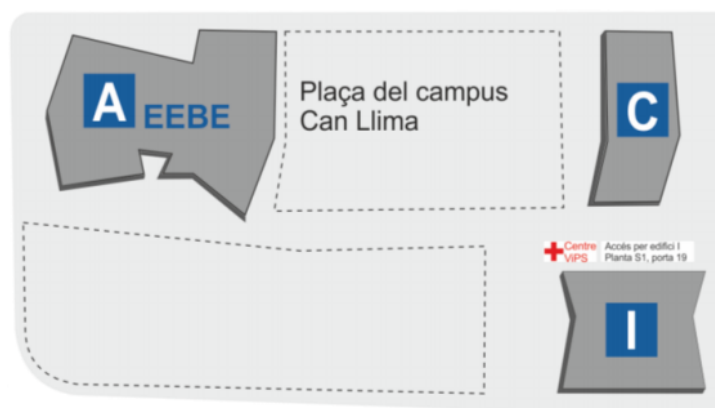


Figura 79: Distribució dels edificis del Campus Diagonal Besòs

Tot i la diferenciació dels edificis, aquest campus s'estudia conjuntament ja que és com es disposen de les dades.

En el següent gràfic es mostra l'evolució del consum elèctric des del 10 de febrer al 22 de desembre del 2020.

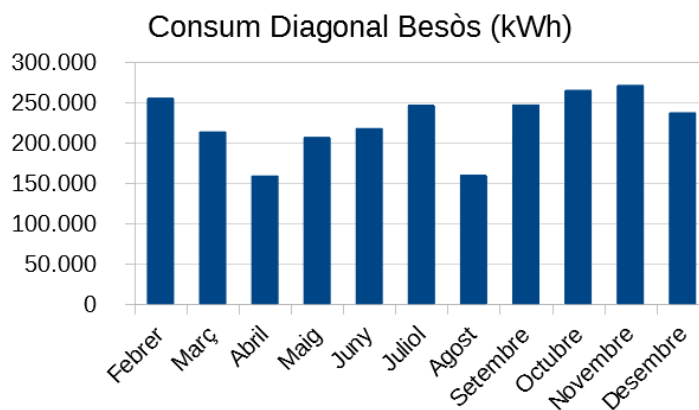


Figura 80: Consum elèctric mensual del campus Diagonal Besòs

Com s'observa, el consum va disminuir passant de consumir més de 250.000 kWh al febrer a consumir 158.000 kWh a l'abril, el que suposa una reducció del 37,9%. Pel que fa als darrers mesos, el campus Diagonal Besòs consumeix pràcticament el mateix que abans del confinament.

En el següent gràfic es pot analitzar la comparació del consum mensual amb l'any 2019.

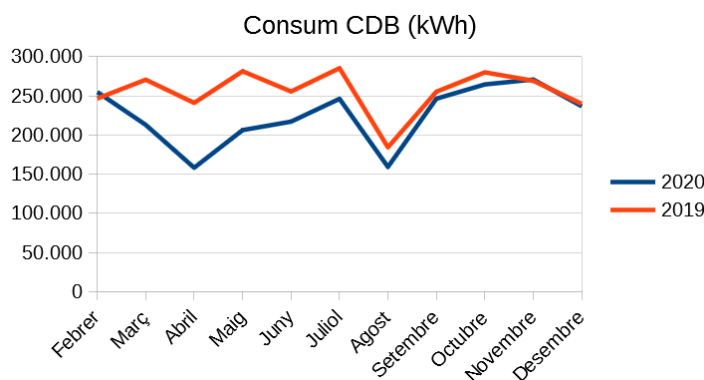


Figura 81: Comparació del consum elèctric mensual del campus Diagonal Besòs

Es pot observar com el consum va ser inferior els mesos del confinament, del febrer fins l'inici de l'estiu, i que, la segona meitat de l'any pràcticament té el mateix consum. El consum elèctric total dels mesos estudiats del 2020 és de 2.400 MWh, i la reducció ha estat d'un 11,95% comparat amb el consum de l'any 2019.

De l'anàlisi d'aquest campus sencer cal destacar l'elevat consum romanent que té. Al següent gràfic es mostra l'evolució del consum elèctric però per dies. Es pot veure que el consum de fons, com ara caps de setmana, festius, en les nits o el consum quan la universitat està completament tancada com l'abril o l'agost, és d'uns 5.000 kWh diaris, el que suposa gairebé el 50% del consum amb la universitat funcionant amb normalitat.

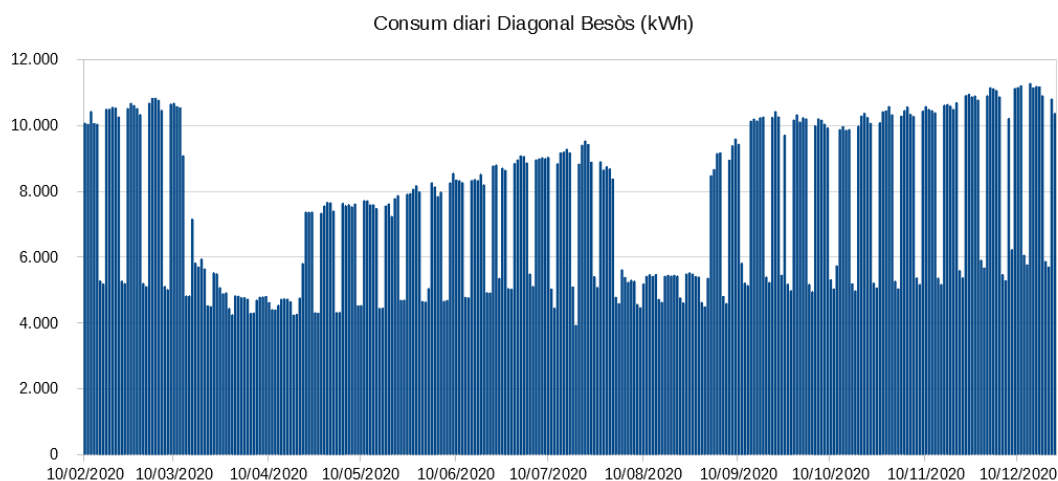


Figura 82: Consum elèctric diari del campus Diagonal Besòs

Respecte als resultats quadrimestrals, el quadrimestre de tardor s'ha mantingut molt constant durant els últims tres anys. De fet, aquest any ha augmentat un 0,58% respecte l'any 2019. Pel que fa al consum del quadrimestre de primavera, només es pot comparar amb el consum del 2019 i, tal i com es pot veure en el següent gràfic, enguany ha sigut molt inferior.

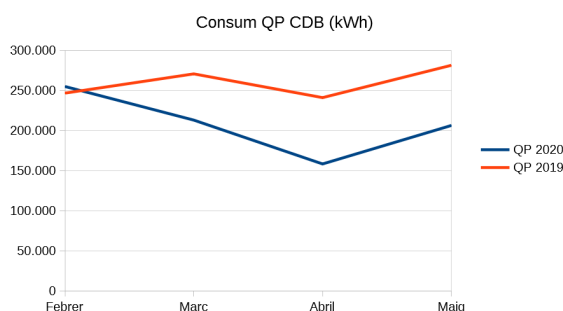


Figura 83: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus Diagonal Besòs

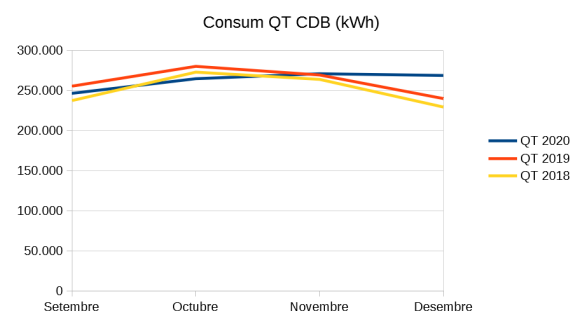


Figura 84: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus Diagonal Besòs

5.6 Campus Vilanova

Al Campus de Vilanova i la Geltrú s'hi troba l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú ([EPSEVG](#)) en la que s'imparteixen graus de l'àmbit industrial i de l'àmbit TIC. Aquest campus consta de 20.038 m^2 .

A la següent imatge es mostra la distribució del campus:



Figura 85: Distribució dels edificis del Campus Vilanova i la Geltrú

Pel que fa a aquest campus, s'estudia el consum elèctric dels edificis VG1, VG2, VG3 i VG6, ja que de la resta d'edificis no es tenen les dades enregistrades a la plataforma [SIRENA](#).

5.6.1 Consum elèctric edificis VG1-2-3

L'anàlisi dels edificis VG1, VG2 i VG3 es realitza de manera conjunta ja que les dades proporcionades per la plataforma [SIRENA](#) no els diferencien. La superfície total construïda dels tres mòduls és de $10.833 m^2$, destinats majoritàriament a la docència.

L'evolució del consum elèctric d'aquests edificis es mostra al següent gràfic. Com es pot observar, el mes d'abril va ser el que va consumir menys, 12.500 kWh, seguit pel maig i el juny on es va consumir lleugerament més. Pel que fa als últims mesos sembla que pràcticament ha recuperat el consum elèctric d'abans de la pandèmia, com ara al febrer.

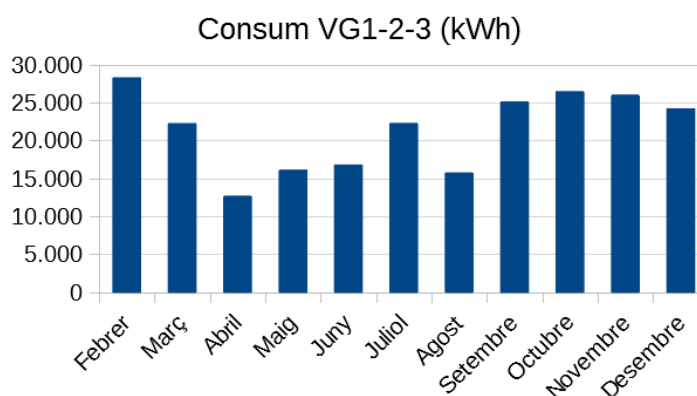


Figura 86: Consum elèctric mensual dels mòduls VG1, VG2 i VG3

A continuació es pot veure l'evolució del consum elèctric comparat amb l'any anterior. Al febrer, quan la universitat funcionava amb normalitat s'observa pràcticament el mateix consum, proper als 30.000 kWh, però a partir del març el consum del 2020 es veu clarament reduït.

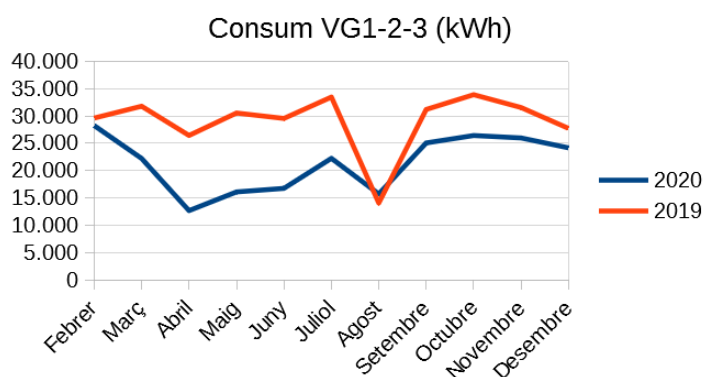


Figura 87: Comparació del consum elèctric mensual dels mòduls VG1, VG2 i VG3

Al 2019, als mòduls VG1, VG2 i VG3 es va consumir un total de 320.000 kWh, mentre que al 2020 s'ha vist reduïda un 26,35% fins situar-se als 235.500 kWh.

5.6.2 Consum elèctric edifici VG6

A l'edifici VG6 s'hi situa la biblioteca del campus de Vilanova. Aquesta disposa d'una superfície de 1.559 m².

Tal i com s'observa en el següent gràfic, el consum elèctric de la biblioteca es va veure fortament afectat pel tancament de les universitats. El consum dels mesos d'abril i maig és només d'uns 700 kWh, el qual es pot considerar totalment consum de fons. Aquest consum només representa el 15% del consum d'un mes amb normalitat com seria el febrer, el qual és de més de 4.500 kWh.

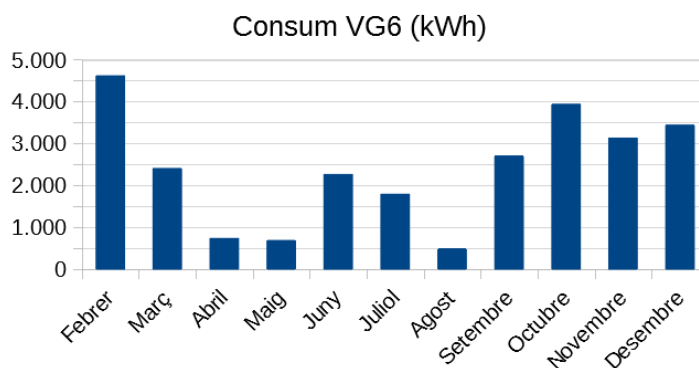


Figura 88: Consum elèctric mensual del l'edifici VG6

Al següent gràfic es compara el consum mensual dels mesos estudiats del 2020 amb els mateixos mesos del 2019. Com mostra, al febrer el consum és pràcticament idèntic, però a la resta de mesos s'observa una davallada de consum al 2020 respecte al 2019. Així, al 2019 el consum elèctric total va ser de 45.300 kWh i al 2020 va ser de 26.100 kWh. Per tant, la reducció ha sigut de 19.200 kWh, un 42,3% respecte al 2019.

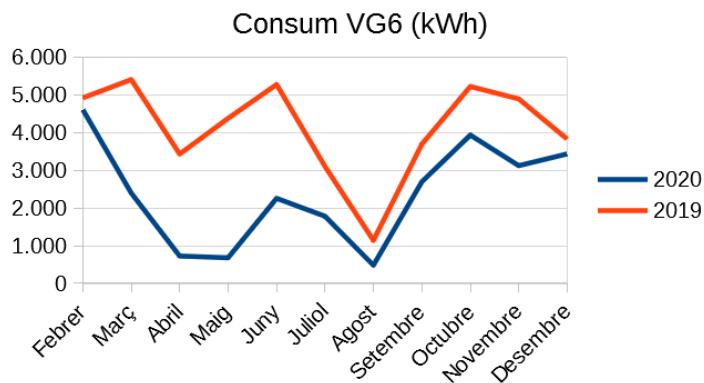


Figura 89: Comparació del consum elèctric mensual del mòdul VG6

5.6.3 Conclusions Campus Vilanova i la Geltrú

Els consums totals dels edificis del campus de Vilanova amb dades disponibles per quadrimestres es poden veure representats ens els següents gràfics.

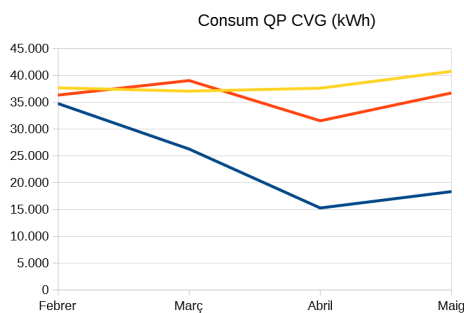


Figura 90: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Vilanova

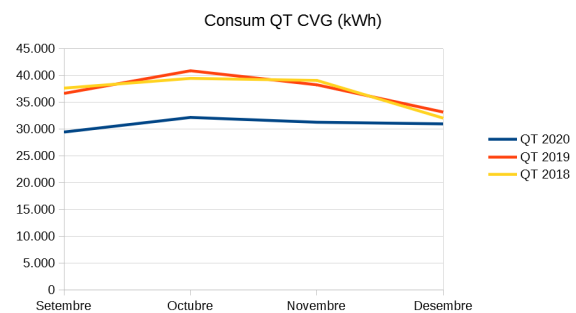


Figura 91: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Vilanova

Ambdós quadrimestres han tingut un consum inferior aquest any. Pel que fa al quadrimestre de primavera la reducció ha estat més brusca, on es nota l'inici de la pandèmia, i del 34,15% comparat amb els mateixos mesos del 2019. En canvi, el quadrimestre de tardor ha tingut una reducció del consum constant al llarg dels mesos. Aquesta ha estat del 16,9%.

5.7 Campus Sant Cugat del Vallès

Al Campus de Sant Cugat del Vallès s'hi ubica l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès (ETSAV). Aquest té una superfície construïda de 13.306 m².

En el campus també s'hi troba el CRITT, destinat a la recerca i transferència de tecnologia, i una residència d'estudiants.

Aquest campus s'analitzarà a nivell global ja que la plataforma SIRENA no disposa de les dades dels diferents edificis. A continuació es mostra l'evolució del consum mensual.

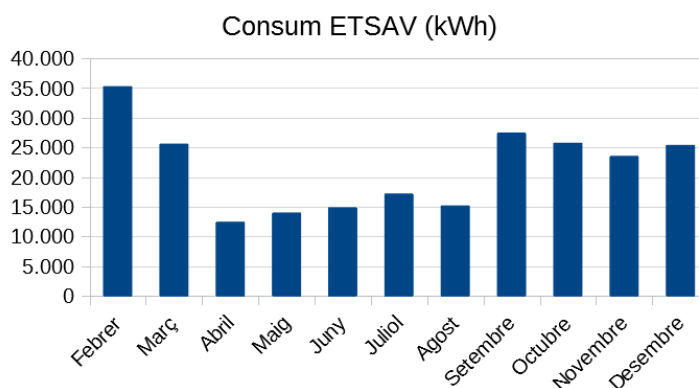


Figura 92: Consum elèctric mensual del Campus de Sant Cugat del Vallès

Clarament es mostra una davallada del consum elèctric durant el mes d'abril, consumint un 64,8% menys del que es va consumir al febrer, passant de consumir més de 35.000 kWh a uns 12.000 kWh.

També es compara amb el consum enregistrat l'any anterior i, com en la majoria d'edificis, el consum al febrer és pràcticament igual seguit d'un consum molt inferior durant l'any 2020. Al següent gràfic es mostra l'evolució.

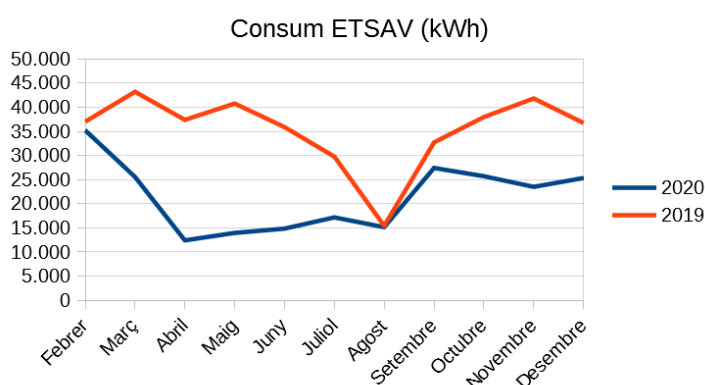


Figura 93: Comparació del consum elèctric mensual del Campus de Sant Cugat del Vallès

Durant el període del 2020 es van consumir 236.100 kWh en tot el Campus de Sant Cugat del Vallès, un 39,2% menys que l'any 2019, situant el seu consum a 388.700 kWh.

En els gràfics de continuació es pot veure l'evolució del consum per quadrimestres des del 2018.

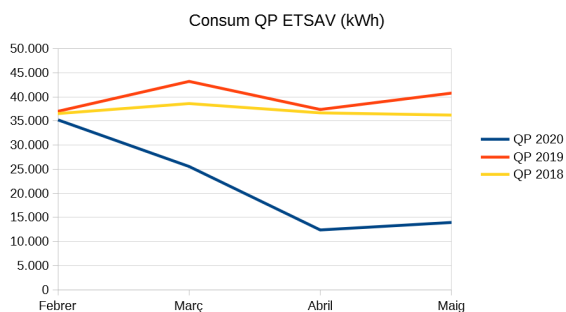


Figura 94: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus Diagonal Besòs

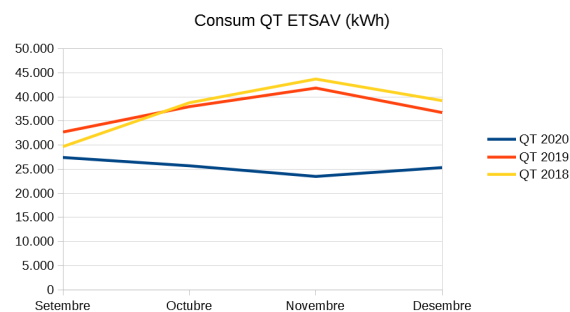


Figura 95: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus Diagonal Besòs

S'aprecia el baix consum elèctric en els mesos d'abril i maig, on tot el campus estava tancat. Tot i això, els dos quadrimestres han tingut un consum clarament inferior respecte als d'anys anteriors. Sent exactes, la reducció en el consum durant els quadrimestres de primavera i tardor ha estat del 45% i 31,7%, respectivament.

5.8 Campus Manresa

El campus de Manresa ubica l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (**EPSEM**) i té una superfície total construïda de $9.469 m^2$, sent el campus més petit de la **UPC**. Aquesta escola és l'única de Catalunya que imparteix els estudis d'enginyeria minera. També realitza estudis tècnics de telecomunicació i d'enginyeria industrial. En el campus també s'hi ubica una biblioteca.

El campus està format per cinc mòduls: l'activitat docent de l'**EPSEM** es realitza als mòduls MN1, MN2 i MN3. A MN4 i MN6 s'hi troba el bar i la biblioteca, respectivament.

Aquest campus no s'ha pogut comparar amb el consum de l'any anterior ja que no es trobaven les dades enregistrades, però sí que s'ha comparat amb el consum del darrer any amb dades. Per altra banda, no s'ha pogut analitzar el mòdul MN4, que hi ubica el bar, ja que tampoc es tenen dades.

5.8.1 Consum elèctric edificis MN1-2-3

Aquests tres edificis s'analitzen de manera conjunta ja que la plataforma (**SIRENA**) no les diferencia. En els tres edificis es realitza l'activitat docent de l'**EPSEM** i tenen una superfície total de $7.866 m^2$.

En el següent gràfic es mostra l'evolució dels mesos d'aquest curs acadèmic. Es pot apreciar la reducció en el consum elèctric durant els mesos d'abril, maig i juny, passant de consumir-se $22.900 kWh$ al febrer a $10.500 kWh$ durant l'abril, sent aquest el mínim consum assolit. Aquest consum romanent és el 46% del total del febrer. Pel que fa als últims mesos, a partir del setembre, el consum elèctric és pràcticament igual al d'abans de l'inici de la pandèmia.

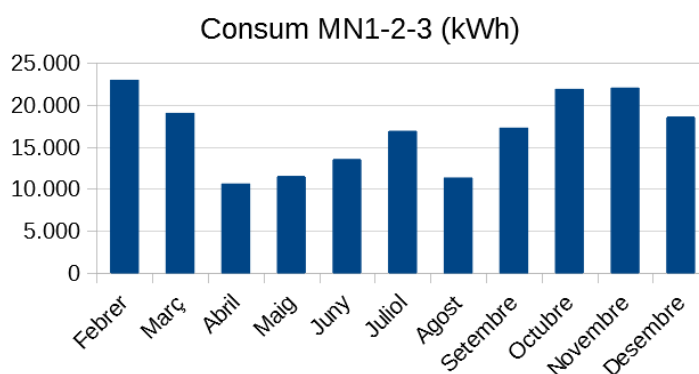


Figura 96: Consum elèctric mensual dels edificis MN1-2-3

Com s'ha dit anteriorment, no es disposen les dades del consum del 2019 ni de la totalitat del 2018 dels edificis MN1, MN2 i MN3. En el següent gràfic es compara l'evolució dels consums mensuals d'aquests edificis amb l'any 2017, on es pot apreciar la reducció del consum des de l'inici de la pandèmia. Pel que fa al 2020 es van utilitzar 185.200 kWh durant els mesos analitzats, el que suposa un 30,5% menys que al 2017, emprant 266.600 kWh.

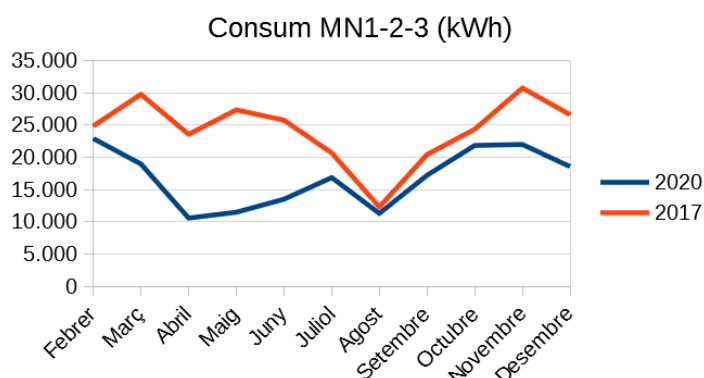


Figura 97: Comparació del consum elèctric mensual dels edificis MN1-2-3

5.8.2 Consum elèctric edifici MN6

L'edifici MN6 ubica la biblioteca del campus de Manresa i té una superfície construïda de 1.399 m².

En el següent gràfic es mostra el consum diari de la biblioteca durant els mesos estudiats però amb l'absència d'algunes dades ja que la plataforma [SIRENA](#) no disposa de les dades enregistrades del 28 de juliol fins al 20 d'octubre a causa d'algun error.

Com es pot observar, el consum des de mitjans de març, d'uns 50 kWh per dia, és el consum de fons que té la biblioteca, ja que és el que consumeix estant aquesta tancada. També és el consum que té durant els festius de tot l'any.

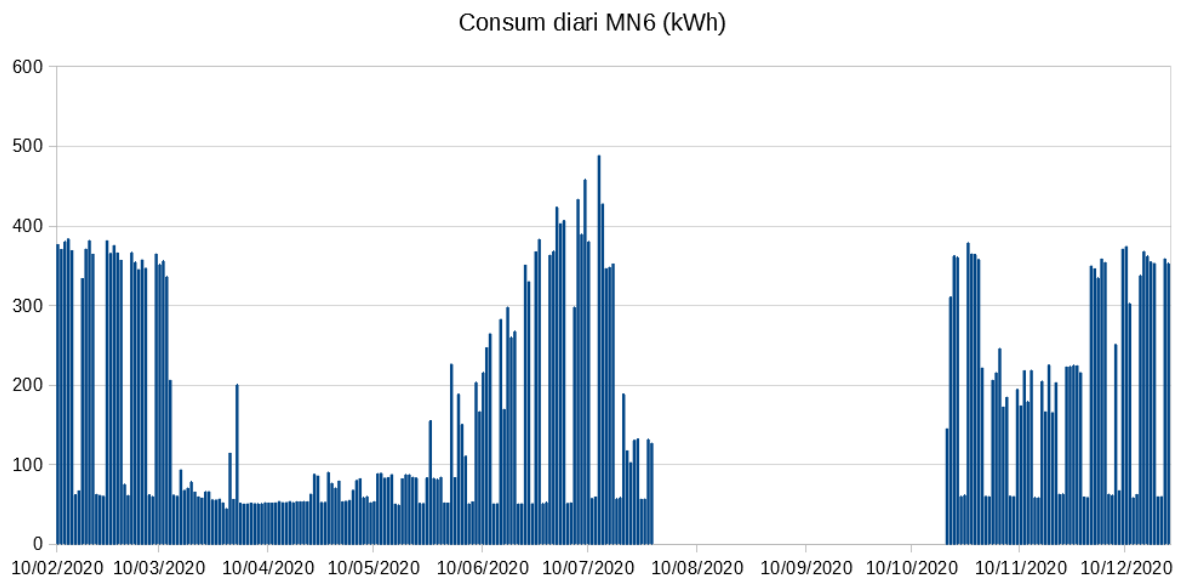


Figura 98: Consum elèctric diari de l'edifici MN6

La reducció del consum elèctric d'un mes amb normalitat a la universitat a un mes amb la universitat tancada, com serien el febrer i l'abril respectivament, és del 77,4%, passant de consumir 8.300 kWh a 1.800 kWh.

5.9 Conclusions Campus Manresa

En el següents gràfics es pot observar el consum total del campus de Manresa, que representa la suma dels edificis que se'n coneix el consum, per quadrimestres.

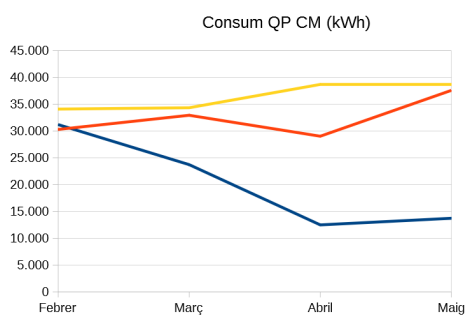


Figura 99: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Manresa

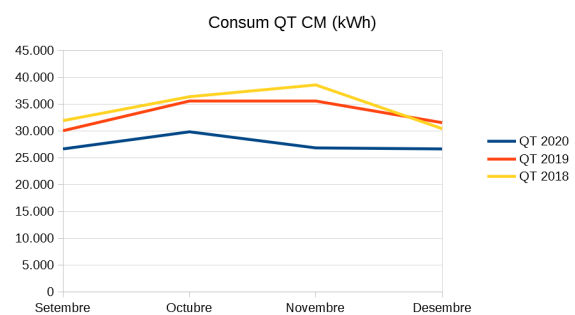


Figura 100: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Manresa

Durant el quadrimestre de primavera el consum dels mesos del 2020 ha estat un 37,54% inferior al consum de l'any 2019. Pel que fa al quadrimestre de tardor aquesta reducció ha estat del 17,16%.

5.10 Campus de Nàutica

A la zona del Port de Barcelona s'hi troba la Facultat de Nàutica de Barcelona (FNB), la més antiga de la Universitat, acull els estudiants que es formen en els diferents àmbits de l'enginyeria marítima. Aquest està format per tres mòduls, els quals disposen d'una superfície construïda total de 5.057 m².

En el següent gràfic es mostra el consum mensual de tot el campus. S'analitzen els tres edificis conjuntament ja que no es tenen les dades diferenciades. Tal i com mostra, es pot observar la davallada en el consum degut al confinament del primer quadrimestre, obtenint un mínim de 4.800 kWh en el mes d'abril. Si es compara el consum de l'abril amb el del febrer s'obté una reducció del 53,4%.

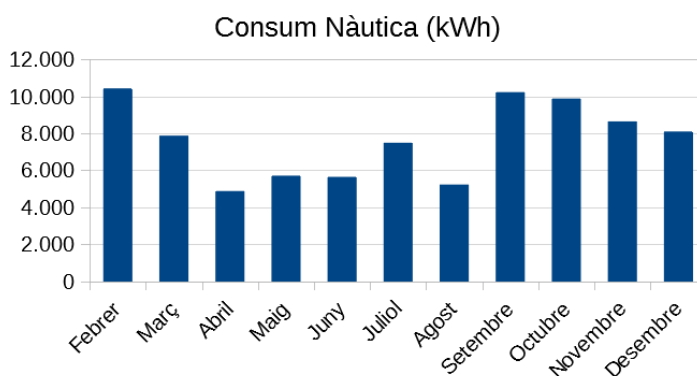


Figura 101: Consum elèctric mensual del Campus de Nàutica

Pel que fa a l'evolució del consum elèctric al llarg de l'any, en el següent gràfic s'observa com el consum, en tots els mesos, és inferior al consum de l'any 2019. Des del febrer fins el desembre, la reducció del consum és del 29,2%, el que significa un estalvi de 38.700 kWh.

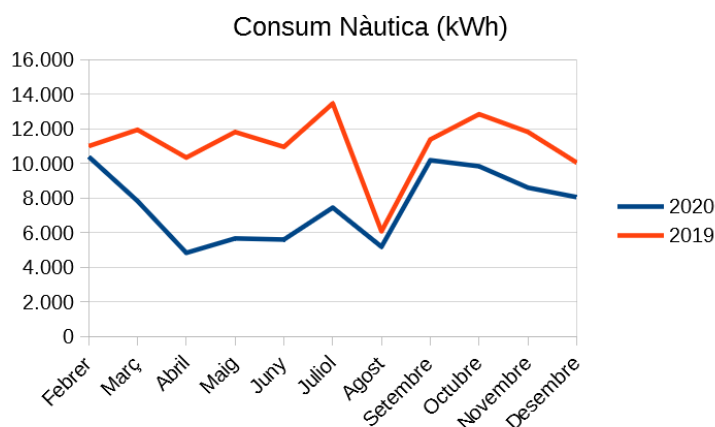


Figura 102: Comparació del consum elèctric mensual del Campus de Nàutica

Quan es compara l'evolució del consum elèctric per quadrimestres des de l'any 2018 s'obtenen

els següents gràfics, de primavera i tardor respectivament.

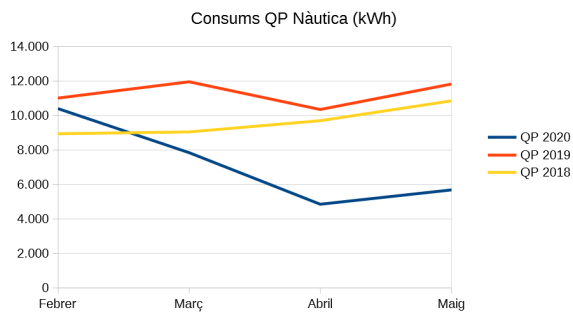


Figura 103: Consum mensual quadrimestre primavera del Campus de Nàutica

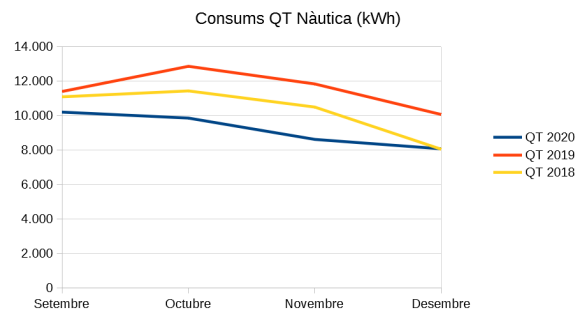


Figura 104: Consum mensual quadrimestre tardor del Campus de Nàutica

En el quadrimestre de primavera s'aprecia l'inici del confinament a mitjans de març, començant a disminuir el seu consum. Aquest quadrimestre ha tingut una reducció del 36,28% respecte l'any anterior. El quadrimestre de tardor, en canvi, ha tingut una disminució més lleu i constant. Aquesta ha sigut del 20,41% respecte l'any 2019 també.

5.11 Conclusions Campus UPC

En la següent taula es mostra els resultats obtinguts després de l'anàlisi de cada edifici dels diferents campus per tal de quantificar la reducció del consum elèctric d'aquest 2020 respecte l'any passat. Cal remarcar que la comparació d'algun edifici s'ha realitzat amb el darrer any amb dades disponibles, ja que no es tenien les del 2019. També cal esmentar que alguns campus no estan complets amb la totalitat dels seus edificis.

Concretament, del Campus Nord s'ha exclòs la Torre Girona, el BSC, la residència d'estudiants i els edificis Nexus. I dels edificis que sí que s'han estudiat, dels mòduls A falta l'edifici A6 i del mòduls B, el B0, B1 i B6. Per acabar, els edificis C, D i Til·lers estan comparats amb l'any 2018.

Del Campus Baix Llobregat s'han considerat només els edificis de la UPC, i dins d'aquests no s'ha pogut analitzar l'Agròpolis ni de la totalitat de la instal·lació elèctrica del mòdul C4C.

Per acabar, del Campus de Manresa només s'ha inclòs el mòdul MN1-2-3. A més, com s'ha dit en l'anàlisi d'aquests edificis, el consum està comparat amb el consum de l'any 2017.

UPC	2019 (kWh)	2020 (kWh)	Diferència (kWh)	Reducció (%)
Campus Nord	8.394.310	6.553.313	-1.840.997	21,93 %
Campus Sud	4.229.307	2.989.469	-1.239.838	29,32 %
Campus Terrassa	2.632.693	2.107.330	-525.363	19,96 %
Campus Baix Llobregat	1.751.742	1.202.876	-548.866	31,33 %
Campus Diagonal Besòs	2.810.138	2.474.267	-335.871	11,95 %
Campus Vilanova	365.114	261.673	-103.441	28,33 %
Campus Sant Cugat	388.718	236.171	-152.547	39,24 %
Campus Manresa	266.598	185.265	-81.333	30,51 %
Campus Nàutica	132.835	94.038	-38.797	29,21 %
TOTAL	20.971.455	16.104.402	-4.867.053	23,21 %

Taula 6: Resum consum elèctric UPC

L'electricitat consumida dels edificis que s'han inclòs a la comparació durant el període acadèmic del 2019 - del 10 de febrer al 22 de desembre - va ser de més de 20.900 MWh. En canvi, el mateix període d'aquest 2020, el consum dels mateixos edificis ha estat de 16.100 MWh. Aquesta diferència en el consum significa una reducció del 23,2%.

El Campus on menys s'ha reduït el consum al llarg de tot el període d'estudi és el Campus de Diagonal Besòs, obtenint una reducció del 11,95%, seguit del Campus de Terrassa, el qual es redueix un 19,96%. Per altra banda, el Campus que més varia el seu consum és el Campus de Baix Llobregat, que es redueix un 31,33%.

Per últim, la plataforma [SIRENA](#) també disposa del consum total de la [UPC](#), que és el consum agregat de tots els edificis que estiguin monitoritzats. Malauradament però, per algun error del software, no es disposen de les dades de tot l'any.

El consum durant el mes d'abril va caure un 39,1% respecte al febrer. Al maig, on el consum és mínim la reducció és del 39,5%. Nogensmenys, si comparem el consum d'un dia feiner durant el febrer - amb la Universitat oberta - amb un dia del mes d'abril - amb la Universitat tancada -, observem una disminució de gairebé el 50%. El consum elèctric en dies lectius del mes de febrer són d'uns 85.000 kWh, passant a ser d'uns 45.000 kWh a l'abril.

En el següent gràfic es pot observar el consum total diari de la [UPC](#), que representa el consum agregat de tots els edificis de la universitat monitoritzats al [SIRENA](#). Com es pot veure, falten dades per errors del sistema.

En aquest gràfic es fa molt notori i visible l'inici del confinament. També serveix per veure que el consum de fons de tota la universitat és d'uns 45.000 kWh diaris.

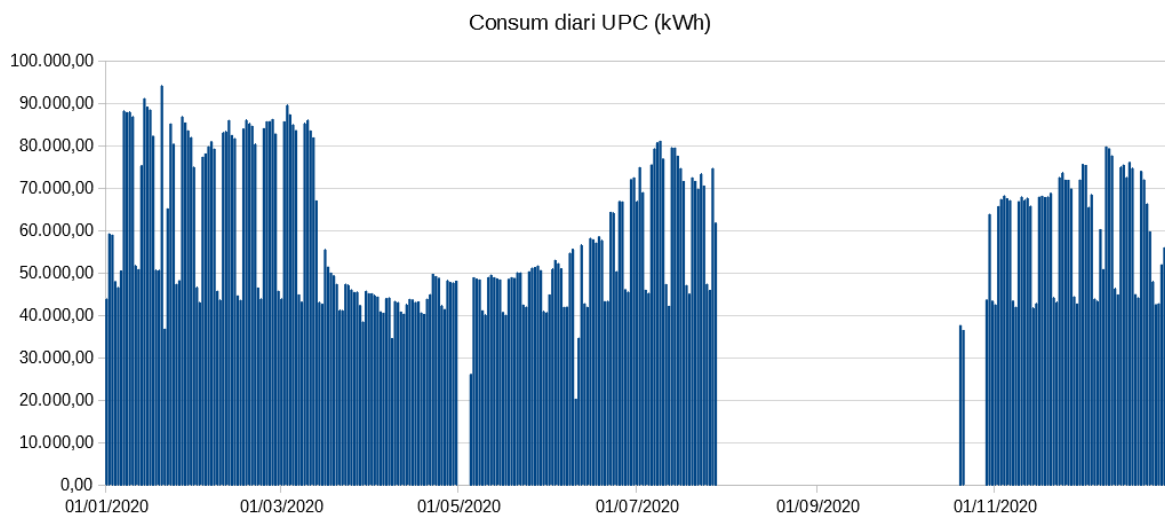


Figura 105: Consum elèctric diari de la UPC

A continuació, es poden veure els resultats de la comparació del consum energètic dels diferents campus per quadrimestres. Cada quadrimestre, és comparat amb el consum del mateix de l'any anterior, amb l'excepció del Campus Nord per la falta de dades.

En tots els campus, com era d'esperar, la reducció del consum elèctric durant el quadrimestre de primavera és molt més elevat, amb l'excepció del Campus del Baix Llobregat on és pràcticament igual.

Els campus on la reducció va ser més significativa durant el quadrimestre del confinament són els que tenen una menor superfície construïda: Sant Cugat, Manresa i Nàutica. Respecte el quadrimestre de tardor, la reducció del consum és menys important però inferior a l'any 2019, excepte el Campus del Besòs on el consum és un 0,58% superior.

A la totalitat dels campus (excepte el Campus Nord) la reducció en el quadrimestre de primavera i tardor va ser del 28,38% i 16,74%, respectivament, que suposen un estalvi de 1.280 MWh i 800 MWh.

CAMPUS	Quadrimestre	Consum 2019 (kWh)	Consum 2020 (kWh)	Diferència (kWh)	(%)
Campus Nord	QP	–	3.211.991	–	–
	QT	–	3.502.031	–	–
Campus Sud	QP	1.565.515	1.063.464	-502.051	-32,07 %
	QT	1.649.998	1.241.959	-408.039	-24,73 %
Campus Terrassa	QP	901.986	662.369	-239.617	-26,57 %
	QT	999.206	875.839	-123.367	-12,35 %
Campus Baix Llobregat	QP	526.596	380.593	-146.003	-27,73 %
	QT	620.273	448.367	-171.906	-27,71 %
Campus Diagonal Besòs	QP	1.040.024	832.701	-207.323	-19,93 %
	QT	1.044.683	1.050.733	6.050	0,58 %
Campus Vilanova	QP	143.625	94.576	-49.049	-34,15 %
	QT	148.922	123.814	-25.108	-16,86 %
Campus Sant Cugat	QP	158.389	87.116	-71.273	-45,00 %
	QT	149.267	101.947	-47.320	-31,70 %
Campus Manresa	QP	129.841	81.099	-48.742	-37,54 %
	QT	132.898	110.098	-22.800	-17,16 %
Campus Nàutica	QP	45.151	28.768	-16.383	-36,28 %
	QT	46.146	36.728	-9.418	-20,41 %
TOTAL (excepte Campus Nord)	QP	4.511.127	3.230.686	-1.280.441	-28,38 %
	QT	4.791.393	3.989.485	-801.908	-16,74 %

Taula 7: Resum consums dels campus per quadrimestres

6 Propostes de millora

Un cop realitzat l'anàlisi de tots els consums elèctrics disponibles dels edificis de la **UPC**, a continuació s'enumeren diferents propostes de millora que han anat sorgint en el procés d'aquest treball i que poden facilitar a la gestió i l'eficiència energètica de la Universitat. Cal destacar que les millores proposades estan centrades en l'optimització de la gestió i, per tant, que no requereixen grans inversions econòmiques, a diferència de la majoria d'estratègies per reduir el consum energètic en edificis ja construïts, on es modernitzen sistemes d'il·luminació o de climatització, per exemple.

Per començar, és imprescindible conèixer els consums dels edificis, fet pel que és necessària la **monitorització dels consums energètics i d'aigua en tots els edificis**, com s'ha vist encara no és així. La monitorització a la plataforma **SIRENA** dels consums d'aigua, gas i Districlima encara està molt lluny del nivell desitjat. Un altre aspecte important és tenir monitoritzat mòdul per mòdul, no només a nivell global de l'escola o fins i tot del Campus, per poder detectar amb més exactitud on no hi ha un correcte funcionament o on s'hauria d'aconseguir una reducció de consum més important. També incloure un correcte manteniment del sistema per evitar errors informàtics o errors en els sensors de monitorització. Realitzar un seguiment exhaustiu i periòdic de tots els edificis és necessari per poder determinar les línies d'actuació a seguir per a reduir-los.

En segon lloc, implementar **millores en l'ús i la gestió dels edificis** ajudarà a reduir els consums. Per això, cal conèixer bé tant les seves instal·lacions com els seus usos i resulta, doncs, imprescindible conèixer tothom qui fa ús dels edificis: estudiants, professorat, personal de gestió, manteniment, neteja, etc. Tots aquests usuaris poden ajudar a la reducció de consum a partir del canvi d'hàbits com serien l'apagada d'equips informàtics i equipaments al marxar, la prioritització de la llum natural, l'ús adequat dels sistemes de climatització, entre altres.

Per últim, com s'ha vist, el consum global de tota la **UPC** només s'ha reduït un 39% al mes d'abril - de confinament - respecte al febrer, quan la universitat funcionava amb normalitat. És així com es pot observar que el consum romanent de tots els edificis és molt, o massa, elevat. Aquest consum correspon tant a les instal·lacions que han d'estar permanentment en funcionament com als aparells i sistemes que han quedat encesos de manera innecessària. Tot i que és impossible d'eliminar el consum romanent en la seva totalitat, sí que és possible reduir-lo. Així doncs, una línia d'actuació interessant per tal de reduir la despesa energètica de la **UPC**, podria ser centrar-se en la **reducció del consum de fons de tots els edificis**, ja que com s'ha demostrat en altres projectes i en aquest estudi, és un àmbit amb molt potencial de reducció. A més, com s'ha comentat anteriorment, les mesures d'aplicació consisteixen majoritàriament en la conscienciació dels usuaris que fan ús de la universitat, per tant no requereixen una elevada inversió econòmica.

7 Pressupost

En aquest capítol es realitza una aproximació econòmica del cost de la realització del projecte presentat. Degut a que es tracte d'un treball teòric, i no de l'execució de cap projecte, només existeix el cost de l'estudi.

El cost de l'estudi inclou el cost del maquinari utilitzat, el del programari i també el de la mà d'obra necessària.

La següent taula mostra el desglossament de totes les despeses dels recursos materials i informàtics. Les dades s'han extret de proveïdors d'equips informàtics i de les pàgines web dels fabricants. Cal destacar que per a la elaboració d'aquest treball s'ha emprat programari lliure, d'aquesta manera el cost de llicències és zero.

Recursos materials i informàtics			
Concepte	Preu / unitat (€)	Amortització	Preu total (€)
Ordinador portàtil	233,09 €	0,1	23,31 €
Ratolí	2,99 €	0,1	0,30 €
Llicències	0,00 €	-	0,00 €
TOTAL			23,61 €

Taula 8: Cost dels recursos materials i informàtics

Per finalitzar el pressupost, cal calcular també el cost de la mà d'obra utilitzada. Per tal d'estimar el cost s'ha considerat un preu de 25 euros/hora aproximadament. Aquest preu/hora inclou, intrínsecament, costos indirectes com el subministrament d'electricitat i Internet.

Recursos humans			
Concepte	Preu / hora (€)	Hores	Preu total (€)
Documentació	25,00 €	20	500,00 €
Estudi i anàlisi	25,00 €	45	1.125,00 €
Memòria	25,00 €	60	1.500,00 €
Subtotal	-	125	3.125,00 €
		IVA (21%)	656,25 €
TOTAL			3.781,25 €

Taula 9: Cost dels recursos humans

Per tant, el cost total de la realització d'aquest projecte és de 3.804,86€.

Pressupost	Preu (€)
Recursos materials / informàtics	23,61 €
Recursos humans	3.781,25 €
TOTAL	3.804,86 €

Taula 10: Cost total del projecte

8 Impacte ambiental

En aquest capítol s'exposa l'impacte sobre l'entorn que té aquest treball. Tot i ser un treball purament teòric, l'anàlisi del consums energètics de la [UPC](#) i la recerca d'estratègies per a reduir-los sí que poden arribar a tenir un impacte positiu en l'entorn.

Així doncs, el fet d'involucrar al professorat i estudiants i d'invertir temps i recursos en temes de sostenibilitat energètica comporta, intrínsecament, un impacte molt positiu socialment. Valorar també l'impacte de l'ús de programari lliure en aquest treball, que tot i que només s'ha utilitzat Libre Office i LaTeX, s'ha tingut present ja que hi ha la voluntat de crear precedent en aquest aspecte.

Pel que fa als recursos utilitzats, només s'ha de tenir en compte l'electricitat consumida per l'ordinador durant la recerca, l'anàlisi, i la redacció de la memòria.

Per acabar, les conclusions extretes d'aquest estudi sí que poden tenir un impacte mediambiental favorable, ja que s'ha proposat línies de millora en l'estalvi energètic, com la reducció del consum de fons, millorar el monitoratge, l'ús i la gestió de tots els edificis.

9 Conclusions

El present treball de final de grau té per objectiu principal l'avaluació de l'impacte de la COVID-19 en el consum elèctric dels edificis de la UPC. Així doncs, s'ha quantificat campus per campus i edifici per edifici - sempre i quan hagi estat possible -, la reducció en el consum elèctric d'enguany en la UPC. Un any marcat per la pandèmia de la Covid-19 i un confinament total que a Espanya va començar el 14 de març de 2020, i del qual encara no s'ha arribat a la normalitat.

S'ha estudiat els consums de dos quadrimestres sencers, els que conformen aquest any 2020. Primer, per conèixer l'efecte directe en el consum elèctric durant els mesos en que tota la universitat va romandre tancada, i per observar i analitzar les diferències amb el segon quadrimestre, en què la universitat s'ha mantingut sempre oberta però molt buida. Finalment, s'ha comparat l'evolució en el consum al llarg dels mesos estudiats amb el consum del mateix període de l'any 2019.

El primer que es pot concloure és que la plataforma SIRENA és una eina molt important per a conèixer, analitzar i realitzar un seguiment dels consums en tots els edificis. Sí que és cert, però, que encara no funciona en la totalitat dels edificis, així que per aconseguir una bona gestió caldria ampliar tota la xarxa de monitorització energètica per assolir el 100% dels edificis en el consum d'electricitat, aigua i gas. D'aquesta manera, i un cop coneguts, estudiats i monitoritzats tots els edificis, es podran marcar les línies estratègiques necessàries per a poder assolir els objectius de reducció dels consums.

En segon lloc, s'ha quantificat la reducció en el consum des del 10 de febrer fins al 22 de desembre, respecte l'any 2019. Aquesta reducció - encara que no s'ha inclòs tots els edificis en la comparativa - ha estat del 23,2%, que suposa un estalvi de més de 4.800 MWh. Pel que fa al comptador d'electricitat de tota la UPC, tot i només tenir dades d'aquest any, s'obté que el mínim consum es produeix durant el mes de maig, amb una reducció del 39,5% respecte el mes de febrer. Això significa que, amb la universitat tancada, existeix un consum mensual de 1.200 MWh. Gran part d'aquest consum és l'anomenat consum romanent o de fons i constitueix, doncs, un gran focus d'interès per a poder minimitzar el consum elèctric.

Finalment, i ja per concloure el projecte, s'ha de tenir en compte que les dades de consum d'aquest any no són representatives de l'estat actual de la UPC, a causa de l'excepcionalitat del moment. Tot i això, ha estat molt útil per poder estudiar a fons i comparar el consum dels diferents edificis i així poder analitzar, doncs, quines són les properes línies d'estudi necessàries per poder minimitzar el consum elèctric i assolir els objectius marcats en el Pla UPC 2020 d'energia i sostenibilitat.

10 Agraïments

En primer lloc, agrair al meu tutor, Roberto Vilafàfila, per guiar-me en el desenvolupament d'aquest treball. A la Laura i tota la comunitat de [UPC](#) sostenible per la feina que fan. I a totes les persones treballen dia a dia per a que la sostenibilitat no sigui només un concepte buit de contingut, sinó una estratègia de futur.

En segon lloc, a la mare, el pare, la Mireia i la Mònica. Pel suport imprescindible durant tots els anys.

En tercer lloc, a l'Assemblea d'Estudiants per ensenyar-me tant.

I als amics, per ser-hi.

Referències

- [1] PLATAFORMA SIRENA (2007). GENER 2021.
<https://sirenaupc.app.dexma.com/dashboard/widgets.htm>
- [2] DADES ESTADÍSTIQUES I DE GESTIÓ (2019). GENER 2021.
https://gpaq.upc.edu/lldades/indicador.asp?index=4_1_3
- [3] INFORME SIRENA (2019). GENER 2021.
<https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/informe-sirena-2019-avaluacio-del-consum-d2019energia-i-aigua-de-la-upc>
- [4] PLA UPC DE SOSTENIBILITAT ENERGÈTICA (2020). GENER 2021.
<https://www.upc.edu/energia2020/ca/repte-upc>