

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Tecnologies Industrials

**Títol:** Gestió del consum elèctric a l'EPS

**Document:** Memòria

**Alumne:** Alejandro Pérez Romero

**Director/tutor:** Sergio Herraiz

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria Elèctrica

**Convocatòria (mes/any)** Juny 2015

## Índex de continguts

1. Introducció.....	4
1.1. Antecedents.....	4
1.2. Objecte.....	4
1.3. Abast.....	4
2. Motivació.....	4
3. Pla temporal del projecte.....	6
4. Telemesura i comunicació.....	8
4.1. Comunicació PLC.....	9
4.2. Estàndard PRIME.....	9
5. Aparells de mesura.....	11
5.1. Concentrador.....	13
5.2. Comptador trifàsic CIRWATT B.....	14
5.3. Comptador monofàsic CIRWATT B.....	14
5.4. Informació de l'aparell.....	15
5.5. Web Service Concentrador.....	16
6. Software de gestió energètica.....	19
6.1. Tipus d'arxius que envia el concentrador.....	19
6.2. Base de dades amb Microsoft Acces.....	26
6.3. Taules de la Base de dades.....	27
6.3.1. Taula Concentrador.....	28
6.3.2. Taula Comptador.....	28
6.3.3. Taula Registre.....	28
6.4. Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate: Gestió Energètica.....	29
6.4.1. Lectura d'arxius en format XML.....	30
6.4.2. Descàrrega de arxius des de servidor SFTP.....	30
6.4.3. Connexió amb Web Service.....	32
6.4.4. Filtrar gràfic segons dates i comptador.....	33

6.4.5. Informe .....	33
7. Resultats de les mesures.....	34
7.1. Comptador 1: Comptador trifàsic per l'enllumenat del passadís del soterrani (CODI: CIR0501411021).....	35
7.2. Comptador 2: Comptador monofàsic per l'enllumenat de laboratori de màquines elèctriques (CODI: CIR0141418278).....	40
7.3. Comptador 3: Comptador trifàsic per banc de probes 2, laboratori màquines elèctriques(CODI: CIR0501411020).....	44
7.4. Comptador 4: Comptador trifàsic per bancs de probes 1, laboratori màquines elèctriques(CODI: CIR0501411012).....	46
8. Infraestructura per la monitorització del consums de l'EPS i zona referida. ....	49
8.1. Soterrani.....	50
8.2. Planta baixa .....	51
8.3. Primera planta.....	52
9. Millores en la eficiència energètica .....	54
9.1. A nivell d'usuari .....	54
9.2. A nivell d'empresa. ....	55
10. Resum del pressupost.....	57
11. Conclusions .....	58
11.1. Funcionalitats del software de control.....	58
11.2. Infraestructura de control energètic .....	59
11.3. Conclusió personal.....	59
12. Relació de documents.....	60
13. Bibliografia .....	61

## **1. Introducció**

### **1.1. Antecedents**

Actualment, per raons econòmiques i mediambientals, l'ús eficient de l'energia ha esdevingut una necessitat per qualsevol empresa i institució. Per aquest motiu, amb l'objectiu de millorar el consum elèctric de l'escola Politècnica Superior es vol dur a terme la instal·lació de comptadors intel·ligents per obtenir el consum en temps real.

Per tal de poder analitzar el consum d'un edifici, o campus com és en el present cas, és necessari prendre mesures i centralitzar-les per així gestionar-les d'una millor manera. Així doncs, es pretén obtenir dades de consums de les diferents àrees i departaments que configuren els edificis del campus, tal com les aules, laboratoris, i despatxos per tal de fer un estudi del consum energètic lligat a l'ocupació dels espais i conèixer el perfil de consum al llarg del temps.

### **1.2. Objecte**

En el present estudi, es pretén dissenyar, a partir de la informació de les instal·lacions, la infraestructura necessària de monitorització seleccionant els punts de mesura més rellevants.

### **1.3. Abast**

Per tal de satisfer els requeriments, s'estudiarà les diferents solucions que ofereix actualment el mercat per la fi d'implementar la infraestructura a l'escola politècnica. Amb l'objectiu de tenir una primera visió, els aparells s'instal·laran en el laboratori de màquines elèctriques, per estudiar el comportament i la qualitat de les dades que ofereixen i analitzar com es poden tractar amb la finalitat d'obtenir perfils de consums, optimitzar i controlar l'ús de l'electricitat de l'escola. Desenvolupant l'aplicació informàtica necessària per tractar aquestes dades i proposar millores en l'ús de l'energia.

## **2. Motivació**

Vaig decidir realitzar aquest projecte per tres qüestions principals. En primer lloc, sempre m'ha cridat l'atenció el món de l'electricitat, l'automatització, el desenvolupament de software, etc. per aquest motiu, vaig decidir posar-me en contacte amb el departament d'electrònica i automàtica, on se'm va proposar el present projecte. En segon lloc, tal com explicava anteriorment és una matèria que m'atrau molt i com a conseqüència m'agradaria poder dedicar-me en la meua vida professional. Per tant, partint d'això explicat en base a això, considero que la dedicació, temps i estudi que pugui realitzar a part de tot el què s'ha estudiat en la universitat és un punt a favor per a ser un millor professional. Per últim, és una motivació important el fet de poder veure realitzat en la realitat el present treball. D'aquesta

manera, em fa tenir un nivell més alt de responsabilitat, ja que em fa pensar que no només és productiu per a mi, sinó també per a la Universitat com a intenció que té de posar els *Smart Meters* en funcionament. A més a més, existeix un plus de motivació, ja que s'implantaran classes pràctiques al laboratori de màquines elèctriques a l'alumnat de l'EPS sobre aquests aparells i el tipus de comunicació entre ells.

En definitiva, amb aquest estudi pretenc entendre el funcionament dels comptadors intel·ligents, així com la creació d'un software de gestió que sigui totalment independent a la marca original d'aquests, permetent-me crear de manera autònoma el desenvolupament del software.

### 3. Pla temporal del projecte

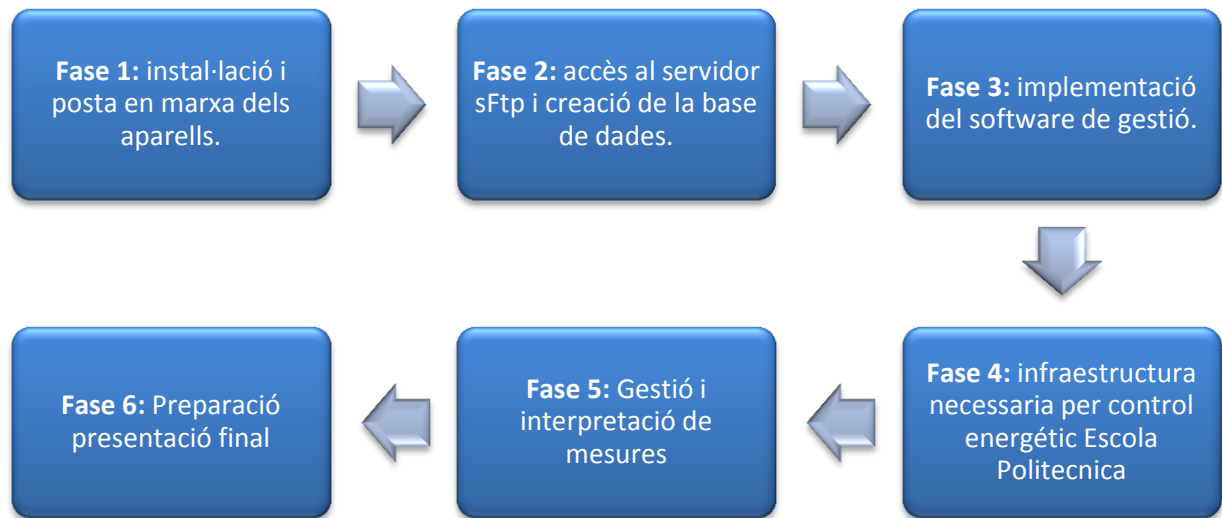


Figura 1: Fases realitzades per la elaboració del projecte

El projecte està estructurat en sis grans fases. Des de la instal·lació i la posada en marxa dels comptadors intel·ligents fins a la interpretació de les mesures que podem arribar a extreure.

- **Fase 1:** Per tal de realitzar un estudi de comportament tant a nivell de funcionament com a nivell de consum, serà necessari instal·lar els smart meters o comptadors intel·ligents (en endavant, aparells) en zones de poca influència, ja que tenen opció a tall. Així doncs, tenim un total de quatre aparelles, distribuïts de la següent manera. Tres estan dedicats al laboratori de màquines elèctriques, ( un per l'enllumenat i els altres dos s'encarreguen del consum dels diferents bancs de proves), i l'altra controla el consum de l'enllumenat del soterrani de l'edifici P2.
- **Fase 2:** A partir de la web service, es programen diferents esdeveniments els quals, envien arxius a un servidor SFTP (Secure File Transfer Protocol) prèviament configurat amb nom d'usuari, contrasenya i amb accés des de fora del campus.
- **Fase 3:** Mitjançant el programa Microsoft Visual Studio Ultimate 2013, generarem un software de gestió amb llenguatge C#.

Per una banda, aquest nou programa serà capaç de connectar-se al servidor SFTP, descarregar automàticament els arxius que ja tenen els consums enregistrats i inserir-los en la nostra base de dades. Endemés, es podrà veure la corba de consum amb dos filtres, un per data d'inici i final de període, i un altre segons l'aparell que volem observar. Així mateix, comptarà amb un petit informe on ens mostrarà valors màxims de consums, el valor mitjà, i fins i tot, es podrà

introduir la tarifa de consum per tal de que ens calculi el cost que hem tingut al llarg d'aquest període.

- **Fase 4:** En el SOTIM es troben els plànols de les instal·lacions elèctriques dels edificis del campus. Els que estudiarem en el nostre projecte seran els de l'edifici P4. Aquests documents seran necessaris per a la correcta implementació de la infraestructura de gestió de consum dels edificis.
- **Fase 5:** Amb l'ajuda de gràfiques i valors extrets de cada comptador, generarem la comparativa de consums al llarg de dues setmanes, una de les quals serà lectiva i l'altre no (Setmana Santa). El resultat d'aquest exercici ens permetrà extreure patrons i comportaments referents a consums.
- **Fase 6:** Per acabar, el projecte s'exposarà davant del tribunal. Es farà una breu explicació de tots els elements que han intervingut en el projecte i es mostrarà amb detall la solució.

#### 4. Telemesura i comunicació.

Anteriorment, la majoria dels comptadors d'electricitat eren mecànics i el mètode d'obtenció de la facturació era més manual, ja que el funcionament que realitzaven les empreses que es dedicaven a aquesta activitat era mitjançant l'assistència a l'edifici en qüestió, per tal de controlar i enregistrar les dades de consum. Això no obstant, existia una altra opció més moderna i avançada, que consistia amb la comunicació per via d'un mòdem mitjançant una targeta Sim. El sistema de comunicació d'aquests comptadors, era amb la realització d'una trucada a la targeta Sim i amb aquesta, s'obtenia el consum d'aquell domicili.

Tornant amb els comptadors mecànics, les empreses es trobaven amb diferents problemes a causa de la seva Simplicitat. És a dir, com a conseqüència de la seva senzillesa no era difícil parar el moviment del disc mecànic. Aquesta acció comportava la disminució de l'import de la factura i la creació d'un important frau a les companyies. Actualment, aquesta pràctica s'ha anat veient degradada gràcies a l'aplicació d'un interruptor que queda pressionat amb la tapa tancada, amb la qual cosa si s'obre el comptador, s'envia de manera immediata un avís a la companyia informant de la manipulació de l'aparell. Endemés, disposa d'un nou sistema de prevenció de frau, on elements electrònics registren el dia i l'hora en què es manipula l'aparell.

Aquest tipus d'aparells de mesura intel·ligents, utilitzen diferents maneres per comunicar-se entre ells. Alguns tenen connexions directe, cablejat independent o fins i tot, s'ha arribat a aprofitar la mateixa connexió de servei per realitzar la connexió entre comptadors. En el nostre cas ens centrarem en aquesta última, la connexió PLC (PRIME).

Una de les grans empreses de subministrament d'energia és IBERDROLA, la qual ha creat el projecte STAR, que consisteix en l'adaptació dels comptadors intel·ligents als clients. Aquest projecte s'inicia amb una primera xarxa intel·ligent a Castelló, la qual cosa implica que 180.000 clients facin servir aquest servei que millora la qualitat del subministrament elèctric i redueix dràsticament les incidències. Per poder dur-l'ho a terme s'han renovat 100.000 comptadors que donen servei als seus clients. A més a més, s'han adaptat tots els centres de transformació de la ciutat per permetre la prestació de serveis a distància, la lectura dels equips, la realització d'altres i baixes o fins i tot la modificació de la potència contractada.

A manera de concloure, cal puntualitzar que s'ha de tenir en compte el que estableix l'Ordre Ministerial de febrer del 2012 en les seves disposicions generals, "*todos los contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 kW deberán ser sustituidos por nuevos equipos que permitan la discriminación horaria i la telegestión antes del 31 de diciembre de 2018*". Per aquesta qüestió i per la importància que



té actualment, es va decidir implantar en la Universitat de Girona aquests aparells amb comunicació PLC PRIME, la qual ens permetrà fer l'estudi de la base horària i la tele-gestió.

#### 4.1. Comunicació PLC

La tecnologia PLC de banda ampla és capaç de transmetre dades a través de la xarxa elèctrica i per tant, es pot estendre a una xarxa d'àrea local existent o compartir connexió a internet a través d'endolls elèctrics a partir de la instal·lació d'unitats específiques. El principi de PLC consisteix en la superposició d'una senyal d'alta freqüència (de 1.6 a 30 MHz) amb baixos nivells d'energia sobre la senyal de la xarxa elèctrica de 50Hz. Aquesta segona senyal es transmet a través de la infraestructura de la xarxa elèctrica, la qual es pot rebre i descodificar de forma remota. Així, la senyal PLC és rebuda per qualsevol receptor PLC que es trobi a la mateixa xarxa elèctrica.

No obstant això, la xarxa elèctrica no és gaire bon mitjà de transport per les transmissions de comunicacions. Els problemes que és produeixen alhora de transmetre dades per aquest mitjà són: atenuació amb la freqüència, variacions amb la impedància, i condicions desfavorables de soroll. Per tal de solucionar aquests problemes existeixen diferents modulacions en banda ampla. Les més utilitzades són: ASK, FSK, PSK.

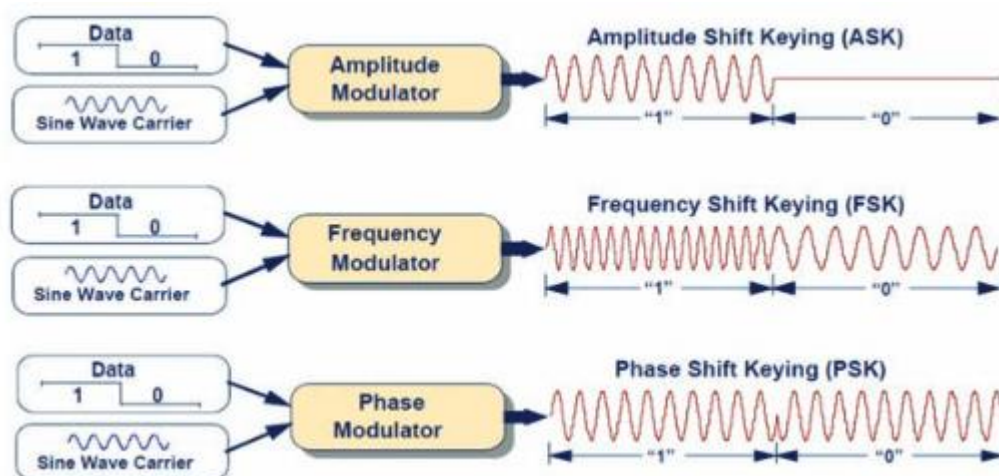


Figura 2: Diferents modulacions de banda ampla

#### 4.2. Estàndard PRIME

PRIME, és una comunicació estàndard que defineix la capa física i la Mac basada en les tecnologies més actuals, així com també és una comunicació oberta, és a dir, busca la compatibilitat en la instal·lació d'aparells de diferents proveïdors amb l'objectiu, de què es beneficiïn d'aquest estàndard. Es podria dir, que està dissenyada amb la finalitat de crear una connexió d'aparells on mesurin l'energia a mida local i a gran escala.

En aquest sentit, es recomana a les empreses que treballen amb un gran nombre d'aparells de mesura que treballin amb aquest programa. De fet, en l'actualitat, la majoria d'empreses que ofereixen servei d'electricitat utilitzen aquest tipus de comunicació, per tal de gestionar i controlar el consum dels seus clients.

Al 2006, s'estudia la modulació OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing ) i és completament públic. Al 2007 algunes empreses importants del sector de l'energia varen començar a estudiar aquest tipus de comunicació per gestionar els comptadors dels seus clients, entre elles trobem "Current", "Iberdrola", "Itron", "ZIV", entre d'altres. Aleshores al 2009 s'estandarditza aquest tipus de comunicació i s'accelera la demanda d'aparells amb aquest tipus de comunicació.

La modulació OFDM es va originar a mitjans dels anys cinquanta per l'exèrcit Norte-americà. Originàriament orientat per comunicacions digitals de banda molt gran (MHz o GHz). Les dades es transporten a freqüències específiques per prevenir que el receptor capti freqüències equivocades. D'aquesta manera la comunicació PLC Estandard PRIME, utilitza la comunicació PLC per transmetre dades mitjançant la mateixa xarxa elèctrica i un tipus de modulació, Estàndard PRIME per reduir el soroll de la senyal en el receptor.

## 5. Aparells de mesura.

En la figura que veurem a continuació, observarem els diferents aparells (de la casa Circutor) que componen l'estructura de la comunicació anomenada anteriorment i que s'explicaran amb detall en aquest apartat.

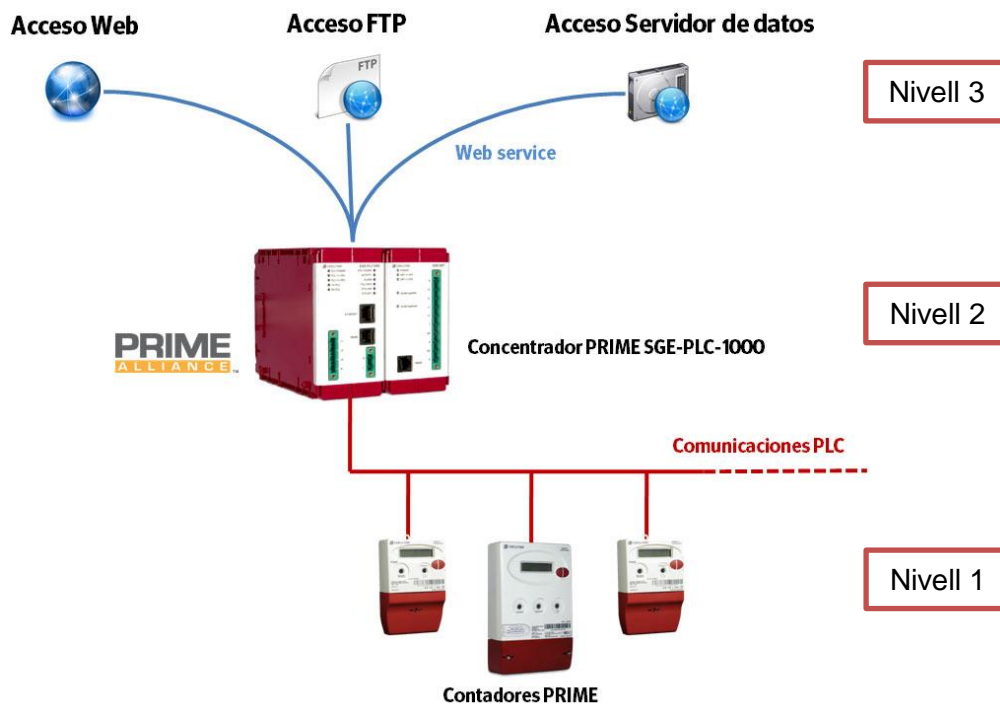


Figura 3: nivells de connexió dels aparells

En el nivell 1, es veuen tres figures que són els comptadors intel·ligents instal·lats en els punts de mesura de l'edifici per tal de tractar les dades de consum. En aquest cas, l'edifici PII de la Universitat de Girona.

En el nivell 2, tenim la figura del concentrador, que tal com es veu, fa d'intermediari entre els comptadors i el servei de tele gestió.

En el nivell 3, es veuen les diferents maneres d'accedir a les dades proporcionades pel concentrador. La primera figura, és l'accés al concentrador via Web Service. La segona, és l'accés al registre de dades mitjançant un servidor FTP/sFTP, i la tercera és l'accés mitjançant un servidor de dades.

En un quart nivell, es trobaria el software de tele gestió (encarregat de tractar els registres de consum que ens proporcionen la web Service i el servidor sFTP) que amb el present projecte s'ha elaborat.

La localització geogràfica dels aparells esmentats és la que s'exposa en la següent imatge.

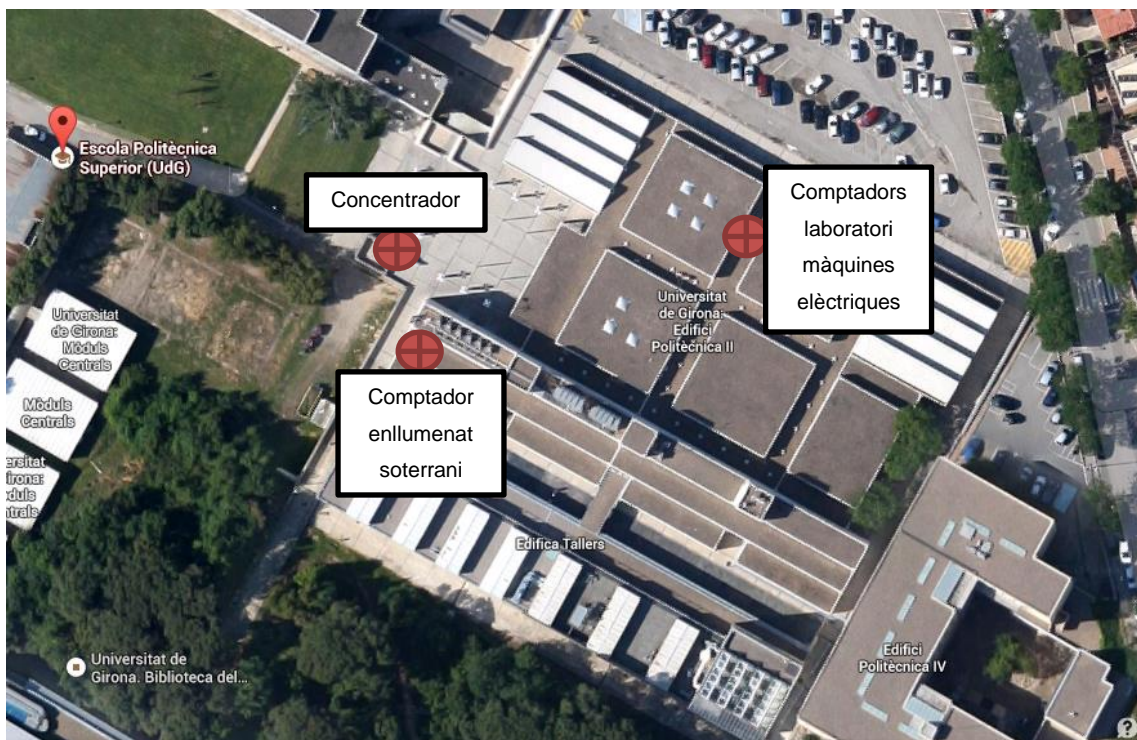


Figura 4: [plànol de situació de la ubicació dels aparells](#)

**a) Concentrador**

El concentrador està situat en la capçalera dels nivells de connexió elèctrica de l'edifici. Tot just on les línies de subministrament de la companyia elèctrica tenen el primer contacte amb l'edifici. D'aquesta manera, tot comptador que estigui instal·lat aigües a vall, serà detectat per ell.

**b) Comptador enllumenat soterrani**

El comptador encarregat de l'enllumenat del soterrani, és un comptador trifàsic que es troba en la línia d'alimentació de la il·luminació d'aquest passadís. Encara que els focus de llum són monofàsics, s'ha instal·lat un comptador trifàsic pel fet que estan connectats entre diferents línies i el neutre. D'aquesta manera els tindrem tots controlats.

**c) Comptadors del laboratori de màquines**

En el laboratori de màquines elèctriques, existeixen màquines trifàsiques. Aleshores, arriba una línia de 4 fils encarregada d'alimentar tots els bancs de proves de l'aula. Existeixen 3 comptadors en aquesta aula, un encarregat de l'enllumenat, situat en

una de les línies que arriben a l'aula, i els altres dos en les dues bifurcacions de la línia trifàsica que arriba a aquest laboratori. D'aquesta manera es manté en total control l'enllumenat de l'aula i l'activitat desenvolupada en el seu interior.

### 5.1. Concentrador.

En el primer nivell de la xarxa tenim el concentrador PRIME SGE. El concentrador és l'element principal dels sistemes Smart Metering amb protocol PRIME.



Figura 5: Concentrador Circutor

La seva funció principal és gestionar la xarxa de distribució elèctrica mitjançant comptadors o altres elements de lectura que incorporin tecnologia PRIME. El mitjà de transport de les dades des del comptador fins al concentrador és el mateix cable elèctric de la xarxa de distribució, aquest fenomen s'anomena "Comunicació per PLC (Power Line Courier)". En ser un sistema Plug&Play, els comptadors d'energia elèctrica CIRWATT o altres comptadors que disposin de tecnologia PRIME, són detectats automàticament pel concentrador. Mitjançant la gestió d'esdeveniments totalment tractables per l'usuari a través de la pàgina WEB que permet descarregar totes les dades en memòria del comptador, com per exemple les corbes de càrrega d'energia, esdeveniments o tancaments de facturació. En el nostre cas, el concentrador ens envia la informació de forma automàtica a un servidor ftp. A més a més, ofereix diverses funcions específiques per gestionar la demanda de l'energia elèctrica, el control de pèrdues i la detecció de frau. Totes aquestes opcions permeten realitzar un manteniment preventiu i un seguiment en detall del comportament de la xarxa.

## 5.2. Comptador trifàsic CIRWATT B

Comptador trifàsic directe amb comunicació per PLC. La seva instal·lació es senzilla i la comunicació entre ell i el concentrador és immediata després de la seva posta en marxa.



Figura 6: Comptador trifàsic B410D

Una vegada connectat, el concentrador el detecta automàticament i comença el procés d'emmagatzematge de consums de tots els aparells elèctrics connectats aigües avall. Aquest aparell és l'adequat per aplicacions en baixa tensió (intensitats entre 100 i 120 A), adaptant-les a les noves necessitats del mercat amb una gran versatilitat en les seves opcions de comunicació i mòduls d'expansió. Disposa de quadrants per el registre d'energia activa, energia generada i consum d'energia activa segons quadrant.

## 5.3. Comptador monofàsic CIRWATT B

Comptador monofàsic directe. Igual que el trifàsic és de funcionament immediat una vegada efectuada la seva instal·lació. Tots aquests aparells disposen de sistema d'interrupció en cas de voler tallar el subministrament d'electricitat als components connectats a ells.



Figura 7: Comptador monofàsic

Està pensat per un ús residencial. Una particularitat és que disposa de més de 3 mesos de registres diaris i la possibilitat d'enregistrar qualsevol intent d'intrusisme o frau en el seu fitxer especial d'esdeveniments. La tensió màxima que suporten aquest tipus d'aparells és de 60 A. La seva funció principal és la mesura d'energia activa i reactiva per la facturació.

#### 5.4. Informació de l'aparell

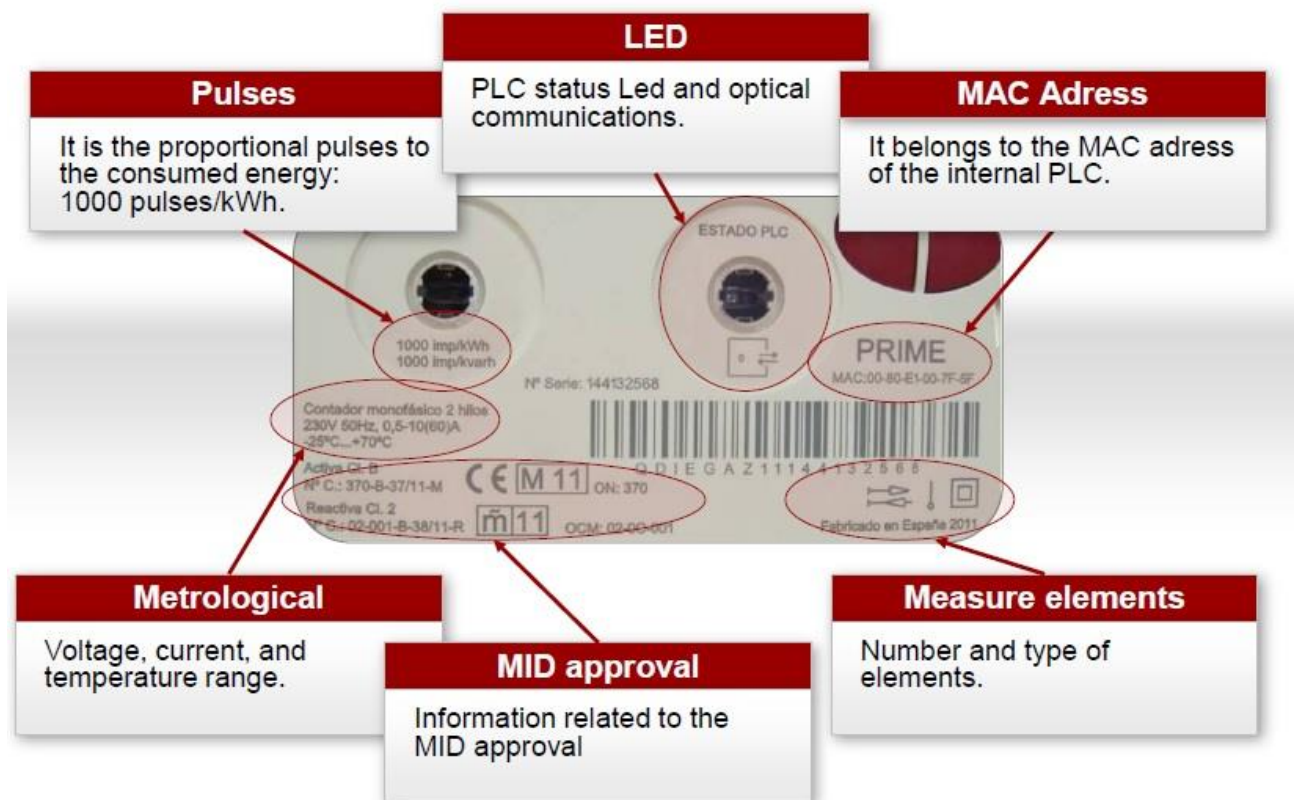


Figura 8: [www.circutor.com](http://www.circutor.com)

El mòdul de comunicació té un LED per indicar l'estat en què es troba. Quan aquest és troba apagat, ens indica que no genera connexió amb el concentrador. Quan és troba en color taronja, informa que està en procés de registre i intentant realitzar la connexió amb el concentrador, i finalment quan és troba de color verd, ens indica que el comptador s'ha connectat satisfactòriament amb el concentrador i està enregistrant dades.

A la part superior dreta, tenim la direcció MAC. Aquesta és un identificador exclusiu de cada comptador que el concentrador utilitza juntament amb el número de sèrie per identificar cadascun dels comptadors connectats.

A la zona superior esquerra, podem veure un led indicador de polsos, en funció del nostre consum envia més o menys polsos. Quan es troba en funcionament, es pot veure com

indica els polsos amb un led de color vermell. En aquest tipus de comptadors envia 1000 pulsos per cada kWh o kVArh consumit.

Just a sota, a la part inferior esquerra, podem veure informació de treball de l'aparell, voltatge al qual treballa, intensitat i el rang de temperatura que pot suportar.

A la part inferior central, trobem informació general en compliment de la normativa europea, que d'acord aquest aparell compleix tots els estàndards de comunicació.

Finalment, a la part inferior dreta trobem informació de la fabricació de l'aparell, país i any.

## 5.5. Web Service Concentrador

Mitjançant la Web Service, podem accedir a la pàgina de configuració del concentrador. Aquesta pàgina ens servirà per gestionar els esdeveniments programats, veure l'estat dels aparells, i fins hi tot poder tallar la línia de corrent que passa per ell. A continuació veurem la primera imatge que trobarem un cop que estiguin connectats.

Identifier: CIR4621431151      Name: Smartmeter UdG      Connected: 4 / 5  
 MAC: 00:80:E1:1B:5E:93      PRIME version: 2220      Version: 0.9.2b

#	Identifier	MAC	Status	Last communication	Active time	Model	DLMS	PRIME
1	CIR0141418278	00:80:E1:1A:F6:40	A	30/04/2015 11:19:04	69 %	GD	V0221	00-2201a
2	CIR0141418279	00:80:E1:0E:04:7D	PF	24/04/2015 11:46:01	0 %	GD	V0221	00-2201a
3	CIR0501411012	00:80:E1:1A:DC:E3	A	30/04/2015 11:19:08	98 %	GU	V0209	00-2201a
4	CIR0501411020	00:80:E1:1A:DE:2C	A	30/04/2015 11:18:56	98 %	GU	V0209	00-2201a
5	CIR0501411021	00:80:E1:1A:DD:3C	A	30/04/2015 11:19:12	99 %	GU	V0209	00-2201a

Refresh      Download table

Concentrator status  
 Idle  
 30/04/2015 11:20

Figura 9: font "concentrador.udg.edu"

Una vegada connectats a la pàgina web, es reflecteix el nombre d'aparells que estan connectats amb el seu número identificador i l'estat en què es troben.

Per tal de poder accedir a qualsevol dels aparells, tan sols s'ha de polsar a sobre de l'aparell que es vol observar, d'aquesta manera es mostrarà les diferents opcions d'informació que pot transmetre. Per exemple, entrarem al comptador amb número identificador CIR0141418278, que correspon al comptador monofàsic per l'enllumenat del laboratori de les màquines elèctriques.



**CIRCUTOR** Identifier: CIR4621431151 Name: Smartmeter UdG Connected: 4 / 5  
 MAC: 00:80:E1:1B:5E:93 PRIME version: 2220 Version: 0.9.2b

Meters	Meter identifier: CIR0141418278	MAC: 00:80:E1:1A:F6:40
Meter table	Details	
Node map		
Meter update	Hourly incremental (S02)	
Cycles test	Daily absolute (S03)	
Topology log	Monthly billing (S04)	
Intruder list	Daily billing (S05)	
Manage group	Parameters (S06)	
Concentrator	Voltage failure (S07)	
Statistics	Power quality (S08)	
Parameters	Events (S09)	
Tasks	Read contracts (S23)	
Tasks status	Configurable instant data values (S26)	
Network tools	Current billing values (S27)	
Logout	Information stored in database	
Concentrator status		
Idle		
30/04/2015 11:31		

Figura 10: font “concentrador.udg.edu”

Una vegada entrem al comptador que volem, podem veure una sèrie d'arxius que podem descarregar amb la seva informació corresponent. En el posterior capítol es farà una breu explicació de cada arxiu. Així com per exemple, un dels arxius més interessants a nivell d'usuari, són els S02 i els S03, els quals ens donen els registres de consums cada 15 min i diaris respectivament.

**CIRCUTOR** Identifier: CIR4621431151 Name: Smartmeter UdG Connected: 4 / 5  
 MAC: 00:80:E1:1B:5E:93 PRIME version: 2220 Version: 0.9.2b

Meters	<b>Hourly incremental (S02) - CIR0501411021</b>	
Meter table	SourceData	Both
Node map	TfStart	30/04/2015 00:00:00
Meter update	TfEnd	30/04/2015 23:59:59
Cycles test	Report data source	
Topology log	Start date	
Intruder list	End date	
Manage group		Send
Concentrator		Back
Statistics		
Parameters		
Tasks		
Tasks status		
Network tools		
Logout		
Concentrator status		
Idle		
30/04/2015 11:39		

Figura 11: font “concentrador.udg.edu”

En cas d'entrar en l'opció, "Hourly Incremental (S02)" ens demana que li indiquem la temporalitat que volem observar. Aquesta informació s'envia al concentrador en forma d'ordre i ens retorna un arxiu XML amb la informació dels registres de consums en el rang de les dates indicat.

## 6. Software de gestió energètica

### 6.1. Tipus d'arxius que envia el concentrador

El nostre concentrador SGE-PLC50, envia diferents tipus d'arxius al nostre servidor sFtp. Aquest, està configurat perquè envii 4 tipus d'arxius. Cada un d'aquests arxius ve codificat amb un codi. Aquests són: S02, S04, S05 i S09. A continuació veurem la llista d'arxius que aquest pot enviar i la informació que contenen els més interessants:

Details
Hourly incremental (S02)
Daily absolute (S03)
Monthly billing (S04)
Daily billing (S05)
Parameters (S06)
Voltage failure (S07)
Power quality (S08)
Esdeveniments (S09)
Read contracts (S23)
Configurable instant data values (S26)
Current billing values (S27)

Taula 1: llista d'arxius disponibles

#### a) Arxius S02

Cada arxiu S02 de cada comptador, té el consum de cada hora de cadascun del comptador. En el seu interior podem trobar:

IdRpt	Tipus d'arxiu que estem llegint(S02,S04...)
IdPet	
Version	Versió del firmware del concentrador
Id	Numero identificador del concentrador
Id2	Numero identificador del comptador
Magn	
Fh	Data i hora del registre
Bc	
Ai	Energia activa consumida
Ae	Energia activa generada
R1	Energia reactiva consumida del quadrant 1
R2	Energia reactiva consumida del quadrant 2

**R3**

Energia reactiva consumida del quadrant 3

**R4**

Energia reactiva consumida del quadrant 4

Taula 2: contingut de l'arxiu S02

Exemple de fitxer:

```

<Report IdRpt="S02" IdPet="1" Version="3.1">
  <Cnc Id="CIR4611145012">
    <Cnt Id="CIR0141200617" Magn="1">
      <S02 Ph="201204010100000000" AI="194" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="133" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010300000000" AI="108" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="106" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010300000000" AI="86" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="74" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010400000000" AI="40" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="84" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010500000000" AI="66" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="79" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010500000000" AI="77" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="77" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010700000000" AI="43" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="84" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010800000000" AI="55" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="80" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204010900000000" AI="55" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="82" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011000000000" AI="276" AE="0" R1="23" R2="0" R3="0" R4="78" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011100000000" AI="291" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="141" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011200000000" AI="754" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="226" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011300000000" AI="454" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="167" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011400000000" AI="92" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="90" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011500000000" AI="97" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="85" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011500000000" AI="81" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="89" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011700000000" AI="100" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="85" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011800000000" AI="81" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="89" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204011900000000" AI="105" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="84" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204012000000000" AI="135" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="89" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204012100000000" AI="102" AE="0" R1="0" R2="0" R3="0" R4="87" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204012200000000" AI="674" AE="0" R1="5" R2="0" R3="0" R4="195" Bc="0"/>
      <S02 Ph="201204012300000000" AI="604" AE="0" R1="4" R2="0" R3="0" R4="197" Bc="0"/>
    </Cnt>
  </Cnc>
</Report>

```

Figura 12: Exemple d'arxiu S02

## b) Arxius S04: tancament de facturació mensual

Recull el registre mensual (tancament automàtic programat) o quan existeix un fi de facturació (no programat) amb valors absoluts i incrementals per contracte i tarifa.

Està compost per un màxim de 3 contractes i fins a 6 tarifacions més un total. També inclou el valor màxim de la demanda de la potència activa per tarifa i per contracte amb data i hora.

Nom	Descripció	Valor
Cnc	Identificació del concentrador	
IdPret		
Cnt	Identificador del comptador	
Fhi	Data inicial	Data
Fhf	Data final	Data

<b>Contracte</b>	Numero de contracte	(1-3)
<b>Pt</b>	Període de tarifa	(0-6)
<b>Ala</b>	Potència activa consumida	kWh absoluts
<b>AEa</b>	Potència activa generada	kWh absoluts
<b>R1a</b>	Potència activa quadrant 1	kVAh absoluts
<b>R2a</b>	Potència activa quadrant 2	kVAh absoluts
<b>R3a</b>	Potència activa quadrant 3	kVAh absoluts
<b>R4a</b>	Potència activa quadrant 4	kVAh absoluts
<b>Ali</b>	Potència activa consumida	kWh incrementals
<b>AEi</b>	Potència activa generada	kWh incrementals
<b>R1i</b>	Potència activa quadrant 1	kVAh incrementals
<b>R2i</b>	Potència activa quadrant 2	kVAh incrementals
<b>R3i</b>	Potència activa quadrant 3	kVAh incrementals
<b>R4i</b>	Potència activa quadrant 4	kVAh incrementals
<b>Mx</b>	Potència màxima	kW
<b>Fx</b>	Data	Data

Taula 3: contingut dels arxius S04

## Exemple de fitxer:

```

<Report IdPpt="S04" IdPet="2" Version="3.1">
  <Cnc Id="CIR4611145012">
    <Cnt Id="CIR0141300617">
      <S04 Ctc="1" Pt="0" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="4046" Fx="201203062300000000w">
        <Value AIi="171" AEi="0" R1i="7" R2i="0" R3i="0" R4i="69"/>
        <Value A1e="275" AEe="0" R1e="12" R2e="0" R3e="0" R4e="104"/>
      </S04>
      <S04 Ctc="1" Pt="1" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="4046" Fx="201203062300000000w">
        <Value AIi="171" AEi="0" R1i="7" R2i="0" R3i="0" R4i="69"/>
        <Value A1e="275" AEe="0" R1e="12" R2e="0" R3e="0" R4e="104"/>
      </S04>
      <S04 Ctc="1" Pt="2" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="0" Fx="201203010000000000w">
        <Value AIi="0" AEi="0" R1i="0" R2i="0" R3i="0" R4i="0"/>
        <Value A1e="0" AEe="0" R1e="0" R2e="0" R3e="0" R4e="0"/>
      </S04>
      <S04 Ctc="1" Pt="3" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="0" Fx="201203010000000000w">
        <Value AIi="0" AEi="0" R1i="0" R2i="0" R3i="0" R4i="0"/>
        <Value A1e="0" AEe="0" R1e="0" R2e="0" R3e="0" R4e="0"/>
      </S04>
      <S04 Ctc="1" Pt="4" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="0" Fx="201203010000000000w">
        <Value AIi="0" AEi="0" R1i="0" R2i="0" R3i="0" R4i="0"/>
        <Value A1e="0" AEe="0" R1e="0" R2e="0" R3e="0" R4e="0"/>
      </S04>
      <S04 Ctc="1" Pt="5" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="0" Fx="201203010000000000w">
        <Value AIi="0" AEi="0" R1i="0" R2i="0" R3i="0" R4i="0"/>
        <Value A1e="0" AEe="0" R1e="0" R2e="0" R3e="0" R4e="0"/>
      </S04>
      <S04 Ctc="1" Pt="6" Fhf="201204010000000000w" Fhi="201203010000000000w" Mx="0" Fx="201203010000000000w">
        <Value AIi="0" AEi="0" R1i="0" R2i="0" R3i="0" R4i="0"/>
        <Value A1e="0" AEe="0" R1e="0" R2e="0" R3e="0" R4e="0"/>
      </S04>
    </Cnt>
  </Cnc>
</Report>

```

Figura 13: Exemple d'arxiu S04

## c) Arxiu S05: informe de tancament diari:

Inclou el registre diari dels valors absoluts per contracte i període tarificats. Es compon de fins a 3 contractes i fins a 6 períodes tarificats i el total.

Nom	Descripció	Valor
<b>Cnc</b>	Identificació del concentrador	
<b>IdPret</b>		
<b>Cnt</b>	Identificador del comptador	
<b>Fhi</b>	Data inicial	Data
<b>Fhf</b>	Data final	Data
<b>Contracte</b>	Numero de contracte	(1-3)
<b>Pt</b>	Període de tarifa	(0-6)
<b>Ala</b>	Potència activa consumida	kWh absoluts
<b>AEa</b>	Potència activa generada	kWh absoluts
<b>R1a</b>	Potència activa	kVAh absoluts

	quadrant 1	
<b>R2a</b>	Potència activa	kVAh absoluts
	quadrant 2	
<b>R3a</b>	Potència activa	kVAh absoluts
	quadrant 3	
<b>R4a</b>	Potència activa	kVAh absoluts
	quadrant 4	
<b>Ali</b>	Potència activa consumida	kWh incrementals
<b>AEi</b>	Potència activa generada	kWh incrementals
<b>R1i</b>	Potència activa	kVArh incrementals
	quadrant 1	
<b>R2i</b>	Potència activa	kVArh incrementals
	quadrant 2	
<b>R3i</b>	Potència activa	kVArh incrementals
	quadrant 3	
<b>R4i</b>	Potència activa	kVArh incrementals
	quadrant 4	
<b>Mx</b>	Potència màxima	kW
<b>Fx</b>	Data	Data

Taula 4: contingut arxius S05

Exemple de fitxer S05:

```
<Report IdRpt="S05" IdPet="3" Version="3.1">
  <Cnc Id="CIR4611122009">
    <Cnt Id="CIR0141104735">
      <S05 Ctr="1" Pt="0" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="200" ABa="0" R1a="75" R2a="0" R3a="0" R4a="24"/>
      </S05>
      <S05 Ctr="1" Pt="1" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="200" ABa="0" R1a="75" R2a="0" R3a="0" R4a="24"/>
      </S05>
      <S05 Ctr="1" Pt="2" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="0" ABa="0" R1a="0" R2a="0" R3a="0" R4a="0"/>
      </S05>
      <S05 Ctr="1" Pt="3" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="0" ABa="0" R1a="0" R2a="0" R3a="0" R4a="0"/>
      </S05>
      <S05 Ctr="1" Pt="4" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="0" ABa="0" R1a="0" R2a="0" R3a="0" R4a="0"/>
      </S05>
      <S05 Ctr="1" Pt="5" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="0" ABa="0" R1a="0" R2a="0" R3a="0" R4a="0"/>
      </S05>
      <S05 Ctr="1" Pt="6" Fh="201110020000000000">
        <Value AIs="0" ABa="0" R1a="0" R2a="0" R3a="0" R4a="0"/>
      </S05>
    </Cnt>
  </Cnc>
</Report>
```

Figura 14: exemple d'arxiu S05

d) Arxiu S09: Esdeveniments del comptador:

Descarrega els esdeveniments enregistrats pel comptador, en funció dels intervals sol·licitats per el STG. Els esdeveniments del comptador són definits en el document "DLMS Companion Standard for communication interfases".

Existeixen 7 tipus d'esdeveniments. Cada tipus està definit amb un codi i una marca de temps.

- Estàndard (Grup 1): Conté els esdeveniments no inclosos en les seccions específiques, tals com actualitzacions de firmware, tancaments de facturació, canvis d'hora, canvis de configuració, etc...
- Tall (Grup 2): Conté els esdeveniments relacionats amb maniobres d'elements de tall.
- Qualitat i tall de tensió (Grup 3): conté tots els esdeveniments relacionats amb les variacions de tensió, sobretensions o interrupcions.
- Detecció de frau (anti tampering) (Grup 4): conté tots els esdeveniments relacionats amb la detecció de frau, intents d'accés amb contrasenyes incorrectes, apertures de la tapa dels borns, etc...
- Gestió de la demanda (Grup 5): esdeveniments relacionats amb la gestió de la demanda tals com modificacions de potència contractada.



- Comunicacions (Grup 6): Conté tots els esdeveniments relacionats amb les comunicacions del comptador.

Tipus	Nom	Nº Entrades	Descripció
1	Estàndard	100	Tots els esdeveniments que no son registrats com especials
2	Frau/accés	25	Relatius en la detecció de frau
3	Gestió de la demanda	50	Relatius a la gestió de la demanda
4	Alta ocurrència-comuns	100	Relatius a les comunicacions
5	Gestió de inventari	100	Relatius a altes/baixes

Taula 5: elements de l'arxiu S09

Elements que incorporen aquest arxiu:

Nom	Descripció
IdRpt	
IdPet	
Version	Versió del firmware
Cnc	Identificador del concentrador
Cnt	Identificador del comptador
Fh	Data
Et	Número del codi de l'event (Grup)
C	Número del codi de l'event
D1	
D2	

Taula 6: contingut dels arxius S09

## 6.2. Base de dades amb Microsoft Acces

L'estructura de la base de dades s'ha creat amb llenguatge XML, ja que és el format dels arxius que envia el concentrador al servidor sFtp, amb la idea d'introduir el codi en el programa Microsoft Acces 2010 per tal de generar les taules de la nostra base de dades. Per tal de manipular, actualitzar i gestionar les dades, l'aplicació ha sigut realitzada amb Microsoft Visual Studio amb llenguatge C#.

Cada comptador envia diàriament un arxiu al concentrador amb les lectures del consum que ha enregistrat cada 15 minuts. Els arxius tenen per informació el número identificador del concentrador, el número identificador del comptador, la data i hora del registre, l'energia activa consumida, l'energia activa generada i les energies reactives consumides segons quadrant. Primer veurem un esquema general del què es vol implementar.

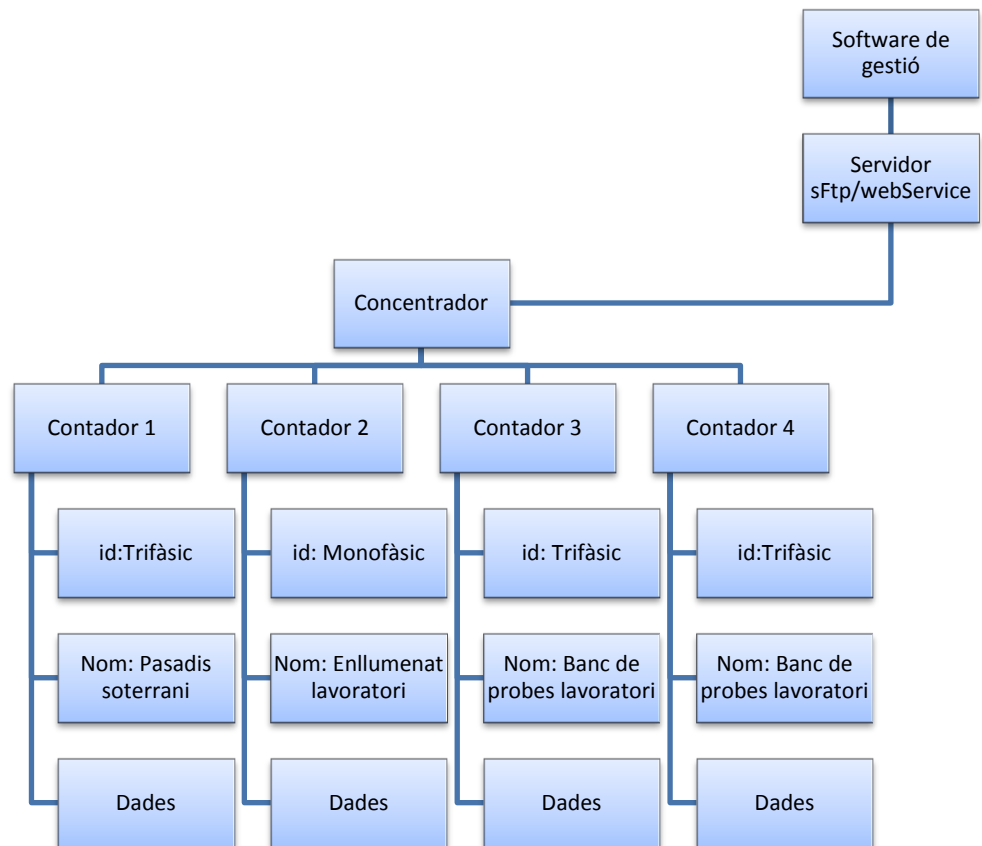


Figura 15: estructura de la base de dades

El codi necessari per crear les taules de la base de dades amb llenguatge XML és el següent:

```

drop table if exists registro;
drop table if exists contador;
drop table if exists concentrador;

/* Creem la taula per el concentrador */
create table concentrador(
    concentrador_id varchar(50) primary key,
    nombre           varchar(50) not null,
    descripcion      varchar(50) not null
);
/* Creem la taula per els contadors */
create table contador(
    contador_id      varchar(50) primary key,
    concentrador_id  varchar(50) not null,
    nombre           varchar(50) not null,
    descripcion      varchar(50) not null,
    FOREIGN KEY(concentrador_id) REFERENCES concentrador(concentrador_id)
);
/* tabla interna de cada contador */
create table registro(
    registro_id      TIMESTAMP,
    contador_id      varchar(50) not null,
    tipo             varchar(50) not null,
    descripcion      varchar(50) not null,
    bc              integer not null,
    ai              integer not null,
    ae              integer not null,
    r1              integer not null,
    r2              integer not null,
    r3              integer not null,
    r4              integer not null,
    FOREIGN KEY(contador_id) REFERENCES contador(contador_id),
    primary key(registro_id, contador_id)
);

```

Figura 16: codi per la creació taules en format XML

D'una manera més visual podem veure la taula creada veient les relacions entre si que posseeixen mitjançant les relacions de Microsoft Acces.

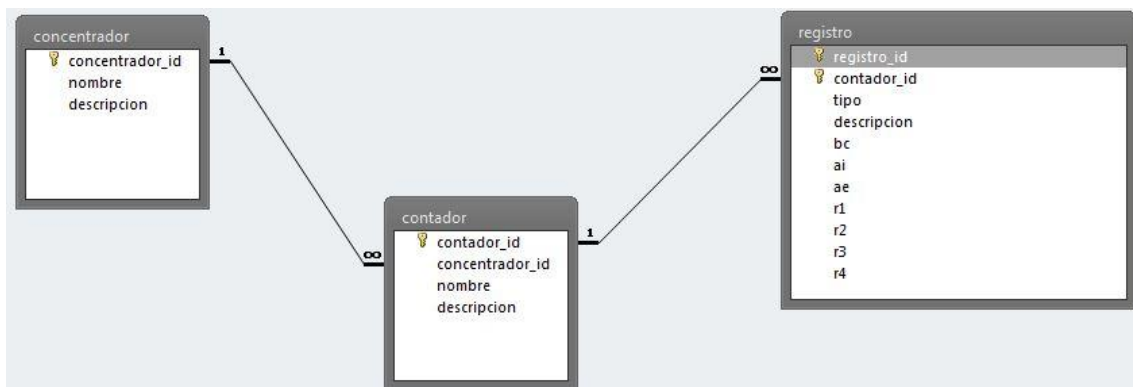


Figura 17: Relacions entre taules

### 6.3. Taules de la Base de dades

En primer lloc farem una breu explicació de cada taula generada per cadascun dels comptadors instal·lats amb les dades que registra cadascun d'ells.

### 6.3.1. Taula Concentrador

La base de dades creada, té una taula "pare" on existeix 3 camps:

- a) el número identificador del concentrador
- b) el nom del concentrador
- c) i una breu descripció

El número identificador del concentrador és únic. A partir d'ell surt connectats cadascun dels comptadors. El concentrador és l'encarregat d'enviar l'arxiu de cada comptador al servidor sFtp amb els registres diaris emmagatzemats.

### 6.3.2. Taula Comptador

Aquesta taula es genera per cada un dels nostres comptadors, ja que cadascun té un número identificador diferent. Aquesta taula disposa de 4 sub-apartats:

- a) el número identificador del concentrador, fixe per qualsevol comptador
- b) el número identificador del comptador
- c) el nom del comptador
- d) una breu descripció

Per a cada número identificador de comptador es genera una taula per poder enregistrar les dades de consum que ha enregistrat al llarg del dia.

### 6.3.3. Taula Registre

Per cada comptador que tenim instal·lat en la nostra infraestructura, s'ha originat la taula adient per emmagatzemar les seves lectures. Aquesta taula disposa dels mateixos elements que el propi comptador envia en arxius al concentrador, d'aquesta manera es podrà efectuar la lectura dels mateixos. Els apartats d'aquesta taula son:

- a) registre, el qual es la data de cada lectura
- b) el número identificador de cada comptador
- c) el tipus d'arxiu que s'ha llegit
- d) descripció
- e) element BC
- f) Ai: energia activa consumida
- g) Ae: energia activa generada
- h) R1: energia reactiva consumida del quadrant 1
- i) R2: energia reactiva consumida del quadrant 2
- j) R3: energia reactiva consumida del quadrant 3
- k) R4: energia reactiva consumida del quadrant 4

#### 6.4. Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate: Gestió Energètica

Mitjançant el programa Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate, s'ha creat amb llenguatge C#, un software que permeti llegir els arxius generats per aquest tipus de comptadors intel·ligents (adjunt en el CD-ROM). En els següents apartats s'explicarà amb detall les funcions que pot realitzar el software de control. A continuació veurem una imatge general del software.

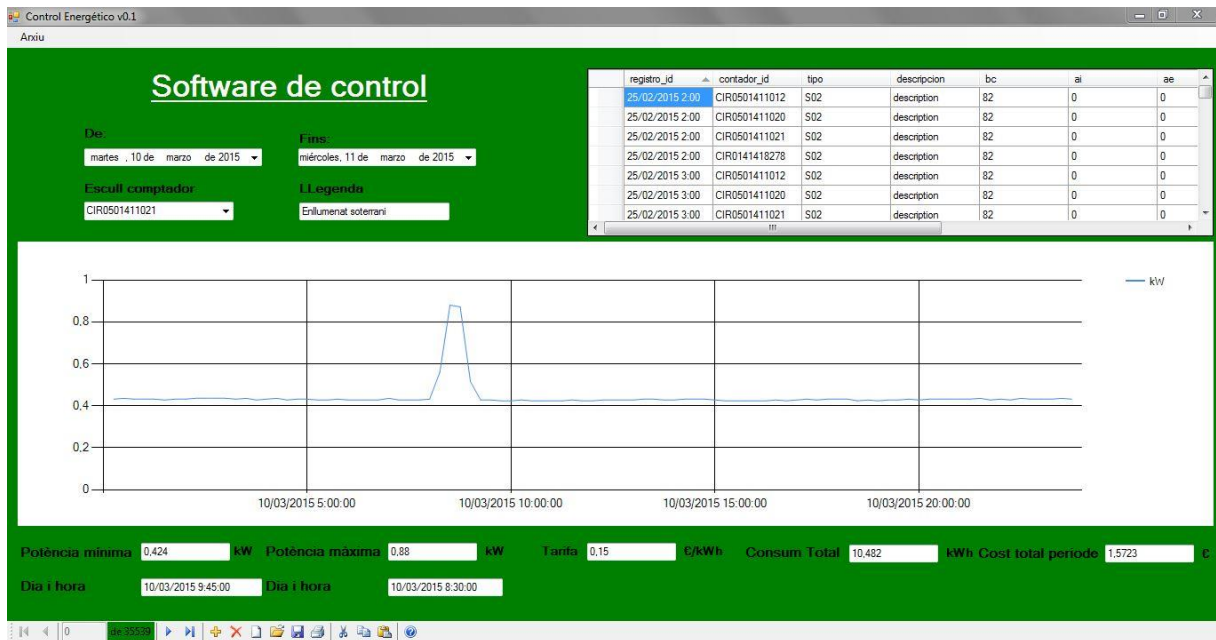


Figura 18: Visió general Software de control

Només obrir el nostre programa podrem veure la figura anterior. En la part superior esquerra tenim l'opció "Arxiu" on en el seu interior estan les opcions de connexió com "Actualitzar la base de dades" o "Obrir arxiu manualment". Seguidament, veiem els filtres segons dates i comptador. Per tal d'identificar cada comptador, s'ha associat la descripció de la posició de la instal·lació del comptador al seu número identificador amb una llegenda. A la part dreta veiem tots els elements que componen la nostra base de dades. La part central i més visual del programa, veiem el gràfic de consum. Finalment, en la part inferior existeix un petit informe per tenir una idea quantitativa del consum i del cost que s'ha generat en aquest període. A continuació veurem amb detall les diverses opcions les quals disposa aquest software de control.

#### 6.4.1. Lectura d'arxius en format XML

Els Arxius que hem considerat més interessants han sigut els S02 ja que tenen informació de la energia consumida de cada comptador en intervals de 15 minuts, com s'ha explicat en l'apartat "6.1". El software, és capaç de generar la lectura dels arxius S02 en format XML que han sigut prèviament descarregats, i mostrar-los en un "DataGridView".

Aquests arxius tenen un format de data de registre tal que així, "201502271815000000W". Podem diferenciar com els primers 4 dígits es l'any, seguidament el mes, el dia i l'hora de registre la qual arriba fins als segons. Es pot observar una cua de zeros i acabats amb una lletra. Abans de mostrar la lectura en el nostre "DataGridView", s'ha realitzat la modificació d'aquesta casella mitjançant un "Parse", amb la finalitat de que es pugui veure "2015/02/27 18:15:00", molt més visual i més fàcil de treballar. Les altres columnes són valors normals els quals ja podem treballar amb ells.

registro_id	contador_id	tipo	descripcion	bc	ai	ae
03/04/2015 6:00	CIR0501411021	S02	description	0	107	0
03/04/2015 6:15	CIR0501411021	S02	description	0	107	0
03/04/2015 6:30	CIR0501411021	S02	description	0	108	0
03/04/2015 6:45	CIR0501411021	S02	description	0	107	0
03/04/2015 7:00	CIR0501411021	S02	description	0	107	0
03/04/2015 7:15	CIR0501411021	S02	description	0	107	0
03/04/2015 7:30	CIR0501411021	S02	description	0	107	0

Figura 19: Base de dades del programa

En la primera columna de la figura anterior, podem veure com els valors de les dates del "DataGridView" ja han estat modificades abans de mostrar-les.

#### 6.4.2. Descàrrega de arxius des de servidor SFTP

El concentrador envia els arxius S02 de cada comptador a un servidor SFTP. Per tal de poder accedir al servidor, com que té una seguretat afegida, és necessari inserir algunes llibreries addicionals per tal de poder connectar amb el servidor. La llibreria principal gratuïta és "SharpSsh" de Tamir Gal. A continuació veurem el diagrama de blocs que segueix el programa per tal d'actualitzar la seva base de dades, totalment automatitzada.



Figura 20: Diagrama de blocs del procés d'incorporació de dades en el Software

El software és capaç de connectar-se al servidor SFTP, i descarregar tots els arxius nous a una carpeta del nostre ordinador prèviament definida i en el mateix moment, els arxius nous S02, es van inserint a la nostra base de dades per tal d'anar-la actualitzant. D'aquesta manera podrem treballar sense connexió a la xarxa. El programa ens informa dels passos que està realitzant durant la connexió, descàrrega d'arxius, actualització, etc.

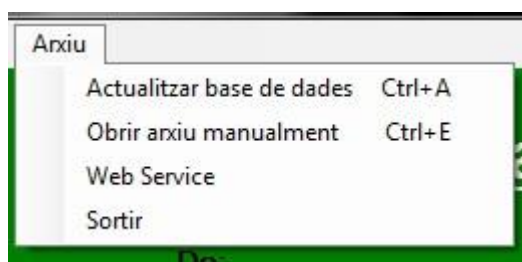


Figura 21: Elements que incorporen la opció "Arxiu"

Una vegada seleccionada l'opció de "Actualitzar base de dades" el programa procedeix amb la connexió amb el servidor i seguidament amb la descàrrega d'arxius. Mitjançant missatges, ens anirà informant de alguns dels passos que realitza per la actualització de la base de dades.

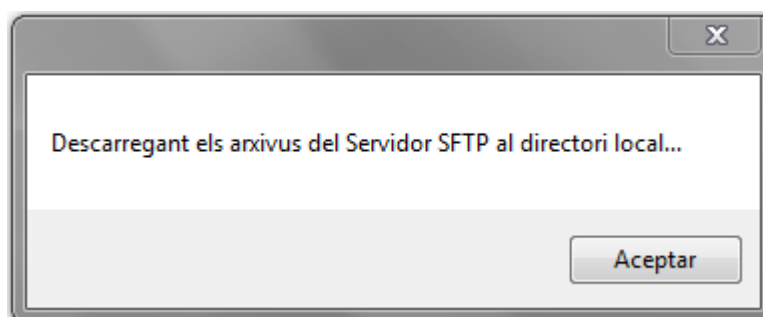


Figura 22: Missatge de procés 1

En un primer missatge ens informa quan comença a descarregar tots els arxius nous del servidor SFTP. Mentre es van descarregant, els que són de tipus S02, els va incorporant a la nostra base de dades.



Figura 23: Missatge de procés 2

Una vegada descarregats i incorporats els arxius S02 nous a la nostra base de dades, tanca la connexió amb el servidor i ens informa que la tasca ha finalitzat.

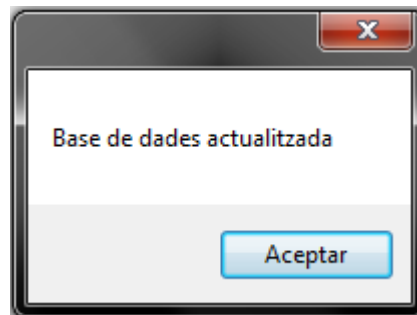


Figura 24: Missatge de procés 3

Ara ja podem aplicar els filtres per veure els consums en el rang de dates desitjat del comptador que mes ens interressi. En aquest moment, la nostra base de dades té en el seu interior registres de consums des de la instal·lació dels aparells fins a dia de la última actualització.

#### 6.4.3. Connexió amb Web Service

Una altra manera de poder observar lectures de consums, és mitjançant la Web Service associada al nostre concentrador. Amb aquesta funció "Arxiu / Web Service", podem accedir a la web introduint el nostre nom d'usuari i contrasenya, i comprovar totes les funcions esmentades en el Capítol 5, tot integrat en un mateix programa.

Aquesta opció ens permetrà veure l'estat en el que es troben els comptadors i veure lectures en temps real per comprovar connexions.



En cas d'accedir com administrador, podem realitzar accions com el tall de comptadors, canviar la periodicitat de les lectures dels consums, etc.

#### 6.4.4. Filtrar gràfic segons dates i comptador

Degut a que els arxius S02 descarregats mitjançant el servidor SFTP poden tenir en el seu interior valors d'un o mes comptadors, (depenent de la connexió del comptador amb el concentrador) ha sigut imprescindible la creació d'un filtre per comptador. Aquest filtre va junt amb un filtre per dates, inici i fi. Una vegada definit el rang de dates i el comptador que volem visualitzar, automàticament generarà el gràfic de potència consumida al llarg d'aquest període juntament amb tots els càlculs necessaris per la realització de l' informe. A continuació veurem una imatge il·lustrativa d'aquests filtres.

Figura 25: Filtres que incorpora el Software de control

#### 6.4.5. Informe

A la part inferior del nostre programa, podem observar un mini informe. Aquest informe ens dona valors de "Energia total consumida", "Potència màxima", "Potència mínima" i "Cost total període". Tenim la opció de introduir el valor de la tarifa a la qual se'ns està cobrant per tal de tenir el cost del període que volem estudiar. Aquests valors estan associats al rang de dates i comptador que hem especificat prèviament.

Informació de l'informe	Unitats	
Potència mínima	kW	Dia/hora
Potència màxima	kW	Dia/hora
Tarifa	€/kWh	
Consum total	kWh	
Cost total període	€	

Taula 7: Elements que incorpora l'informa que genera el Software

## 7. Resultats de les mesures

A continuació explicarem les mesures que ha enregistrat cada comptador al llarg d'una setmana convencional, sense festius, per veure el comportament de l'edifici referent al consum energètic.

Abans de observar els resultats de les mesures extretes farem una breu explicació de les dades i a què fan referència. Els primers valors AI, és l'energia (Wh) que ha consumit els aparells connectats a aquest comptador. Seguidament, tenim els AE, els quals són els valors referents a energia generada per la instal·lació. En cas de tenir plaques fotovoltaïques, aerogeneradors o qualsevol element que generi energia connectat a aquest comptador, aquest valor ens indicaria l'energia generada per aquest. Per acabar, tenim la energia reactiva segons quadrant:

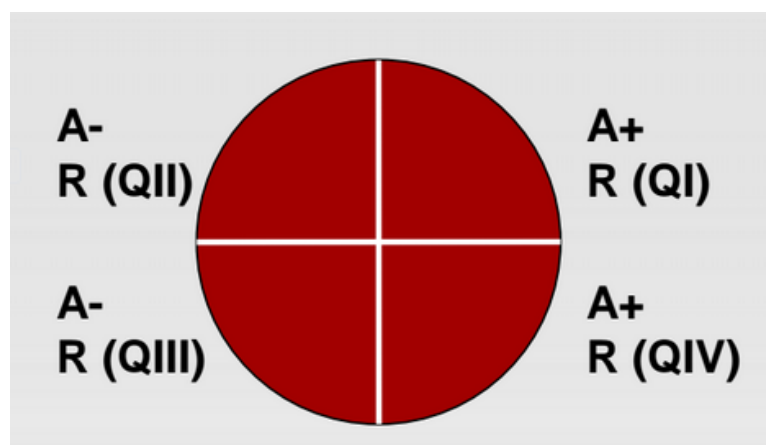
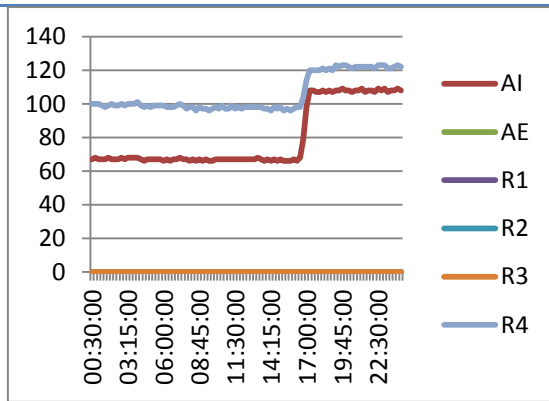


Figura 26: Quadrants d'energia

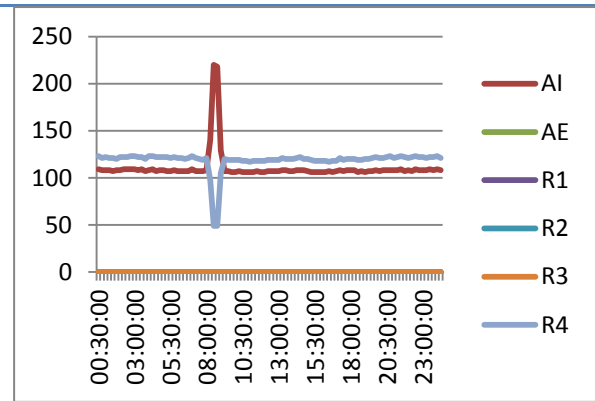
Els comptadors han sigut instal·lats al passadís del soterrani de l'edifici de l'escola politècnica P-II, a l'enllumenat del laboratori de màquines elèctriques i als bancs de proves per realitzar les pràctiques del mateix.

Tan mateix, també veurem les mesures enregistrades al llarg d'una setmana no lectiva per realitzar una comparació de valors i veure possibles comportaments a nivell de consum.

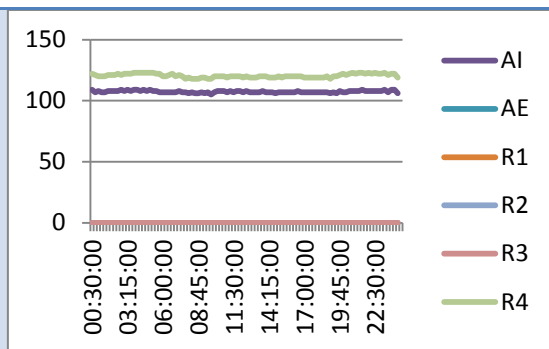
**7.1. Comptador 1: Comptador trifàsic per l'enllumenat del passadís del soterrani (CODI: CIR0501411021)**



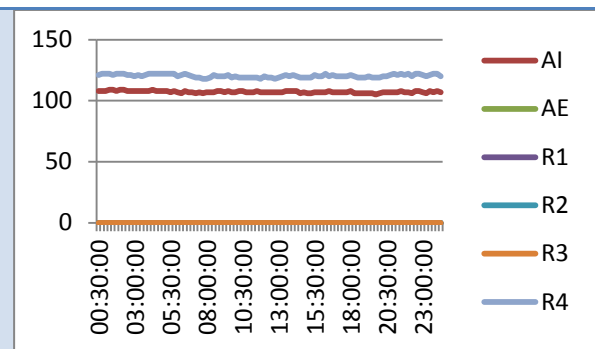
Dilluns 9 de Març



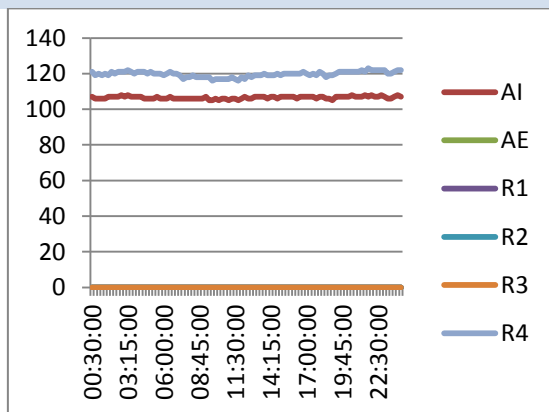
Dimarts 10 de Març



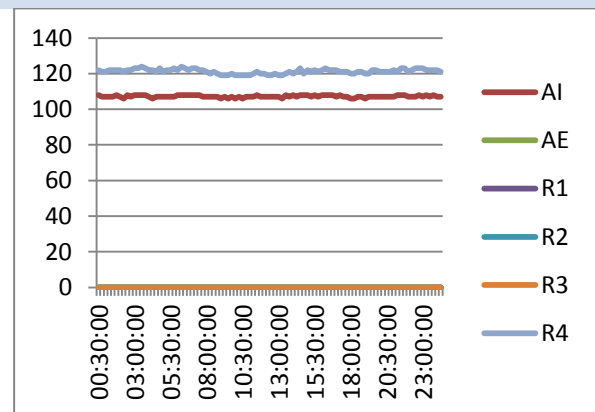
Dimecres 11 de Març



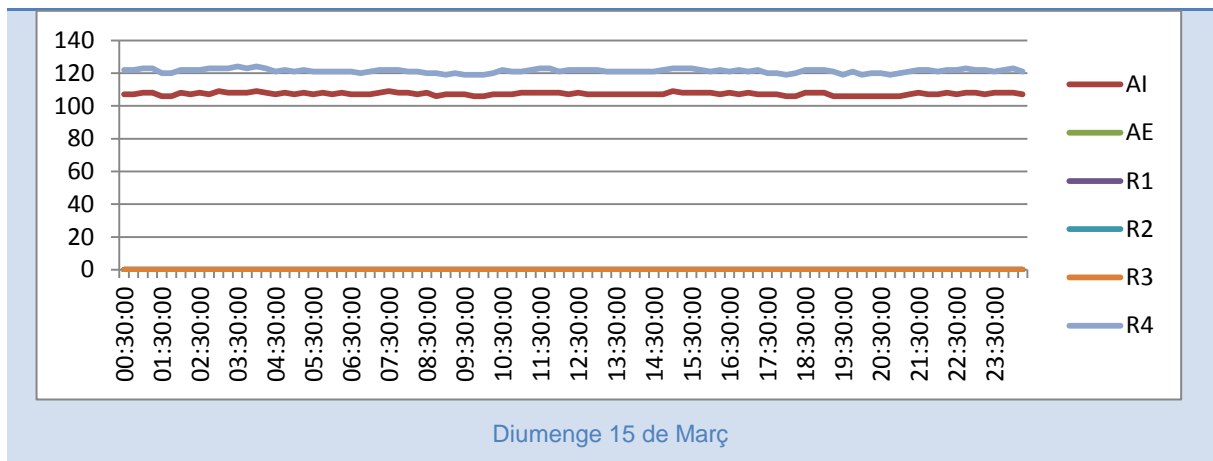
Dijous 12 de Març



Divendres 13 de Març



Dissabte 14 de Març



Taula 8: Consum al llarg de la setmana lectiva

AI	Wh
AE	Wh
R1	VArh
R2	VArh
R3	VArh
R4	VArh

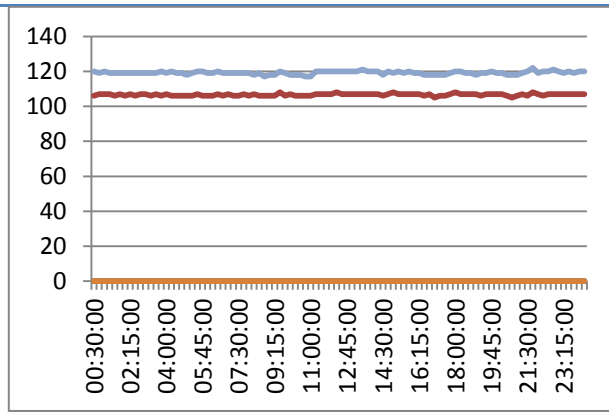
Taula 9: llegenda

A continuació veurem les gràfiques i la taula resum dels registres de consums realitzats al llarg d'una setmana no lectiva, exactament durant la setmana Santa. Primer veurem el gràfic diari de consum.

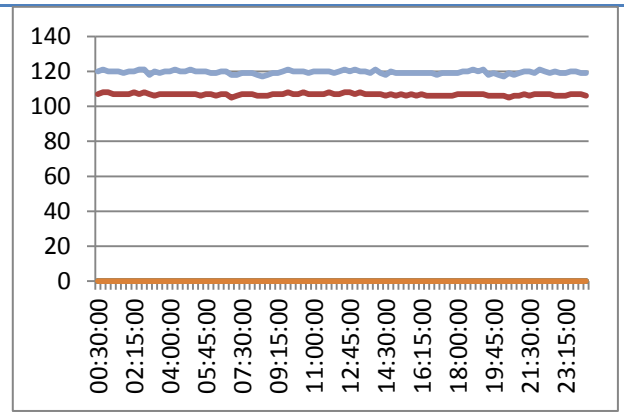


Figura 27: Potència enregistrada per el comptador al llarg de la setmana

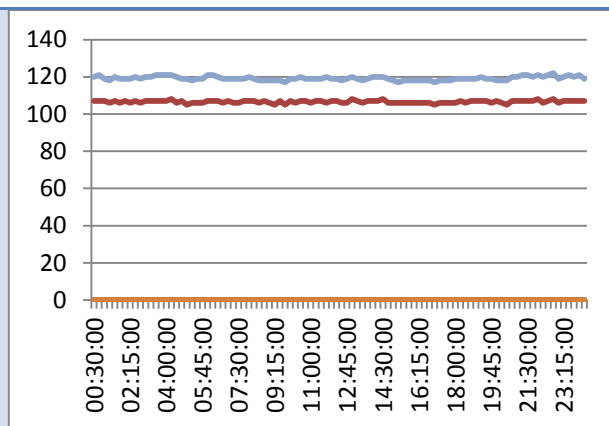
Per poder extreure conclusions, veurem els consums d'energia que ha enregistrat diàriament i en cicles de 15 minuts. Per això, demanarem l'arxiu S02 del comptador CIR0501411021 al llarg de la setmana santa.



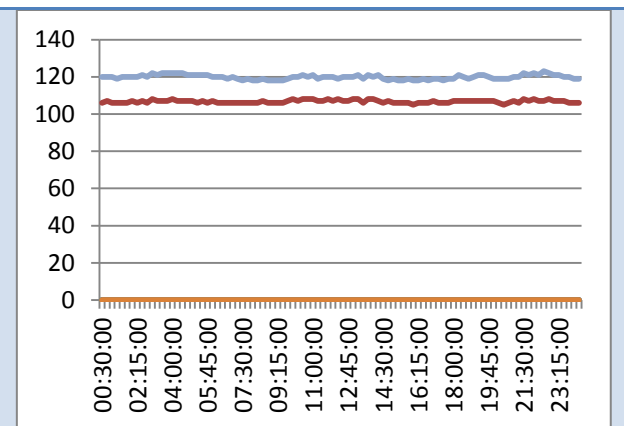
Dilluns 30 de Març



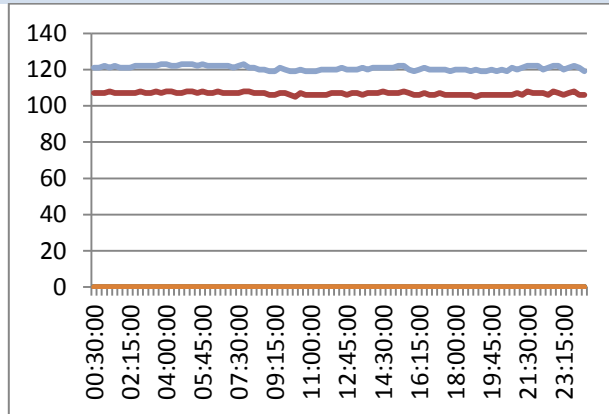
Dimarts 31 de Març



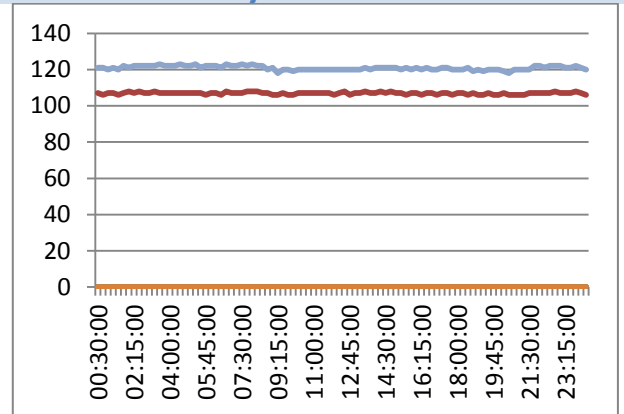
Dimecres 1 d'Abril



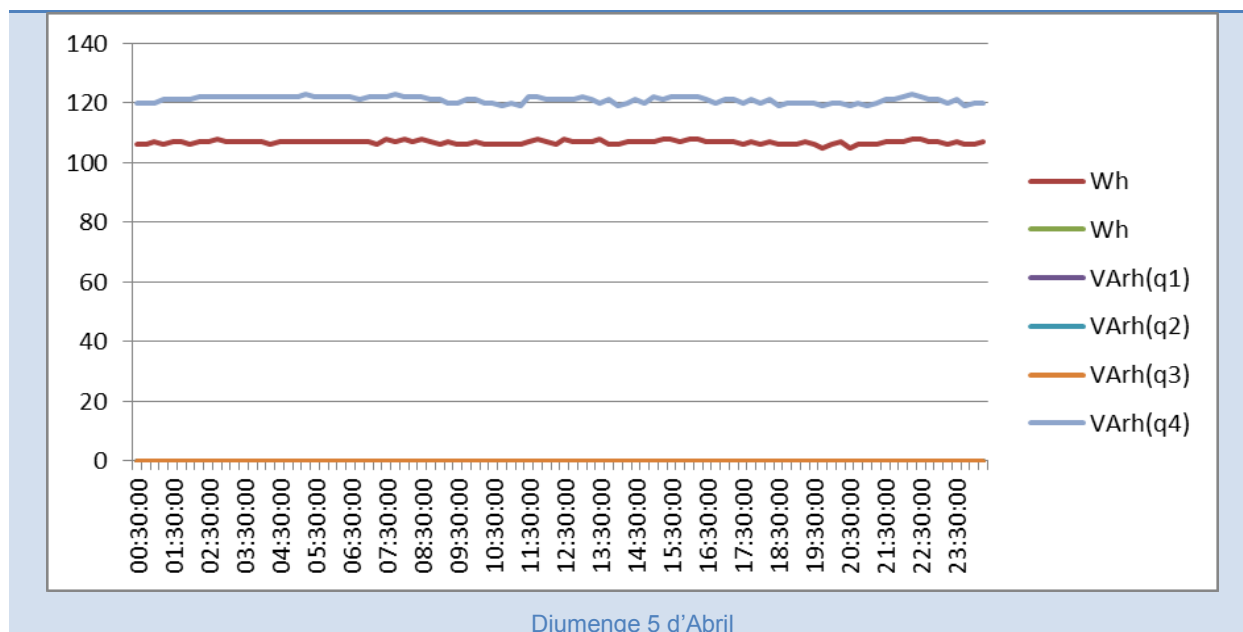
Dijous 2 d'Abril



Divendres 3 d'Abril



Dissabte 4 d'Abril



Taula 10: Consum al llarg de la setmana no lectiva

La llegenda que es pot observar en l'últim gràfic és comuna pels gràfics de tota la setmana.

Taula de resultats durant la setmana no lectiva

Total Activa		Temporalitat de les mesures	
69.689[kWh]		Registres realitzats cada 15 min	
Total		69.7kWh	
Tarifa	0.15€/kWh	Cost	10.45€/set
<b>Cost anual=10.45*52= 544€/any</b>			

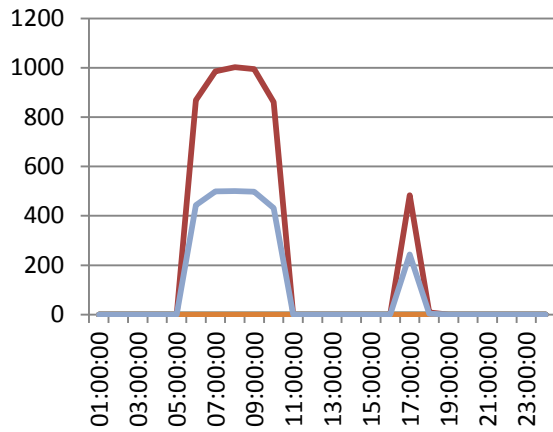
Taula 11: taula resum del comptador

Segons les gràfiques i la taula de resultats, es pot veure clarament com a estat encès tota la setmana lectiva, incloent els caps de setmana. Segons la tarifa normal diària de 0.15€/kWh genera un cost setmanal de gairebé 10.45€. Extrapolant i veient que fins i tot en setmana Santa ha estat encès, podríem arribar a dir que l'enllumenat constant del passadís, implica un cost a l'escola superior als 544€ anuals. És veritat que el passadís és obscur i la seva transició de persones es notable, però l'enllumenat és constant fins hi tot els caps de setmana, on l'escola està tancada i el pas de personal es nul. No cal oblidar que l'escola és tancada a partir de les 19h, on encara tenim registres de consums d'aquesta part de l'edifici.

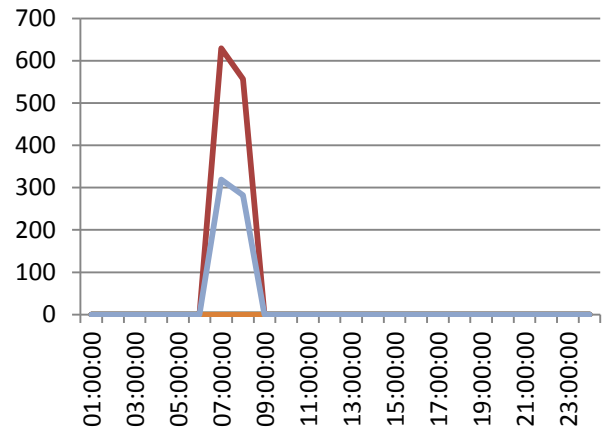
**7.2. Comptador 2: Comptador monofàsic per l'enllumenat de laboratori de màquines elèctriques (CODI: CIR0141418278)**

Corbes de consums al llarg de una setmana lectiva. Aquest comptador és l'encarregat de l'enllumenat del laboratori de màquines elèctriques de l'edifici PII de la Politècnica. Veurem quins moviments de consums té al llarg d'una setmana i s'hi observem patrons.

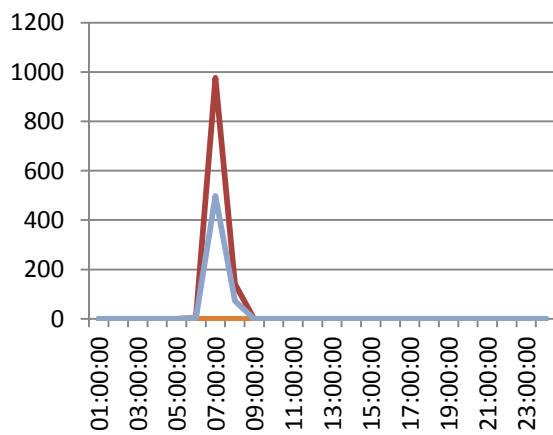




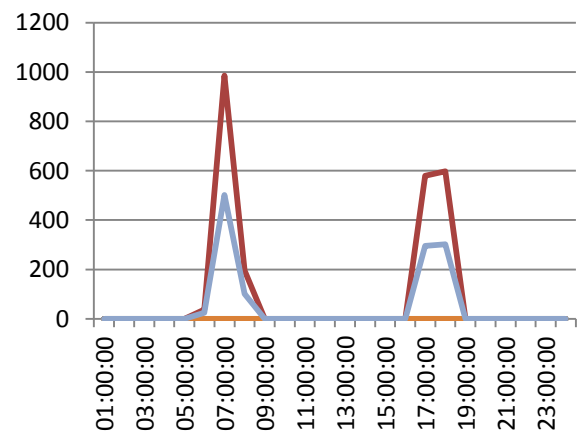
Dilluns 9 de Març



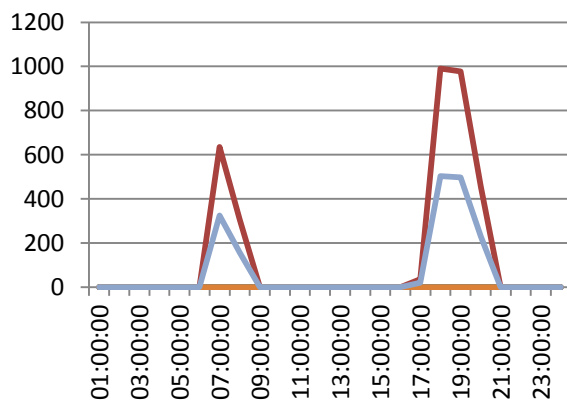
Dimarts 10 de Març



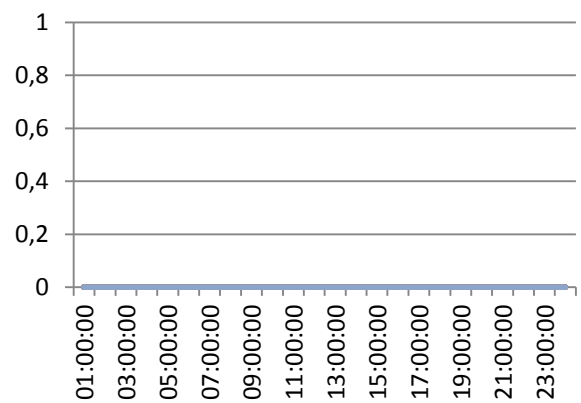
Dimecres 11 de Març



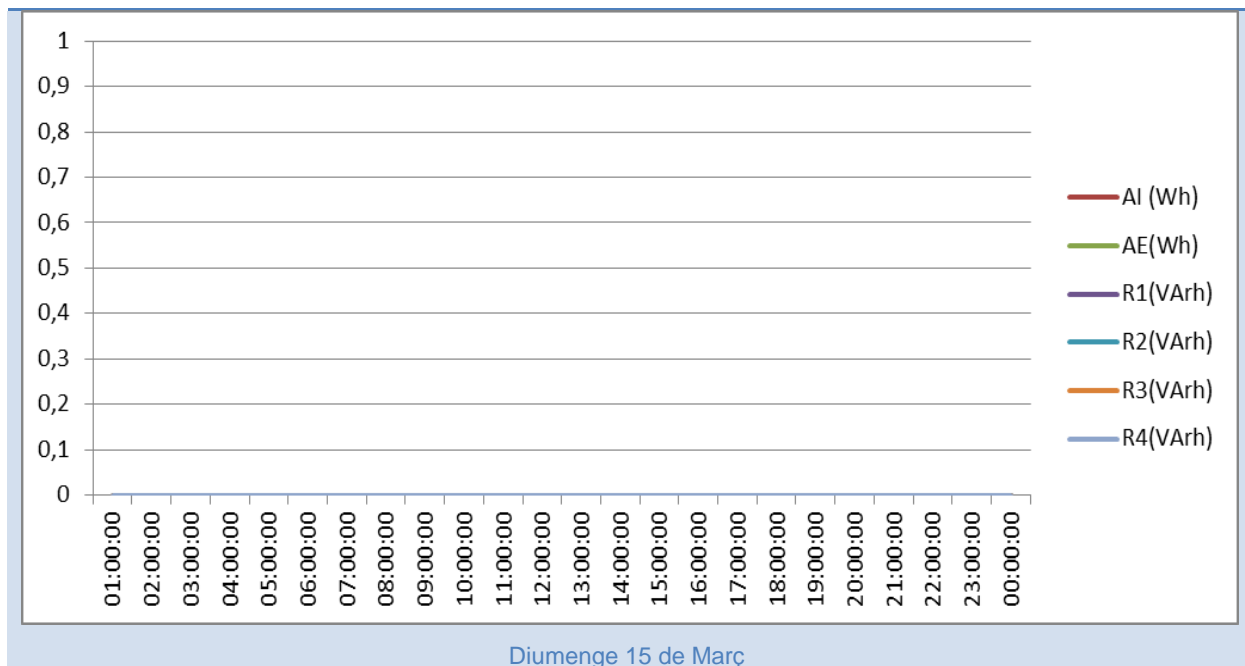
Dijous 12 de Març



Divendres 13 de Març



Dissabte 14 de Març



Taula12: Consum al llarg de la setmana lectiva

La llegenda que es pot observar en l'últim gràfic és comuna pels gràfics de tota la setmana.



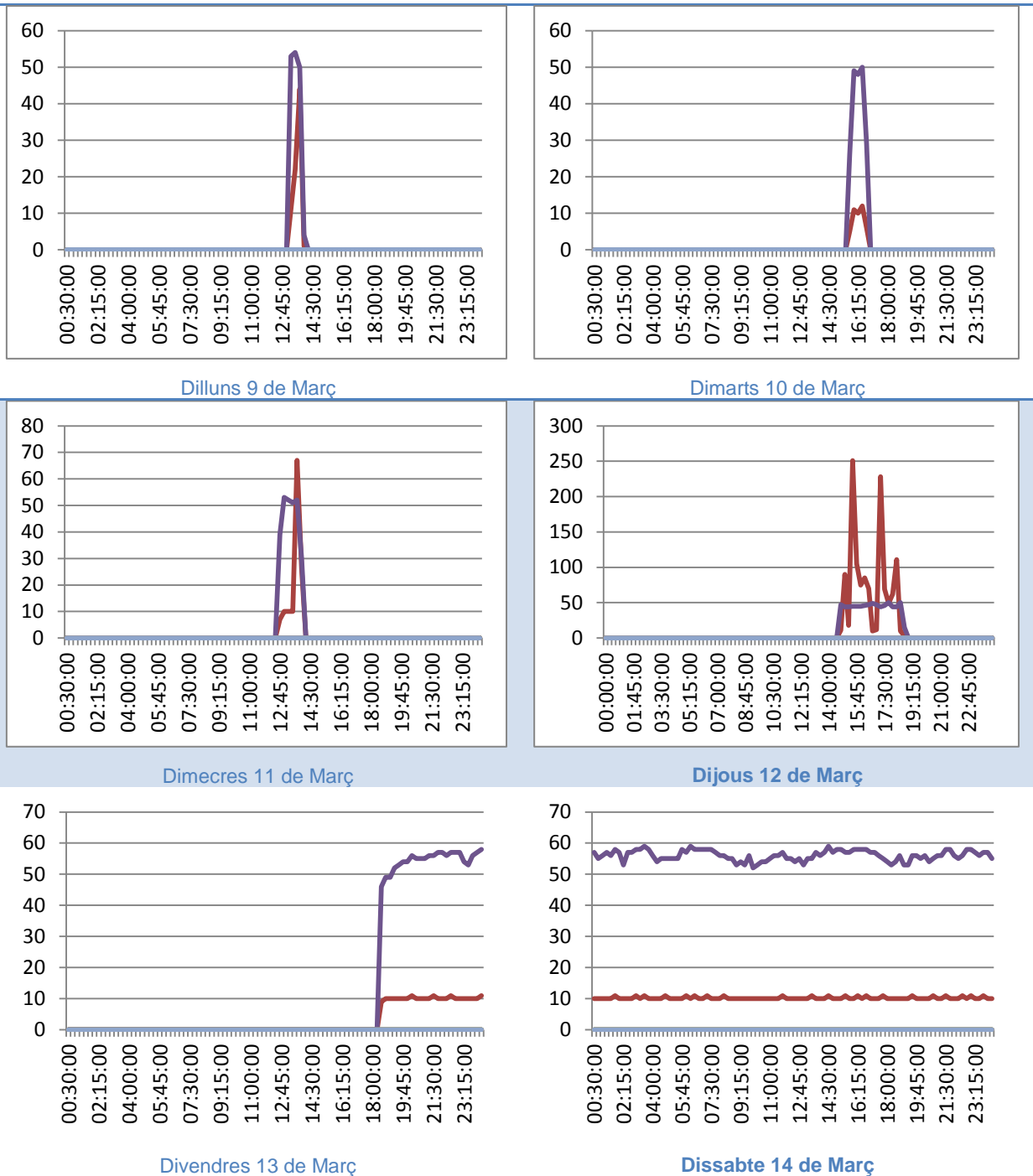
Taula 13: resultats de consums al llarg de la setmana no lectiva

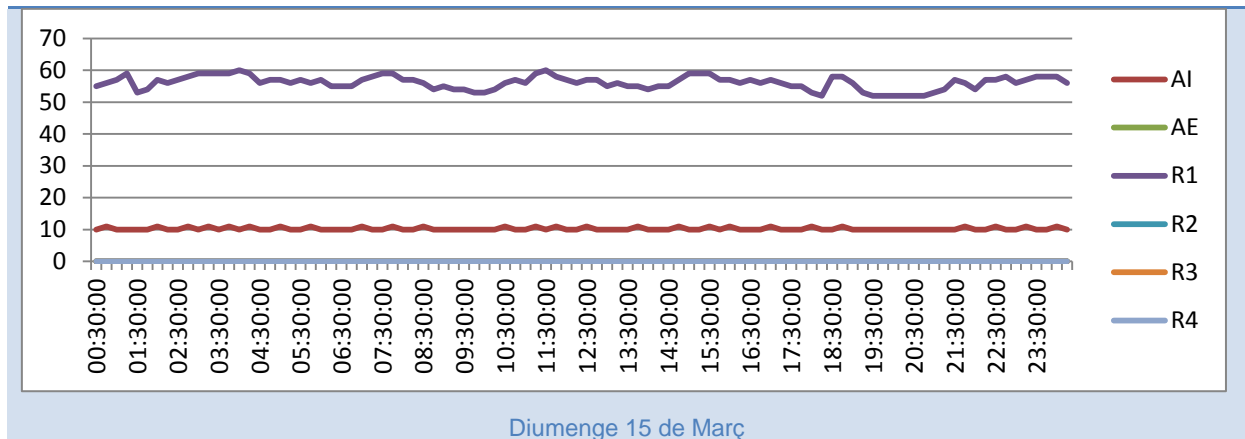
Clarament podem arribar a dir, que únicament hi ha hagut consum quan l'aula ha sigut utilitzada.

Els valors que veiem en les hores del matí, són consums realitzats per les persones de neteja les quals, a l'hivern, amb la il·luminació pròpia del sol no en fan prou. És veritat que a l'estiu, i amb la il·luminació que dota la sala de llum natural no faria falta aquest consum, però gràcies a la comparació al llarg de la setmana santa, podem veure com quan és festiu, el consum de l'aula és nul, aleshores podem dir que durant l'estiu no hi ha consum.

Referent als consums durant la tarda, veiem que únicament hi ha hagut consum al llarg de les hores docents de l'aula. Es pot arribar a veure a quins dies hi ha més volum d'alumnat per la quantitat superior de consum que han necessitat per il·luminar més part de l'aula.

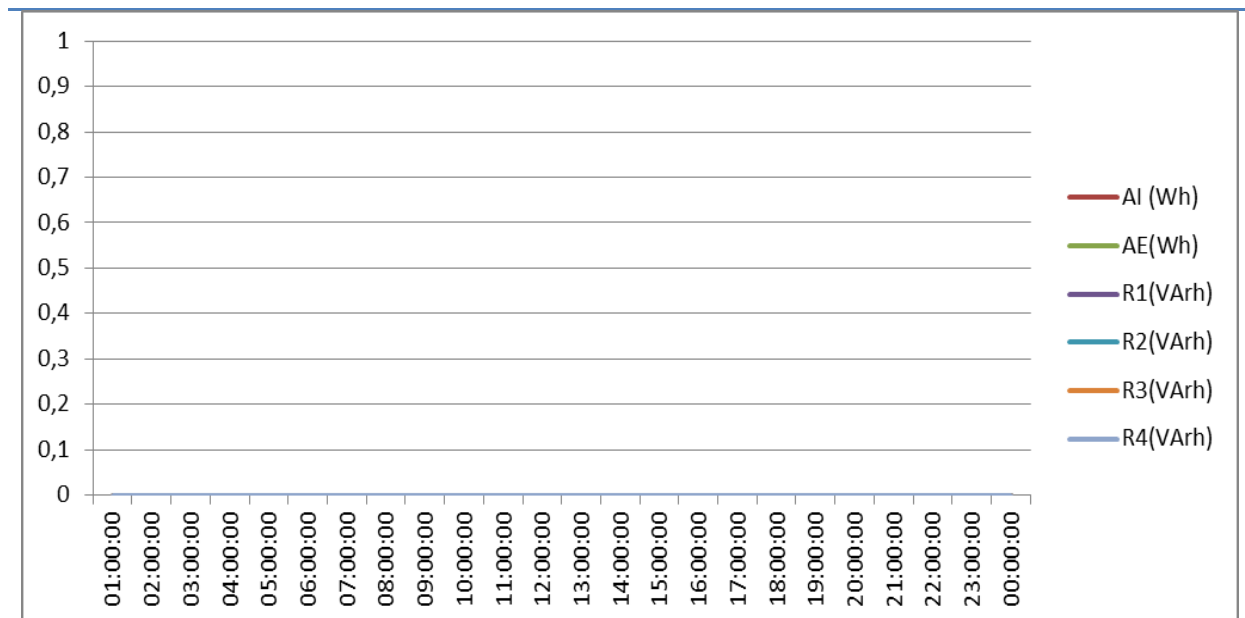
**7.3. Comptador 3: Comptador trifàsic per banc de proves 2, laboratori màquines elèctriques(CODI: CIR0501411020)**





**Taula 14: resultats de consums al llarg de la setmana lectiva**

La llegenda que es pot observar en l'últim gràfic és comuna pels gràfics de tota la setmana.



Dilluns 30 de Març fins Diumenge 5 d'Abril el consum va ser nul

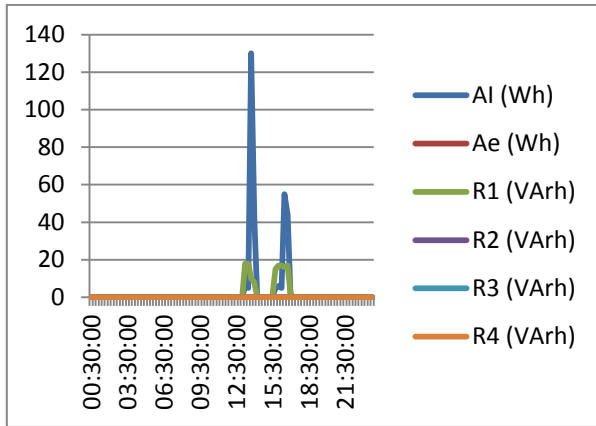
**Taula 15: resultats de consums al llarg de la setmana no lectiva**

Aquest comptador, és l'encarregat de la meitat dels bancs de proves que existeixen a l'aula de màquines elèctriques. Es pot veure una clara relació amb el comptador de la il·luminació de la sala, on dilluns i divendres existeixen consums dins l'horari de docència. D'entrada el que sobta, és el pic de 10 Wh que és genera a partir de les 18.00h del divendres, segurament durant una classe, però que es manté constant al llarg de tot el cap de setmana. Aquest pic desapareix en setmana santa.

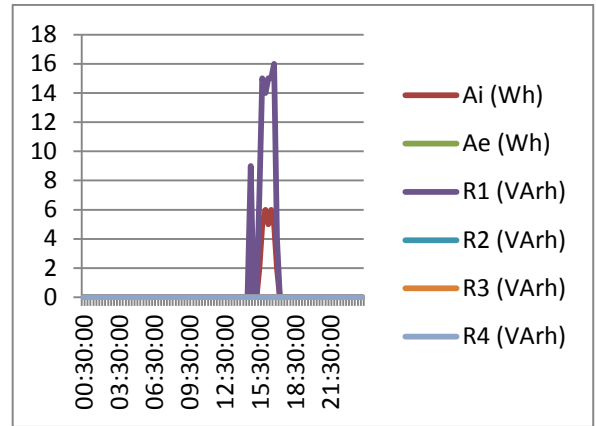
En aquest cas, com a opció primordial tenim que pot ser alguna llum d'algun motor o banc de proves que es quedés encesa. El seu consum és insignificant però podem observar que

no existeix consum d'aquest al llarg de la setmana santa degut a la desconnexió del transformador 400/230 que alimenta els bancs de proves del laboratori.

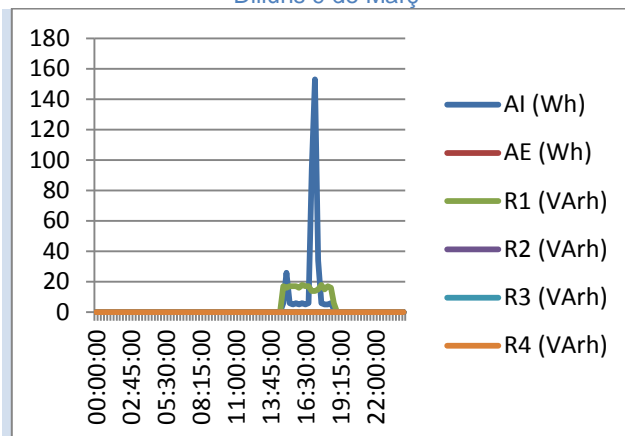
**7.4. Comptador 4: Comptador trifàsic per bancs de proves 1, laboratori màquines elèctriques(CODI: CIR05014111012)**



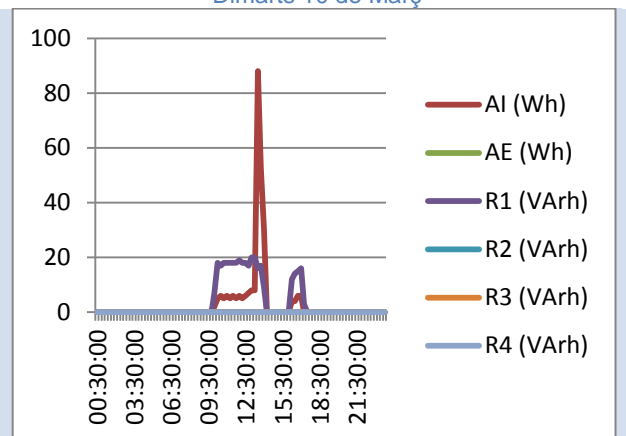
Dilluns 9 de Març



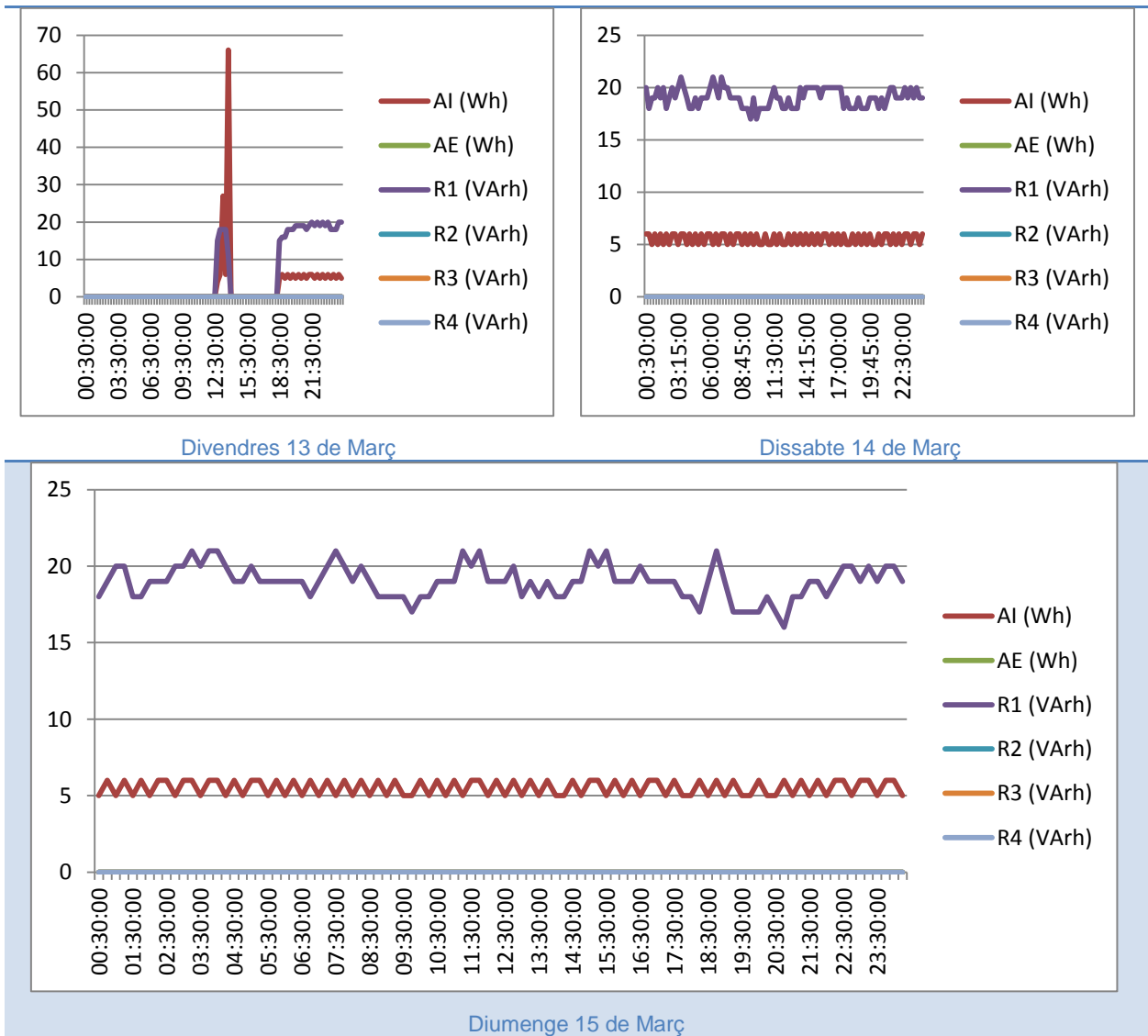
Dimarts 10 de Març



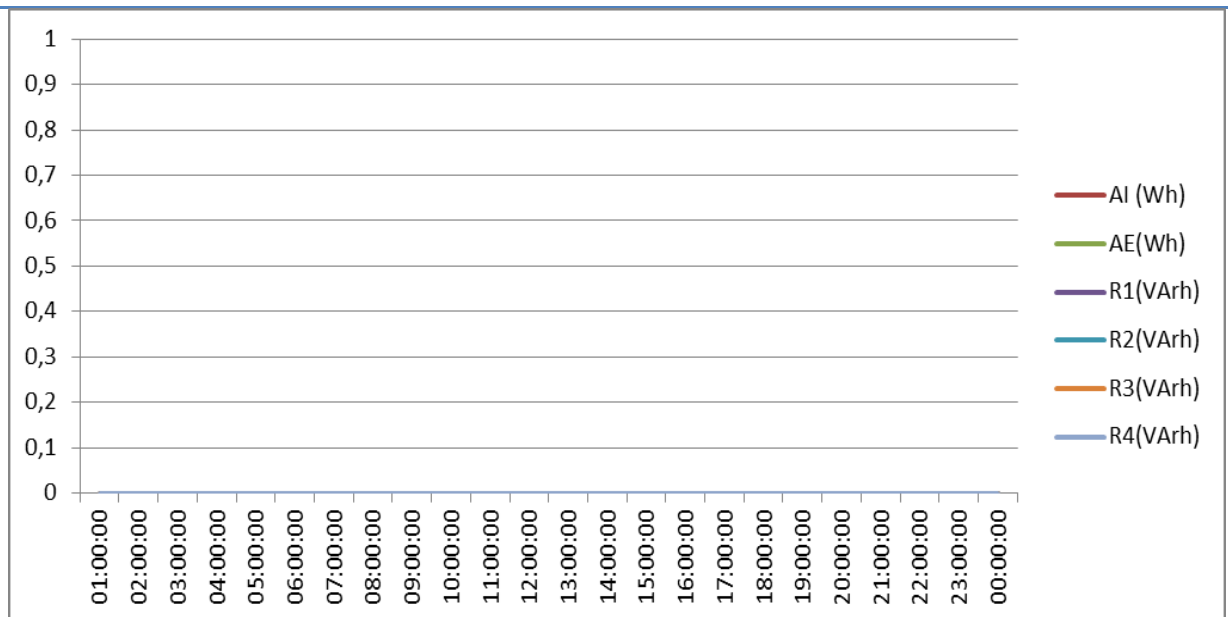
Dimecres 11 de Març



Dijous 12 de Març



Taula 16: consum energètic al llarg de la setmana lectiva



El consum energètic al llarg de tota la setmana no lectiva va ser nul

**Taula 17: consum energètic al llarg de la setmana no lectiva**

Aquest comptador, té patrons molt similars a l'altre comptador que controla el consum dels altres bancs de proves. Sospitosament, genera el mateix pic a la mateixa hora durant el mateix temps. Amb el consum que té tan reduït, podem optar a pensar que és alguna llum indicadora d'algun banc o algun tipus de consum constant d'algun motor.



## 8. Infraestructura per la monitorització del consums de l'EPS i zona referida.

Per tal d'implementar la infraestructura necessària de control de consum de l'edifici PIV, hem utilitzat els plànols elèctrics facilitats pel SOTIM. Així doncs, mitjançant aquests arribarem fins a un control de subquadres, els quals ens facilitaran informació de diverses zones i plantes. En els plànols adjunts en el document número 2 del present projecte, veurem el punt de mesura per tal de poder obtenir tota aquesta informació.

Com a punt de partida, veiem que existeixen 5 línies diferents per realitzar l'abastament energètic de l'edifici.

- a) **Endolls d'ordinador:** Aquesta línia està dissenyada per tal de proporcionar abastament a endolls ("LO"), els quals en cas d'aturada de consum per part de l'empresa de subministrament, no es veuria afectada immediatament i encara donaria servei durant un temps determinat. És una línia de seguretat connectada a un grup electrogen, la qual està caracteritzada amb uns endolls amb carcassa vermella, a diferència de la línia normal ("LN") que tenen carcassa blanca.
- b) **Enllumenat de subministrament permanent ("LP"):** Les llums de seguretat instal·lades als passadissos per tal de poder evacuar l'edifici en cas de pèrdua d'electricitat, estan connectats a aquesta línia, per tal de poder proporcionar llum en cas d'emergència.
- c) **Enllumenat de subministrament normal ("LN"):** LN ve directament de l'empresa de subministrament i té per funció proporcionar electricitat a la majoria de llums de l'edifici, tan passadissos com despatxos i aules.
- d) **Endolls de servei ("LS"):** Aquesta línia és una bifurcació la LN esmentada anteriorment i està dissenyada per abastir els endolls de l'edifici. Són endolls amb la propietat que tenen una carcassa blanca, com la majoria d'endolls que podem trobar als edificis. Aquests, en cas de que se n'anés la llum, deixarien de transportar electricitat.
- e) **Potència i maniobra instal·lacions de climatització:** La última línia, és l'encarregada d'aportar subministrament elèctric a les bombes dels aires condicionats i calefacció. Aquesta línia és directe i no té bifurcació a subquadres. Això ens facilitarà la feina ja que amb un únic comptador trifàsic per aquesta línia, ja sabrem el consum energètic que suposa la climatització de tot l'edifici. D'altra banda, la informació que aportarà no serà gaire disgregada, serà a nivell total de l'edifici.

El fet de que existeixin 5 línies, comportarà un mínim de 4 comptadors per cada subquadre, ja que la línia de climatització la tindrem controlada amb un únic comptador al quadre general, per tenir el consum el més dissociat possible. A continuació, farem una breu

explicació de quins elements existeixen a cada punt de mesura i quines zones fa referència cadascun d'ells.

### 8.1. Soterrani

A continuació mostrarem les zones que tenim control de consum de la planta del soterrani.

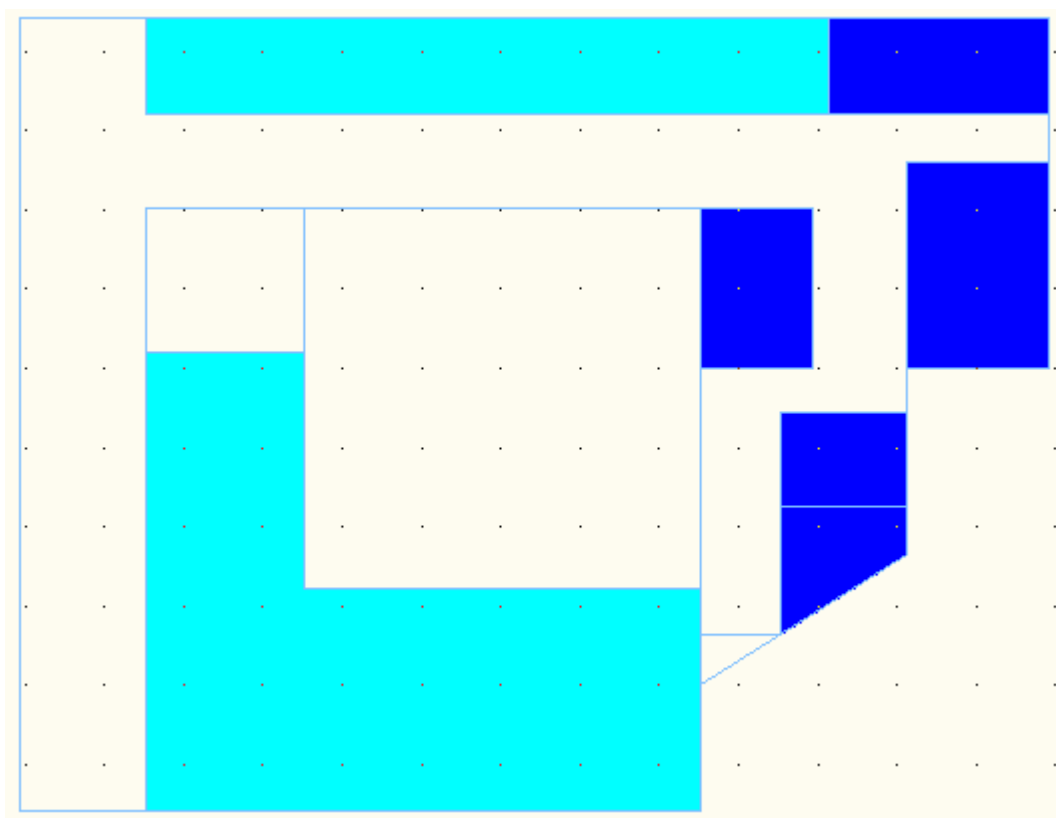


Figura 28: zona de control de consum soterrani PIV

Subquadre	Color
S0.2	Blau fosc
Diferència	Blau clar

Taula 18: relació subquadre amb zona acolorida

Per tal de reduir el número d'aparells els quals hauríem d'adquirir, s'han instal·lat en les línies generals de l'edifici. D'aquesta manera, ens permet tenir el control de la zona blau clar per diferència de consums, ja que tenim el control de la resta de l'edifici i el control total.

El subquadre S0.2 ens dona el registre del consum de la zona marcada en la figura anterior com a blau fosc.

En aquesta planta, predominen aules dedicades a personal de recerca, així com al doctorat o projectistes els quals realitzen el seu treball final de carrera. També és cert, que existeix una part de despatxos reservats a personal docent el qual ve ocasionalment a l'EPS per la implantació d'alguna assignatura.

## 8.2. Planta baixa

La planta baixa és la planta la qual veiem només entrar a l'edifici per la porta principal. En la figura següent veurem les zones les quals controlem el seu consum i els subquadres als que fa referència.

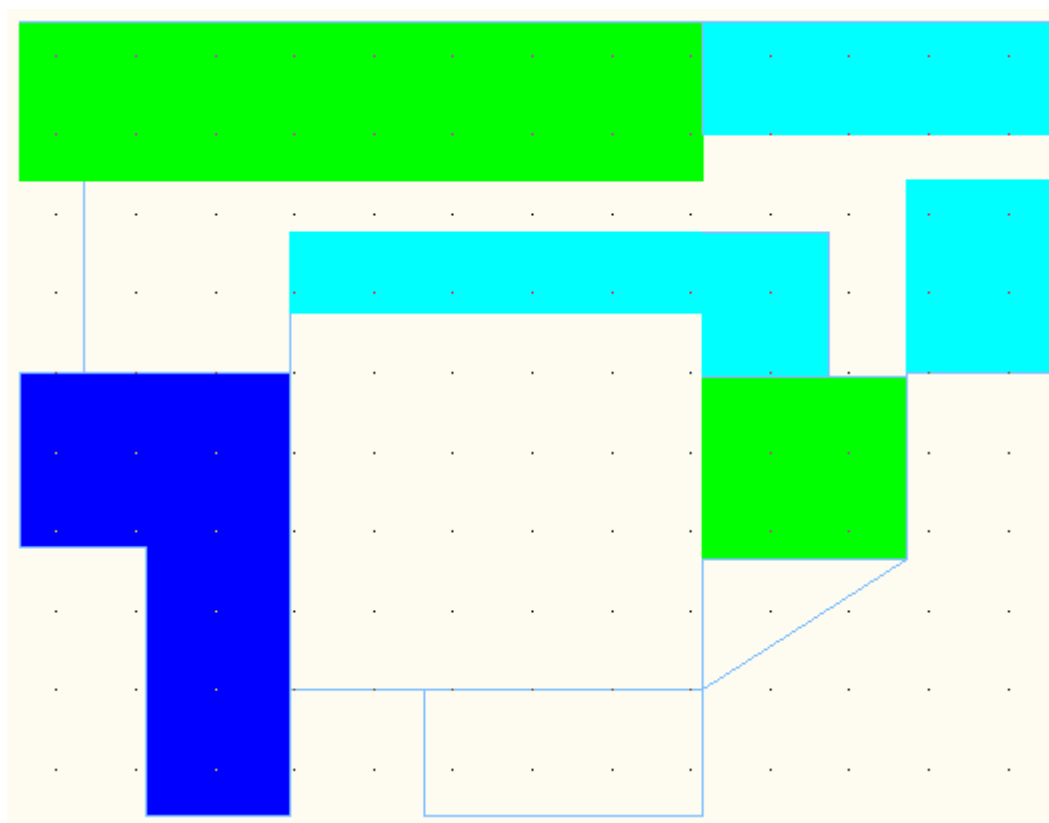


Figura 29: zona de control de consum planta baixa edifici PIV

Subquadre	Color
S1.1	Blau fosc
S1.2	Blau clar

## Subquadres S1.3-S1.8

Verd

Taula 19: relació subquadre amb zona acolorida

La zona blau fosc, controlada per el subquadre S1.1, dona informació de tota la zona d'administració. La part de color blau clar, son principalment despatxos de personal docent, i la resta de subquadres, marcats en color verd, enregistraria l'ús i consum de seminaris, els quals estan destinats a realitzar xerrades i conferències.

### 8.3. Primera planta

Per acabar aquest capítol, veurem les zones controlades de la primera planta, la planta més elevada de l'edifici.

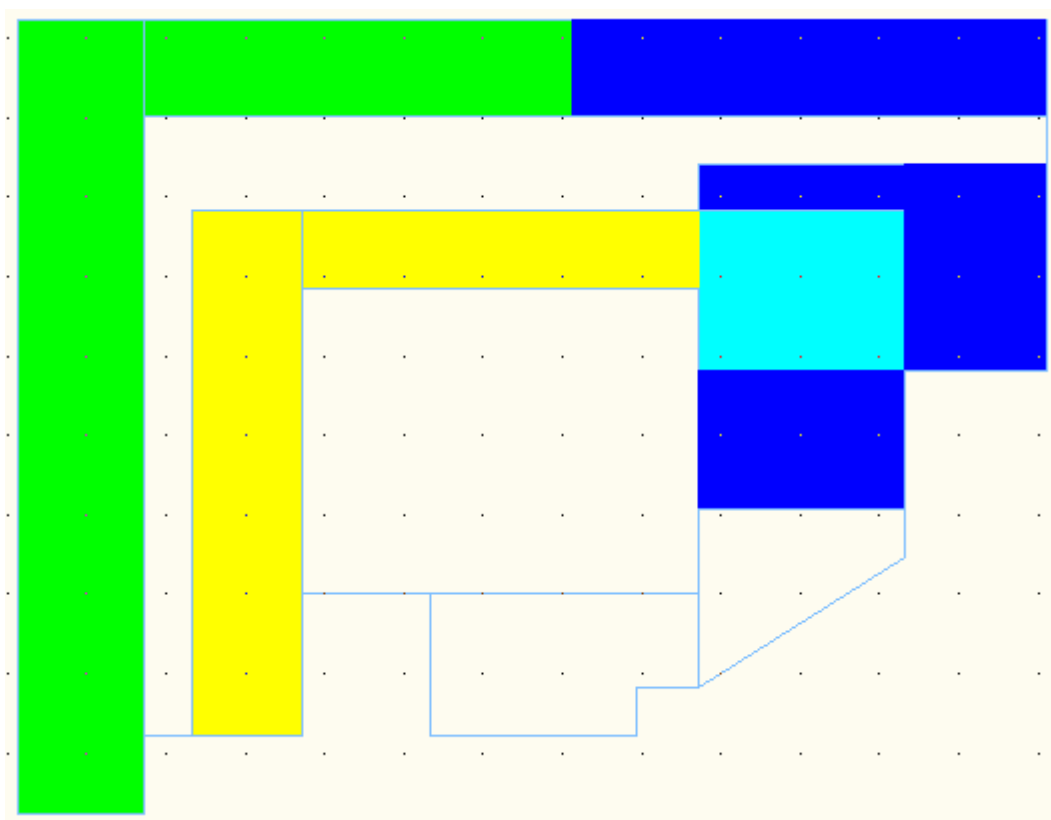


Figura 30: zona de control de consum primera planta edifici PIV

Subquadre	Color
S2.1	Verd
S2.2	Blau fosc

<b>Subquadres S2.3-S2.10</b>	Groc
<b>S2.11</b>	Blau clar

**Taula 20: relació subquadre amb zona acolorida**

En aquest cas, tan la zona verd com la zona blau fosc, són zones de despatxos de personal docent. La zona marcada com groga, està composta per tots els laboratoris de la planta menis el laboratori de PFC, el qual es controlat mitjançant el subquadre S2.11.

El fet de tenir el control de consum tan disgregat, ens permetrà obtenir patrons de comportament referent a consum. Podrem veure quina és la contribució de cada zona al consum total de l'edifici i veure les hores de pics energètics per tal de poder-los reduir. D'aquesta manera podrem saber com contribueixen els despatxos, laboratoris, zones d'administració i preveure si s'està realitzant un bon ús de l'energia aquests espais.

## 9. Milliores en la eficiència energètica

En aquest capítol, realitzarem una explicació detallada dels beneficis que aporten la utilització i implantació d'aquests aparells, tan a nivell d'usuari com a nivell d'empresa. També s'aportarà noves idees alhora de gestionar el consum de l'EPS i fins i tot de generar electricitat a partir del reciclatge.

### 9.1. A nivell d'usuari

Una de les qualitats més grans dels comptadors intel·ligents, és que els usuaris disposaran de la informació sobre consums d'una manera molt més accessible i la exactitud serà molt més gran. També disposaran d'una web o bé una aplicació per a mòbil per tal de consultar el consum de qualsevol període. El fet de que les companyies ens facturin el consum d'energia per hores, ens proporcionarà un major control sobre com distribuir el consum d'energia per tal de poder reduir la facturació de cada mes. En el nostre cas, amb els Smart Meters juntament amb els arxius S02, ens permeten saber consums cada 15 min.

Existeixen diverses pàgines web on indiquen el preu de l'energia per hora, que seguidament veurem un exemple.

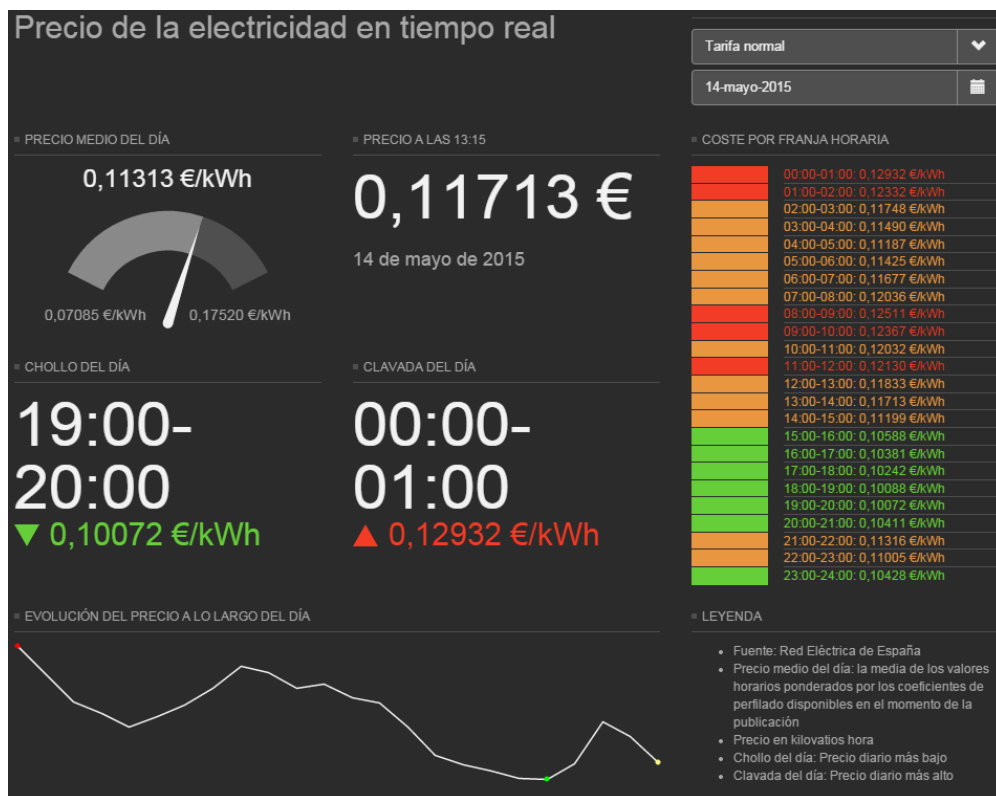


Figura 31: [www.tarifaluzhora.es](http://www.tarifaluzhora.es)

En la figura anterior, podem veure la distribució de preus de l'energia segons l'hora. Existeixen diversos indicadors, com el preu mitjà del kWh, i el preu en temps real. A la part central ens informa de l'hora on el preu del kWh és més barat. En el cas del dia 14 de Maig va ser entre les 19.00 i les 20.00h.

Un dels punts forts, és que ens informa del cost horari del dia següent. A nivell residencial, ens pot servir per gestionar rentadores, forns, assecadores, etc. tots els electrodomèstics de major consum i fer-los servir en hores de menys cost.

Pel que fa a l'EPS, no ens proporciona gaire informació el fet de saber el cost amb un únic dia d'antelació. Doncs, és poca previsió, ja que l'escola necessita una previsió anual. D'altra banda, ho podríem fer servir per la monitorització i d'aquesta manera fer un bon ús de l'energia. Un exemple clar, és el cas mencionat en el punt 7.3. on tenim lectures de consum dels bancs de proves en caps de setmana. Aquest fet no hauria de passar, ja que s'hauria d'haver fet la desconnexió del transformador de 400/230 o, mitjançant la monitorització d'aquest comptador, haver realitzat la seva desconnexió. En l'actualitat les universitats públiques catalanes negocien el preu totes juntes. A més, la tarifa del consum energètic de la universitat, és una tarifa de sis períodes negociada directament amb les comercialitzadores. Per aquest fet, coneixent els patrons de les tarifes i seguint una bona monitorització dels aparells, es pot arribar a desplaçar consums d'hores amb preus més cars a altres amb un preu més baix.

## **9.2. A nivell d'empresa.**

La funció principal d'aquests aparells, ha sigut millorar la gestió de la informació dels consumidors. Fins fa pocs anys, l'empresa de subministrament havia de desplaçar-se al domicili del client per observar el seu comptador i en funció d'aquest, realitzar la factura de consum. Únicament amb la instal·lació d'aquests nous aparells i la tecnologia de comunicació que tenen, l'empresa distribuïdora està estalviant en el transport del seu treballador que abans havia de fer per realitzar cada consulta, incloent l'amortització del vehicle d'empresa que s'utilitzava.

La facturació a partir d'ara podrà ser mensual i la qualitat del subministrament serà més elevada. A més a més, l'empresa podrà gestionar altes, baixes, augments de potència contractada i diversos factors des de la central. Una opció important és la gestió del tall per impagament. Cal incloure, que des de la central podran solucionar alguns problemes elèctrics dels usuaris.

Una informació més detallada sobre el consum energètic dels clients permet una predicció de consum molt més exacte; conseqüentment, una millor gestió de energies renovables. D'aquesta manera es podrà utilitzar més energia provinent de fonts d'energia renovables en vers altres fons amb alta contaminació.

També s'ha de dir, que el frau és molt més complicat degut a la complexitat dels aparells i en la fabricació s'han tingut en compte diversos elements per tal d'evitar el frau.



## **10. Resum del pressupost**

La realització del present projecte, té un cost de 16.617,65 € sense IVA.

## 11. Conclusions

Els objectius principals d'aquest projecte eren el desenvolupament d'un software el qual ens facilités treballar amb els arxius de registres que generen aquest tipus de comptadors, i generar la infraestructura necessària pel control energètic d'un edifici del campus.

La característica principal del software era oferir a l'usuari, un software lleuger i fàcil d'entendre, el qual oferís facilitat alhora de generar consultes de consums per a qualsevol comptador instal·lat en la xarxa. Tot això, el més automatitzat possible. Com s'ha explicat en els capítols anterior, el tipus d'arxiu que generen aquests comptadors és en format XML, el qual provoca un augment considerable en la dificultat del projecte.

Un dels efectes de crear la infraestructura d'un edifici públic, va ser el procés per la adquisició dels plànols de l'edifici escollit. Tot procés administratiu es lent i laboriós.

Les principals limitacions alhora de realitzar el projecte varen ser, la complexitat del format dels arxius a llegir per tal de crear la base de dades i un software el més amigable possible, i el procés laboriós d'adquisició de plànols d'una institució pública. Tot això en un temps limitat i reduït. Cal esmentar, que l'èxit ha estat degut a un compromís elevat per part meua alhora d'assolir els objectius en el termini establert, un gran nombre de reunions amb el tutor juntament amb un seguiment exhaustiu i un control temporal més que previsor.

### 11.1. Funcionalitats del software de control

El model actual del software permet, de manera senzilla, realitzar consultes dels quatre comptadors instal·lats a l'escola, fàcilment ampliable a tants comptadors com desitgem instal·lar. Podem realitzar consultes en un rang de dates juntament amb el comptador escollit per l'usuari.

Per tal d'actualitzar la base de dades, únicament cal dos "clics" per tal que el programa comenci a treballar de manera intensa amb l'objectiu de facilitar el màxim la feina a l'usuari. El software connecta automàticament amb el servidor SFTP i comença el procés de descàrrega i lectura dels arxius, els quals componen la base de dades.

Establert el rang de dates i seleccionat el comptador, el programa comença a generar l'informe. L'informe esta compost per un gràfic principal el qual mostra la potència consumida per aquell comptador en el rang de dates, valors de potència màxima i mínima consumida juntament amb el dia i l'hora que s'ha generat aquell

consum màxim o mínim, i introduint l'usuari la tarifa, el cost que suposaria aquell període desitjat.

No cal oblidar, que unificat en un mateix software, podem accedir a la Web Service per tal de veure l'estat en el que es troben els nostres comptadors, la qualitat de comunicació i variar alguns paràmetres per tal de modificar el funcionament dels comptadors.

Tot unificat en un mateix programa, fàcil d'entendre, previsible, i sempre com a objectiu, facilitar les tasques a l'usuari.

### **11.2. Infraestructura de control energètic**

El disseny ha sigut acurat per tal d'obtenir la màxima informació de consum de l'edifici PIV juntament amb la instal·lació del nombre mínim de comptadors. Gràcies al disseny i la ubicació estratègica dels comptadors s'ha aconseguit disgregar cada planta gairebé per les zones principals, que són despatxos i laboratoris.

Degut a que arriben quatre línies a l'edifici per l'abastament total d'energia, el nombre necessari de comptadors és notable. Tot i així, considero que tal i com estan distribuïts els quadres i subquadres de l'edifici, s'ha assolit l'objectiu de manera satisfactòria.

### **11.3. Conclusió personal**

Sens dubte, és el projecte més ambiciós i més complert que m'he endinsat mai. Considero que uneix els dos camps de l'enginyeria que m'apassionen més, com són l'electricitat i la programació/automatització. Per aquesta raó, en el moment de la proposta, ho vaig tenir clar alhora de portar-lo a terme.

Ha sigut laboriós, i moltes hores de dedicació per la programació, però tot l'esforç d'aquests mesos ha valgut la pena. Considero que he millorat notablement com a enginyer, aconseguint nous recursos per assolir els requeriments d'un projecte, una millor disciplina alhora de dividir tasques a realitzar, una millora en l'estructuració mental per portar a terme treballs de programació i una lectura més fluida d'esquemes elèctrics.

En definitiva, estic orgullós de la feina feta, han sigut moments de tot tipus però veure aquest projecte finalitzat amb èxit suposa una satisfacció personal molt gran. Per acabar, vull donar gràcies a tothom que ha aportat el seu gra de saviesa a aquest projecte, al SOTIM per la gran implicació durant la realització d'aquest i sobretot al meu tutor Sergio Herraiz, per l'assessorament i tota l'ajuda aportada.

## **12. Relació de documents**

El present projecte està compost per els següents documents: memòria, CD-ROM, plànols, pressupost.

### 13. Bibliografia

- Balcells, J. M., & Autonell, J. (2010). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Marcombo.
- Sharma, K., & Saini, L. M. (2015). Performance analysis of smart metering for smart grid: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 720-735.
- Erlinghagen, S., Lichtensteiger, B., & Markard, J. (2015). Smart meter communication standards in Europe—a comparison. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1249-1262.
- Galli, S., & Lis, T. (2015). Next Generation Narrowband (Under 500 kHz) Power Line Communications (PLC) Standards. *Communications, China*, 12(3), 1-8.
- Igit, M., Gungor, V. C., Tuna, G., Rangoussi, M., & Fadel, E. (2014). Power line communication technologies for smart grid applications: A review of advances and challenges. *Computer Networks*, 70, 366-383.
- Seco, J. A. (2010). *El lenguaje de programación C#*.
- Cabanes, N. (1 / Enero / 2013). *nachocabanes*. Recollit de <http://www.nachocabanes.com/csharp/>
- Sierra, F. J. (2011). *Microsoft C# Curso de programación 2ª Edición*. Madrid: RA-MA .