Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Anàlisi del consum energètic al Campus Nord

MEMÒRIA

Autor: Alejandro Sánchez Bergés
Director: Roberto Villafáfila Robles

Convocatòria: Gener 2018

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona

Resum

L'objectiu del present treball és analitzar el consum energètic al Campus Nord (CN) per a determinar perquè difereixen els consums mesurats per la UPC i els mesurats per la companyia elèctrica. Per aconseguir-ho, s'ha de conèixer i comprendre com funciona un sistema de monitorització. Seguidament, s'ha d'estudiar l'evolució del consum elèctric per a cada edifici del CN, identificant la procedència de tots els consums elèctrics. Això permetrà detectar la ubicació dels errors responsables de la diferència entre els consums mesurats per la UPC i per la companyia elèctrica.

En primer lloc, s'explica resumidament el funcionament dels sistemes de monitorització de consums similars al emprat per la UPC. De forma més detallada, s'explica també el funcionament del sistema d'informació de recursos energètics i aigua (SIRENA), que és el sistema de monitorització emprat per la UPC. A més a més, s'estudia l'Informe SIRENA del any pertinent, que en aquest cas és 2016.

Seguidament, s'estudia la distribució general del Campus Nord i s'identifiquen els edificis subjectes als anàlisis d'aquest treball.

A continuació, s'ha realitzat un anàlisi dels consums elèctrics a l'any 2016, tant a nivell del campus en general com per a cada edifici en concret. També, s'ha estudiat l'evolució de dits consums mitjançant l'elaboració de gràfics, que han permès interpretar les dades de manera molt més intuïtiva.

Finalment, analitzant els resultats d'aquest estudi, s'han detectat errors en la comptabilització dels consums elèctrics de certs edificis, identificant així la causa per la qual els consums mesurats per la UPC i els mesurats per la companyia elèctrica difereixen. Conseqüentment, es van realitzar estimacions d'aquells consums mal comptabilitzats per a obtenir una xifra de consum total més propera a la real.

Les dades s'han obtingut del sistema d'informació SIRENA i del Servei d'Infraestructures de la UPC (SI).

La manca de disponibilitat d'algunes dades, ha limitat l'anàlisi i l'obtenció de resultats més concloents. Malgrat això, el treball ha identificat aquells aspectes que provocaven errors i altres aspectes que cal millorar. D'aquesta manera, es podrà incidir correctament en els factors que comportaran un major estalvi energètic.

Sumari

RESUM 1

SUMARI 3

1. GLOSSARI 5

2. INTRODUCCIÓ 6

2.1. Objectius del projecte 7

2.2. Abast del projecte 8

3. SISTEMES DE MONITORITZACIÓ 9

3.1. SIRENA 10

4. DISTRIBUCIÓ DEL CAMPUS NORD 11

5. ESTUDI DEL CONSUM ELÈCTRIC DEL CAMPUS NORD L'ANY 2016 13

5.1. Evolució del consum elèctric dels Mòduls A 15

5.1.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul A1 16

5.1.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul A2 17

5.1.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul A3 18

5.1.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul A4 18

5.1.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul A5 i A6 19

5.2. Evolució del consum elèctric dels Mòduls B 21

5.2.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul B1 22

5.2.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul B2 23

5.2.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul B3 24

5.2.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul B4 i B5 25

5.2.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul B6 27

5.3. Evolució del consum elèctric dels Mòduls C 30

5.3.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul C1 31

5.3.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul C2 32

5.3.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul C3 33

5.3.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul C4 35

5.3.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul C5 37

5.3.6. Evolució del consum elèctric del Mòdul C6 40

5.4. Evolució del consum elèctric dels Mòduls D 45

5.4.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul D1 46

5.4.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul D2 47

5.4.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul D3 48

5.4.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul D4 50

5.4.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul D5 52
5.4.6. Evolució del consum elèctric del Mòdul D6 54
5.5. Evolució del consum elèctric de la Biblioteca 58
5.6. Evolució dels consums elèctrics dels edificis K2M i Omega..... 60
5.7. Evolució dels consums elèctrics del Poliesportiu i l'Enllumenat Extern..... 62
5.8. Evolució dels consums elèctrics del Rectorat i l'edifici Til·lers 64
5.9. Evolució del consum elèctric del Vèrtex 66
5.10. Conclusions de l'estudi 68

6. PROPOSTES DE MILLORA 72

7. IMPACTE MEDIAMBIENTAL 73

8. PRESSUPOST 74

9. CONCLUSIONS 75

AGRAÏMENTS 76

BIBLIOGRAFIA 77

1. GLOSSARI

BIB: Biblioteca Rector Gabriel Ferraté

BSC: Barcelona Supercomputing Centre

CIMNE: International Centre for Numerical Methods in Engineering

CN: Campus Nord

DAC: Departament d'Arquitectura de Computadors

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

ETSETB: Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Telecomunicacions de Barcelona

FIB: Facultat d'Informàtica de Barcelona

K2M: Knowledge To Market

SI: Servei d'Infraestructures

PAS: Personal d'Administració i Serveis

SIRENA: Sistema d'Informació de Recursos Energètics i Aigua de la Universitat Politècnica de Catalunya

TG: Torre Girona

TIC: Tecnologies de la Informació i la Comunicació

TFG: Treball de Fi de Grau

UPC: Universitat Politècnica de Catalunya

2. INTRODUCCIÓ

Els éssers humans, tenen una enorme influència en el medi ambient del planeta. La seva activitat industrial allibera anualment milers de tones de gasos contaminants a l'atmosfera, augmentant l'efecte hivernacle i sent la principal raó enrere l'augment global de temperatures. Aquest canvi artificial en la temperatura del planeta comporta tota mena de perjudicis sobre el medi ambient, que van des de l'extinció de moltes espècies animals i vegetals, fins al desgel dels pols, amb el seu conseqüent augment del nivell del mar.

La Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) és molt conscient d'aquesta greu problemàtica global, per això, es va realitzar el Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica [1], l'objectiu del qual és aconseguir una universitat sostenible, a mig i llarg termini, amb baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni.

Per aconseguir-ho, es van implantar comptadors elèctrics, de gas i d'aigua en els diferents campus de la UPC, així com, en la mesura en que el finançament ho va permetre, en els diferents edificis que composen cada campus. Totes aquestes dades relatives als consums són estudiades pel Sistema d'Informació de Recursos Energètics i Aigua de la Universitat Politècnica de Catalunya (SIRENA) i cada any es publica un informe SIRENA que resumeix a grans trets l'estat actual a nivell energètic de la UPC.

Gràcies a aquesta i moltes altres mesures, la UPC ha assolit en els últims anys un important estalvi energètic. Malauradament, també es va detectar que els consums mesurats no són exactament iguals als de la companyia elèctrica. És a dir, es va detectar l'existència d'errors en la presa o anàlisis de les dades dels consums energètics.

Per a tractar d'identificar la ubicació d'aquests errors, es va decidir realitzar un estudi dels consums energètics de tota la UPC. Aquest estudi el va dur a terme, com a Treball de Fi de Grau (TFG), l'Adrià Farré, sent el tutor d'aquest en Roberto Villafáfila Robles (també tutor d'aquest TFG). El treball de l'Adrià es titula: *"Estudi dels factors clau per a l'estalvi energètic assolit a la UPC"* [2], i és a grans trets un estudi de l'evolució dels consums elèctric, de gas i d'aigua per a cada campus de la UPC.

Aquest treball, va permetre identificar on es trobaven les majors incongruències entre el consums mesurats per la UPC i els mesurats per la companyia elèctrica. L'estudi va revelar que en l'actualitat no es disposa de dades suficients per a determinar la procedència d'un 29% del consum elèctric del Campus Nord. Aquesta dada és molt rellevant, ja que el CN consumeix al voltant del 50% de l'electricitat total de tota la UPC, i no es pot realitzar un estudi rigorós dels consums de la UPC si es desconeix un percentatge tan elevat de la procedència dels seus consums.

D'aquesta problemàtica va sorgir l'idea d'un segon treball (aquest treball) que, partint de les conclusions del treball anterior, donés resposta als dubtes referents al consum elèctric del Campus Nord.

A diferència del treball de l'Adrià, que estudiava els consums elèctrics de gas i d'aigua de tots els campus de la UPC, aquest treball es centra en el Campus Nord a nivell elèctric. A grans trets, pretén analitzar l'evolució al llarg de 2016 del consum elèctric de cada edifici del CN per a poder identificar la procedència de tots els consums i detectar la ubicació d'errors en la comptabilitat.

2.1. Objectius del projecte

En base al TFG de l'Adrià Farré *"Estudi dels factors clau per a l'estalvi energètic assolit a la UPC"* [2] i al informe SIRENA 2016 [3], l'objectiu principal del treball és:

- Analitzar el consum energètic al Campus Nord.

Aquest objectiu es desglossa en els següents objectius específics:

  - Conèixer i comprendre el funcionament d'un sistema de monitorització.
  - Estudiar l'evolució del consum elèctric per a cada edifici del Campus Nord.
  - Identificar la procedència de tots els consums elèctrics del Campus Nord.
  - Identificar la ubicació dels errors responsables de que difereixin els consums mesurats per la UPC i per la companyia elèctrica.

2.2. Abast del projecte

L'abast de l'anàlisi del consum energètic del Campus Nord inclou la totalitat dels edificis d'aquest campus que paguen conjuntament la factura elèctrica. Això, és degut a que hi ha certs edificis del CN que, per molt diverses raons, opten per comptabilitzar i pagar els seus consums energètics a la companyia elèctrica per separat. A l'apartat 5 del present treball s'indiquen aquests edificis.

L'eix principal d'aquest treball és l'estudi de l'evolució dels consums elèctrics del CN de la UPC al llarg de l'any 2016. S'ofereix una visió global del consum elèctric de cada edifici sense profunditzar excessivament en les aules i plantes que composen cadascun. Tot i així, en certs edificis, degut al seu elevat consum i/o a la manera en què el SIRENA proporciona les dades, s'ha decidit estudiar en detall el consum dels seus soterranis.

Encara que el sistema de monitorització SIRENA permet obtenir dades de consum a temps real, no tots els edificis disposen d'una monitorització completa de tots els consums. Particularment, les dades de les superfícies útils dels edificis introduïdes al SIRENA presenten bastant errors i ha esta necessari agafar-les d'una altre font. Concretament, aquest dades van ser proporcionades per en Josep Manel Sabaté del Servei d'Infraestructures (SI) de la UPC. Malgrat això, no totes les superfícies dels edificis estaven disponibles, lo que ha comportat que, encara que s'ha pogut realitzar un anàlisi del consum per m^2 de la majoria d'edificis, no ha estat possible realitzar a nivell global un anàlisi del consum per m^2 del Campus Nord.

3. SISTEMES DE MONITORITZACIÓ

A grans trets, pot definir-se un sistema de monitorització com un sistema que permet obtenir informació de l'entorn on ha estat desplegat per al seu posterior anàlisi. Concretament, obtenen la informació del seu entorn mitjanant una xarxa de sensors, que varien segons la variable o variables monitoritzades.

Els sistemes de monitorització permeten realitzar un seguiment dels valors recopilats per tots els sensors que formen la xarxa. També, disposen d'interfícies que permeten visualitzar les dades obtingudes des de ordinadors o, fins i tot, mòbils. A més a més, és habitual que aquests sistemes incorporin eines que permetin a l'usuari efectuar accions complementàries, com la realització de consultes a historials de dades, l'accés a estadístiques i gràfiques, etc.

Els sistemes de monitorització poden considerar-se passius, ja que l'anàlisi de les dades i posterior control el realitza el personal a càrrec del sistema.

Els sistemes de monitorització són part imprescindible de tota indústria o immoble que faci ús de consums elevats, ja que el correcte seguiment i gestió d'aquests consums permet obtenir importants estalvis. Amb aquests sistemes, es poden monitoritzar diferents variables en temps real, lo que possibilita detectar ràpidament incidències tècniques relacionades amb el subministrament i el funcionament dels equips. El sistema monitoritzat aconsegueix així una major robustesa enfront canvis en les variables d'entrada.

A més a més, gràcies a la comptabilització dels consums i a la monitorització en temps real, es poden realitzar diagnòstics interns i proposar-se accions i mesures destinades a la millora del funcionament i l'eficiència del sistema.

Per al cas concret de la UPC, el sistema de monitorització escollit va ser el SIRENA (sistema d'informació de recursos energètics i aigua de la UPC), que no es limita a mesurar consums elèctrics, sinó que també monitoritza els consums de gas i aigua dels diferents campus. A continuació, es descriuen les principals característiques d'aquest sistema.

3.1. SIRENA

El SIRENA és va implementar l'any 2007 i és el sistema d'informació de recursos energètics i aigua de la UPC. Aquest sistema permet consultar, en temps real o en períodes històrics, els consums d'electricitat, gas i aigua de la UPC (ja sigui a nivell d'edifici, de campus o de tota la universitat). Concretament, el SIRENA registra cada 15 minuts el consum d'electricitat (kWh), gas (kWh) i aigua (m^3).

Els consums de tots els edificis monitoritzats són públics, i es poden consultar per Internet des de qualsevol ordinador. Ara bé, certes opcions que permeten un anàlisi mes detallat dels consums requereixen d'una autentificació.

A més a més, amb el programari PowerStudio de Circutor [4], es pot accedir a dades més avançades com harmònics i potències reactives. Aquest programari també permet visualitzar els consums a temps real.

Des de l'any 2008, cada any es realitza un informe SIRENA que avalua l'evolució del consum energètic, el seu impacte econòmic, les intervencions específiques realitzades i les propostes de millora que caldria implementar en els exercicis següents.

A continuació, ja que tots els consums estudiats en aquest treball pertanyen a l'any 2016, es realitza un breu estudi de l'informe SIRENA 2016 [3]. Primerament, destaca el fet de que aquest informe va ser el primer informe que es va generar dintre del Pla UPC Energia 2020 [1].

En línies generals, l'informe es centre en resumir la situació energètica de la UPC l'any 2016, i pràcticament no fa referència especifica a cap campus (encara que si que estudia superficialment quins canvis suposa la inclusió del nou Campus Diagonal Besòs). L'única al·lusió rellevant al CN és una breu menció al canvi en la potencia contractada, el qual s'estima que permetrà un estalvi de 104.998,80 €).

4. DISTRIBUCIÓ DEL CAMPUS NORD

El Campus Nord és un dels campus universitaris més importants de la UPC. Al CN hi ha ubicats un important nombre de centres d'investigació com el *International Centre for Numerical Methods in Engineering* (CIMNE), situat al mòdul C1, o el *MareNostrum*, el supercomputador més potent d'Espanya.

Pel que fa a la seva ubicació, està ubicat entre el barri de Pedralbes i el límit nord de la Zona Universitària. A la imatge inferior pot observar-se el mapa oficial del CN [5] extret directament de la web de la UPC.

Figura 4.1. Mapa del Campus Nord

A la part superior esquerra de la figura superior, es poden observar quatre fileres horitzontals d'edificis (o mòduls) amb noms que van des de la A fins a la D. El centre docent del Camus Nord es troba en aquests edificis, ja que en ells es realitzen la totalitat de les classes del CN, tant les de Grau com les de Màster.

Concretament, a l'any 2016, residien al CN tres facultats diferents: l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Telecomunicacions de Barcelona (ETSETB), l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB) i la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB). Aquestes facultats estan ubicades respectivament als edificis B3, C2 i B6.

A sota de la filera de mòduls A, estan ubicats d'esquerra a dreta: l'edifici Nexus I, la *Biblioteca Rector Gabriel i Ferraté* (BIB), el poliesportiu del campus, els edificis Omega i K2M i, sota aquests, l'edifici Nexus II.

A la dreta d'aquests, es troben el Rectorat, el Barcelona Supercomputing Centre (BSC), la Torre Girona (TG), la Residencia i l'edifici Til·lers.

Finalment, a la part superior dreta de la figura 4.1. s'aprecia l'edifici Vèrtex, que s'utilitza per impartir diversos cursos i congressos, així com la formació per al Personal d'Administració i Serveis (PAS).

5. ESTUDI DEL CONSUM ELÈCTRIC DEL CAMPUS NORD DE LA UPC L'ANY 2016

Com ja s'ha explicat en l'apartat 4 d'aquest treball, el Campus Nord de la UPC consta de més d'una trentena d'edificis. Ara bé, en aquest treball no s'estudiarà el consum elèctric de tots ells, sinó només d'aquells que paguen conjuntament la factura elèctrica. Això, és degut a que hi ha certs edificis del CN que, per molt diverses raons, opten per comptabilitzar i pagar els seus consums energètics a la companyia elèctrica per separat. Aquests edificis són els següents: Nexus I, Nexus II, BSC, TG i la Residència. Per tant, quan d'ara en endavant es parli de la totalitat d'edificis del CN, no s'estaran tenint en compte aquests últims.

Els consums elèctrics de la resta d'edificis es comptabilitzen conjuntament mitjançant el SIRENA. Són aquests consums els que estudia el present treball i estan desglossats per mes en la taula 5.1.

Període 2016 [mes]	Consum CN [kWh]
Gener	1.052.759
Febrer	1.021.559
Març	1.054.714
Abril	1.048.877
Maig	1.095.042
Juny	1.176.208
Juliol	1.304.178
Agost	933.704
Setembre	1.265.809
Octubre	1.126.133
Novembre	1.073.460
Desembre	1.029.533
TOTAL 2016 [kWh]	**13.181.975**

Taula 5.1. Consums elèctrics del CN al 2016

Malauradament, el SIRENA no disposa de les dades de consum de l'edifici B0, per tant, les dades de la taula superior són inexactes. Tampoc es coneix la superfície útil total del CN, però la suma de las superfícies útils de tots els edificis pertinents menys el Rectorat i l'enllumenat exterior és de 115.851,73 m^2 (informació proporcionada pel SI). Lo que, fent la corresponent divisió, dona un consum per m^2 total aproximat de 113,78 kWh/m^2.

Per a poder apreciar amb claredat la seva evolució al llarg de 2016, la figura 5.1. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics de la taula 5.1.

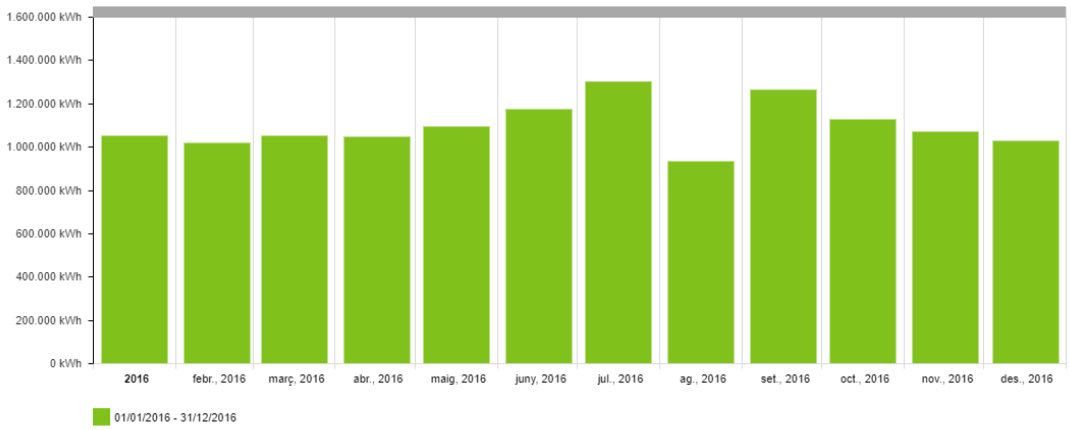

Figura 5.1. Evolució dels consums elèctrics del CN al 2016

Segons dades de la companyia elèctrica, el consum elèctric total del CN l'any 2016 va ser de 13.987.925 kWh (dada proporcionada pel SI). Existeix per tant, una discrepància de 805.950 kWh entre les dades mesurades pel SIRENA i les mesurades per la companyia elèctrica. Per tant, es coneix la procedència del 94,24% del consum del CN, lo que deixa un 5,76% de consum elèctric no justificat.

Com ja s'ha explicat anteriorment, el SIRENA no disposa de les dades de consum de l'edifici B0, així que una part d'aquesta discrepància es deguda a aquest factor. Tot i així, 800.000 kWh és un consum molt elevat i és poc probable que sigui produït únicament per l'edifici B0. Per tant, és probable que hi hagi algun error en les mesures del SIRENA.

Per a poder estudiar amb més precisió aquests consums i identificar els errors en les mesures, es revisaran els consums elèctrics de cadascun dels edificis del mòdul A.

5.1. Evolució del consum elèctric dels Mòduls A

Els Mòduls A del Campus Nord de la UPC consten de sis edificis anomenats A1, A2, A3, A4, A5 i A6. Els consums elèctrics i superfícies útils de cadascun d'ells són molt similars. La superfície útil total dels mòduls A és de 18.994,67 m^2. La finalitat principal d'aquests edificis és la docència, per això, la majoria de la seva superfície útil està destinada a aules on es realitzen classes i aules amb ordinadors.

La taula 5.2. mostra els consums elèctrics dels mòduls A al 2016.

Període 2016 [mes]	**Consum Mòduls A [kWh]**
Gener	53.162
Febrer	57.755
Març	58.865
Abril	61.891
Maig	60.634
Juny	58.727
Juliol	48.980
Agost	26.162
Setembre	64.106
Octubre	70.033
Novembre	70.124
Desembre	57.577
TOTAL 2016 [kWh]	**688.015**
Superfície [m^2]	18.994,67
Total/Superfície [kWh/m^2]	**36,22**

Taula 5.2. Consums elèctrics dels mòduls A al 2016

La figura 5.2. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls A per a poder apreciar amb claredat la seva evolució al llarg de 2016.

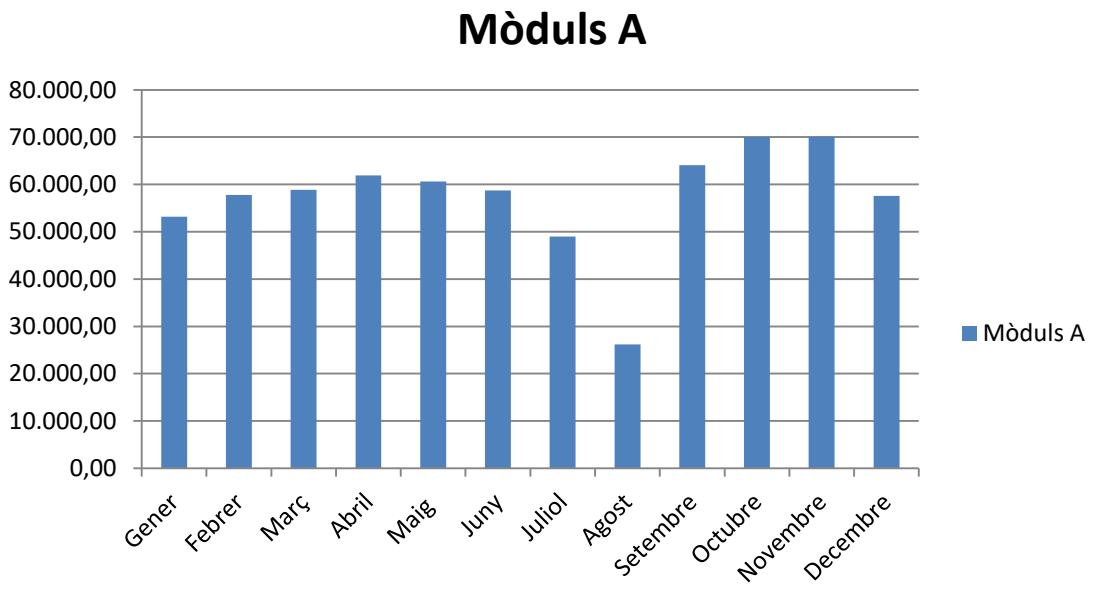

Figura 5.2. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls A al 2016

Com era d'esperar, al mes d'Agost es produeix un dràstic descens en el consum (26.162 kWh), lo que suposa un descens del 54,37% respecte al consum mitjà. Això és degut, gairebé amb total seguretat, a la manca d'activitat existent durant les vacances d'estiu. La resta de mesos, els consums elèctrics oscil·len entre els 50.000 i poc més dels 70.000 kWh.

Per a poder estudiar amb més precisió aquests consums, es revisaran els consums elèctrics de cadascun dels edificis del mòdul A.

5.1.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul A1

Com en la resta d'edificis que componen els mòduls A, la principal finalitat del mòdul A1 és la docència. El mòdul A1 disposa d'una superfície útil de 3.253,22 m^2, i el seu consum elèctric total el 2016 és de 106.992,78 kWh, una mica menys d'una sisena part del consum total dels mòduls A.

Tenint en compte la seva superfície, fent una simple divisió, s'obté un consum per metre quadrat de 32,89 kWh/m^2, xifra que resulta bastant coherent si la comparem amb els 36,22 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls A.

La figura 5.3. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul A1 al llarg de 2016.

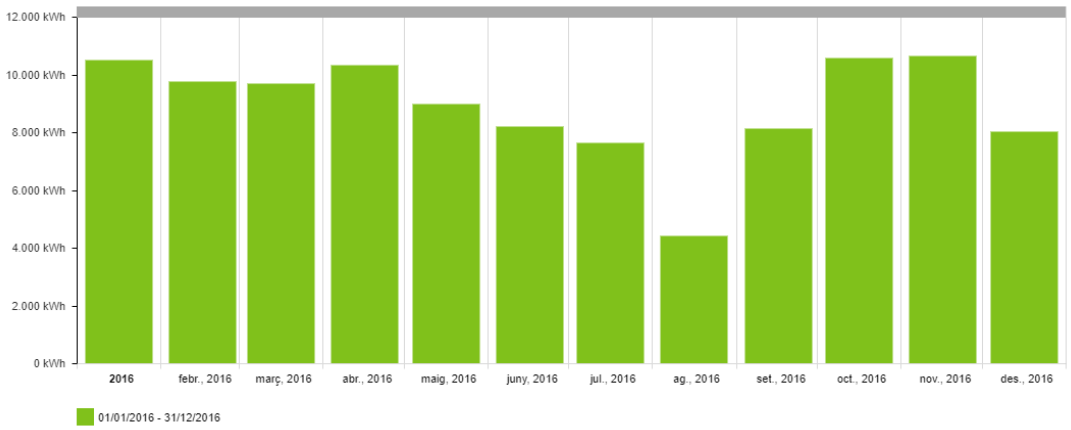

Figura 5.3. Evolució dels consums elèctrics del mòdul A1 al 2016

Com en la figura 5.2., pot apreciar-se un important descens en el consum durant el mes d'Agost (4.425,75 kWh) , lo que suposa un descens del 50,36% respecte al consum mitjà. La resta de consums oscil·len entre els 8.000 i els 10.600 kWh.

5.1.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul A2

El mòdul A2 disposa d'una superfície útil de 3.272,77 m^2, i el seu consum elèctric total el 2016 és de 146.164,68 kWh, el major entre els mòduls A i una mica més d'una cinquena part del consum total. Com la resta d'edificis que componen els mòduls A, la principal finalitat del mòdul A2 és la docència.

Amb aquestes dades, el seu consum per metre quadrat és de 44,66 kWh/m^2, xifra superior als 36,22 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls A però que és factible.

La figura 5.4. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul A2 al llarg de 2016.

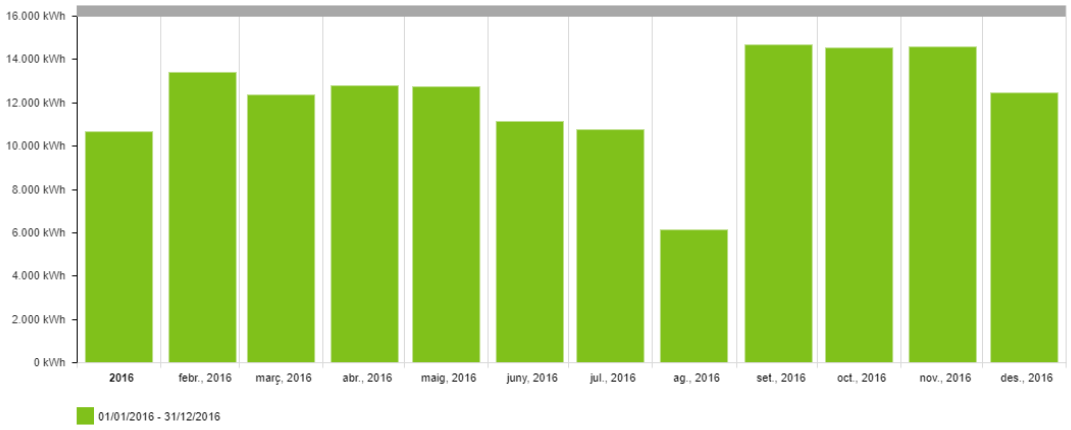

Figura 5.4. Evolució dels consums elèctrics del mòdul A2 al 2016

Com en la figura 5.2., s'aprecia un important descens en el consum durant el mes d'Agost (6.116,97 kWh), lo que suposa un descens del 49,78% respecte al consum mitjà. La resta de consums oscil·len entre els 10.500 i els 15.000 kWh.

5.1.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul A3

La principal finalitat del mòdul A3 és la docència, finalitat que comparteix amb la resta d'edificis dels mòduls A. El mòdul A3 és el més petit entre tots els mòduls A, disposa d'una superfície útil de 2.834,86 m^2. L'any 2016, el seu consum elèctric total va ser de 142.930,11 kWh, lleugerament inferior al consum del mòdul A2.

El consum per metre quadrat del mòdul A3 es de 50,42 kWh/m^2, xifra força superior als 36,22 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls A.

La figura 5.5. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul A3 al llarg de 2016.

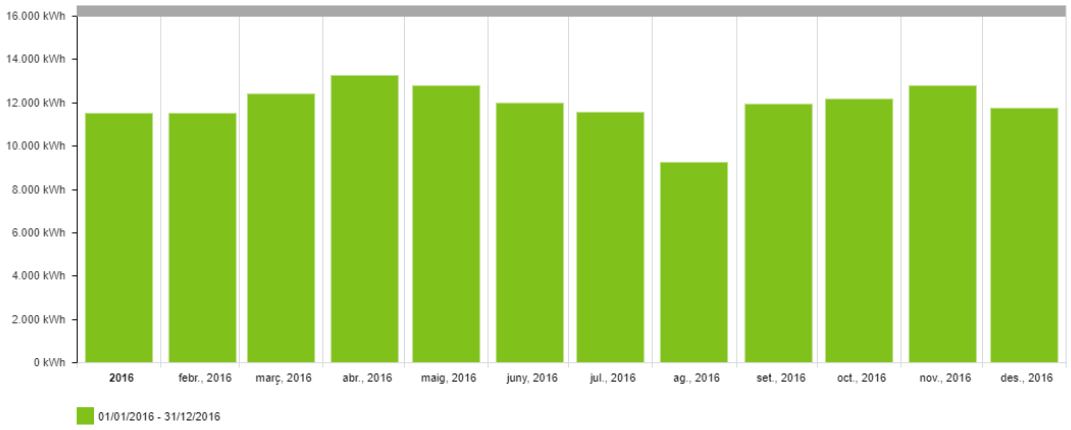

Figura 5.5. Evolució dels consums elèctrics del mòdul A3 al 2016

S'aprecia un descens en el consum elèctric durant el mes d'Agost (9.245,00kWh), lo que suposa un descens del 22,38% respecte al consum mitjà. Aquesta caiguda no és tan acusada com en altres mòduls A. La resta de consums oscil·len entre poc menys dels 11.500 kWh i els 13.300 kWh.

5.1.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul A4

Com en la resta dels mòduls A, la principal finalitat del mòdul A4 és la docència. El mòdul A4 disposa d'una superfície útil de 2.881,99 m^2, la segona més petita (només superior a la del mòdul A3) entre els mòduls A. El seu consum elèctric total el 2016 és de 134.266,80 kWh, lleugerament inferior a una cinquena part del consum dels mòduls A.

Tenint en compte la seva superfície, fent una simple divisió, s'obté un consum per metre quadrat de 46,59 kWh/m^2, xifra factible encara que força superior als 36,22 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls A.
La figura 5.6. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul A4 al llarg de 2016.

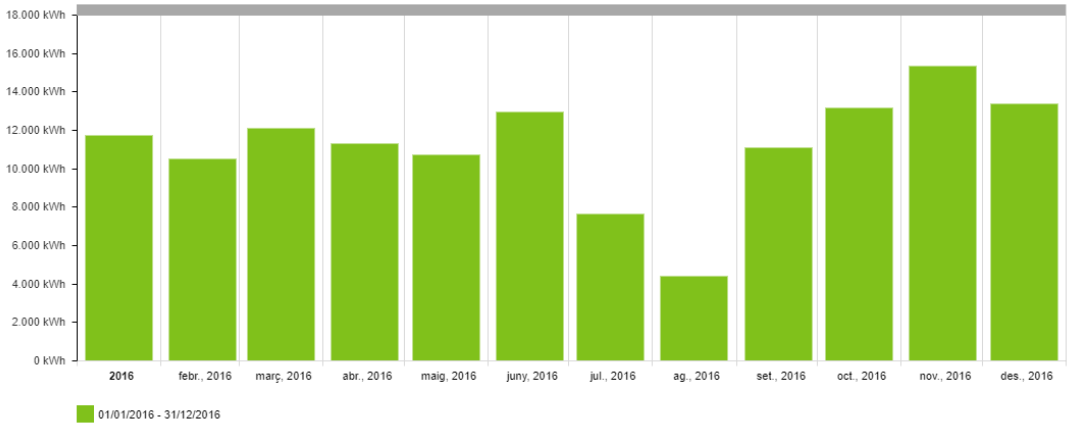

Figura 5.6. Evolució dels consums elèctrics del mòdul A4 al 2016

S'aprecia un important descens en el consum durant el mes d'Agost (4.393,40 kWh, un 60,73% inferior al consum mitjà) i, en menor mesura, en el mes de Juliol (7.633,69 kWh). La resta de consums oscil·len entre els 10.500 i els 15.400 kWh.

5.1.5. Evolució dels consums elèctrics dels Mòduls A5 i A6

Malauradament, les dades dels consums dels mòduls A5 i A6 del SIRENA estan barrejades. D'una banda, dels consums de les plantes baixes i superiors dels mòduls A5 i A6 estan separats, però de l'altra, les dades dels consums dels soterranis de tots dos mòduls estan sumats, de manera que no és possible realitzar un anàlisi individual dels consums elèctrics dels mòduls A5 i A6. En conseqüència, s'ha decidit realitzar un anàlisi conjunt dels dos mòduls.

El mòdul A5 disposa d'una superfície útil de 3.242,66 m^2 i el mòdul A6 de 3.509,17 m^2, la major entre tots els mòduls A. Per tant, la superfície combinada dels mòduls A5 i A6 és de 6.751,83 m^2. El consum elèctric total el 2016 de la planta baixa i superiors del mòdul A5 és de 58.250,48 kWh i el del A6 de 42.831,10 kWh. Pel que fa als soterranis, el seu consum elèctric combinat és de 56.578,80. Amb aquestes dades, s'obté que el consum elèctric total dels mòduls A5 i A6 és de 157.660,38 kWh, xifra que, si la comparem amb els altres mòduls (tenint en compte que és el resultat de la suma del consum de dos mòduls), és força petita.

Si dividim el consum elèctric total dels dos mòduls entre la seva superfície combinada s'obté un consum per metre quadrat de 23,35 kWh/m^2, el més baix entre tots els mòduls A i bastant inferior als 36,22 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana.

La figura 5.7. mostra l'evolució de la suma dels consums elèctrics dels mòduls A5 i A6 al llarg de 2016.

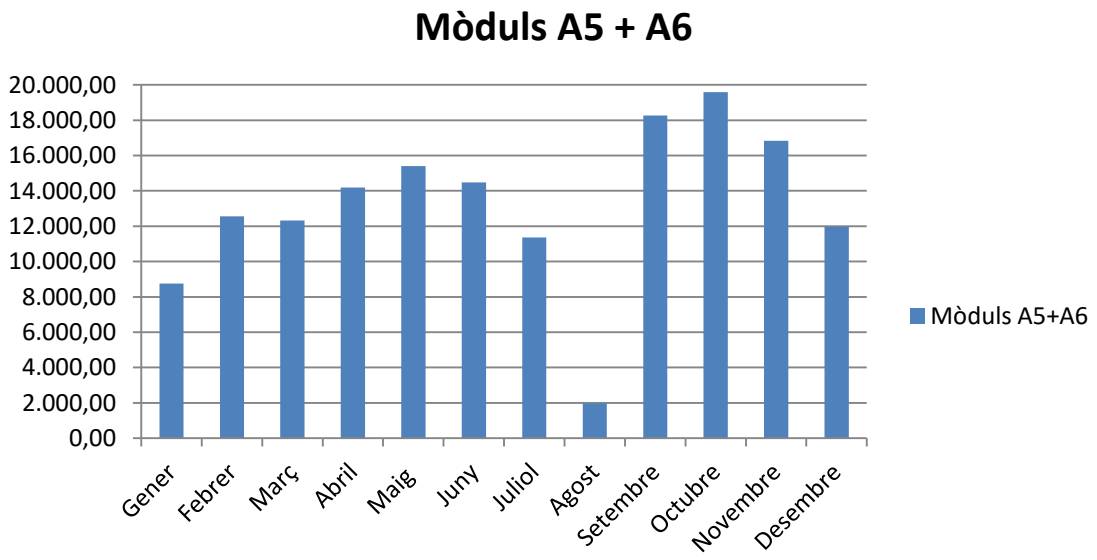

Figura 5.7. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls A5 i A6 al 2016

Destaca l'acusat descens en el consum durant el mes d'Agost (1.980,39 kWh), lo que suposa un descens del 84,93% respecte al consum mitjà. La resta de mesos, els consums oscil·len entre els 8.500 i els 17.000 kWh.

5.2. Evolució del consum elèctric dels Mòduls B

Els Mòduls B del Campus Nord de la UPC consten de set edificis anomenats B0, B1, B2, B3, B4, B5 i B6. Malauradament, el SIRENA no disposa de dades sobre el mòdul B0, per la qual cosa, no podrà tenir-se en compte aquest edifici en l'anàlisi dels consums elèctrics. En conseqüència, d'ara en endavant quan es parla de mòduls B no s'està tenint en compte el mòdul B0.

A diferència dels mòduls A, els consums elèctrics i superfícies útils de cadascun dels mòduls B són bastant diferents. La superfície útil total dels mòduls B és de 12.505,49 m^2 (si es tingués en compte el mòdul B0 la superfície útil total seria de 15.015,21 m^2). La major part de la superfície útil dels mòduls B està destinada als despatxos de diferents professors i departaments. També hi ha sales d'estudi i la secretaria.

La taula 5.3. mostra els consums elèctrics dels mòduls B al 2016.

Període 2016 [mes]	Consum Mòduls B [kWh]
Gener	83.531
Febrer	86.239
Març	84.192
Abril	86.537
Maig	92.784
Juny	106.051
Juliol	123.149
Agost	47.073
Setembre	129.115
Octubre	76.847
Novembre	65.009
Desembre	74.714
TOTAL 2016 [kWh]	**1.055.241**
Superfície [m^2]	12.505,49
Total/Superfície [kWh/m^2]	**84,38**

Taula 5.3. Consums elèctrics dels mòduls B al 2016

Si es compara el consum elèctric dels mòduls B amb el dels mòduls A, pot veure's que el primer es superior. Més interessant és potser la comparació del consums per m^2. En el cas dels mòduls A aquest era de 36,22 kWh/m^2 i en cas dels mòduls B és de 84,38 kWh/m^2, aproximadament 2,33 vegades superior.

La figura 5.8. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls B per a poder apreciar amb claredat la seva evolució al llarg de 2016.

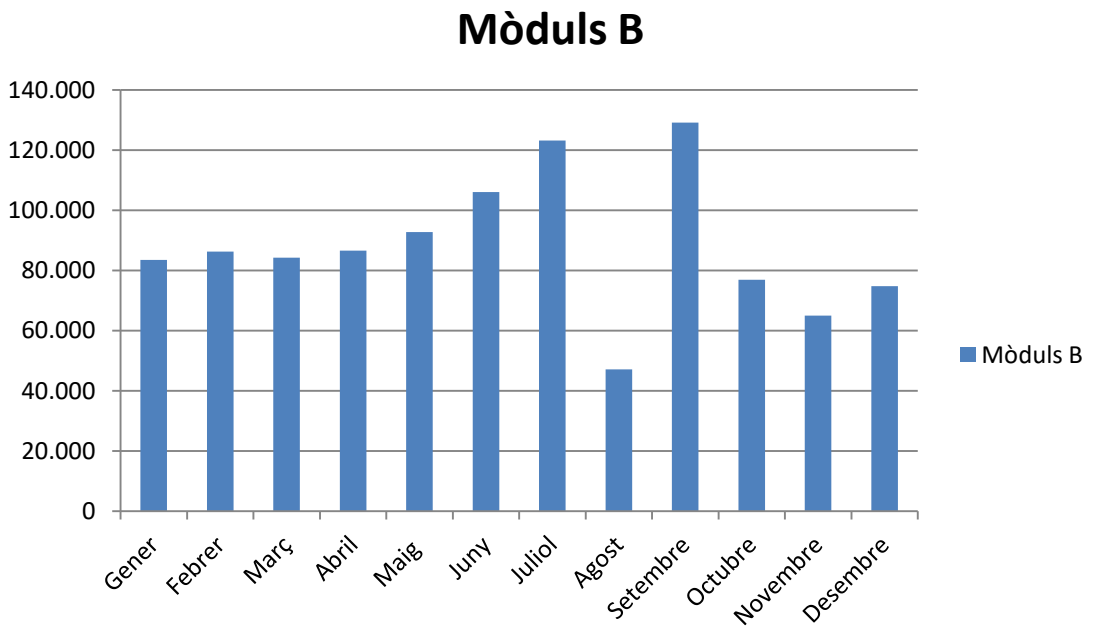

Figura 5.8. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls B al 2016

Lògicament, al mes d'Agost es produeix un dràstic descens en el consum (47.073 kWh), lo que suposa un descens del 48,24% respecte al consum mitjà. Aquest descens està causat per la manca d'activitat existent durant les vacances d'estiu. La resta de mesos, els consums elèctrics oscil·len entre els 65.000 i poc més dels 130.000 kWh, encara que resulten sorprenents els relativament baixos consums dels últims mesos de l'any. Com que la finalitat principal dels mòduls B són els despatxos per a professors, es raonable que, a diferència dels mòduls A, el seu consum elèctric durant el mes de Juliol no només no baixi, sinó que s'incrementi, ja que els professors universitaris continuen treballant durant aquest mes.

Per a poder estudiar amb més precisió aquests consums, es revisaran els consums elèctrics de cadascun dels edificis del mòdul B.

5.2.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul B1

Els despatxos de professors i departaments ocupen la major part de la superfície útil del mòdul B1. Concretament, la superfície útil del mòdul B1 és de 2.380,53 m^2, i el seu consum elèctric total el 2016 és de 257.391,61 kWh, el més elevat entre els mòduls B i poc menys d'una quarta part del consum total dels mòduls B.

Tenint en compte la seva superfície, fent una simple divisió, s'obté un consum per metre quadrat de 108,12 kWh/m^2, xifra superior als 84,38 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls B, però que sembla bastant coherent.

La figura 5.9. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul B1 al llarg de 2016.

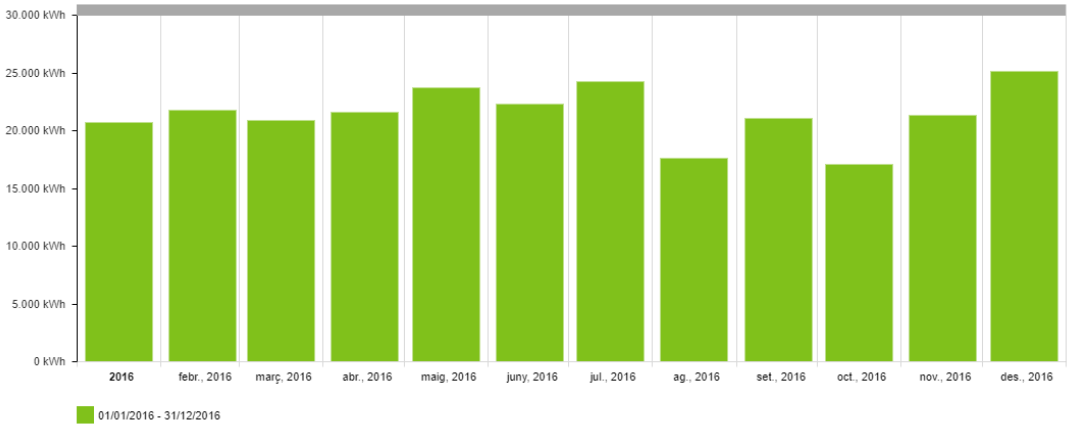

Figura 5.9. Evolució dels consums elèctrics del mòdul B1 al 2016

A diferencia d'altres mòduls, el consum elèctric del mòdul B1 no sembla mostrar un descens molt acusat al mes d'Agost. És més, és Octubre (17.048,92 kWh) i no Agost (17.611,16 kWh) el mes amb un menor consum elèctric. En general, els consums de tots els mesos oscil·len entre els 17.000 i poc més dels 25.000 kWh.

5.2.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul B2

El mòdul B2 es fa servir pràcticament en la seva totalitat com a despatxos de professors i departaments. La seva superfície útil és de 1.119,19 m^2, lo que el converteix en el mòdul B més petit. Pel que fa al seu consum elèctric total l'any 2016, aquest va ser de 218.559,05 kWh, lleugerament superior a la cinquena part del consum total dels mòduls B.

El quocient del consum elèctric i la superfície útil és de, s'obté un consum per metre quadrat de 195,28 kWh/m^2. Aquesta xifra del voltant de 2,3 vegades superior al consum mitjà en els mòduls B, que és de 84,38 kWh/m^2.

La figura 5.10. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul B2 al llarg de 2016.

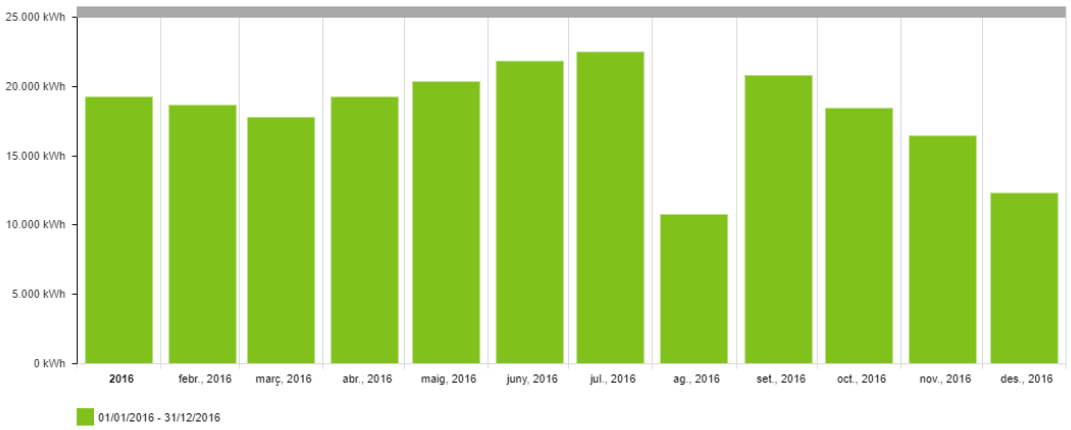

Figura 5.10. Evolució dels consums elèctrics del mòdul B2 al 2016

Com és habitual, el mes d'Agost presenta un important descens en el consum elèctric degut a la falta d'activitat durant les vacances d'estiu. Concretament, Aquest descens és del 40,96% respecte al consum mitjà. Ara bé, resulta sorprenent el baix consum produït al Desembre si el comparem amb la resta de mesos. Pel que fa als altres mesos de 2016, els seus consums de tots els mes oscil·len entre poc menys dels 16.500 i els 22.500 kWh.

5.2.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul B3

Tant ETSETB com a Secretaria del Campus Nord es troben al mòdul B3. Aquest mòdul també conté sales d'estudi i despatxos de professors. La seva superfície útil és de 1.887,97 m^2, la segona més petita entre els mòduls B (només superior a la del mòdul B2). El seu consum elèctric total del mòdul B3 l'any 2016 va ser de 121.561,94 kWh, al voltant del 11,5% del consum total dels mòduls B.

L'any 2016, el consum per metre quadrat va ser de 64,39 kWh/m^2, xifra força propera als 84,38 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls B i, per tant, bastant raonable.

La figura 5.11. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul B3 al llarg de 2016.

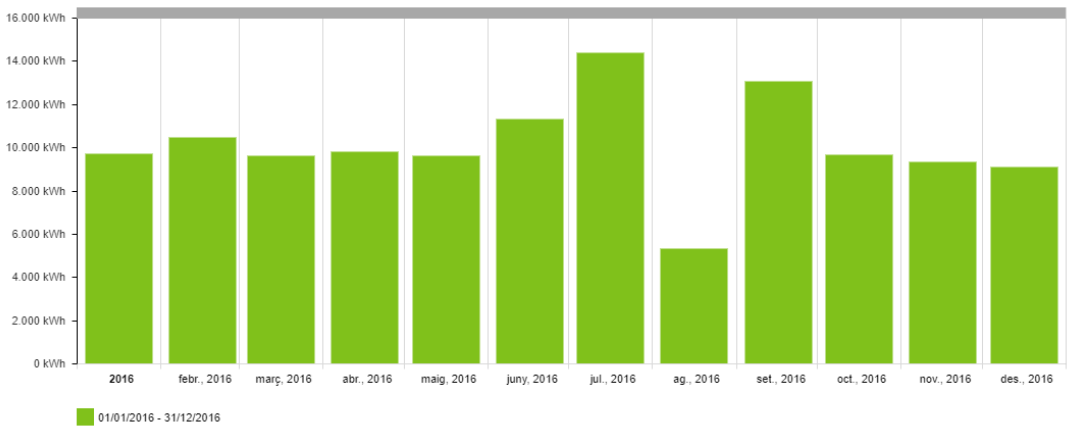

Figura 5.11. Evolució dels consums elèctrics del mòdul B3 al 2016

A l'Agost hi ha un acusat descens del consum (5.337,73 kWh), lo que suposa un descens del 47,31% respecte al consum mitjà. A més a més, i ha un parell de pics de consum durant els mesos de Juliol i Setembre La resta de mesos el consum és gairebé constant (proper als 10.000 kWh).

5.2.4. Evolució del consums elèctrics dels Mòduls B4 i B5

Com en el cas dels mòduls A5 i A6, amb els mòduls B4 i B5 ha estat necessari realitzar un anàlisi conjunt. La causa d'aquest problema ha estat que el SIRENA pren les dades d'aquests mòduls conjuntament, i no és possible a dia d'avui saber quina proporció del consum elèctric pertany al mòdul B4 i quina al B5.

Com la majoria dels mòduls B, els mòduls B4 i B5 serveixen principalment com a despatxos per a professors i departaments. La seva superfície útil combinada és de 5.145 m^2, lo que indica que, suposant que les seves superfícies són similars, ambdós mòduls estan entre els mòduls B més grans. El seu consum elèctric combinat el 2016 va ser de 214.774,96 kWh.

Si es divideix el consum elèctric total dels dos mòduls entre la seva superfície combinada s'obté un consum per metre quadrat de 41,74 kWh/m^2, el més baix entre tots els mòduls B, ja que no arriba ni tan sols al 50 % dels 84,38 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana.

La figura 5.12. mostra l'evolució de la suma dels consums elèctrics dels mòduls B4 i B5 al llarg de 2016.

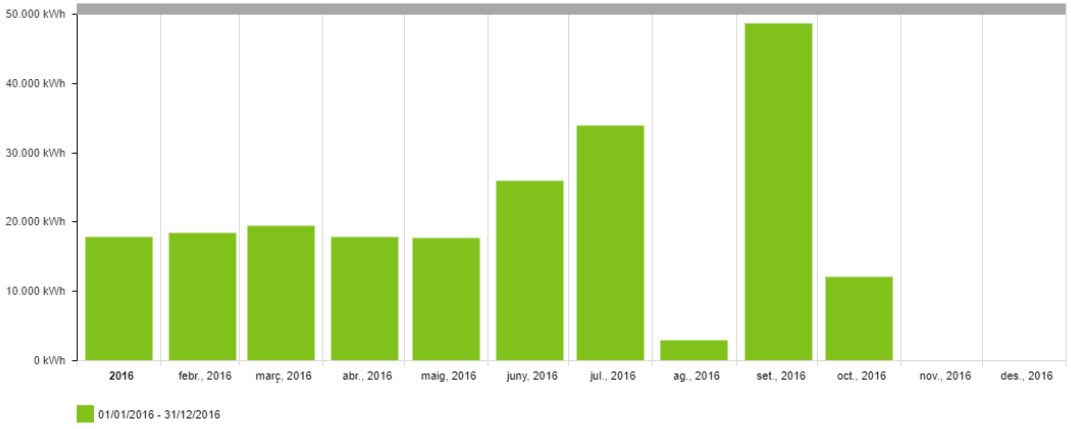

Figura 5.12. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls B4 i B5 al 2016

A primera vista, ja es veu que el gràfic de la figura 5.12. està incomplet, ja que no apareixen els consums dels mesos de Novembre i Desembre. Com que no es possible que no hi hagués consum durant aquests mesos, és evident que el SIRENA va cometre un error en la presa o tractament de les dades dels mòduls B4 i B5. Aquest error, és probablement una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

Per tractar d'estimar les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre, s'han estudiat els consums dels mòduls B4 i B5 en els anys 2015 i 2014, esperant que segueixin un patró similar del que puguin extreure's xifres raonables per als consums d'aquests mesos al 2016.

La figura 5.13. mostra l'evolució dels consums dels mòduls B4 i B5 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

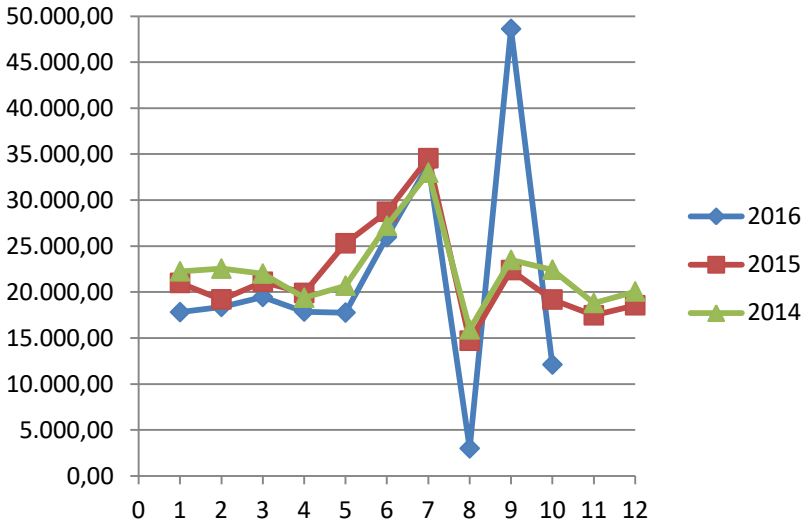

Figura 5.13. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics dels mòduls B4 i B5 al 2016, 2015 i 2014

En el gràfic de la figura 5.13. es pot veure com la correlació dels consums del mes de Gener fins al mes de Juliol és molt significativa. Ara bé, aquesta correlació no és tan evident en els altres mesos (especialment al Setembre, on el consum elèctric de 2016 presenta un pic molt important).

Malauradament, a falta de més dades i veient que la correlació de les dades és molt bona durant més de mig any, s'ha decidit prendre les dades dels consums de Novembre i Desembre de 2015 com a estimació raonable dels consums d'aquests mesos al 2016. Per tant, es considera que al 2016, Novembre va tenir un consum de 17.461,87 kWh i Desembre de 18.552,73 kWh.

Amb aquestes noves dades, el consum elèctric total dels mòduls B4 i B5 passa a ser de 250.789,57 kWh i el consum per m^2 de 48,74 kWh/m^2, que continua sent bastant petit comparat amb el consum per metre quadrat d'altres mòduls B. S'hauran de revisar el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls B tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.14. mostra l'evolució de la suma dels consums elèctrics dels mòduls B4 i B5 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

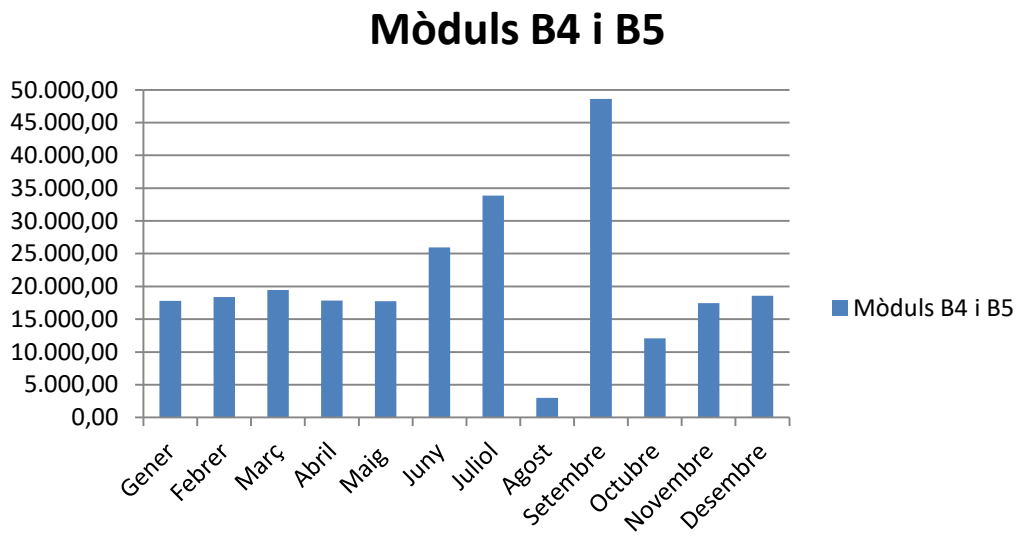

Figura 5.14. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls B4 i B5 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

En el mes d'Agost, pot observar-se un molt important descens en el consum, que cau fins als 2.988,89 kWh, lo que suposa un descens del 85,70% respecte al consum mitjà.. Més sorprenent encara, és l'acusat augment en el consum durant el mes de Setembre que arriba a un màxim de 48.609,10 kWh.

5.2.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul B6

Finalment, al mòdul B6 és a on està ubicada la FIB, i es combina la docència amb importants investigacions. Pel que fa a la seva superfície útil, aquesta és de 1.972,8 m^2, força similar a la del mòdul B3. El seu consum elèctric total al 2016 és de 242.953,49 kWh, el segon més elevat entre els mòduls B (només superat per al consum del mòdul B1) i entre quarta i una cinquena part del consum total dels mòduls B.

Tenint en compte la superfície del mòdul B6, dividint s'obté un consum per metre quadrat de 123,15 kWh/m^2, xifra bastant superior als 84,38 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls B, però que no supera el consum per m^2 del mòdul B2, que és de 195,28 kWh/m^2.

La figura 5.15. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul B6 al llarg de 2016.

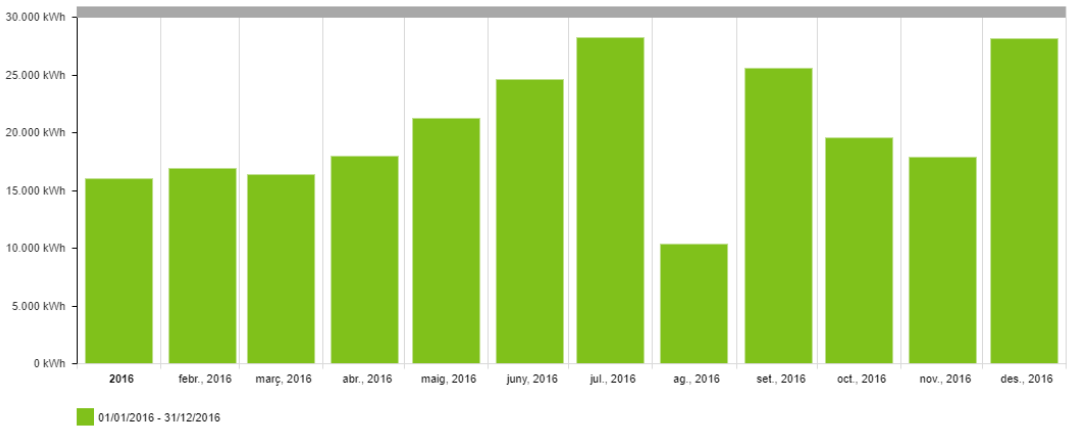

Figura 5.15. Evolució dels consums elèctrics del mòdul B6 al 2016

Al gràfic de la Figura 5.15 s'observen dos pics de consum de més de 28.000 kWh en els mesos de Juliol i Desembre. També hi ha un descens en el consum del mes d'Agost, que cau fins els 10.383,31 kWh, lo que suposa un descens del 48,71% respecte al consum mitjà.

Conclusions mòduls B

La taula 5.4. mostra els consums elèctrics dels mòduls B al 2016 tenint en compte les estimacions realitzades per als mòduls B4 i B5

Període 2016 [mes]	Consum Mòduls B [kWh]
Gener	83.531
Febrer	86.239
Març	84.192
Abril	86.537
Maig	92.784
Juny	106.051
Juliol	123.149
Agost	47.073
Setembre	129.115
Octubre	76.847
Novembre	82.471
Desembre	93.267
TOTAL 2016 [kWh]	**1.091.256**
Superfície [m^2]	12.505,49
Total/Superfície [kWh/m^2]	**87,26**

Taula 5.4. Consums elèctrics dels mòduls B al 2016

La figura 5.16. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls B al llarg de 2016 un cop tingudes en compte els estimacions efectuades en els mòduls B4 i B5.

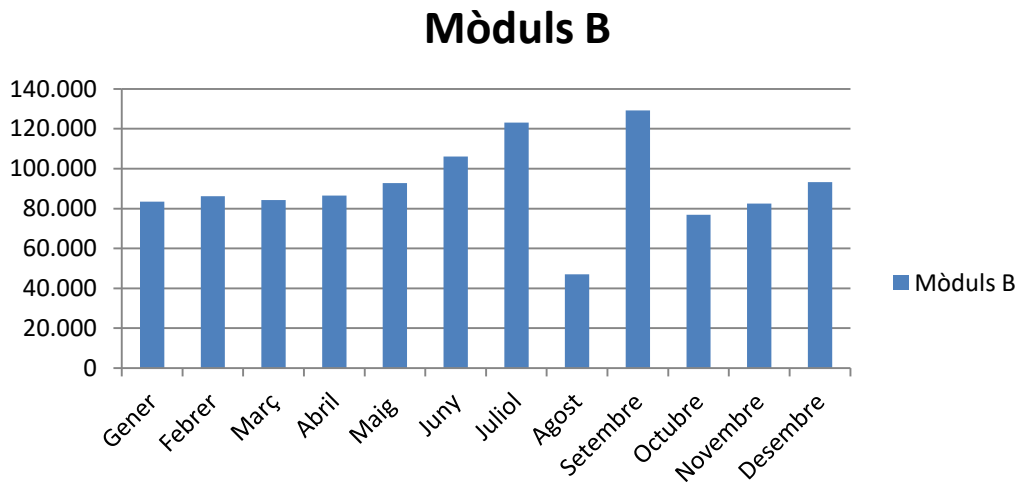

Figura 5.16. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls B al 2016 tenint en compte les estimacions efectuades en els mòduls B4 i B5

En l'anàlisi de la figura 5.8., es va mencionar que resultaven molt sorprenents els baixos consums dels mòduls B en els últims mesos de l'any comparats amb els consums de la resta de l'any. Gràcies a les estimacions realitzades en els mòduls B4 i B5 s'ha resolt aquesta problemàtica. Els consums en la resta de mesos romanen iguals als de la figura 5.8.

5.3. Evolució del consum elèctric dels Mòduls C

Els Mòduls C del Campus Nord de la UPC consten de sis edificis anomenats C1, C2, C3, C4, C5 i C6. Amb l'excepció del mòdul C2, les superfícies útils dels mòduls C són molt similars. D'altra banda, els seus consum elèctrics totals difereixen bastant. La superfície útil total dels mòduls C és de 23.150,05 m^2. La finalitat principal de les plantes baixes i superiors dels edificis dels mòduls C és la de servir com a despatxos per a professors i gent vinculada a la UPC. A més a més, en els soterranis hi ha ubicats diversos laboratoris de diferents departaments.

La taula 5.5. mostra els consums elèctrics dels mòduls C al 2016.

Període 2016 [mes]	**Consum Mòduls C [kWh]**
Gener	153.485
Febrer	158.947
Març	155.747
Abril	156.875
Maig	161.047
Juny	207.130
Juliol	241.471
Agost	63.953
Setembre	251.611
Octubre	126.398
Novembre	56.661
Desembre	64.305
TOTAL 2016 [kWh]	**1.797.629**
Superfície [m^2]	23.150,05
Total/Superfície [kWh/m^2]	**77,65**

Taula 5.5. Consums elèctrics dels mòduls C al 2016

La figura 5.17. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls C per a poder apreciar amb claredat la seva evolució al llarg de 2016.

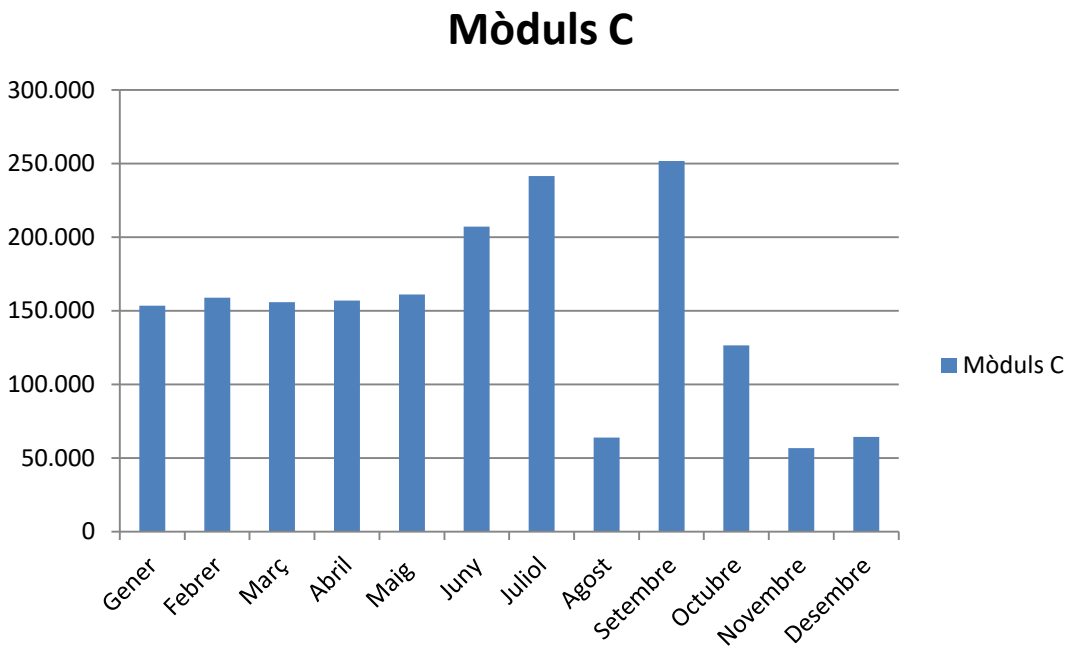

Figura 5.17. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls C al 2016

Com que la finalitat principal dels mòduls C són els despatxos per a professors, es raonable que, a diferència dels mòduls A, el seu consum elèctric durant els mesos de Juliol i Setembre s'incrementi, ja que els professors universitaris treballen aquests mesos. A causa de la manca d'activitat existent durant les vacances d'estiu, durant el mes d'Agost es produeix un dràstic descens en el consum (63.953 kWh), lo que suposa un descens del 57,31% respecte al consum mitjà.

Com en el cas dels consums dels mòduls B, resulten sorprenents els molt baixos consums dels mesos de Novembre i Desembre, que són tan reduïts com els del mes d'Agost. Probablement, el SIRENA haurà comés un altre error en la presa de dades en un o més d'un dels mòduls C i serà necessari realitzar estimacions per a obtenir una idea més precisa dels consums reals dels últims mesos de l'any.

Per a poder estudiar amb més precisió aquests consums, es revisaran els consums elèctrics de cadascun dels edificis del mòdul C.

5.3.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul C1

Els despatxos de professors i departaments ocupen les plantes baixes i superiors del mòdul C1, als soterranis hi ha laboratoris. Concretament, el CIMNE està ubicat al mòdul C1. La superfície útil del mòdul C1 és de 4.347,01 m^2, la segona més gran entre els mòduls C (encara que, amb l'excepció del mòdul C2, les superfícies útils d'aquests mòduls són molt similars).

El consum elèctric total del mòdul C1 al 2016 és de 511.382,75 kWh, el més elevat entre els mòduls C, arribant a doblar la majoria de consums d'altres mòduls C i representant el 28,45 % del consum total dels mòduls C. Aquest consum tan elevat es probablement conseqüència de l'activitat del laboratori ubicat en aquest mòdul. El consum per metre quadrat del mòdul C1 és de 117,64 kWh/m^2, xifra bastant superior als 77,65 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls C.

La figura 5.18. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul C1 al llarg de 2016.

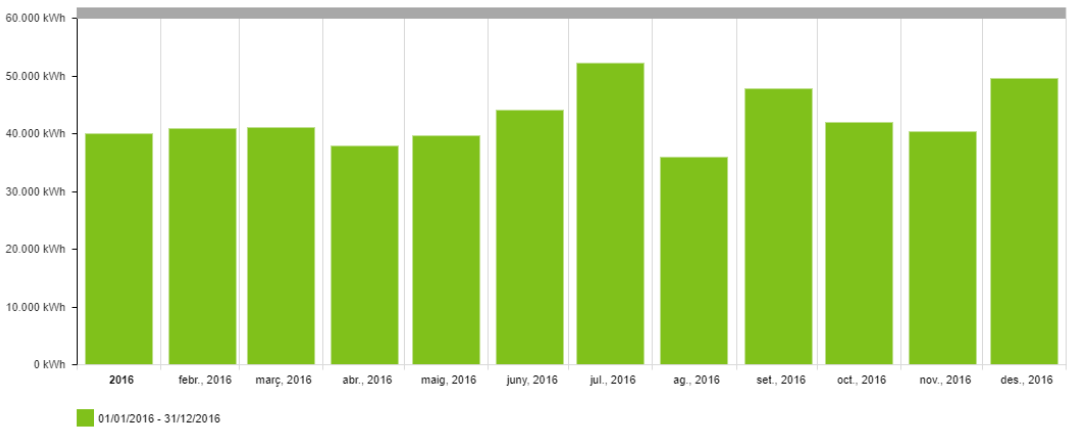

Figura 5.18. Evolució dels consums elèctrics del mòdul C1 al 2016

A diferencia d'altres mòduls, el consum elèctric del mòdul C1 mostra només un descens molt lleuger durant el mes d'Agost, de només un 15,84% respecte al consum mitjà.. Els consums de tots els mesos oscil·len entre els 35.000 i els 53.000 kWh.

5.3.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul C2

En el mòdul C2 és on està ubicada la ETSECCPB, allà es combina la docència amb importants investigacions. A diferència de la resta de mòduls C, el mòdul C2 no disposa de soterranis És per això, que la seva superfície útil del mòdul és només de 2.125,61 m^2, aproximadament la meitat de la superfície útil qualsevol dels altres mòduls C.

El consum elèctric total del mòdul C2 és el més petit entre tots els mòduls C. Concretament, a l'any 2016 va ser de només 188.221,39 kWh, representant només el 10,47 % del consum total. En quant al seu consum per metre quadrat, aquest és de 88,55 kWh/m^2, xifra molt similar als 77,65 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls C.

La figura 5.19. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul C2 al llarg de 2016.

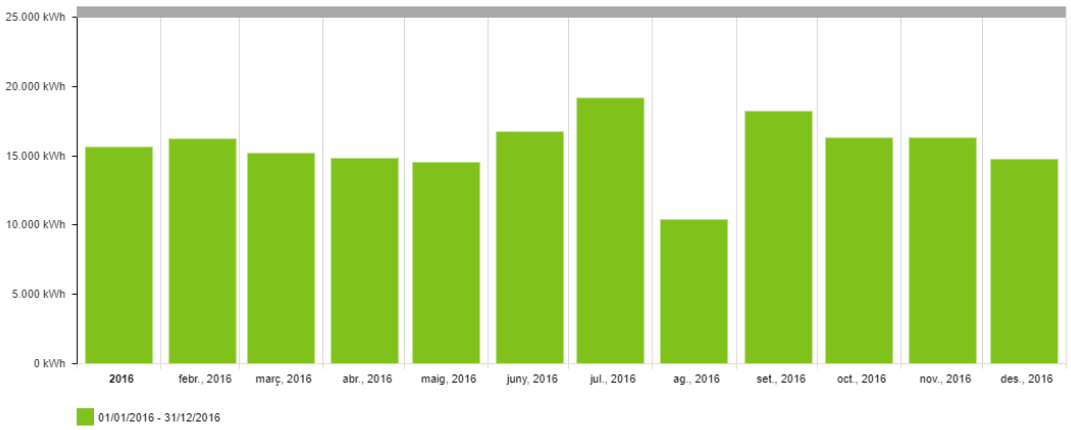

Figura 5.19. Evolució dels consums elèctrics del mòdul C2 al 2016

Amb l'excepció del mes d'Agost, on hi ha un descens en el consum del 33,71% respecte al consum mitjà (10.397,83 kWh), el consum elèctric a la resta de mesos es gairebé constant (entre els 14.500 i poc més dels 19.000 kWh).

5.3.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul C3

Com a la majoria dels mòduls C, al soterrani del mòdul C3 hi ha laboratoris i a la planta baixa i superiors hi ha despatxos per a professors i gent associada a la UPC. La seva superfície útil és de 4.099,73 m^2, molt similar a la de la majoria de mòduls C. El seu consum elèctric al 2016 va ser de 223.747,63 kWh.

Si es divideix el consum elèctric total entre la seva superfície útil s'obté un consum per metre quadrat de 54,58 kWh/m^2, inferior però raonablement proper als 77,65 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana.

La figura 5.20. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul C3 al llarg de 2016.

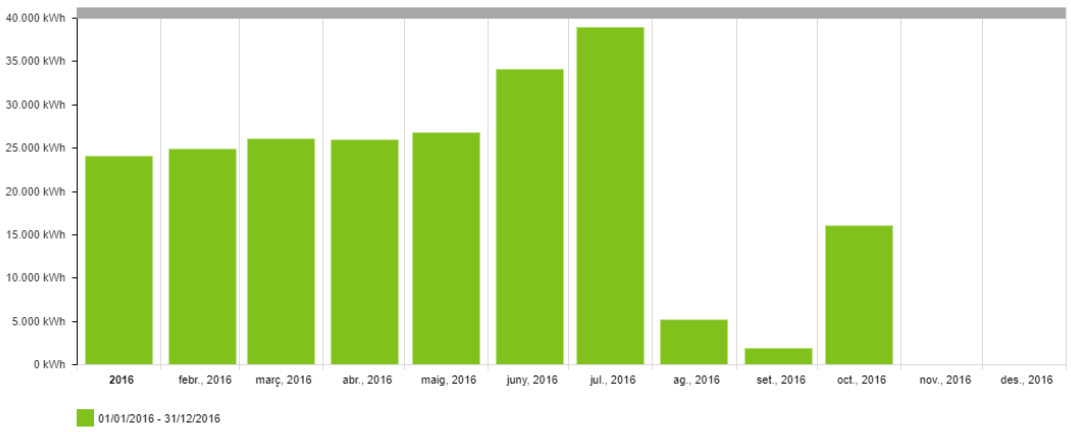

Figura 5.20. Evolució dels consum elèctric del mòdul C3 al 2016

A un cop d'ull, es veu que el gràfic de la figura 5.20. està incomplet, ja que no hi apareixen els consums dels mesos de Novembre i Desembre. Tenint en compte que no és possible que no hi hagués consum durant aquests mesos, és evident que el SIRENA va cometre un error en la presa o tractament de les dades del mòdul C3. Aquest error, és probablement una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

Per a tractar d'estimar les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre, s'han estudiat els consums del mòdul C3 en els anys 2015 i 2014, esperant que segueixin un patró similar per a poder extreure'n xifres raonables per als consums d'aquests mesos al 2016.

La figura 5.21. mostra l'evolució del consum del mòdul C3 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

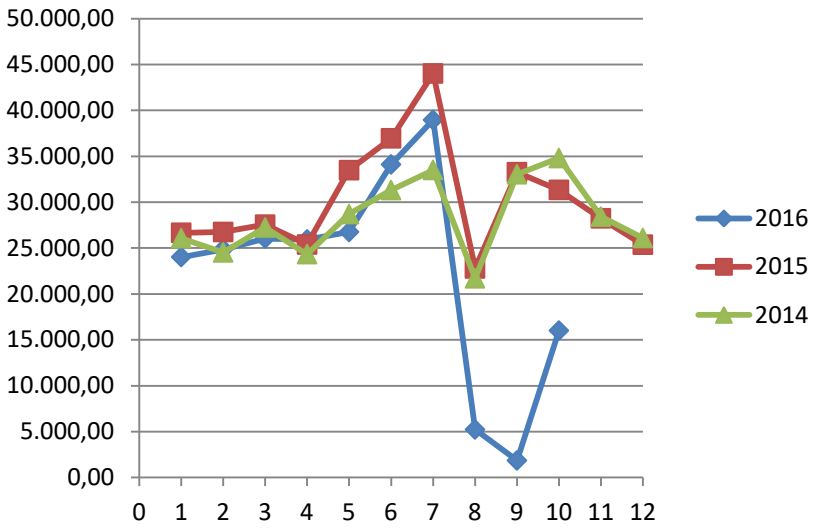

Figura 5.21. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics del mòdul C3 al 2016, 2015 i 2014

En el gràfic de la figura 5.21. pot veure's com la correlació dels consums del mes de Gener fins al mes de Juliol és bastant significativa. Ara bé, aquesta correlació no és tan evident en els altres mesos, especialment al Setembre, on el consum elèctric de 2016 presenta un mínim molt acusat i que resulta molt estrany.

Malauradament, a falta de més dades i veient que la correlació de les dades és bastant bona durant més de mig any, s'ha decidit prendre les dades dels consums de Novembre i Desembre de 2015 com a estimació raonable dels consums d'aquests mesos al 2016. Per tant, es considera que al 2016, Novembre va tenir un consum de 28.238,91 kWh i Desembre de 25.364,70 kWh.

Amb aquestes noves dades, el consum elèctric total del mòdul C3 passa a ser de 277.351,24 kWh i el consum per m^2 de 67,65 kWh/m^2, xifra que ja és molt similar als 77,65 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls C. Per suposat, es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls C tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.22. mostra l'evolució del consum elèctric del mòdul C3 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

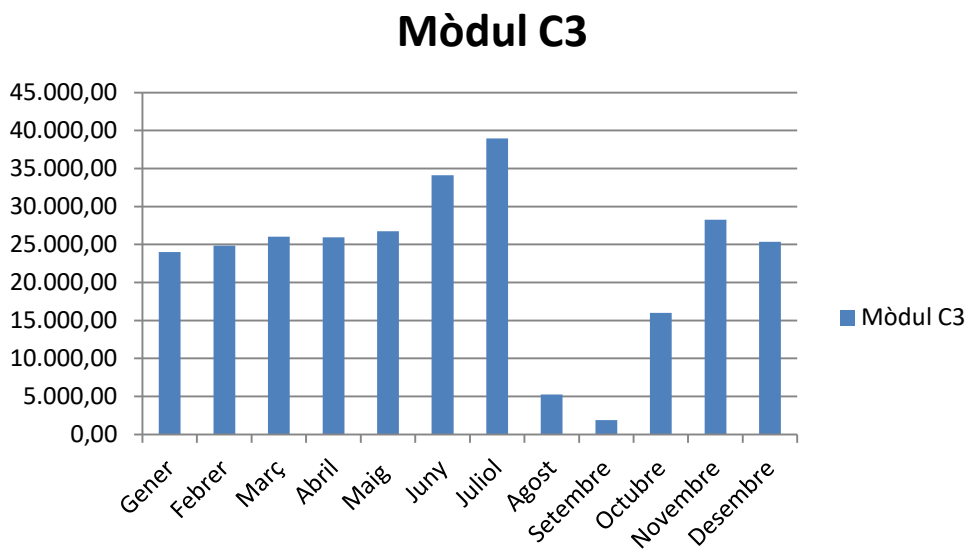

Figura 5.22. Evolució dels consums elèctrics del mòdul C3 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

En el mes d'Agost, s'observa un acusat descens en el consum, que cau fins als 2.988,89 kWh, lo que suposa un descens del 77,37% respecte al consum mitjà. Més sorprenent encara, és el mínim en el consum existent al mes de Setembre, que es va enfonsar fins als 1.855,48 kWh. Sense disposar de més dades és complicat extreure conclusions sobre això, però resulta molt estrany hi hauria d'estudiar-se.

5.3.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul C4

Com a la majoria dels mòduls C, a la planta baixa i superiors del mòdul C4 hi ha despatxos de professors i als soterranis hi ha laboratoris. Pel que fa a la seva superfície útil, aquesta és de 4.137,79 m^2, molt similar a la de la majoria de mòduls C. L'any 2016, el seu consum elèctric va ser de 241.711,19 kWh.

El mòdul C4 té un consum per metre quadrat de 58,42 kWh/m^2, molt similar al del mòdul C3, lo que indica que és possible que presenti un problemàtica en la recollida de dades similar al d'aquest.

Per a verificar-ho, la figura 5.23. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul C4 al llarg de 2016.

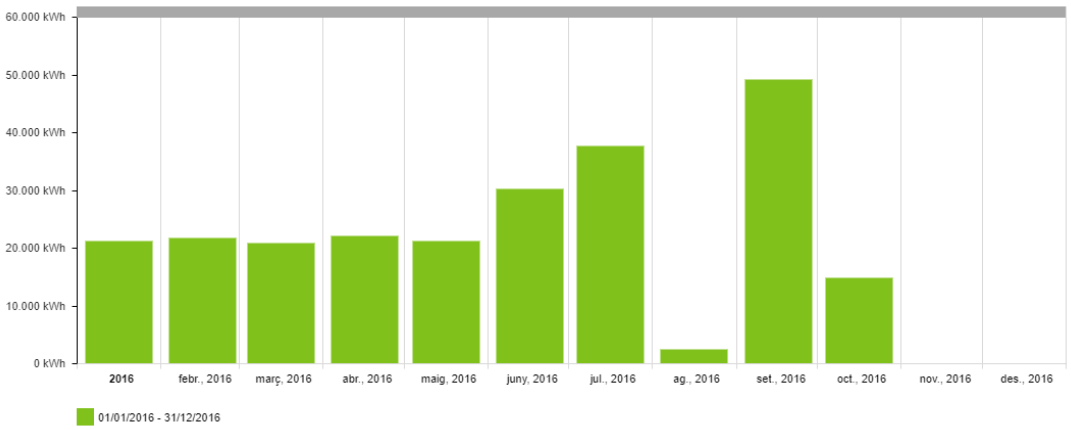

Figura 5.23. Evolució dels consum elèctric del mòdul C4 al 2016

Al gràfic de la figura 5.23. es veu que, de la mateixa forma que en la figura 5.20. aquest està incomplet. De nou, falten els consums dels mesos de Novembre i Desembre. Aquest error, és probablement una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

Per a estimar les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre, s'han estudiat els consums del mòdul C4 durant els anys 2015 i 2014, esperant que seguissin un patró similar. Així, se'n podrien extreure xifres raonables per als consums d'aquests mesos al 2016.

La figura 5.24. mostra l'evolució del consum del mòdul C4 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

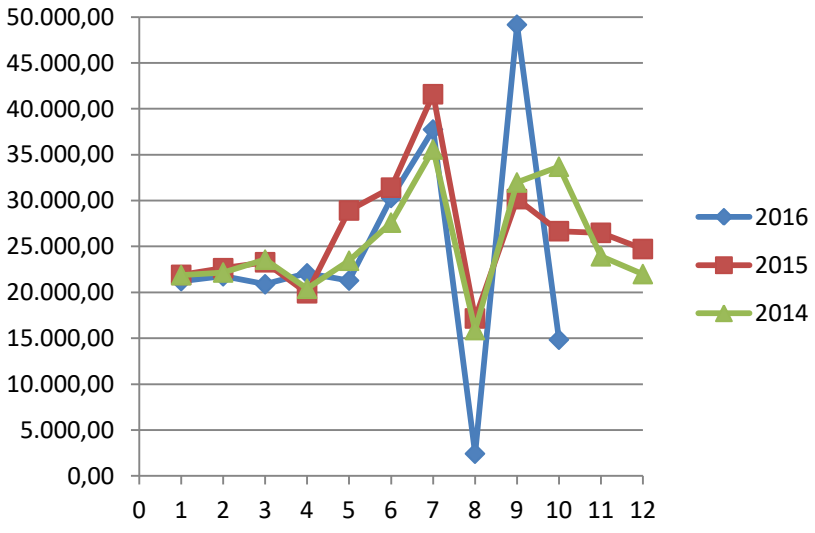

Figura 5.24. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics del mòdul C4 al 2016, 2015 i 2014

Com en el cas del mòdul C3, la correlació dels consums elèctrics del mòdul C4 des del mes de Gener fins al mes de Juliol en els diferents anys és considerable. Malgrat això, la resta de l'any aquesta correlació no és tan bona. Afortunadament, el mes de Setembre no presenta un mínim tan estrany com en els consums del mòdul C3 (encara que si que presenta un pic de consum important).

De nou, com que no es disposa de més dades i considerant que la correlació entre els consums és bastant significativa fins al mes de Juliol, s'ha decidit que els consums de Novembre i Desembre de 2015 són una estimació raonable dels consums d'aquests mesos l'any 2016. En conseqüència, es considera que els consums de Novembre i Desembre de 2016 són respectivament de 26.490,16 kWh i de 24.727,05 kWh.

Llavors, en el mòdul C4, el consum elèctric total ara és de 292.928,40 kWh, molt similar al consum anual en el mòdul C4 en 2015 i 2014. Pel que fa al consum per m^2, aquest ara és de 70,79 kWh/m^2, xifra que ja és molt similar als 77,65 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls C. Es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls C tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.25. mostra l'evolució del consum elèctric del mòdul C4 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

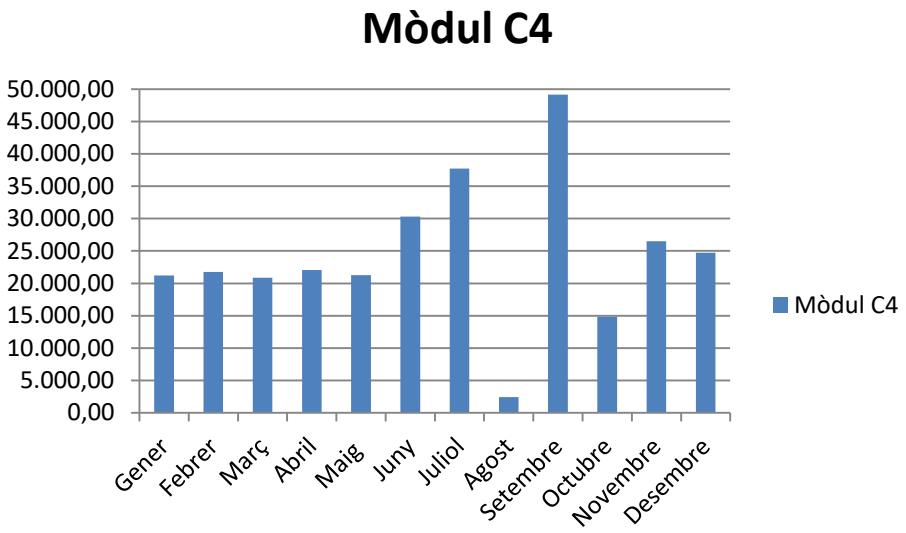

Figura 5.25. Evolució dels consums elèctrics del mòdul C4 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

Ara, la gràfica dels consums elèctrics del mòdul C4 ja presenta una evolució molt més habitual, amb el mes d'Agost patint una importantíssima caiguda en el consum elèctric (2.427,29 kWh), lo que suposa un descens del 90,06% respecte al consum mitjà. A més amés, hi ha un pic de consum al mes de Setembre de gairebé 50.000 kWh.

5.3.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul C5

A diferencia d'altres mòduls, en el mòdul C5 el SIRENA no dona per a cada mes una única dada sobre el consum, sinó que en dóna dues. D'una banda, dóna els consums de la planta baixa i superiors, que són deguts principalment a despatxos. D'altre banda, dóna els consums elèctrics dels soterranis, deguts principalment als laboratoris que hi ha allà ubicats.

En quant a la superfície útil, el mòdul C5 disposa d'un total de 4.370,99 m^2, molt similar a la de la majoria de mòduls C. L'any 2016, el consum total de la planta baixa i superiors va ser de 246.456,62 kWh i el consum total dels soterranis de 41.920,33 kWh. Sumant tots dos consum s'obté el consum total del mòdul C5, que és de 288.376,95 kWh. Amb aquest consum total, el consum per metre quadrat del mòdul C5 és de 65,98 kWh/m^2.

A continuació, les Figures 5.26. i 5.27. mostren l'evolució dels consums elèctrics al llarg de 2016, de la planta baixa i superiors del mòdul C5 i dels seus soterranis.

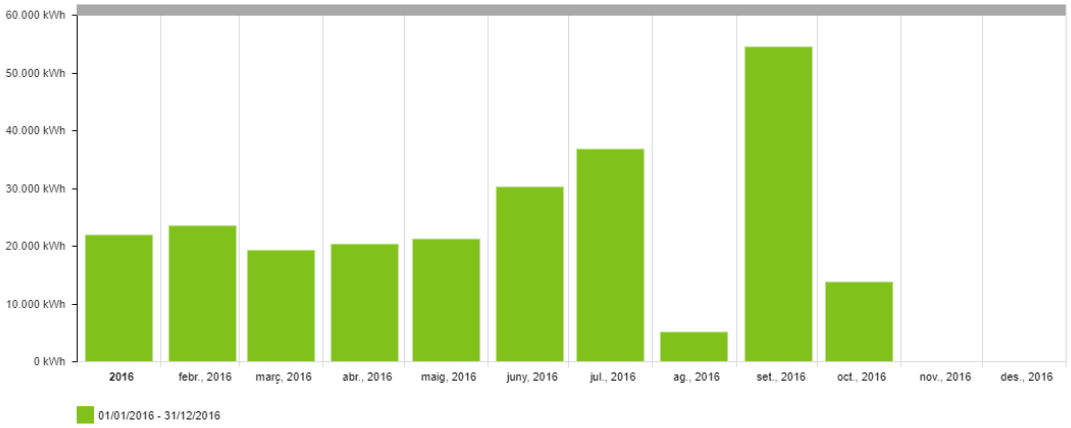

Figura 5.26. Evolució dels consums elèctrics a la planta baixa i superiors del mòdul C5 al 2016

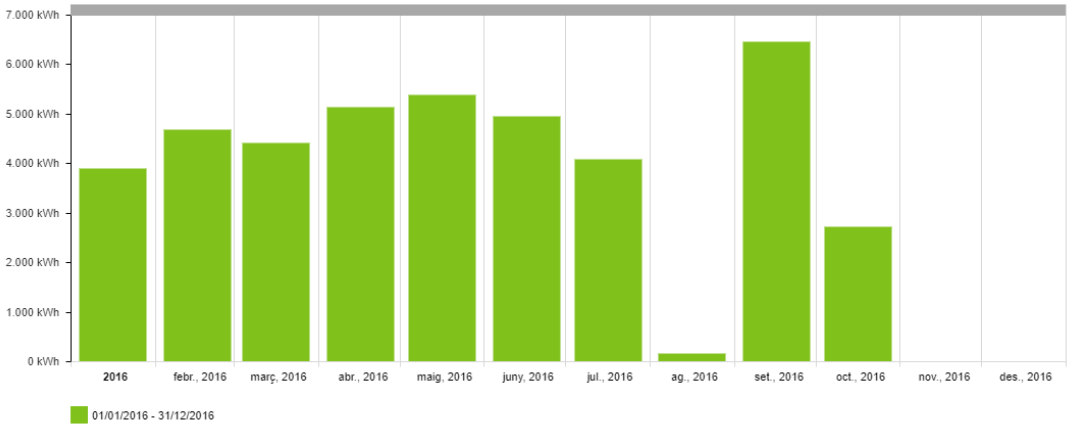

Figura 5.27. Evolució dels consums elèctrics dels soterranis del mòdul C5 al 2016

Tant el la figura 5.26. com en la 5.27. s'observa que falten les dades dels mesos de Novembre i Desembre. De nou, és molt probable que aquest error sigui una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

De la mateixa manera en que s'ha fet anteriorment quan el SIRENA ha comés errors similars, s'estimaran les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre estudiant els consums del mòdul C5 durant els anys 2015 i 2014, amb la finalitat d'obtenir xifres raonables per als consums d'aquests mesos al 2016.

Les figures 5.28. i 5.29. mostren l'evolució dels consums de la planta baixa i superiors del mòdul C5 i dels seus soterranis durant els anys 2016, 2015 i 2014.

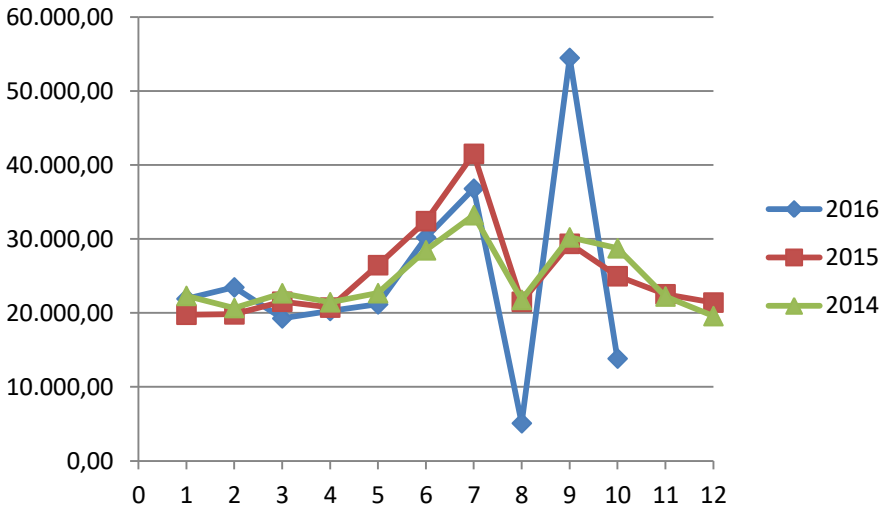

Figura 5.28. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics de la planta baixa i superiors del mòdul C5 al 2016, 2015 i 2014

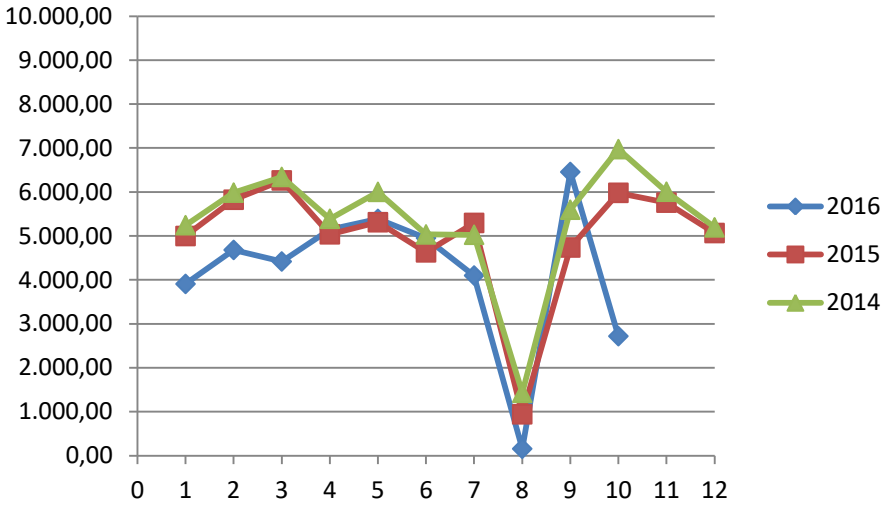

Figura 5.29. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics dels soterranis del mòdul C5 al 2016, 2015 i 2014

La correlació entre els consums elèctrics representats a la figura 5.28. és bastant bona, especialment del mes de Gener fins al mes de Juliol. Malgrat això, altres mesos com Setembre i Octubre presenten al 2016 valors força diferents als dels altres anys. Pel que fa a la figura 5.29, presenta una correlació bastant bona entre els mesos d'Abril i Setembre, encara que el mes d'Octubre de 2016 té un valor força diferent al d'anys anteriors.

En tots dos casos s'ha decidit prendre les dades de 2015 per als mesos de Novembre i Desembre del 2016, ja que les correlacions en els consum fan que siguin una estimació raonable, encara que amb un marge d'error significatiu. Llavors, els consums al 2016 del mes de Novembre passen a ser respectivament de 22.524,40 kWh i 5.756,65 kWh, i els de Desembre de 21.402,80 kWh i de 5.065,08 kWh.

Amb aquestes noves dades, el consum elèctric total en el mòdul C5 ara és de 343.125,88 kWh, una mica inferior al de 2015 i 2014 però bastant similar. Pel que fa al consum per m^2, aquest ara és de 78,50 kWh/m^2. Es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls C tenint en compte aquestes noves dades.

Finalment, la figura 5.30. mostra l'evolució del consum elèctric total del mòdul C5 al llarg de 2016, tenint en compte, les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

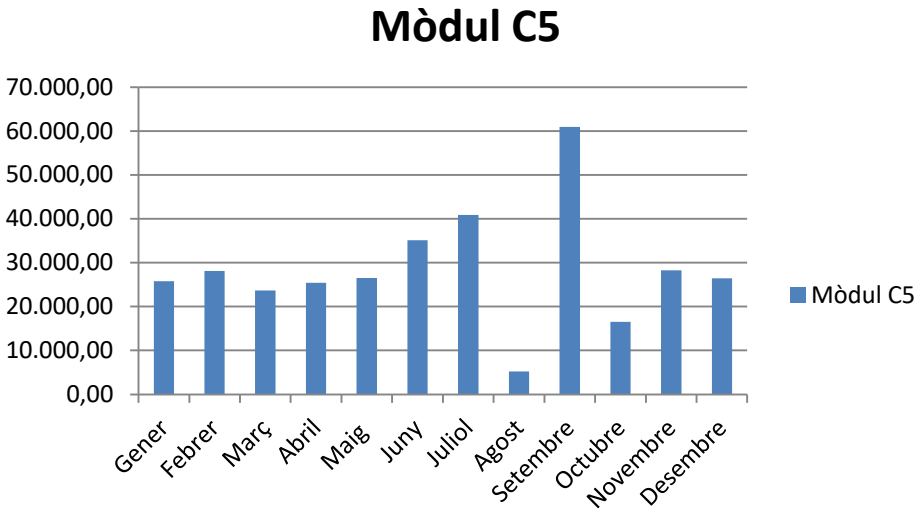

Figura 5.30. Evolució dels consums elèctrics totals del mòdul C5 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

La figura 5.30. presenta una evolució bastant habitual. Al mes de Setembre hi ha un pic de consum de més de 60.000 kWh i al mes d'Agost hi ha una acusada caiguda (5.251,00 kWh) , lo que suposa un descens del 81,64% respecte al consum mitjà.

5.3.6. Evolució del consum elèctric del Mòdul C6

Com en el cas del mòdul C5, en el mòdul C6 el SIRENA dona per a cada mes dues dades sobre el consum. Una dels consums de la planta baixa i superiors (deguts principalment a despatxos), i l'altra dels consums elèctrics dels soterranis (deguts principalment als laboratoris).

La superfície útil del mòdul C6 és de 4.068,92 m^2, molt similar a la de la majoria de mòduls C. El consum total de la planta baixa i superiors va ser l'any 2016 de 260.635,23 kWh i el consum total dels soterranis de 83.553,52 kWh. Si es sumen els dos dóna 344.188,75 kWh, que és el consum total del mòdul C6 al 2016. Dividint, s'obté el consum per metre quadrat del mòdul C6, que és de 84,59 kWh/m^2.

A continuació, les Figures 5.31. i 5.32. mostren l'evolució dels consums elèctrics al llarg de 2016, de la planta baixa i superiors del mòdul C6 i dels seus soterranis.

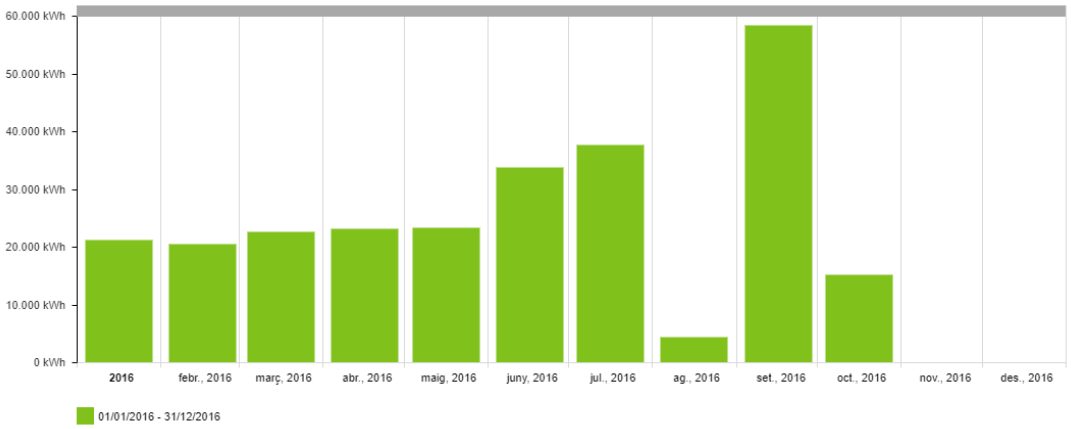

Figura 5.31. Evolució dels consums elèctrics a la planta baixa i superiors del mòdul C6 al 2016

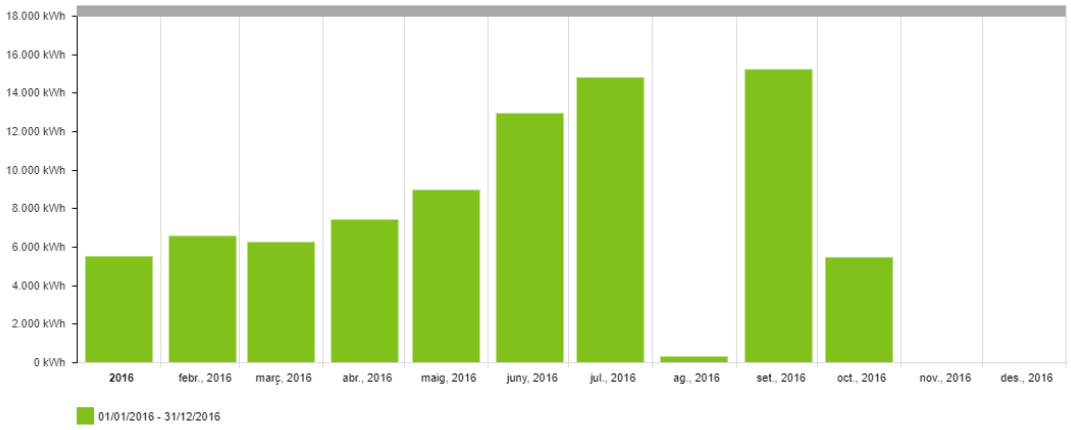

Figura 5.32. Evolució dels consums elèctrics dels soterranis del mòdul C6 al 2016

Un cop més, a les figures 5.31 i 5.32 hi falten les dades dels mesos de Novembre i Desembre. Amb tota probabilitat, aquest error és una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

De la mateixa manera en que s'ha fet anteriorment quan el SIRENA ha comés errors similars, s'estimaran les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre estudiant els consums del mòdul C6 durant els anys 2015 i 2014, per a tractar d'obtenir xifres raonables per a aquests mesos del 2016.

Les figures 5.33. i 5.34. mostren l'evolució dels consums de la planta baixa i superiors del mòdul C6 i dels seus soterranis durant els anys 2016, 2015 i 2014.

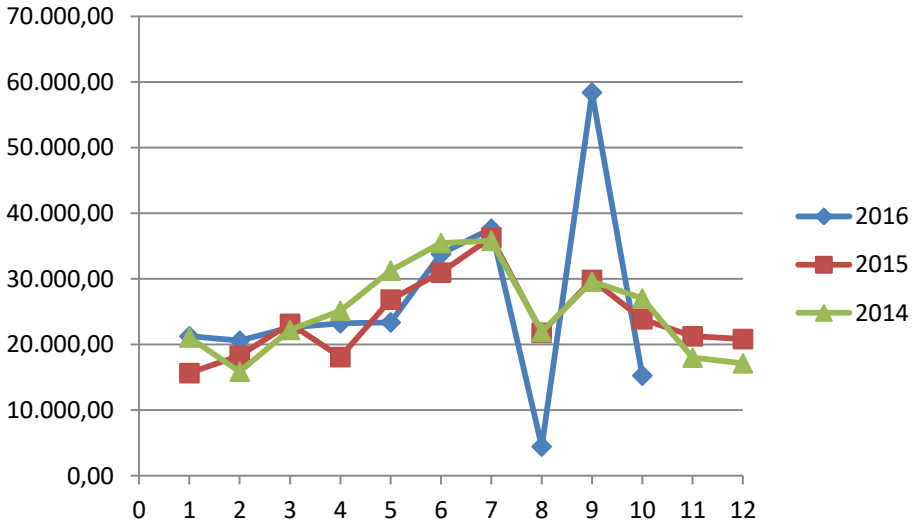

Figura 5.33. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics de la planta baixa i superiors del mòdul C6 al 2016, 2015 i 2014

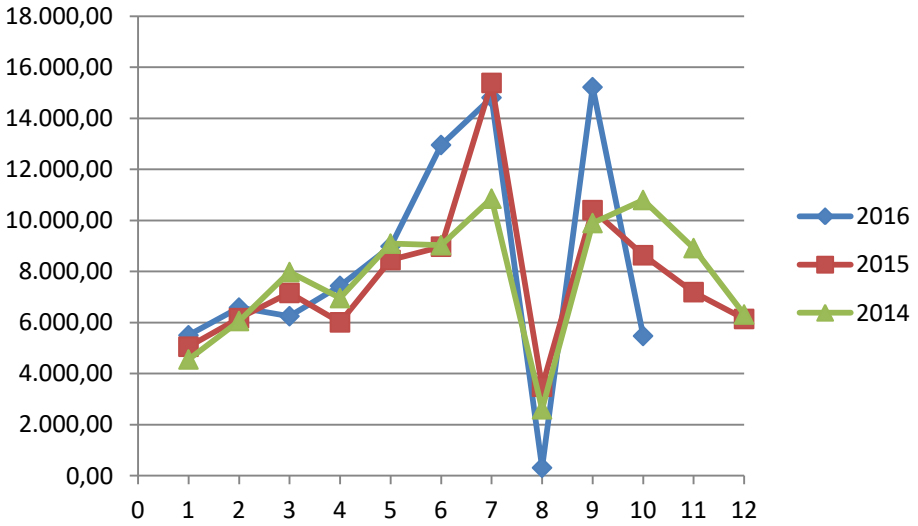

Figura 5.34. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics dels soterranis del mòdul C6 al 2016, 2015 i 2014

La correlació entre els consums elèctrics representats a la figura 5.33. és bastant bona, especialment del mes de Gener fins al mes de Juliol. Malgrat això, altres mesos com Setembre i Octubre presenten al 2016 valors força diferents als de 2015 i 2014. Pel que fa a la figura 5.34, presenta una correlació bastant bona fins al mes d'Agost, encara que el mes d'Octubre de 2016 té un valor força diferent als de 2015 i 2014.

De nou, s'ha decidit que la millor opció és prendre en tots dos casos les dades de 2015 per als mesos de Novembre i Desembre de 2016. Això és degut, a que les correlacions en els consum elèctrics són bastant significatives i, per tant, les dades de 2015 són una estimació raonable (encara que amb un marge d'error significatiu). Conseqüentment, els consums al 2016 del mes de Novembre passen a ser respectivament de 21.267,09 kWh i 7.194,29 kWh, i els de Desembre de 20.844,86 kWh i de 6.143,13 kWh.

Amb aquestes noves dades, el consum elèctric total en el mòdul C6 passa a ser de 399.638,13 kWh, una mica superior al de 2015 i 2014 però bastant similar. El consum per m^2 és de 98,22 kWh/m^2. Es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls C tenint en compte aquestes noves dades.

Finalment, la figura 5.35. mostra l'evolució del consum elèctric total del mòdul C6 al llarg de 2016, tenint en compte, les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

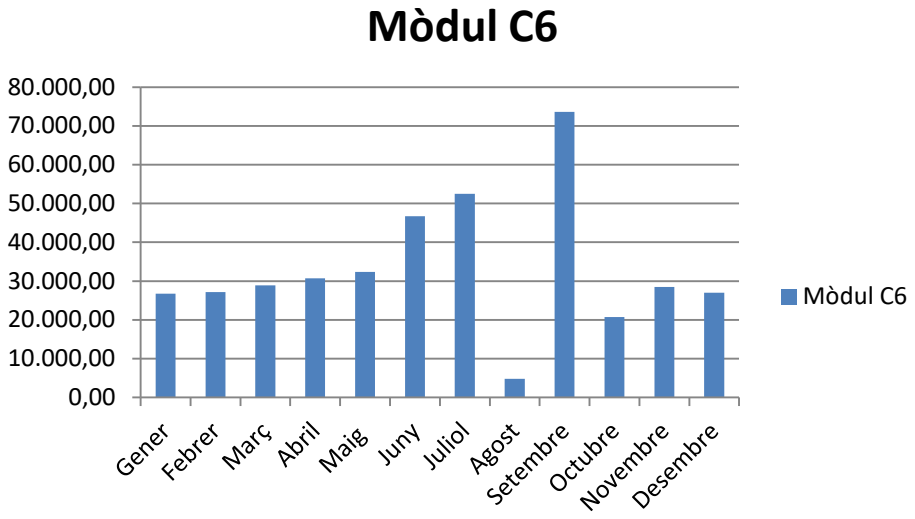

Figura 5.35. Evolució dels consums elèctrics totals del mòdul C6 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

L'evolució dels consums de la gràfica 5.35 és força coherent. Al mes de Setembre hi ha un pic de consum de més de 70.000 kWh i al mes d'Agost hi ha una gran caiguda en el consum (4.781,29 kWh) , lo que suposa un descens del 85,64% respecte al consum mitjà.

Conclusions mòduls C

La taula 5.6. mostra els consums elèctrics dels mòduls C al 2016 tenint en compte les estimacions realitzades per als mòduls C3, C4, C5, i C6.

Període 2016 [mes]	Consum Mòduls C [kWh]
Gener	153.485
Febrer	158.947
Març	155.747
Abril	156.875
Maig	161.047
Juny	207.130
Juliol	241.471
Agost	63.953
Setembre	251.611
Octubre	126.398
Novembre	168.133
Desembre	167.852
TOTAL 2016 [kWh]	**2.012.648**
Superfície [m^2]	23.150,05
Total/Superfície [kWh/m^2]	**86,94**

Taula 5.6. Consums elèctrics dels mòduls C al 2016

La figura 5.36. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls C al llarg de 2016 un cop tingudes en compte els estimacions efectuades en els mòduls C3, C4, C5, i C6.

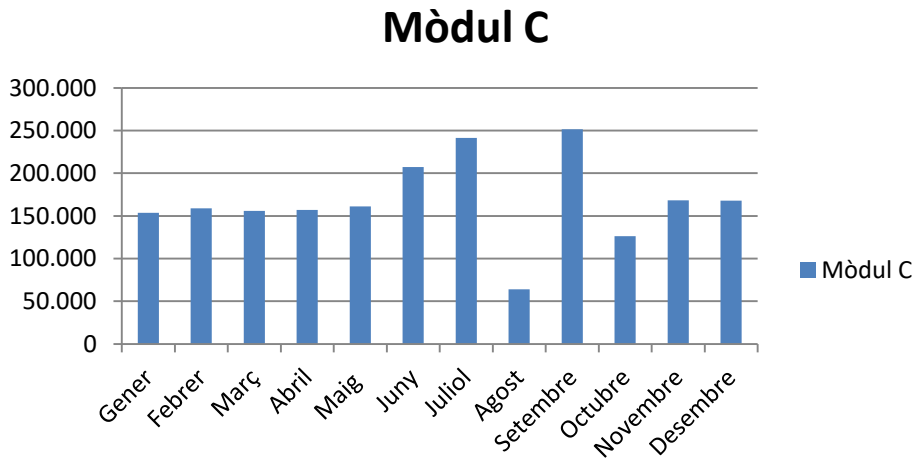

Figura 5.36. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls C al 2016 tenint en compte les estimacions efectuades en els mòduls C3, C4, C5, i C6

En l'anàlisi de la figura 5.17., va mencionar-se que resultaven molt sorprenents els baixos consums dels mòduls C durant els mesos de Novembre i Desembre comparats amb els consums de la resta de l'any. Gràcies a les estimacions realitzades en els mòduls C3, C4, C5, i C6 s'ha resolt aquesta problemàtica, i els consums d'aquests mesos ja superen els 150.000 kWh (molt similars als consums que es van produir en els cinc primers mesos de l'any). Els consums en la resta de mesos romanen iguals als de la figura 5.17.

5.4. Evolució del consum elèctric dels Mòduls D

Els Mòduls D del Campus Nord de la UPC consten de sis edificis anomenats D1, D2, D3, D4, D5 i D6. Amb l'excepció del mòdul D1, les superfícies útils dels mòduls D són molt similars. D'altra banda, els seus consum elèctrics totals difereixen bastant. La superfície útil total dels mòduls D és de 17.476,6 m^2. La finalitat principal de la superfície útil dels mòduls D és la despatxos per a professors i gent associada a la UPC, encara que també hi ha uns pocs laboratoris de departaments ubicats en els soterranis dels edificis d'aquests mòduls.

La taula 5.7. mostra els consums elèctrics dels mòduls D al 2016.

Període 2016 [mes]	**Consum Mòduls D [kWh]**
Gener	186.475
Febrer	179.524
Març	189.935
Abril	193.370
Maig	201.570
Juny	197.534
Juliol	230.017
Agost	50.983
Setembre	334.636
Octubre	103.538
Novembre	28.486
Desembre	23.332
TOTAL 2016 [kWh]	**1.919.401**
Superfície [m^2]	17.476,60
Total/Superfície [kWh/m^2]	**109,83**

Taula 5.7. Consums elèctrics dels mòduls D al 2016

La figura 5.37. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls D per a poder apreciar amb claredat la seva evolució al llarg de 2016.

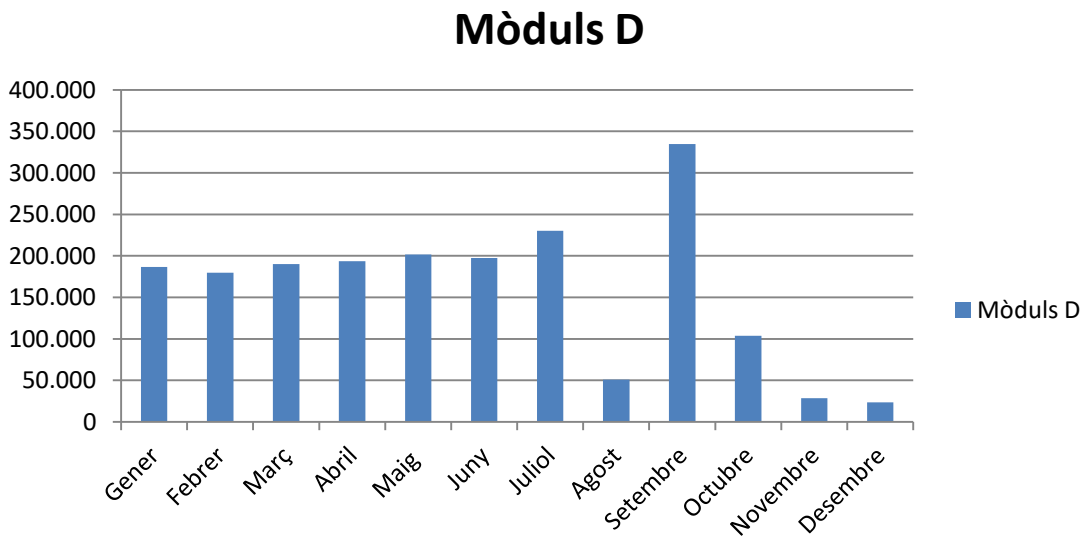

Figura 5.37. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls D al 2016

Un alt consum durant el mes de Setembre és raonable si es té en compte que la principal finalitat dels mòduls D és la de servir de despatxos per a professors, ja que aquests treballen integrament el mes de Setembre. Malgrat això, un pic de consum de 334.636 kWh és moltíssim hi haurà d'estudiar-se amb més deteniment. Era d'esperar, el dràstic descens en el consum (50.983 kWh) que es produeix en el mes d'Agost degut a la poca activitat existent durant les vacances d'estiu. Concretament, aquest descens és del 68,13% respecte al consum mitjà.

Com en el cas dels consums dels mòduls B i C, resulten sorprenents els extremadament reduïts consums de Novembre i Desembre, fins i tot més baixos que els del mes d'Agost. Novament, és probable que el SIRENA hagi comés un altre error en la presa de dades en un o més d'un dels mòduls D. Conseqüentment, gairebé segur serà necessari realitzar estimacions per a obtenir una idea més precisa dels consums reals dels últims mesos de l'any.

Per a poder estudiar amb més precisió aquests consums, es revisaran els consums elèctrics de cadascun dels edificis del mòdul D.

5.4.1. Evolució del consum elèctric del Mòdul D1

Els despatxos de professors i departaments ocupen les plantes baixes i superiors del mòdul D1, als soterranis hi ha laboratoris. La superfície útil del mòdul D1 és de 4.360,22 m^2, la més gran entre tots els mòduls D, pràcticament doblant la superfície de la resta de mòduls. Això és en part degut a que es tracta de l'únic mòdul D amb dos soterranis.

El consum elèctric total del mòdul D1 al 2016 va ser de 176.798,85 kWh, bastant reduït, ja que representa menys del 10 % del consum elèctric total dels mòduls D (concretament el 9,21 %). Tenint en compte el baix consum i l'elevada superfície, el consum per metre quadrat del mòdul D1 és molt reduït, de només 40,55 kWh/m^2, xifra 2,7 vegades inferior als 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D.

La figura 5.38. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul D1 al llarg de 2016.

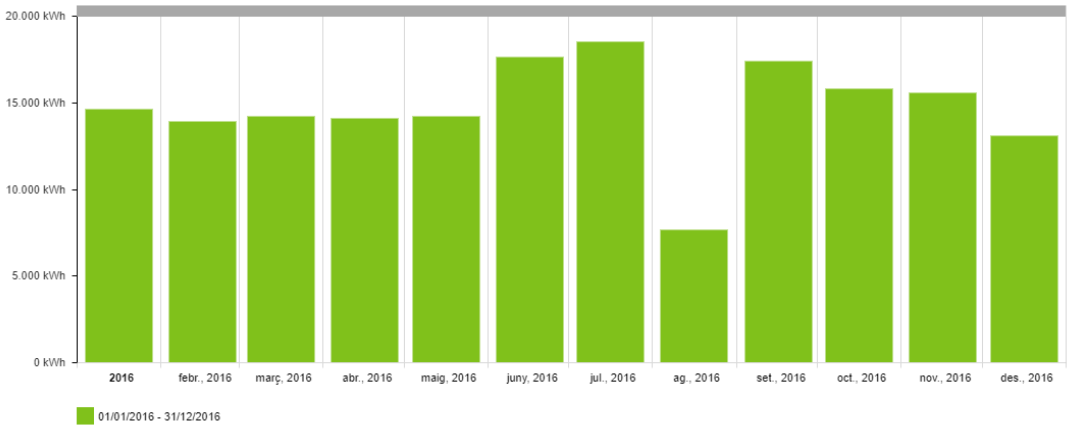

Figura 5.38. Evolució dels consums elèctrics del mòdul D1 al 2016

Pot observar-se que durant el mes d'Agost hi ha una important caiguda en el consum elèctric (7.671,61 kWh) , lo que suposa un descens del 47,93% respecte al consum mitjà. La resta de mesos, el consum elèctric oscil·la entre els 13.000 i els 19.000 kWh).

5.4.2. Evolució del consum elèctric del Mòdul D2

Els despatxos de professors i departaments ocupen la major part del mòdul D2. La seva superfície útil és de 2.554,28 m^2, la més petita entre tots els mòduls D, però molt similar a la superfície d'altres mòduls (amb l'excepció del mòdul D1 que es bastant més gran). El mòdul D2 és l'únic mòdul D que no disposa de cap soterrani. Per a compensar-ho, és també l'únic mòdul D amb una tercera planta (probablement, això és degut a la inclinació natural del terreny on va ser edificat el mòdul D2).

Pel que fa al consum elèctric total, l'any 2016, el mòdul D2 va consumir 142.668,79 kWh, el menor consum entre tots els mòduls D, representant el 7,43 % del consum elèctric total. Dividint el consum elèctric entre la superfície útil, s'obté el consum per metre quadrat del mòdul D2, que és de 55,85 kWh/m^2. Això representa poc més de 50 % (concretament un 50,85 %) dels 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D.

La figura 5.39. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul D2 al llarg de 2016.

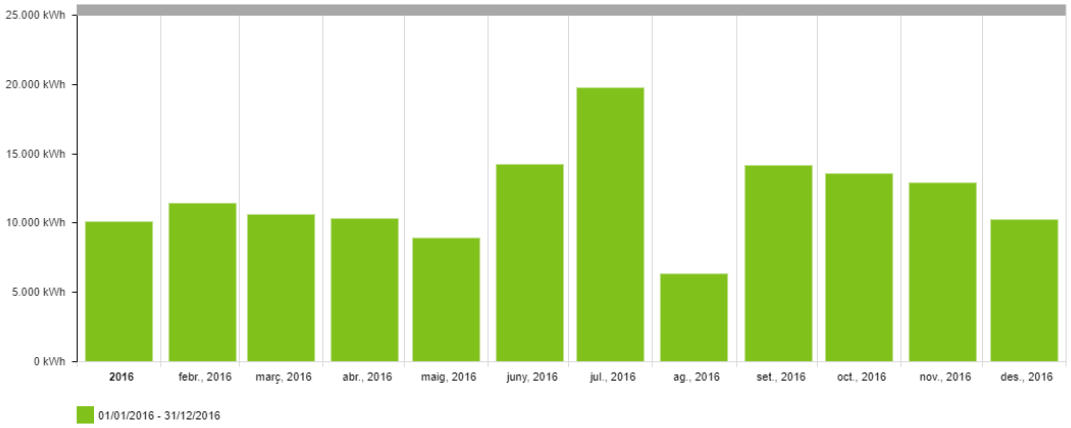

Figura 5.39. Evolució dels consums elèctrics del mòdul D2 al 2016

De la figura 5.39., destaca especialment l'alt consum del mes de Juliol (19.753,79 kWh). Com és habitual, al mes d'Agost hi ha un mínim en el consum (6.334,91 kWh), lo que suposa un descens del 46,72% respecte al consum mitjà.. El consum elèctric de la resta de mesos oscil·la entre poc menys dels 9.000 i els 14.300 kWh).

5.4.3. Evolució del consum elèctric del Mòdul D3

Com a la majoria dels mòduls D, al mòdul D3 està principalment compost per despatxos per a professors i gent associada a la UPC. La seva superfície útil és de 2.592,80 m^2, molt similar a la de la majoria de mòduls D. El seu consum elèctric al 2016 va ser de 159.927,58 kWh.

Si es divideix el consum elèctric total entre la seva superfície útil s'obté un consum per metre quadrat de 61,68 kWh/m^2, bastant inferior als 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D. Com que els consums per m^2 dels mòduls D1, D2 i D3 són bastant petits comparats amb el consum mitjà, és probable que un o més d'un dels mòduls D que resten per analitzar tinguin consums bastant considerables.

La figura 5.40. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul D3 al llarg de 2016.

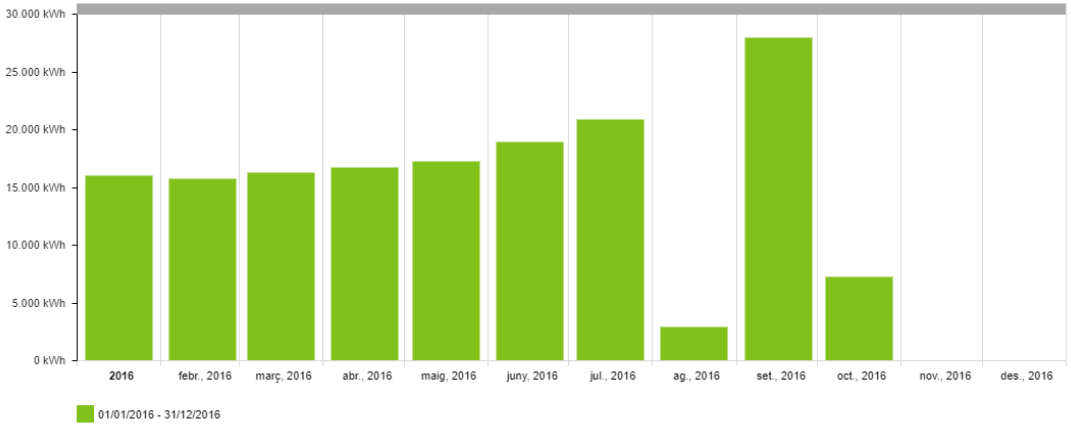

Figura 5.40. Evolució dels consum elèctric del mòdul D3 al 2016

A un cop d'ull, es veu que el gràfic de la figura 5.40. està incomplet, ja que no hi apareixen els consums dels mesos de Novembre i Desembre. Tenint en compte que no és possible que no hi hagués consum durant aquests mesos, és evident que el SIRENA va cometre un error en la presa o tractament de les dades del mòdul D3. Aquest error, és probablement una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

Per a tractar d'estimar les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre, s'han estudiat els consums del mòdul D3 en els anys 2015 i 2014, esperant que segueixin un patró similar per a poder extreure'n xifres raonables per als consums d'aquests mesos al 2016.

La figura 5.41. mostra l'evolució del consum del mòdul D3 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

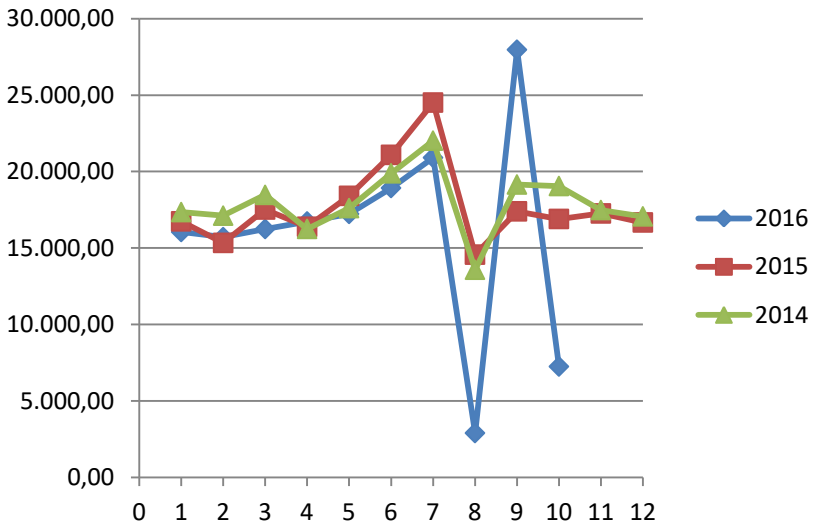

Figura 5.41. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics del mòdul D3 al 2016, 2015 i 2014

Amb l'excepció dels mesos d'Agost, Setembre i, especialment, Octubre, la correlació entre els consums del mòdul D3 en els anys 2016, 2015 i 2014 és força acurada.

Com que el SIRENA només disposa d'aquestes dades i veient que la correlació de les dades és bastant bona durant més de mig any, s'ha decidit prendre les dades dels consums de Novembre i Desembre de 2015 com a estimació raonable dels consums d'aquests mesos al 2016. Per tant, es considera que al 2016, Novembre va tenir un consum de 17.261,13 kWh i Desembre de 16.670,69 kWh.

Amb aquestes noves dades, el consum elèctric total del mòdul D3 passa a ser de 193.859,40 kWh i el consum per m^2 de 74,77 kWh/m^2, xifra que continua sent bastant inferior als 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D. Per suposat, es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls D tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.42. mostra l'evolució del consum elèctric del mòdul D3 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

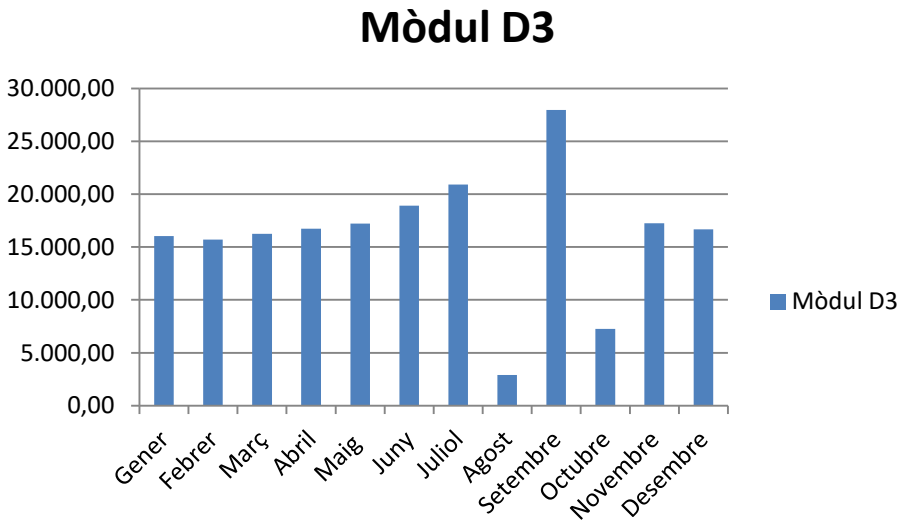

Figura 5.42. Evolució dels consums elèctrics del mòdul D3 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

Gràcies a les modificacions, l'evolució dels consums del mòdul D3 ja sembla més coherent. Ara bé, els consums de Setembre i especialment Octubre continuen sent bastant estranys. Malgrat això, sense disposar de més dades és complicat extreure conclusions sobre això, però hauria d'estudiar-se en el futur.

5.4.4. Evolució del consum elèctric del Mòdul D4

El mòdul D4 està principalment compost, com la majoria de mòduls D, per despatxos per a professors i gent associada a la UPC. La seva superfície útil és de 2.649,16 m^2, molt similar a la dels altres mòduls D (excepte el mòdul D1).

L'any 2016, el consum elèctric del mòdul D4 va ser de 211.973,38 kWh, i el seu consum per m2 de 80,02 kWh/m^2, més proper als 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D que el dels mòduls D1, D2, i D3 però que ni molt menys justifica un consum mitjà tan elevat.

La figura 5.43. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul D4 al llarg de 2016.

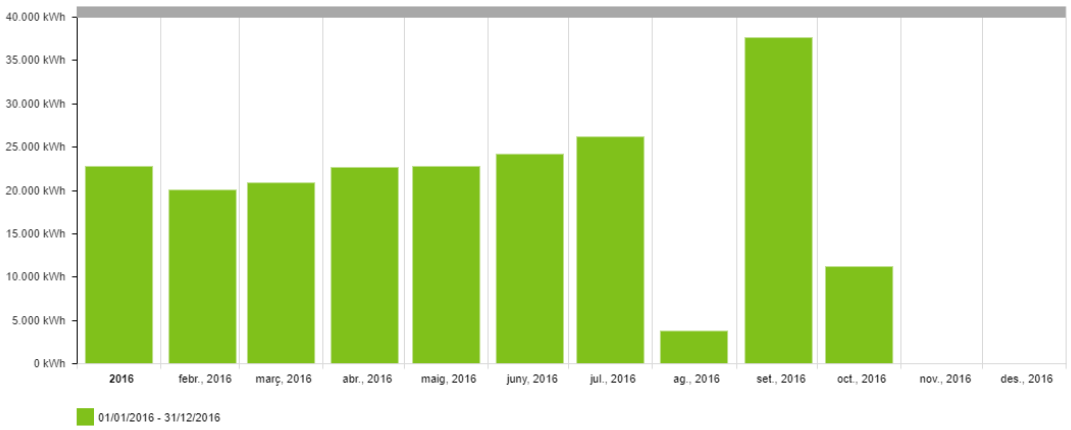

Figura 5.43. Evolució dels consum elèctric del mòdul D4 al 2016

La figura 5.43. està incompleta, ja que no hi apareixen els consums dels mesos de Novembre i Desembre. Això és un error del SIRENA i, probablement, una de les raons per les quals les dades sobre els consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

De la mateixa manera en que s'ha fet anteriorment, quan el SIRENA ha comés errors similars, s'estimaran les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre estudiant els consums del mòdul D4 durant els anys 2015 i 2014, per a tractar d'obtenir xifres raonables per a aquests mesos del 2016.

La figura 5.44. mostra l'evolució del consum del mòdul D4 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

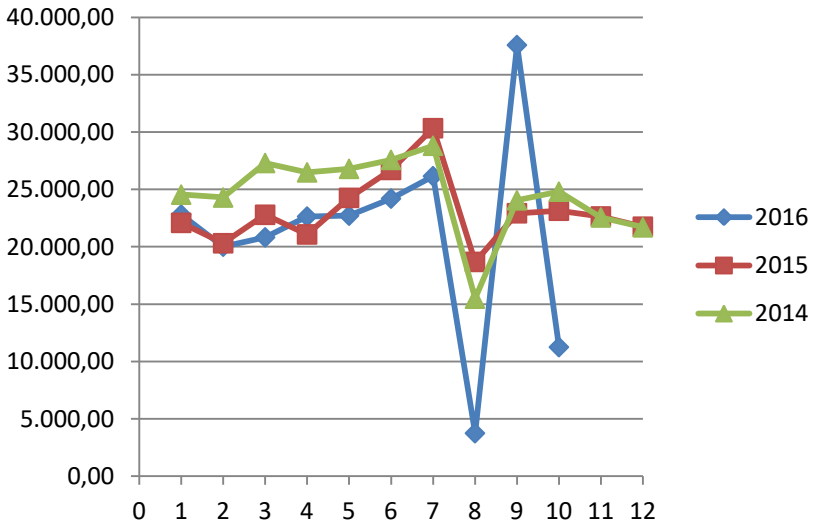

Figura 5.44. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics del mòdul D4 al 2016, 2015 i 2014

A la figura 5.44, excepte en els mesos d'Agost, Setembre i, especialment, Octubre, la correlació entre els consums del mòdul D4 en els anys 2016, 2015 i 2014 és bastant bona.

Per els mateixos motius que en situacions prèvies similars (per exemple, en l'anàlisi del mòdul D3), s'agafen les dades dels consums de Novembre i Desembre de 2015 per al 2016, ja que es consideren estimacions raonables. D'aquesta manera, el consum estimat al 2016, per al mes de Novembre és de 17.261,13 kWh i el de Desembre de 16.670,69 kWh.

Conseqüentment, el consum total del mòdul D4 passa a ser de 256.374,44 kWh i el consum per m^2 de 96,78 kWh/m^2, xifra que continua sent inferior als 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D (com la dels mòduls D1, D2 i D3), d'això se'n dedueix que els consums dels mòduls restants són probablement molt elevats. Es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls D tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.45. mostra l'evolució del consum elèctric del mòdul D4 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

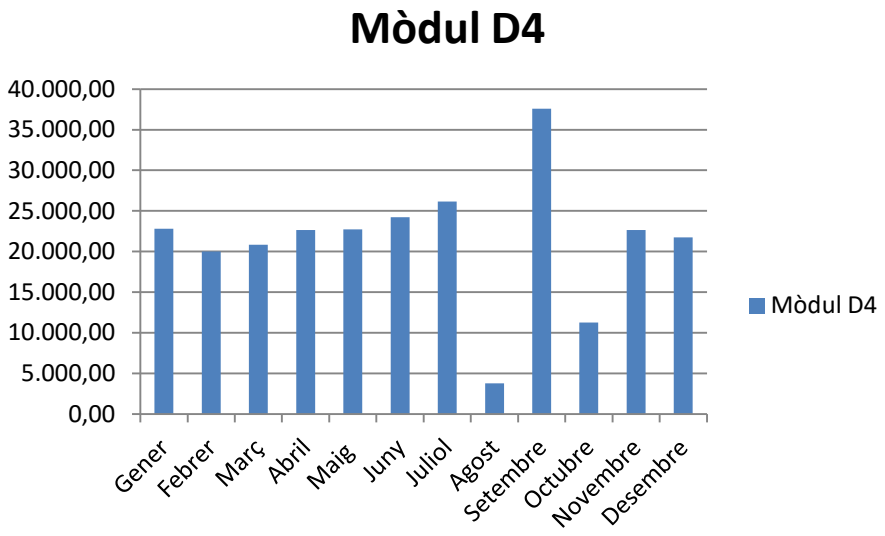

Figura 5.45. Evolució dels consums elèctrics del mòdul D4 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

L'evolució dels consums del mòdul D4 mostrats a la figura 5.45., gràcies a les modificacions, sembla més coherent que la de la figura 5.43. Malgrat això, els consums de Setembre i especialment Octubre continuen sent bastant estranys hi haurien d'estudiar-se en el futur.

5.4.5. Evolució del consum elèctric del Mòdul D5

La superfície útil del mòdul D5 és molt similar a la de la majoria de mòduls D, concretament de 2.619,02 m^2. L'any 2016, el seu consum va ser de 330.213,18 kWh. Aquest consum tan elevat, és degut en gran mesura a que en aquest mòdul està ubicat el departament de Teoria de la Senyal i Comunicacions (TSC), que empra grans quantitats de kWh en les seves investigacions. A més a més, al mòdul D5 també hi ha despatxos per a professors i gent associada a la UPC.

El consum per metre quadrat del mòdul D5 és de 126,08 kWh/m^2, clarament superior als 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D, però insuficient per a justificar un consum mitjà tan elevat.

La figura 5.46. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul D5 al llarg de 2016.

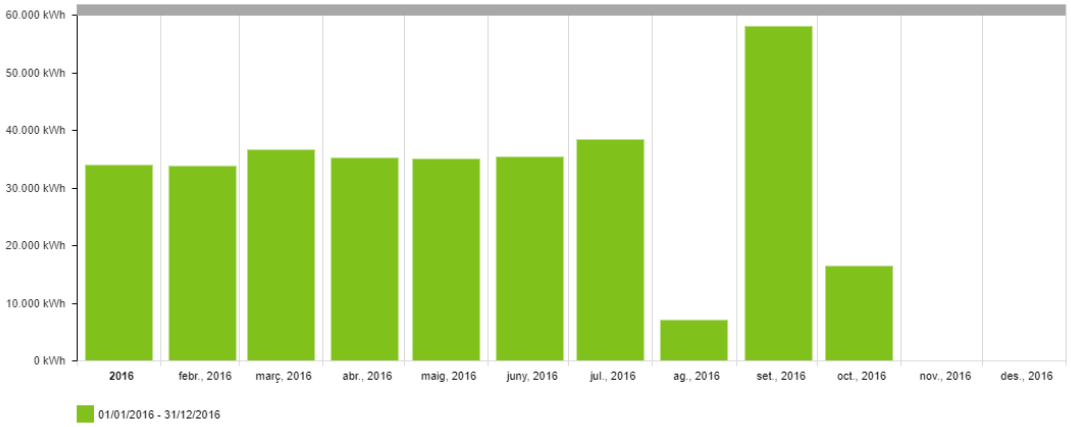

Figura 5.46. Evolució dels consum elèctric del mòdul D5 al 2016

Com en casos anteriors, el gràfic de la figura 5.46. està incomplet. Degut a un error del SIRENA, no apareixen els consums dels mesos de Novembre i Desembre. Aquest error, segurament contribueix a que les dades dels consums elèctrics del Campus Nord de la companyia elèctrica i del SIRENA no coincideixen.

Per a pal·liar en la mesura de lo possible aquest error, s'han estudiat els consums del mòdul D5 en els anys 2015 i 2014, amb la finalitat d'estimar les dades dels consums dels mesos de Novembre i Desembre del 2016.

La figura 5.47. mostra l'evolució del consum del mòdul D5 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

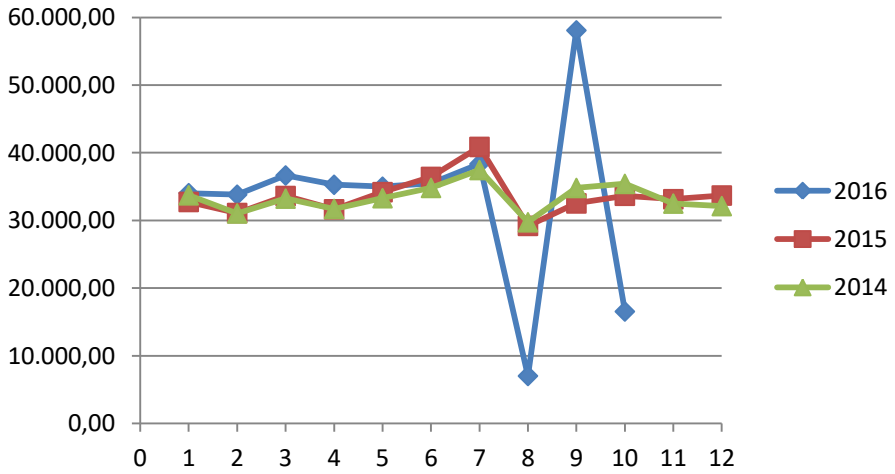

Figura 5.47. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics del mòdul D5 al 2016, 2015 i 2014

Com en el cas dels mòduls D3 i D4, la correlació entre els consums del mòdul D3 en els anys 2016, 2015 i 2014 és força acurada (amb l'excepció dels mesos d'Agost, Setembre i, especialment, Octubre).

Sense disposar de més dades i veient que la correlació de les dades és bastant bona durant més de mig any, s'ha decidit que com en els anàlisis dels mòduls anteriors, es prendran les dades dels consums de Novembre i Desembre de 2015 com si fossin les de 2016, ja que es considera que són una estimació força raonable. En conseqüència, es treballarà considerant un consum per als mesos de Novembre i Desembre de 2016 de 33.136,35 kWh i 33.685,21 kWh respectivament.

Amb aquestes noves dades, el consum elèctric total del mòdul D5 passa a ser de 397.034,75 kWh i el consum per m^2 de 151,60 kWh/m^2, superior a la xifra anterior. Malgrat això, serà necessari que el consum de mòdul D6 sigui extraordinàriament alt per a que el consum per m^2 mitjà dels mòduls D tingui sentit. Com sempre, es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls D tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.48. mostra l'evolució del consum elèctric del mòdul D5 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

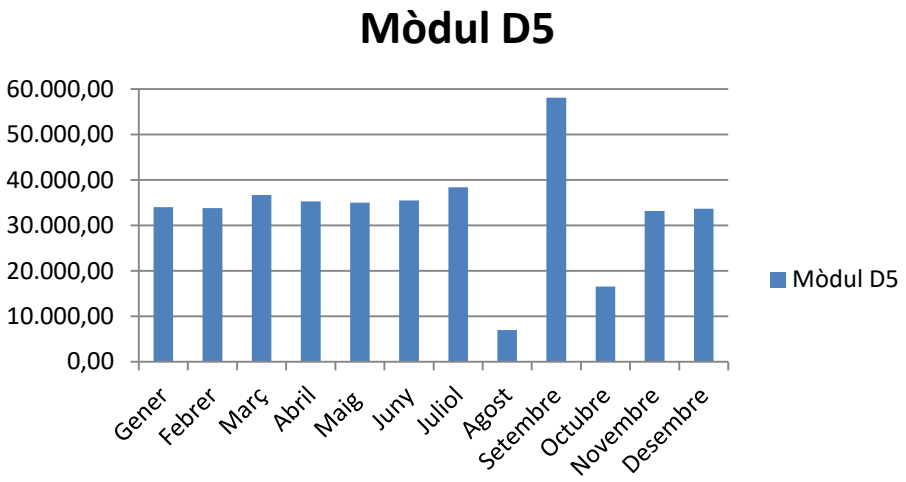

Figura 5.48. Evolució dels consums elèctrics del mòdul D5 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

Ara, la gràfica dels consums elèctrics del mòdul D5 ja presenta una evolució molt més habitual i la majoria del mesos els consums oscil·len entre els 30.000 i els 40.000 kWh. Particularment, el mes d'Agost pateix una importantíssima caiguda en el consum elèctric (7.018,63 kWh), lo que suposa un descens del 78,79% respecte al consum mitjà. A més a més, hi ha un pic de consum al mes de Setembre de 58.087,25 kWh.

5.4.6. Evolució del consum elèctric del Mòdul D6

Finalment, el consum del mòdul D6 l'any 2016, va ser de 897.818,80 kWh. Aquest consum tan elevat comparat amb el de la resta de mòduls D (inclòs el mòdul D5), és conseqüència principalment a que en aquest mòdul està ubicat el Departament d'Arquitectura de Computadors (DAC), que necessita enormes quantitats d'energia per a realitzar les seves investigacions. A més a més, al mòdul D6 també disposen de despatxos per a professors i gent associada a la UPC.

La seva superfície útil, és molt similar a la de la majoria de mòduls D, concretament de 2.701,12 m^2. Lo que implica un consum per metre quadrat de 332,39 kWh/m^2, xifra altíssima que supera en més de 3 vegades els 109,83 kWh/m^2 que es consumeixen de mitjana en els mòduls D (aquesta xifra podria créixer encara més si, com en mòduls anteriors, és necessari realitzar estimacions per als últims mesos de l'any). Només amb una xifra tan elevada com aquesta, té sentit l'alt consum per m^2 mitjà dels mòduls D.

La figura 5.49. mostra l'evolució dels consums elèctrics del mòdul D6 al llarg de 2016.

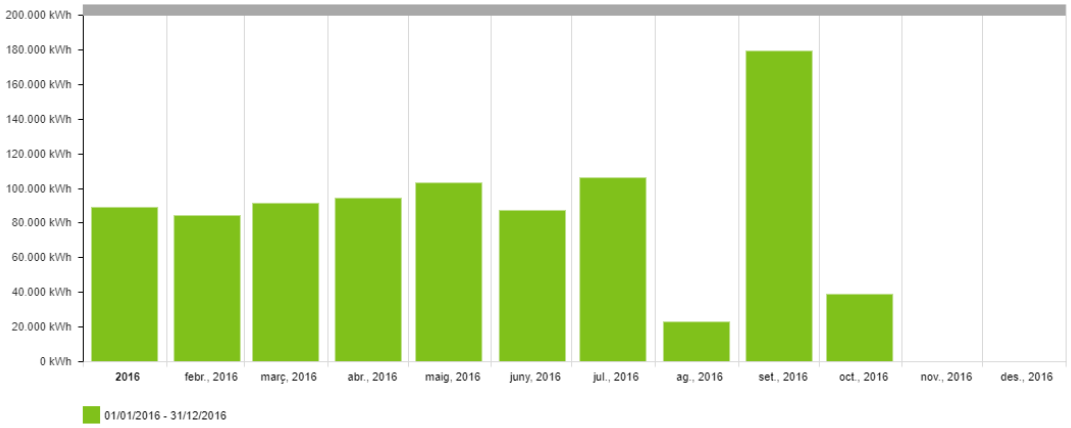

Figura 5.49. Evolució dels consum elèctric del mòdul D6 al 2016

Per a estimar els consums que no apareixen a la figura 5.49. (degut a un error del SIRENA), s'han estudiat els consums del mòdul D6 en els anys 2015 i 2014.

La figura 5.50. mostra l'evolució del consum del mòdul D6 durant els anys 2016, 2015 i 2014.

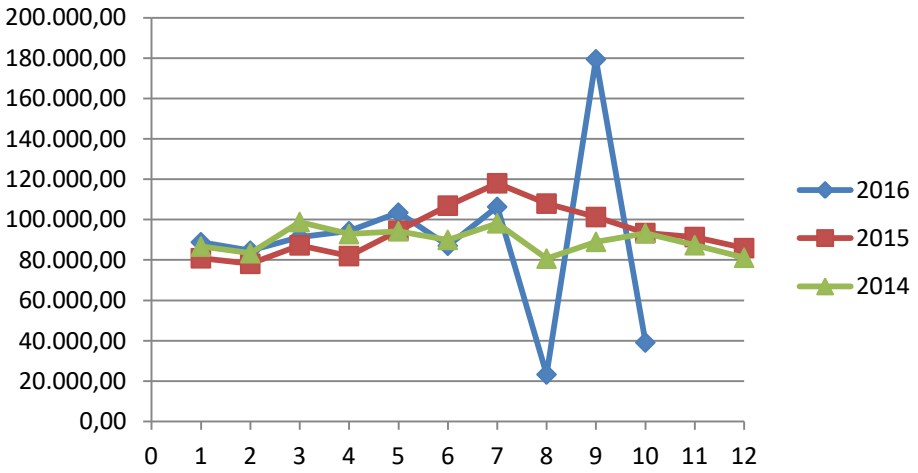

Figura 5.50. Comparació de les evolucions dels consums elèctrics del mòdul D6 al 2016, 2015 i 2014

Com en el cas dels mòduls D3, D4 i D5, la correlació entre els consums del mòdul D6 en els primer mesos de l'any (fins al Juliol) dels anys 2016, 2015 i 2014 és força acurada. Per contra, els mesos d'Agost, Setembre i, especialment, Octubre no presenten cap correlació.

De nou, s'ha decidit que la millor opció és prendre en tots dos casos les dades de 2015 per als mesos de Novembre i Desembre de 2016. Això és degut, a que les correlacions en els consum elèctrics de la primera meitat de l'any són bastant significatives i, per tant, les dades de 2015 són una estimació raonable (encara que amb un marge d'error significatiu). Conseqüentment, el consum al 2016 del mes de Novembre passa a ser de 91.371,86 kWh i el de Desembre de 85.883,02 kWh.

El consum elèctric total del mòdul D5 passa a ser per tant de 1.075.073,68 kWh, superior al consum total dels mòduls A i molt similar al dels mòduls B. Pel que fa al consum per m^2, aquest és de 398,01 kWh/m^2, el més alt de tot el Campus Nord (gairebé quadruplica el consum per m^2 mitjà dels mòduls D). Com sempre, es revisarà el consum elèctric total i el consum per m^2 dels mòduls D tenint en compte aquestes noves dades.

La figura 5.51. mostra l'evolució del consum elèctric del mòdul D6 al llarg de 2016 tenint en compte les dades estimades per als mesos de Novembre i Desembre.

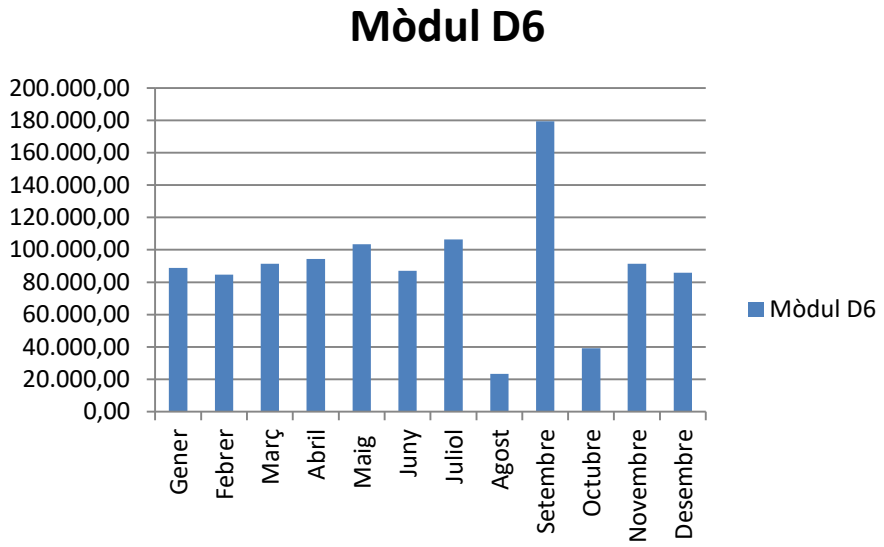

Figura 5.51. Evolució dels consums elèctrics del mòdul D6 al 2016 estimant els consums de Novembre i Desembre

L'evolució dels consums que presenta la figura 5.51. és bastant habitual. Ara bé, al mes de Setembre hi ha un pic de consum elevadíssim, de 179.436,47 kWh. Aquest consum és tan alt com el consum anual d'alguns mòduls i crec que hauria de verificar-se si realment es van consumir tants kWh o si es tracta d'un (nou) error del SIRENA.

Conclusions mòduls D

La taula 5.8. mostra els consums elèctrics dels mòduls D al 2016 tenint en compte les estimacions realitzades per als mòduls D3, D4, D5, i D6.

Període 2016 [mes]	Consum Mòduls D [kWh]
Gener	186.475
Febrer	179.524
Març	189.935
Abril	193.370
Maig	201.570
Juny	197.534
Juliol	230.017
Agost	50.983
Setembre	334.636
Octubre	103.538
Novembre	192.902
Desembre	181.326
TOTAL 2016 [kWh]	**2.241.810**
Superfície [m^2]	17.476,6
Total/Superfície [kWh/m^2]	**128,27**

Taula 5.8. Consums elèctrics dels mòduls D al 2016

La figura 5.52. mostra la representació gràfica dels consums elèctrics dels Mòduls D al llarg de 2016 un cop tingudes en compte els estimacions efectuades en els mòduls D3, D4, D5, i D6.

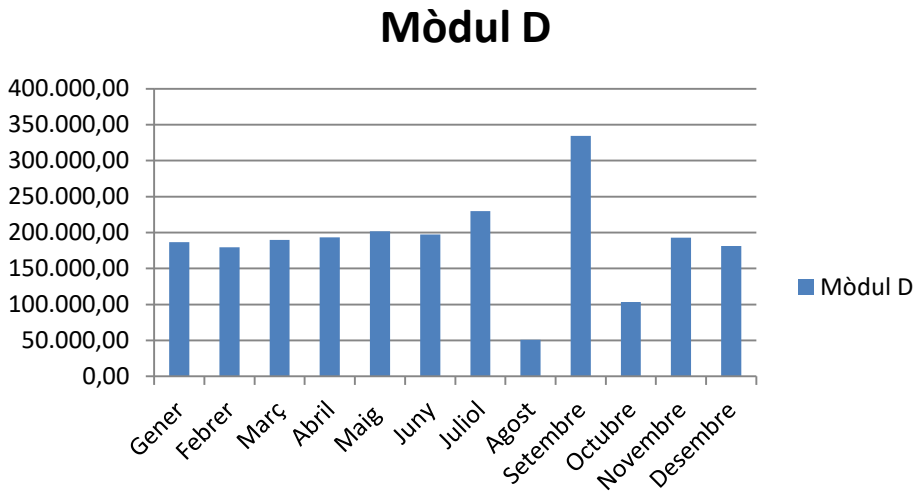

Figura 5.52. Evolució dels consums elèctrics dels mòduls D al 2016 tenint en compte les estimacions efectuades en els mòduls D3, D4, D5, i D6

A la figura 5.52., gràcies a les estimacions realitzades en els anàlisis de diferents mòduls, ja no hi existeixen els estranys baixos consums dels mesos de Novembre i Desembre que eren presents a la figura 5.37. Els consums en la resta de mesos romanen iguals als de la figura 5.37.

5.5. Evolució del consum elèctric de la Biblioteca

El Campus Nord de la UPC disposa d'una Biblioteca anomenada *Biblioteca Rector Gabriel i Ferraté* que funciona integrament amb electricitat i que està composta per un total de sis plantes (la planta baixa, tres plantes superiors i dos soterranis). La suma de la superfície útil de totes aquestes plantes és de 5.719,36 m^2.

El seu consum elèctric total durant el 2016 va ser de 514.255,57 kWh, molt similar al del mòdul C1. D'aquest 514.255,57 kWh, un total de 245.033,35 kWh són deguts únicament a la climatització de la Biblioteca. Tenint en compte la seva superfície, fent una simple divisió, s'obté un consum per metre quadrat de 89,91 kWh/m^2.

La taula 5.9 desglossa per mesos els consums elèctrics totals de la BIB l'any 2016:

Període 2016 [mes]	**Consum Biblioteca [kWh]**
Gener	52.642
Febrer	42.069
Març	40.541
Abril	37.761
Maig	53.136
Juny	58.395
Juliol	43.534
Agost	17.761
Setembre	43.939
Octubre	39.436
Novembre	42.401
Desembre	42.642
TOTAL 2016 [kWh]	**514.256**
Superfície [m^2]	5.719,36
Total/Superfície [kWh/m^2]	**89,91**

Taula 5.9. Consums elèctrics totals de la Biblioteca al 2016

La figura 5.53. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals de la BIB al llarg de 2016, i la figura 5.54. mostra l'evolució dels consums produïts per a la climatització de la Biblioteca en el mateix període de temps.

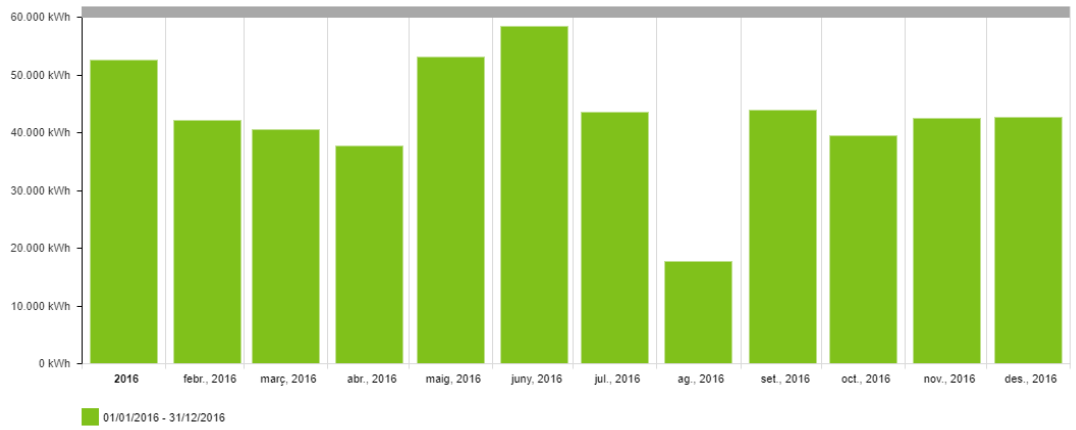

Figura 5.53. Evolució dels consums elèctrics totals de la Biblioteca al 2016

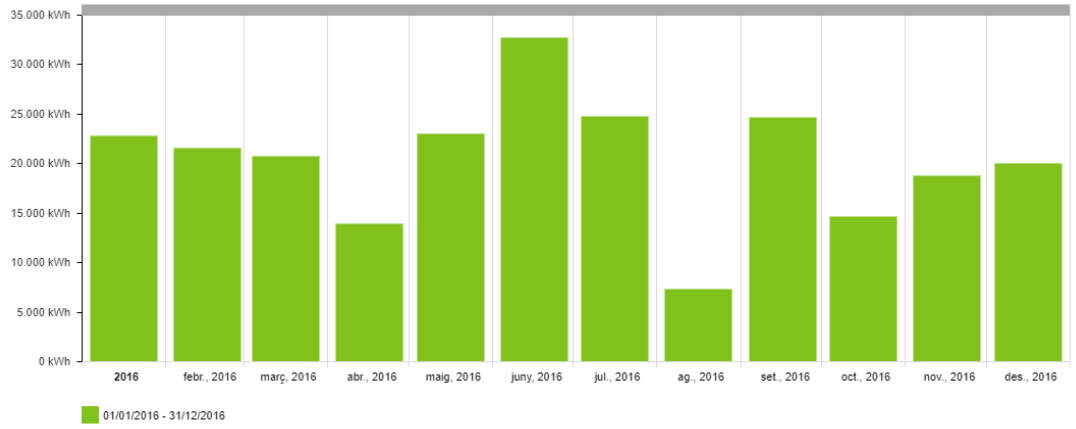

Figura 5.54. Evolució dels consums elèctrics deguts a la climatització de la Biblioteca al 2016

Tant en la figura 5.53 com en la 5.54 s'aprecia un pic de consum elèctric en el mes de Juny (probablement degut als exàmens finals del quadrimestre de primavera) i un important descens en el consum durant el mes d'Agost, ja que els alumnes estan de vacances. Concretament, el descens en el consum total de la Biblioteca del mes d'Agost és del 58,56% respecte al consum mitjà. La resta de mesos, els consums totals oscil·len entre els 37.500 i poc més dels 53.000 kWh.

5.6. Evolució dels consums elèctrics dels edificis K2M i Omega

S'ha decidit realitzar l'anàlisi dels edificis K2M i Omega conjuntament ja que, com es pot veure en la figura 4.1., estan en contacte directe i el SIRENA confon algun dels seus consums.

En l'edifici K2M (Knowledge To Market) conviuen la recerca universitària amb la innovació empresarial a través d'una vintena de projectes centrats en les Tecnologies de la Informació i la Comunicació (TIC). Aquesta edifici ofereix els espais i serveis necessaris per a generar, impulsar i desenvolupar grans projectes de recerca. La superfície útil de l'edifici K2M és de 3.440,74 m^2, un 29,33% de la superfície combinada dels edificis Omega i K2M (que és de 11.730,32 m^2). El seu consum elèctric l'any 2016 va ser de 240.146,63 kWh, que considerant la seva superfície, suposa un consum per m^2 de 69,80 kWh/m^2.

La figura 5.55. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals de l'edifici K2M al llarg de 2016.

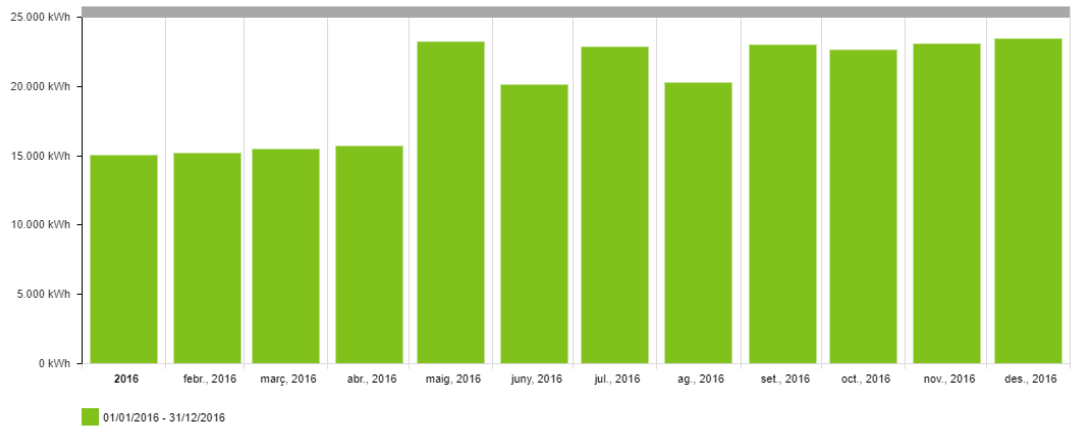

Figura 5.55. Evolució dels consums elèctrics totals de l'edifici K2M al 2016

La figura 5.55 mostra una evolució ascendent en els consums elèctrics de l'edifici K2M, que comencen en uns 15.000 kWh i acaben prop dels 23.500 kWh. Resulta complicat definir exactament el perquè d'aquesta evolució, ja que el consum en aquest edifici pot variar substancialment segons la recerca que s'estigui realitzant en cada moment.

En quant a l'edifici Omega, la seva superfície útil és de 8.289,58 m^2. Aquest edifici s'utilitza principalment com a seu de molts grups d'investigació. L'any 2016, el seu consum elèctric total va ser de 5.219.405,61 kWh, i el seu consum per m^2 va ser de 629,63 kWh/m^2, el més alt de tot el Campus Nord.

La figura 5.56. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals de l'edifici Omega al llarg de 2016.

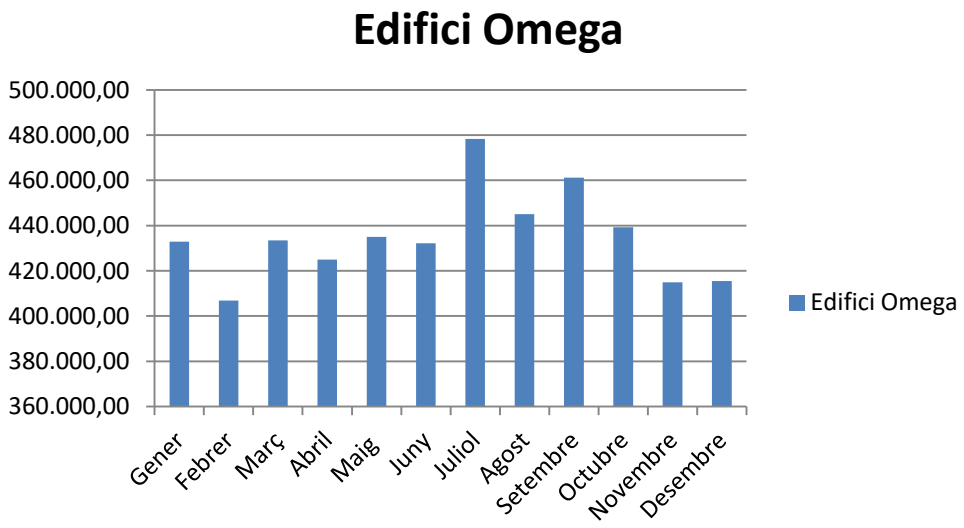

Figura 5.56. Evolució dels consums elèctrics totals de l'edifici Omega al 2016

A primer cop d'ull, sembla que els consums elèctrics de l'edifici Omega, representats en la figura 5.56, varien substancialment per a cada mes. Ara bé, cal tenir en compte que, per a poder apreciar millor les diferències entre els consums mesurats a cada mes, s'ha escollit iniciar l'eix vertical en els 400.000 kWh. Per tant, proporcionalment les diferencies entre els consums no són tan acusades.

Finalment, la taula 5.10 desglossa per mesos els consums elèctrics totals dels edificis K2M i Omega l'any 2016:

Període 2016 [mes]	**Consum Biblioteca [kWh]**
Gener	447.874
Febrer	422.063
Març	448.873
Abril	440.636
Maig	458.215
Juny	452.374
Juliol	501.148
Agost	465.285
Setembre	484.134
Octubre	461.961
Novembre	438.051
Desembre	438.939
TOTAL 2016 [kWh]	**5.459.552**
Superfície [m^2]	11.730,32
Total/Superfície [kWh/m^2]	**465,42**

Taula 5.10. Consums elèctrics totals dels edificis K2M i Omega al 2016

5.7. Evolució dels consums elèctrics del Poliesportiu i l'Enllumenat Extern

S'ha decidit realitzar l'anàlisi del poliesportiu i de l'enllumenat extern conjuntament degut a que els comptadors de l'enllumenat estan ubicats al poliesportiu i el SIRENA confon alguna de les seves mesures.

El poliesportiu està format per la planta baixa i dues plantes sota terra. La seva superfície útil és de 6.037,10 m^2, i disposa de gimnàs, piscina i pistes on practicar tota mena d'esports. L'any 2016, el consum elèctric del poliesportiu va ser de 315.491,17 kWh, lo que suposa un consum per m^2 de 52,26 kWh/m^2.

La taula 5.11 desglossa per mesos els consums elèctrics totals del poliesportiu l'any 2016:

Període 2016 [mes]	Consum Poliesportiu [kWh]
Gener	27.242
Febrer	29.778
Març	27.312
Abril	21.600
Maig	22.510
Juny	27.628
Juliol	31.187
Agost	16.850
Setembre	36.729
Octubre	25.572
Novembre	26.905
Desembre	22.177
TOTAL 2016 [kWh]	**315.491**
Superfície [m^2]	6.037,10
Total/Superfície [kWh/m^2]	**52,26**

Taula 5.11. Consums elèctrics totals del poliesportiu al 2016

La figura 5.57. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals del poliesportiu al llarg de 2016.

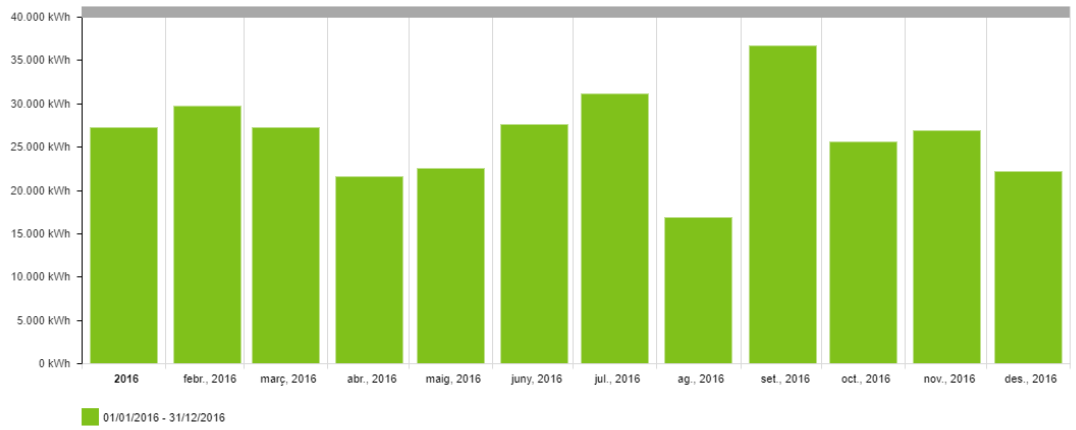

Figura 5.57. Evolució dels consums elèctrics totals del poliesportiu al 2016

Els consums de la figura 5.57 són força coherents. La majoria de mesos els consums oscil·len entre els 20.000 i els 30.000 kWh. Al mes d'Agost hi ha una caiguda en el consum elèctric (7.018,63 kWh), lo que suposa un descens del 35,91% respecte al consum mitjà.

Pel que fa a l'enllumenat, l'excel amb les superfícies útils del Campus Nord només contempla els edificis, i les dades de les superfícies del SIRENA no són gens fiables. Per tant, es desconeix la seva superfície útil. Afortunadament, si que es coneix el consum elèctric de l'enllumenat l'any 2016, que va ser de 117.814,74 kWh, similar al d'algun dels mòduls amb menor consum.

La figura 5.58. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals de l'enllumenat al llarg de 2016.

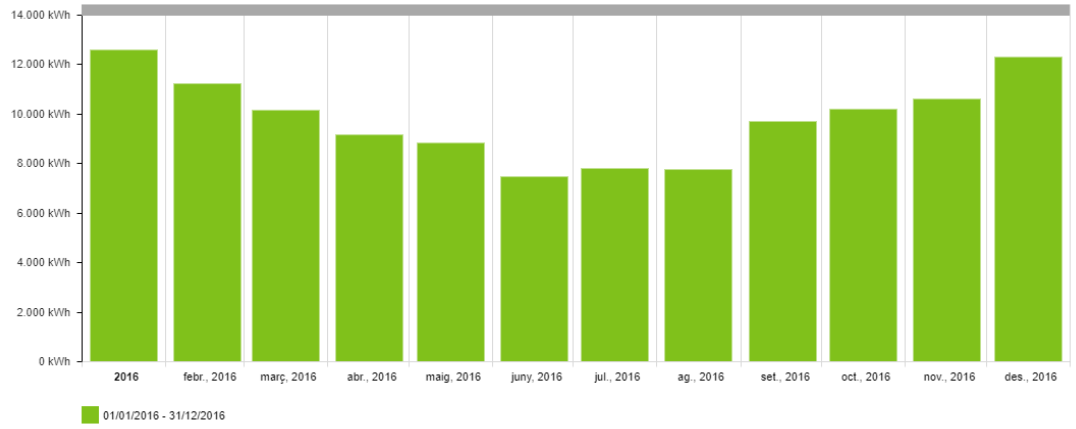

Figura 5.58. Evolució dels consums elèctrics totals de l'enllumenat extern al 2016

Pot observar-se un major consum elèctric durant els mesos de tardor i hivern, degut amb casi total seguretat al fet de que, durant aquests mesos, es fa de nit més d'hora. Conseqüentment, és necessari l'ús d'enllumenat extern durant més temps.

5.8. Evolució dels consums elèctrics del Rectorat i l'edifici Til·lers

S'ha decidit realitzar l'anàlisi del rectorat i l'edifici Til·lers conjuntament ja que, com es pot veure en la figura 4.1., estan en contacte directe i el SIRENA confon alguna de les seves dades.

A l'edifici Til·lers, està ubicat el Gabinet de Relacions Internacionals. Respectivament, els consums elèctrics totals del rectorat i l'edifici Til·lers són de 285.994,52 kWh i 79.353,89 kWh, sumant un consum combinat de 365.348,42 kWh. L'excel amb les superfícies útils del Campus Nord només no disposa de dades del rectorat, i les dades de les superfícies del SIRENA no són gens fiables. Pel que fa a l'edifici Til·lers, la seva superfície útil és de 1.703,06 m^2, lo que el converteix en un dels edificis més petits del Campus Nord. El seu consum per m^2 és de 46,59 kWh/m^2.

La figura 5.59. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals del rectorat al llarg de tots els mesos de 2016.

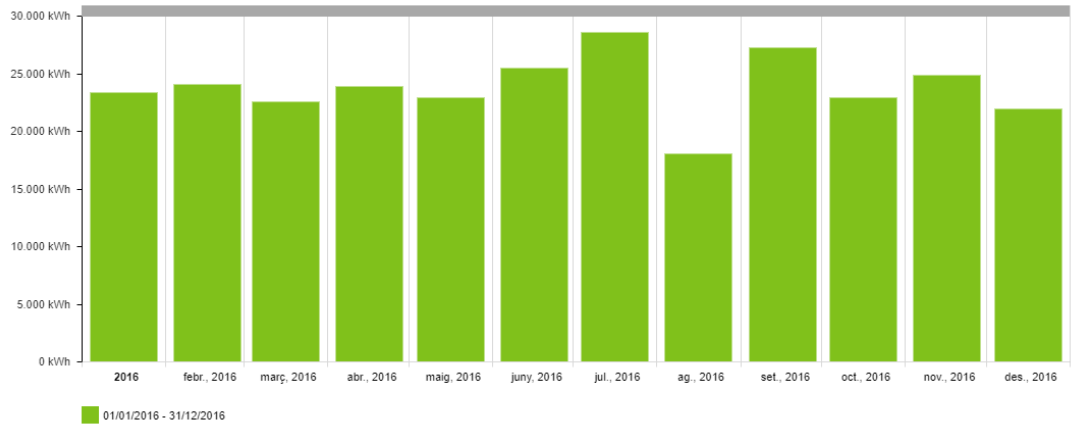

Figura 5.59. Evolució dels consums elèctrics totals del rectorat al 2016

El consum elèctric de rectorat roman força constant al llarg de 2016, encara que, com és habitual, hi ha un caiguda en el consum de mes d'Agost, que en aquest cas és del 24,41% respecte al consum mitjà.

La figura 5.60. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals de l'edifici Til·lers al llarg de tots els mesos de 2016.

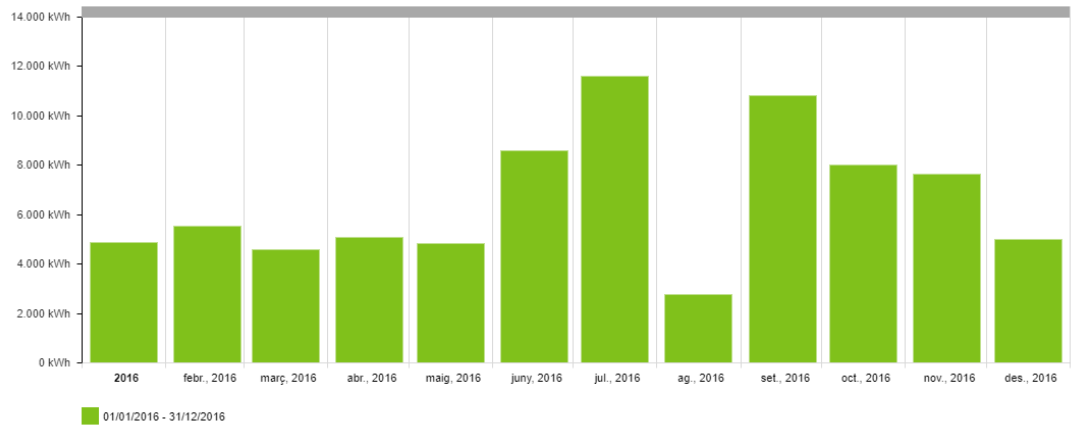

Figura 5.60. Evolució dels consums elèctrics de l'edifici Til·lers al 2016

Com es pot observar a la figura 5.60., el consum elèctric mensual de l'edifici Til·lers presenta dos pics de consum durant els mesos de Juliol i Setembre (respectivament de 11.584,08 kWh i 10.810,15 kWh). També presenta l'habitual caiguda de consum del mes d'Agost, que en aquest cas és del 57,93% respecte al consum mitjà de l'edifici.

5.9. Evolució del consum elèctric del Vèrtex

A l'edifici Vèrtex del Campus Nord es realitzen diversos cursos i congressos, així com la formació per al PAS. Aquest edifici disposa d'una superfície útil de 16.025,36 m^2 i, al 2016, va tenir un consum elèctric de 755.867,96 kWh.

La taula 5.12 desglossa per mesos els consums elèctrics totals de l'edifici Vèrtex l'any 2016:

Període 2016 [mes]	Consum Poliesportiu [kWh]
Gener	54.849
Febrer	56.799
Març	56.767
Abril	58.767
Maig	64.203
Juny	72.391
Juliol	84.506
Agost	47.796
Setembre	79.879
Octubre	66.973
Novembre	61.157
Desembre	51.782
TOTAL 2016 [kWh]	**755.868**
Superfície [m^2]	16.025,36
Total/Superfície [kWh/m^2]	**47,17**

Taula 5.12. Taula de consums elèctrics totals de l'edifici Vèrtex al 2016

La figura 5.61. mostra l'evolució dels consums elèctrics totals de l'edifici Vèrtex al llarg de 2016.

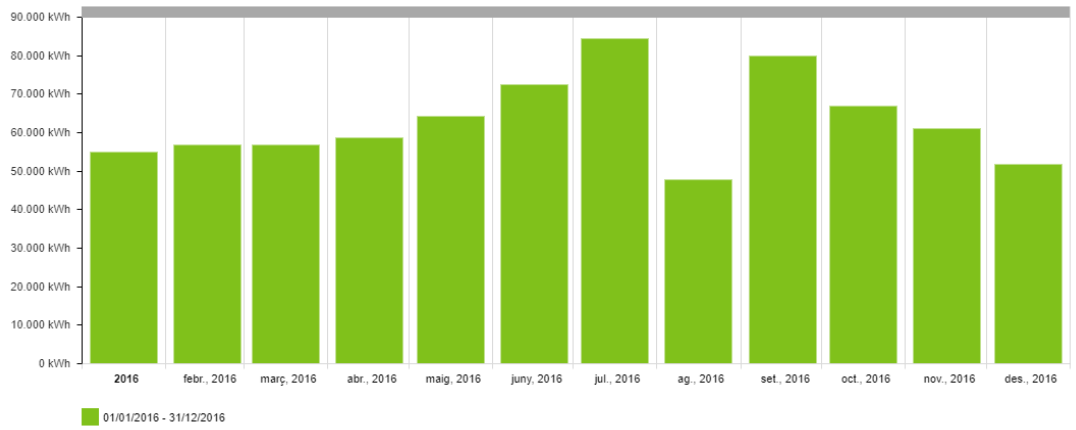

Figura 5.61. Evolució dels consums elèctrics totals de l'enllumenat extern al 2016

En la figura 5.61, s'aprecia com el consum elèctric mensual de l'edifici Vèrtex presenta dos màxims durant els mesos de Juliol i Setembre (de 84.505,53 kWh i 79.879,44 kWh respectivament). També presenta l'habitual caiguda de consum del mes d'Agost, que en aquest cas és del 24,12% respecte al consum mitjà de l'edifici.

5.10. Conclusions de l'estudi

El sumatori dels consums elèctrics de tots els edificis estudiats dóna 12.988.615,16 kWh, inferior als 13.181.975,00 kWh mesurats en el comptador general del Campus Nord. Amb aquesta nova xifra, el percentatge de consum del qual se'n coneix la procedència passa a ser del 92,86%, i la diferencia d'aquest amb el consum mesurat per la companyia elèctrica és de 999.309,84 kWh. Lo que indica que persisteix un petit error en la manera en que es comptabilitzen i/o sumen els consums dels edificis del CN.

La taula 5.13. desglossa per mesos la suma dels consums elèctrics totals del CN, sense tenir en compte les estimacions realitzades anteriorment:

Període 2016 [mes]	Consum CN [kWh]
Gener	1.100.128
Febrer	1.073.961
Març	1.099.516
Abril	1.095.581
Maig	1.150.703
Juny	1.221.833
Juliol	1.351.950
Agost	764.421
Setembre	1.471.944
Octubre	1.011.956
Novembre	831.908
Desembre	814.714
TOTAL 2016 [kWh]	**12.988.615**

Taula 5.13. Consums elèctrics totals del CN al 2016

El consum total del CN l'any 2016 va ser de 13.987.925 kWh. Tenint en compte aquesta dada, el gràfic de la figura 5.62. mostra, per a l'any 2016, el percentatge de consum elèctric produït per cada edifici o grup d'edificis del CN (sense tenir en compte les estimacions realitzades anteriorment).

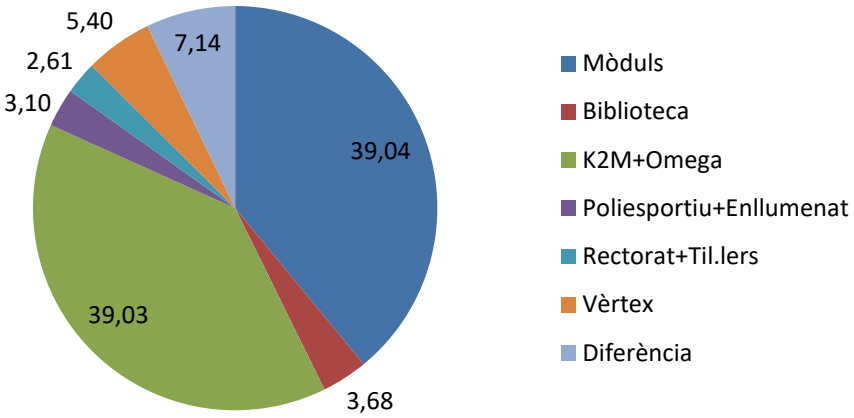

Figura 5.62. Distribució del consum d'energia en el CN al 2016

El percentatge de consum no controlat (diferència) és del 7,14%, molt inferior al 29% que es va calcular al: *"Estudi dels factors clau per a l'estalvi energètic assolit a la UPC"* [2].

A més a més, si afegim a aquests càlculs els consums estimats per als mesos de Novembre i Desembre dels mòduls que, degut a un error del SIRENA, no disposaven de consums durant aquests mesos, la suma del consum elèctric de tots els edificis del campus Nord passa a ser de 13.562.058,79 kWh. Lo que implica un percentatge de consum del qual se'n coneix la procedència del 96,96%.

La taula 5.14. desglossa per mesos la suma dels consums elèctrics totals del CN, tenint en compte les estimacions realitzades en apartats previs del treball:

Període 2016 [mes]	Consum CN [kWh]
Gener	1.100.128
Febrer	1.073.961
Març	1.099.516
Abril	1.095.581
Maig	1.150.703
Juny	1.221.833
Juliol	1.351.950
Agost	764.421
Setembre	1.471.944
Octubre	1.011.956
Novembre	1.125.258
Desembre	1.094.808
TOTAL 2016 [kWh]	**13.562.059**

Taula 5.14. Consums elèctrics totals del CN al 2016

Degut a la naturalesa de les estimacions, aquestes dades presenten un cert percentatge d'error.

El gràfic inferior mostra, per a l'any 2016, el percentatge de consum elèctric produït per cada edifici o grup d'edificis del CN (tenint en compte les estimacions realitzades anteriorment).

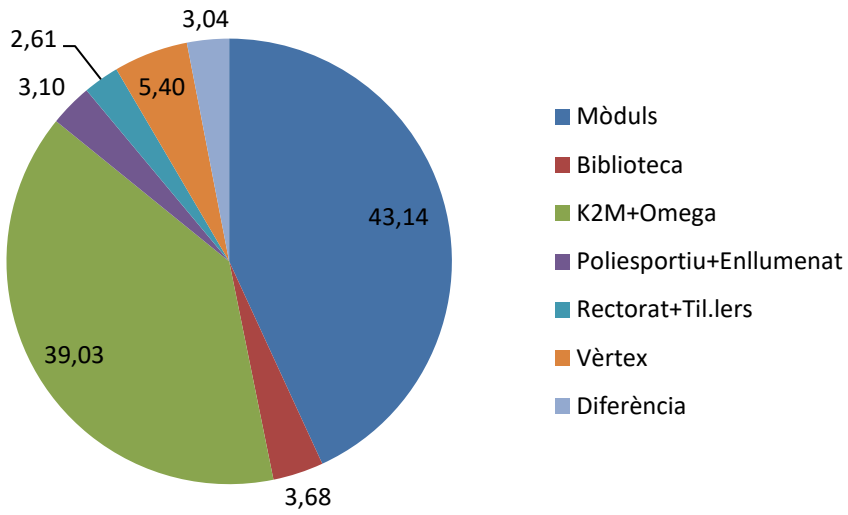

Figura 5.63. Distribució del consum d'energia en el CN al 2016

Amb aquestes noves dades, el percentatge de consum no controlat cau fins al 3,04%, que és un percentatge molt més raonable que el 29% del qual va partir aquest treball. Aquest 3,04% suposa que la diferencia entre el consum mesurat per la UPC i el mesurat per la companyia elèctrica és de 425.866,21 kWh.

La raó per la qual tots dos consums encara no quadren és que la UPC no comptabilitza els consums del mòdul B0. Segons s'ha observat al llarg d'aquest treball, 425.866,21 kWh és un consum força raonable per a un edifici d'aquestes característiques. Conseqüentment, si la UPC comptabilitzes el seu consum, la diferencia entre les seves mesures i les de la companyia elèctrica serien mínimes.

Finalment, la taula 5.15. mostra una comparativa dels consums i els consums per superfície segons els edificis.

Edifici	Consum total [kWh]	Consum total per superfície [kWh/m^2]
- Mòduls A	688.014,75	36,22
- Mòduls B	1.091.256	87,26
- Mòduls C	2.012.648	86,94
- Mòduls D	2.241.810	128,27
- Biblioteca	514.256	89,91
- K2M i Omega	5.459.552	465,42
- Poliesportiu i Enllumenat extern	433.306	-
- Rectorat i Til·lers	365.348	-
- Vèrtex	755.868	47,17

Taula 5.15. Comparativa consum i consum per superfície segons edifici.

Com pot observar-se a la taula 5.15., el consum total dels mòduls varia bastant, sent la mitjana d'aquests consums de 1.508.432 kWh. De la resta d'edificis, destaca especialment l'elevat consum dels edificis K2M i Omega, que supera els 5.000.000 kWh.

Malauradament, no s'ha pogut disposar de les superfícies útils del rectorat i de l'enllumenat extern, cosa que no a permès realitzar un anàlisi més exhaustiu del consum per superfície del Campus Nord. Sense tenir en compte aquestes dues localitzacions, el consum per m^2 mitjà del CN és de 117,06 kWh/m^2. Destaca l'alt consum per m^2 dels edificis K2M i Omega, que gairebé quadruplica el consum per m^2 mitjà del campus.

6. PROPOSTES DE MILLORA

De la realització de l'estudi del consum elèctric del campus nord de la UPC, han sorgir diverses idees i propostes de millora. A grans trets, es poden dividir en propostes de millora generals i propostes de millora específiques per al SIRENA.

Propostes de millora generals:

- Comptabilitzar els consums de l'edifici B0.

Propostes de millora del SIRENA:

- Introduir les dades reals de les superfícies útils de cada edifici, cosa que permetrà obtenir consums per m^2 directament del SIRENA sense necessitat de realitzar els càlculs externament.

- Reparar l'error que provoca que no es comptabilitzin els consums dels mesos de Novembre i Desembre dels edificis següents: B4-B5, C3, C4, C5, soterrani C5, C6, soterrani C6, D3, D4, D5 i D6.

- Realitzar la comptabilitat dels mòduls B4 i B5 per separat.

- Realitzar la comptabilitat dels soterranis dels mòduls A5 i A6 per separat.

- Introduir o millorar les descripcions dels diferents comptadors per a que sigui més fàcil identificar quins consums s'estan comptabilitzant exactament (especialment en el cas de l'edifici Omega).

- En els mòduls on es comptabilitzen els consums dels soterranis de forma separada als de la resta de l'edifici, introduir un comptador virtual que sumi tots els consums del mòdul per a poder obtenir directament del SIRENA el consum total d'aquest sense necessitat de realitzar els càlculs externament.

7. IMPACTE MEDIAMBIENTAL

Donada la naturalesa d'aquest treball, el seu impacte mediambiental és molt reduït. Es tracta d'un treball completament teòric, les dades del qual s'han obtingut des de Internet i l'estudi i anàlisi d'aquestes s'ha realitzat integrament a nivell de software, sense necessitat de construir cap prototip. En conseqüència, l'impacte mediambiental d'aquest treball es limita al consum energètic emprat en la seva realització.

Ara bé, s'ha de tenir en compte quina és la finalitat última d'aquest treball. No s'ha realitzat l'anàlisi dels consums elèctrics de Campus Nord merament com un exercici teòric, sinó que es desitja millorar la monitorització dels consums per a poder reduir-los en els anys vinents. Des d'aquesta perspectiva, és evident que el treball està estretament relacionat amb aspectes mediambientals.

En l'actualitat, un percentatge molt elevat de l'energia elèctrica total produïda a Espanya es produeix mitjançant fonts d'energia no renovables. El cas més preocupant és potser el de les centrals tèrmiques, que per a generar electricitat cremen combustibles fòssils com el carbó, el gas o el petroli que són molt contaminants. La crema d'aquets combustibles allibera centenars de tones de gasos nocius a l'atmosfera que contribueixen al canvi climàtic. També està el cas de l'energia nuclear, que encara que no allibera gasos d'efecte hivernacle, si que genera grans quantitats de residus radioactius altament nocius per al medi ambient. Altres fonts d'energia que si són renovables, com la solar, la hidràulica o la eòlica, no presenten aquestes problemàtiques. És a dir, que encara que l'electricitat no és un tipus d'energia contaminant, segons com es generi si que pot resultar contaminant.

La UPC coneix aquests problemes i està molt conscienciada amb el medi ambient. Així ho demostra la creació i aplicació del Pla UPC 2020 de sostenibilitat energètica [1], l'objectiu del qual és aconseguir una universitat sostenible, a mig i llarg termini, amb baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni. Per tant, es possible que es tinguin en compte les conclusions d'aquest treball i s'estudiïn i segueixin les seves propostes. Si això últim succeís, aquest treball acabaria tenint un impacte positiu en el medi ambient a mig o llarg termini.

8. PRESSUPOST

El cost total del present treball és el resultat de la suma dels costos materials i dels costos dels recursos humans. Degut a la naturalesa del treball, els costos materials es limiten als costos derivats de software i equips informàtics. Les hores computades als costos de recursos humans són una estimació força acurada del temps total requerit per a realitzar aquest treball.

A la taula inferior, es mostra el pressupost destinat a recursos informàtics, tenint en compte l'amortització de l'ordinador i del programari.

Concepte	Preu unitari [€/u]	Unitats [u]	Total
- Ordinador	1.200,00	0,20	240,00 €
- Microsoft Office	69,00	0,20	13,80 €
TOTAL			**253,80 €**

Taula 8.1. Pressupost recursos informàtics

A la taula 8.2., es mostra el pressupost destinat a recursos humans (el pressupost destinat a la preparació de la presentació és una estimació, ja que no es sabia amb exactitud quantes hores serien necessàries per a preparar-la).

Concepte	Preu per hora [€/h]	Hores [h]	Total
- Documentació	30	20	600 €
- Anàlisi dels consums	30	30	900 €
- Redacció de la memòria	30	30	900 €
- Preparació presentació	30	15	450 €
TOTAL		**80**	**2.850 €**

Taula 8.2. Pressupost recursos humans

Finalment, la taula 8.3 mostra el pressupost total del treball.

Concepte	Preu
Recursos informàtics	253,80 €
Recursos humans	2.850,00 €
Total	**3.103,80 €**
IVA (21%)	651,80 €
TOTAL	**3.755,60 €**

Taula 8.3. Pressupost total

9. CONCLUSIONS

L'objectiu principal del projecte era analitzar per a l'any 2016 el consum energètic del Campus Nord. Per a fer-ho, s'ha estudiat i analitzat l'evolució dels consums elèctrics de tots els edificis del CN que paguen conjuntament la factura elèctrica i el consum dels quals està comptabilitzat al SIRENA. Aquest objectiu s'ha assolit plenament.

A continuació s'exposen els resultats i conclusions de l'anàlisi realitzat:

- La diferència entre el consum elèctric total mesurat per la UPC i el mesurat per la companyia elèctrica s'ha reduït fins als 425.866,21 kWh.

- El percentatge de consum no controlat passa del 29% al 3,04%.

- Els mòduls suposen més del 40% del consum total del Campus Nord. Els edificis Omega i K2M gairebé arriben també al 40% del consum, lo que donat que la seva superfície útil és molt inferior a la dels mòduls, suposa un consum per m^2 molt elevat.

- S'ha detectat la ubicació d'errors en el SIRENA que provocaven la no comptabilització dels consums de Novembre i Desembre dels mòduls B4-B5, C3, C4, C5, soterrani C5, C6, soterrani C6, D3, D4, D5 i D6.

- S'han detectat quins són els edificis (mòdul B0) que no disposen de comptabilització i que, per tant, impedeixen que les xifres de la UPC i les de la companyia elèctrica quadrin.

- Tot i la parada de les activitats docents durant el més d'Agost, el CN continua tenint un consum elèctric considerable durant aquest mes. Això és degut a les moltes activitats no docents (centres d'investigació, empreses etc.) que es realitzen al campus.

Agraïments

Agrair al meu tutor els consells i la supervisió al llarg de tot el projecte i al Josep Manel Sabaté, del Servei d'Infraestructures de la UPC, per facilitar-me les dades necessàries per a la realització d'aquest treball.

Bibliografia

[1] GERÈNCIA DE LA UPC. *Pla UPC 2020 de Sostenibilitat Energètica* [En línia]. Barcelona, 2015. Disponible a: <http://www.upc.edu/normatives/ca/butlleti-upc/hemeroteca/2015-2016/butlleti-upc-166/copy_of_bupc-num-docs/docs-consell-govern/16.14-aprovacio-del-pla-upc2020-sostenibilitat-energetica/view> [Consulta: 6 novembre 2017]

[2] UPCOMMONS. PORTAL DE ACCESO ABIERTO AL CONOCIMIENTO DE LA UPC. *Estudi dels factors claus per a l'estalvi energètic assolit a la UPC* [en línia]. 2017. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/110608> [Consulta: 10 novembre 2017]

[3] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA - GESTIÓ SOSTENIBLE. *Informe SIRENA 2016. Avaluació del consum d'energia i aigua de la UPC* [En línia]. 2017. Disponible a: <http://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/informe-sirena-2016-avaluacio-del-consum-d2019energia-i-aigua-de-la-upc> [Consulta: 15 novembre 2017]

[4] CIRCUTOR. [En línia] Disponible a: <http://circutor.es/es/productos/medida-y-control/software-de-gestion-energetica/serie-pss-detail#descripci%C3%B3n > [Consulta: 8 novembre 2017]

[5] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA - PLÀNOLS I TRANSPORTS AL CAMPUS NORD. *Mapa del Campus Nord* [En línia]. 2017. Disponible a: <https://www.upc.edu/campusnord/ca/altres/planols-i-transports-al-campus-nord> [Consulta: 8 novembre 2017]