

## Treball final de grau

**Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica**

**Títol: Disseny d'un sistema d'estalvi energètic per a usuaris del  
Preu Voluntari pel Petit Consumidor**

**Document: 1. Memòria**

**Alumne: Josep Gasset Teixidor**

**Tutor: Josep Xargayó Bassets**

**Departament: EEEiA**

**Àrea: ESA**

**Convocatòria (mes/any): Juny/2016**

## ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ .....	3
1.1. Antecedents.....	3
1.2. Objecte .....	4
1.3. Especificacions i abast.....	4
2. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA .....	6
2.1 Microsoft Excel 2013/2016.....	7
2.2 Power Query.....	8
2.3 Power Update .....	8
2.4 Arduino UNO .....	9
2.5 Altres opcions .....	10
3. PROGRAMARI .....	12
3.1 Descàrrega de dades .....	14
3.2 Tractament de dades.....	17
3.3 Enviament i recepció de dades .....	21
3.4 Activació de la màquina domèstica.....	25
3.5 Automatització del procés.....	26
4. VALORACIÓ DEL PRODUCTE .....	28
5. RESUM DEL PRESSUPOST.....	32
6. CONCLUSIONS .....	33
7. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	35
8. BIBLIOGRAFIA.....	36
9. GLOSSARI .....	38
A. PROGRAMES INFORMÀTICS.....	39
A.1. Excel Projecte .....	39
A.2. Arduino Projecte .....	63

A.3. Power Query (Excel 2013).....	73
A.4. Power Update.....	78

## 1. INTRODUCCIÓ

Aquest estudi s'endinsa dins un programa de control actiu de la demanda d'energia elèctrica, n'estudia la seva viabilitat, descrivint el seu disseny, les seves especificacions tècniques juntament amb la valoració del seu funcionament i la comprovació de la seva viabilitat.

### 1.1. Antecedents

El consum energètic a nivell global s'ha vist incrementat en els darrers anys per l'aparició de països emergents tals com la Xina, Brasil i l'Índia, que amb un avanç de la seva industrialització requereixen un major abastiment energètic.

Aquest augment de consum requereix una ampliació del nombre d'instal·lacions generadores per tal de satisfer la demanda existent, i gràcies a les noves polítiques mediambientals i la sensibilització social respecte el medi ambient s'està apostant per a instal·lacions de energies renovables, que tot i representar l'alternativa més neta actualment i una independència al preu volàtil del petroli, comporta una variabilitat en la producció en funció de les condicions climatològiques.

Per a quantificar l'impacte d'aquestes energies renovables, l'organització sense ànim de lucre REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), que assisteix i dona suport a l'intercanvi d'informació i actuació mitjançant directives d'energies renovables, amb la fi de promoure el ràpid creixement d'aquestes, descriu en el Informe de la Situació Mundial de les Energies Renovables de 2015, que la energia renovable va proporcionar l'any 2013, un estimat del 19,1% del consum mundial.

Segons el mateix informe, l'any 2014 les energies renovables van representar aproximadament el 58,5% de les adicions netes en la capacitat mundial de generació de l'energia, fet que augmenta la participació de les energies renovables en la capacitat de generació del planeta fins al 27,7%, suficient per abastir prop del 22,8% de la electricitat mundial.

Del 22,8% que representen les energies renovables, el 16,6% correspon a l'energia hidràulica, una font de generació estable en comparació amb la eòlica, que representa el 3,1% del total global, i que la seva generació depèn exclusivament a les condicions meteorològiques, fet que augmenta la major variabilitat en la producció.

Aquesta fluctuació urgeix plantejar-se com gestionar les energies renovables per tal de satisfer la demanda i establir un equilibri entre la generació i la demanda, juntament amb un cost de la mateixa gestió.

Possibles solucions per aquesta variabilitat són el desenvolupament de interconnexions internacionals, l'increment de la generació flexible i el desenvolupament d'eines de gestió de la demanda juntament amb una millora de les eines de predicció.

Dins d'aquestes solucions, la resposta de la demanda esdevé essencial per a modificar el perfil de consum elèctric i ajustar-se a la producció, influint directament sobre l'ús de la electricitat per part dels consumidors.

La implementació de programes de resposta de la demanda a usuaris residencials està desplaçada respecte a usuaris comercials i industrials, degut a la complexitat de gestionar un gran nombre d'usuaris pel poc consum individual dels mateixos en comparació amb el consum industrial.

Per aprofitar el potencial que representa el conjunt de consumidors residencials i la resta de petits consumidors, s'ha implementat a l'estat un programa de preu dinàmic RTP (Real Time Pricing), que incentivi el consum en funció del cost de producció.

## **1.2. Objecte**

L'objectiu d'aquest treball és l'estudi, desenvolupament i implementació d'un sistema que controli una màquina domèstica en funció del cost horari de l'energia, en determini l'hora d'activació i desactivació sense la intervenció o control directe d'una persona, per aconseguir el major estalvi econòmic i energètic possible.

## **1.3. Especificacions i abast**

L'estudi conté la descripció de diferents sistemes de gestió activa, el procediment de selecció i descàrrega dels preus horaris de la electricitat, dictats pel mercat elèctric, de forma automàtica des de la pàgina web de Red Eléctrica de España.

El processament de les mateixes mitjançant el programa Microsoft Excel, per classificar-les i determinar el període de inferior cost, obtenint com a resultat l'hora d'activació i desconnexió del dispositiu.

Per últim, la transmissió de dades a l'equip controlador del dispositiu, una placa Arduino Uno, que ens permetrà engegar i apagar el mateix a les hores abans determinades.

## 2. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA

Aquest control de gestió activa de la demanda és caracteritzat per estar enfocat a clients que s'acullen al Preu Voluntari del Petit Consumidor, que en l'actualitat, és l'únic sistema tarifari en el nostre país en el que el preu es regeix per l'hora del dia.

Per determinar el conjunt de client que s'acull al PVPC és més fàcil delimitar els consumidors que en queden exclosos: consumidors que hagin optat a una tarifa fixa anual que ofereixi el seu comercialitzador de referència (<10kW), consumidors que han optat a una de les múltiples ofertes del mercat lliure (<10kW) i consumidors amb potència contractada superior a 10 kW.

Tal i com es pot veure en la Figura 3 s'han utilitzat diferents programes per poder transmetre les dades desitjades entre les diferents interfícies i poder-les tractar.

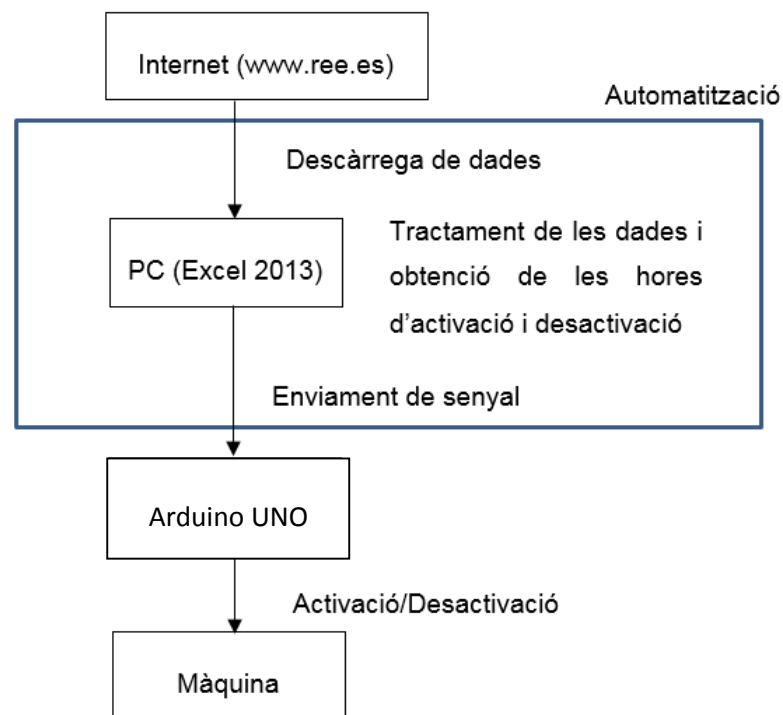


Figura 1. Diagrama del flux de dades

Com mostra el diagrama, les dades del PVPC tenen origen en la pàgina web de Red Elèctrica de España, d'on les descarreguem mitjançant un complement del programa Microsoft Excel anomenat Power Query.

Un cop descarregades, mitjançant l'editor de Visual Basic del mateix programa, calculem el cost mínim de funcionament de la màquina per les característiques donades.

Calculades les hores d'activació i desactivació, transmetem en l'instant calculat una senyal la placa Arduino UNO mitjançant el codi desenvolupat amb el mateix editor de Visual Basic i el programa escrit en el mateix Arduino.

Per últim, automatitzem el procés per a que es dugui a terme diàriament mitjançant el programa Power Update.

## **2.1. Microsoft Excel 2013/2016**

El programa Microsoft Office Excel és la base d'aquest control. Excel, com se'l coneix popularment, és un programa de software per a la realització de fulls de càlcul i és exclusiu per a la plataforma Microsoft Windows. No és un programa lliure, requereix llicència per a fer-ne ús.

Existeixen tres conceptes fonamentals en l'estructura d'una fulla de càlcul d'Excel: la columna, la fila i la cel·la.

La columna, que es troba en vertical i està identificada per mitjà de les lletres que van de la A fins la combinació de lletres IV, en total 256.

La fila, horitzontals i identificades de la 1 fins la 65536.

Per últim la cel·la, formada per la intersecció d'una columna i d'una fila. En una cel·la es pot emmagatzemar una dada que pot ser numèrica, una data, una paraula o una fórmula. En total, en un full de càlcul existeixen 16777216 cel·les, i cada cel·la està referenciada per la columna i la fila que la forma.

L'aportació més important és VBA, una eina de programació que permet als usuaris i programadors ampliar la funcionalitat de programes, principalment facilitant l'automatització de tasques que altrament s'haurien de fer de forma manual, i gràcies al qual podem executar les diferents subrutines de càlcul i enviament de dades.



## 2.2. Power Query

Power Query inicialment en la versió d'Excel 2013 era un complement, i ja en la versió del 2016 està integrat dins del programa és una eina de treball que ens permet descobrir, combinar i refinar dades en una ampla varietat d'orígens como relacionats, estructurals i semiestructurats, OData, de pàgines web, Hadoop, Azure Marketplace i dades públiques, com per exemple les de Wikipèdia.

Aquest complement permet a l'usuari compartir i administrar consultes, però el fet que el fa destacar és la seva versatilitat per descarregar dades, filtrar-les, editar-les i agrupar-les, per tal que el conjunt de dades que s'obté finalment en el full de càlcul sigui l'òptim i el desitjat pel treball, amb l'afegit que els diferents passos d'edició queden guardats per poder-los reeditar posteriorment.

## 2.3. Power Update

Power Update és en essència una eina de programació d'escriptori que pot ser configurada per actualitzar i implementar els fulls de càlcul d'Excel de forma automàtica.

Aquest software ens permet programar un sol arxiu o una carpeta amb arxius perquè s'actualitzin en el moment òptim del dia, es a dir, permet configurar l'actualització automàtica un temps després de que la font de dades hagi estat actualitzada, fet que ens permet executar el nostre arxiu moments després de l'actualització de dades per part de REE.

Com també guardar usuari i contrasenyes d'accés per a que la rutina es pugui executar de forma segura des de un ordinador mentre està bloquejat i sense vigilància. Elimina la necessitat de instal·lar, configurar i pagar per una connexió VPN ja que la necessitat de crear una connexió entre el núvol i el document queda solucionada.

A més, té l'opció d'executar qualsevol codi de VBA abans i/o després de l'actualització automàtica. Aquesta opció permet crear qualsevol tasca que sigui necessària completar en l'arxiu abans de la seva execució, i com explicarem més endavant, elimina la cadena interna en codi VBA dins l'arxiu ja que es poden executar diferents subrutines en seqüència i elimina la complicació de que aquestes s'executin en segon pla mentre el document s'està actualitzant.

L'última gran característica d'aquest complement és la seva compatibilitat amb Power Query, i així el fa ideal per refrescar la descàrrega de dades i executar les diferents subrutines seqüencialment per calcular les hores adients i enviar les dades a l'Arduino.

## 2.4. Arduino UNO

Arduino Uno és una placa amb un microcontrolador basada en l'ATmega328. Conté tot el necessari pel funcionament del microcontrolador. Per utilitzar la placa només és necessari connectar-la a un ordinador amb un cable USB o alimentar-la amb un adaptador AC/DC o una bateria.

Aquesta placa es diferencia de les anteriors versions en que no utilitza el chip convertidor sèrie a USB FTDI, en canvi incorpora un ATmega16U2 programat com convertidor sèrie a USB.

Les seves característiques són: 14 entrades/sortides digitals (6 de les quals es poden utilitzar per a sortides PWM); 6 entrades analògiques; un oscil·lador de cristall de 16 MHz; connexió USB; clavilla femella tipus Jack; connector ICSP; botó de reinicialització.

Les seves especificacions tècniques són: alimentació a 6-20 V màxim; microcontrolador ATmega328; corrent DC per pin I/O; 40 mA corrent DC pel pin 3.3V 50 mA; 6 entrades analògiques; memòria flash de 32 KB (ATmega328); el bootloader utilitza 0.5 KB; SRAM de 2 KB (ATmega328); EEPROM de 1 KB (ATmega328) i velocitat del rellotge de 16 MHz.

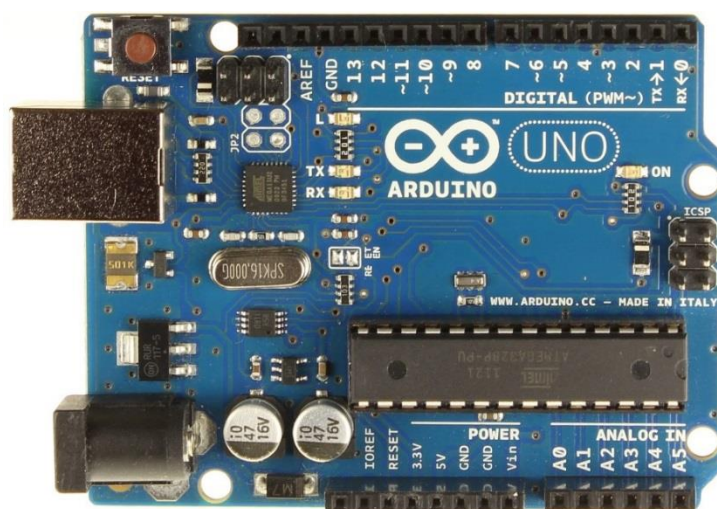


Figura 2. Arduino UNO

La funció principal d'aquesta placa és la de rebre el senyal emès per l'ordinador i activar o desactivar el relé que dona corrent a la màquina desitjada. Aquest microcontrolador, compleix amb totes les característiques necessàries per a dur a terme la tasca designada.

El circuit està format per una única placa, com es pot veure en la Figura 1, es comunica amb el PC mitjançant comunicació USB i activa el dispositiu desitjat mitjançant un relé.



Figura 3. Mòdul relé 5V

## 2.5. Altres opcions

Altres plantejaments possibles sobre un sistema de gestió activa de la demanda poden ser diferents programes de domòtica, com per exemple KNX, però té l'inconvenient de ser un univers tancat, es a dir, tot i aconseguir la descàrrega de dades no es podria configurar el programa perquè funcione en funció de les mateixes.

Una altra opció molt interessant és la que ens permet l'aplicació d'Android IFTTT (If This, Then That) i l'aplicació Wemo juntament amb els endolls Belkin.

L'aplicació IFTTT ens permet connectar diferents aplicacions o esdeveniments, per exemple, si rebem un correu electrònic, ens fa sonar una alarma del mòbil, es a dir, que una vegada determinades les hores d'activació i desactivació mitjançant l'Excel, podríem enviar un email

al mòbil i al rebre'l podria encendre o apagar els endolls/interruptors Wifi's de Belkin controlats per l'aplicació mòbil WeMo.

Una tercera opció és la nova gamma d'electrodomèstics connectats directament mitjançant Wifi, com el de la figura 4, que ens permet obviar el pas de l'interruptor Wifi però ens sorgeix un nou inconvenient que és el control d'aquests electrodomèstics, donat que cada marca comercial utilitza una aplicació diferent.



Figura 4. Rentadora controlada mitjançant Wifi

Per últim, la opció que sembla més viable és la RaspberryPi, un ordinador de placa reduïda que permetria unificar els diferents programes d'aquest estudi, però n'augmentaria considerablement la complexitat de la programació.

### 3. PROGRAMARI

Com s'ha explicat en el capítol anterior l'arxiu es pot subdividir en 5 parts en base a la funció que desenvolupa cada part i els diferents programes o complements que s'han utilitzat, en el següent diagrama de blocs es mostren tots els processos desenvolupats en els diferents programes.

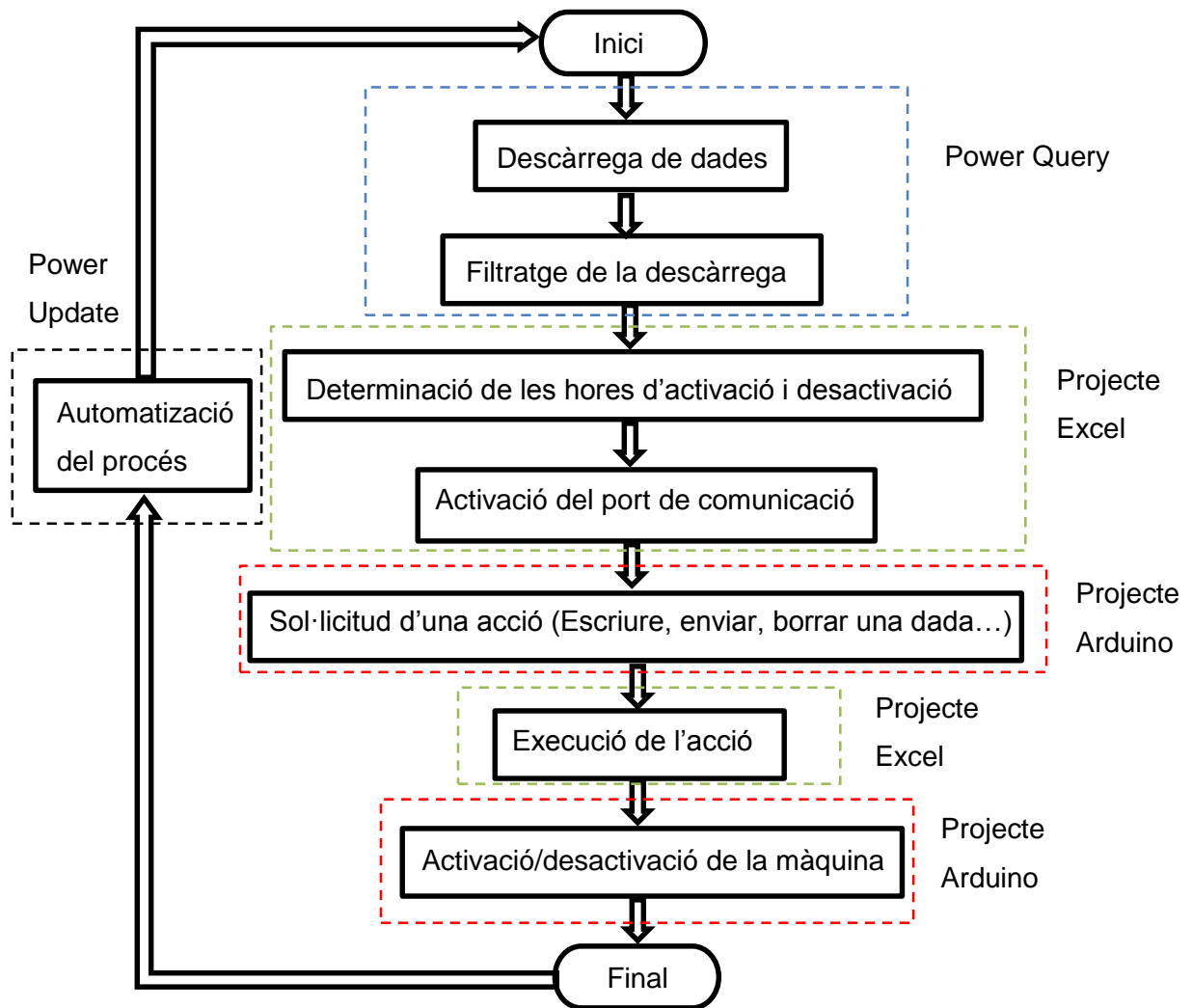


Figura 5. Diagrama de blocs del sistema de gestió

La primera part consta de la descàrrega de les dades de la pàgina web de Red Elèctrica de España, d'on les descarreguem mitjançant Power Query i el seu filtratge.

Ja descarregades, mitjançant l'editor de Visual Basic del mateix programa, el càlcul del cost mínim de funcionament de la màquina juntament amb la determinació de les hores d'engegada i de parada.

Aquest càlcul està subdividit en dos càlculs, el primer calculant el cost mínim de l'ús d'un electrodomèstic amb 3 consums diferenciats dins de la seva etapa de funcionament determinant hora d'engegada i hora de parada.

Un segon càlcul, que consisteix en dividir el funcionament de la màquina en dues etapes, per exemple, dividir el cicle de rentat d'una rentadora entre l'etapa de rentat i l'etapa de centrifugat, i calcular quins són els dos moments òptims per a fer funcionar aquesta màquina i així obtenir una primera hora d'engegada i una de parada, i un segon grup d'hores per al segon procés del cicle de rentat.

Una tercera part que consisteix en la transmissió de les dades calculades, subdividida en dues parts, la primera de l'Excel, que és l'encarregada d'activar la comunicació, i la segona, programada en l'Arduino, encarregada de sol·licitar les dades i un cop rebudes, acabar la comunicació.

Una quarta part, referent a l'activació i desactivació del dispositiu mitjançant l'Arduino UNO, caracteritzat per com es determina el moment exacte donat a que el rellotge intern de la placa Arduino és finit i no pot contar més de 3 dies.

I per últim, l'automatització del procés, per a que mitjançant el programa Power Update es dugui a terme diàriament una hora posteriorment a la publicació dels preus del PVPC en la web de Red Elèctrica de España.

Tots aquests processos, en conjunt, formen un sistema per a gestionar de forma activa la demanda, en els següents apartats, es descriu de forma exhaustiva el codi elaborat per a aquest estudi.

### 3.1. Descàrrega de dades

El primer pas és extreure les dades de la pàgina web de Red Elèctrica de España, en concret, les dades referents al Preu Voluntari del Petit Consumidor corresponents a la tarifa 2.0A.

Aquestes dades s'actualitzen de forma diària a les 12:00, i s'exposen a la web tal i com es mostra en la Figura 6. Mostren una gràfica de la variació del preu del kWh en funció de la hora del dia.

#### TERMINO DE FACTURACION DE ENERGIA ACTIVA DEL PVPC

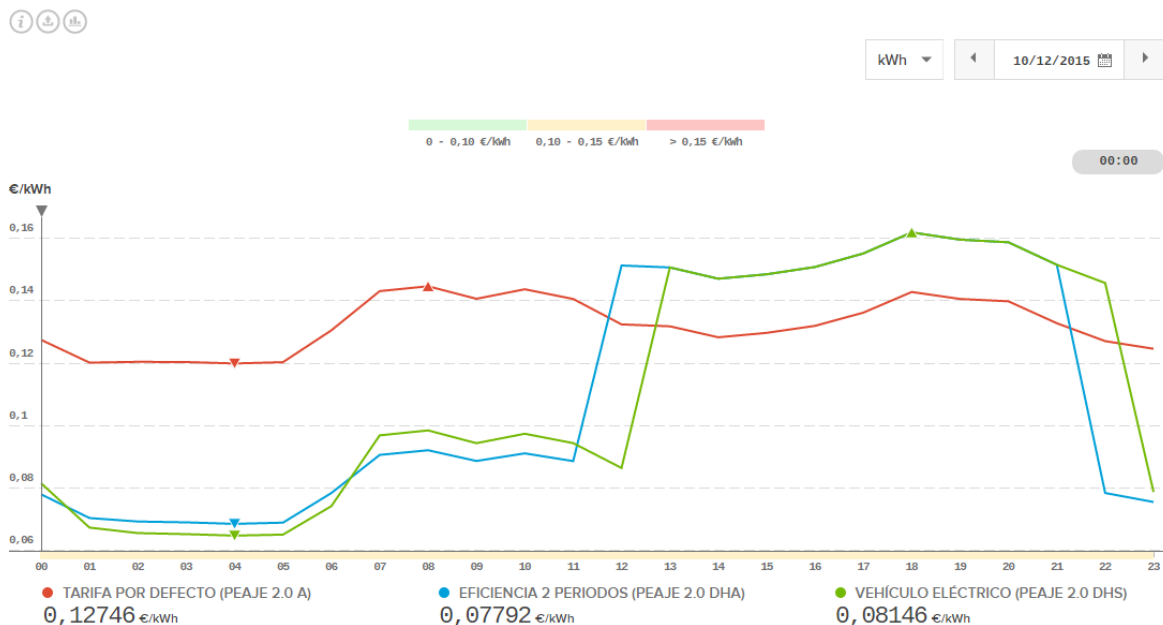


Figura 6. Gràfica del preu del PVPC extreta de [www.ree.es](http://www.ree.es)

La pàgina web permet la descàrrega manual de les dades a un fitxer .xls, però la necessitat d'automatitzar la descàrrega obliga a la utilització del complement del programa Microsoft Excel 2013 anomenat Power Query que ens permet la descàrrega i adaptació de dades d'internet directament des d'un fitxer Excel habilitat per a macros, en canvi, en la versió d'Excel 2016, aquest complement està integrat dins del propi programa.

Per a efectuar la descàrrega, en la pàgina de l'arxiu Excel anomenada configuració hem escrit la funció HOY() en una casella, que ens retorna la data d'avui.

En una segona casella, hem escrit el directori de descàrrega del fitxer que volem descarregar, on hem especificat la casella de la data, juntament amb el format en que està escrita:

```
= "https://api.esios.ree.es/archives/71/download?date=" & TEXT0(B6; "aa-aa-mm-dd") & "
```

Per a obtenir la direcció del fitxer s'han executat diferents passos: el primer i més elemental és saber on i com obtenir l'adreça de descàrrega del fitxer, per això és necessari obrir la pàgina web desitjada amb un navegador d'internet, en el meu cas Google Chrome i iniciar les eines del Desenvolupador i dins de Network podem descobrir el link de descàrrega, tal i com mostra la següent Figura 7.

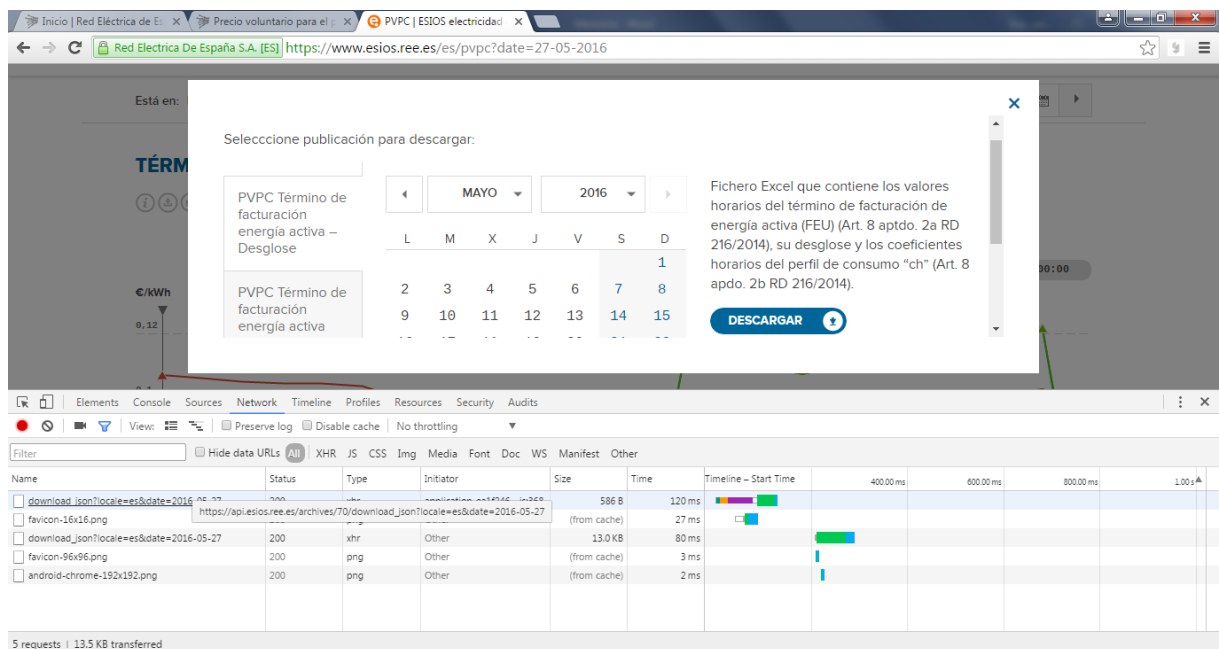


Figura 7. Imatge que mostra les eines del desenvolupador

Durant el temps que s'ha desenvolupat el treball, s'han trobat diferents aspectes a tenir en compte en aquest pas, ja que d'un dia per l'altre i sense raó aparent, el link va deixar de funcionar.

Es van repetir els passos per trobar el link del document de la descàrrega i es va descobrir com Red Eléctrica de España havia canviat els noms als nous documents, fet que impossibilitava la descàrrega amb l'enllaç original.



I a més, el domini on es guardaven els nous documents era en un nou domini, i no en la web de [www.ree.es](http://www.ree.es) com en la primera direcció.

Es a dir, que tot i que ens descarreguéssim el document, en veiéssim el nom i el canviéssim dins el directori, la descàrrega no funcionaria ja que el domini no seria el correcte.

Determinada ja la direcció del fitxer, amb la funció `fnGetParameters` establim com a origen de descàrrega de la taula de dades el directori abans descrit:

```
= Excel.Workbook(Web.Contents(fnGetParameters("Directorio")), null, true)
```

Amb aquest pas executem la descàrrega de dades i, obtenim la taula representada en la figura 8 després de ser expandida i filtrada mitjançant 4 diferents passos: eliminant les files superiors, promovent els encapçalaments, canviant el tipus i eliminant les files inferiors.

	Día	Hora	Peaje	Período	Término energía PVPC F...	Peaje acceso TE...	Precio producción TC...	% coeficiente pér...	% coeficiente pér...	Coste pro
1	28/05/2016	1	2.0A	1	92,88	44,03	48,85	20,7	14	
2	28/05/2016	2	2.0A	1	90,03	44,03	46	20,6	14	
3	28/05/2016	3	2.0A	1	86,43	44,03	42,4	19,3	14	
4	28/05/2016	4	2.0A	1	86,03	44,03	42	18,6	14	
5	28/05/2016	5	2.0A	1	85,47	44,03	41,45	17,6	14	
6	28/05/2016	6	2.0A	1	84,96	44,03	40,93	16,6	14	
7	28/05/2016	7	2.0A	1	84,87	44,03	40,84	14,4	14	
8	28/05/2016	8	2.0A	1	85,87	44,03	41,85	12	14	
9	28/05/2016	9	2.0A	1	87,9	44,03	43,88	14,7	14	
10	28/05/2016	10	2.0A	1	88,03	44,03	44,01	11,6	14	
11	28/05/2016	11	2.0A	1	86,08	44,03	42,06	9,4	14	
12	28/05/2016	12	2.0A	1	86,39	44,03	42,37	13	14	
13	28/05/2016	13	2.0A	1	84,29	44,03	40,26	13,4	14	
14	28/05/2016	14	2.0A	1	82,24	44,03	38,21	14,5	14	
15	28/05/2016	15	2.0A	1	82,86	44,03	38,83	21,3	14	
16	28/05/2016	16	2.0A	1	81,37	44,03	37,34	19,3	14	
17	28/05/2016	17	2.0A	1	80,04	44,03	36,01	18,1	14	
18	28/05/2016	18	2.0A	1	77,02	44,03	32,99	14,1	14	
19	28/05/2016	19	2.0A	1	78,3	44,03	34,28	13	14	
20	28/05/2016	20	2.0A	1	78,78	44,03	34,75	13,6	14	
21	28/05/2016	21	2.0A	1	83,59	44,03	39,56	15,3	14	
22	28/05/2016	22	2.0A	1	88,5	44,03	44,48	18,5	14	
23	28/05/2016	23	2.0A	1	93,59	44,03	49,56	22,4	14	

Figura 8. Taula amb la descàrrega de dades dins l'editor de Power Query

El conjunt de codi utilitzat juntament amb els diferents passos per a la classificació de dades descarregades de la pàgina web [www.ree.es](http://www.ree.es), està adjunt en l'annex A.3. Power Query.

### 3.2. Tractament de dades

Un cop descarregades les dades en la fulla Resultat descarrega, podem observar com ens mostra la figura 9 el conjunt de dades, on trobem el preu per les diferents tarifes i tots els components que conformen aquests preus.

	A	B	C	D	E	F	G
	Dia	Hora	Peaje	Periodo	Término energía PVPCFEU = TEU + TCUC€/MWh consumo	Peaje acceso TEU€/MWh consumo	Precio producción TCUC-CP x(1+PERD/100)€/MWh consumo
1	24/05/2016	1 2.0A	1		97,32	44,03	53,29
2	24/05/2016	2 2.0A	1		96,14	44,03	52,12
3	24/05/2016	3 2.0A	1		94,11	44,03	50,09
4	24/05/2016	4 2.0A	1		89,74	44,03	45,72
5	24/05/2016	5 2.0A	1		88,3	44,03	44,27
6	24/05/2016	6 2.0A	1		89,86	44,03	45,83
7	24/05/2016	7 2.0A	1		92,66	44,03	48,63
8	24/05/2016	8 2.0A	1		94,71	44,03	50,68
9	24/05/2016	9 2.0A	1		98,09	44,03	54,06
10	24/05/2016	10 2.0A	1		96,59	44,03	52,57
11	24/05/2016	11 2.0A	1		95,22	44,03	51,19
12	24/05/2016	12 2.0A	1		95,53	44,03	51,5
13	24/05/2016	13 2.0A	1		92,87	44,03	48,84
14	24/05/2016	14 2.0A	1		91,05	44,03	47,02
15	24/05/2016	15 2.0A	1		93,22	44,03	49,19
16	24/05/2016	16 2.0A	1		90,84	44,03	46,82
17	24/05/2016	17 2.0A	1		88,16	44,03	44,14
18	24/05/2016	18 2.0A	1		88,3	44,03	44,27
19	24/05/2016	19 2.0A	1		90,58	44,03	46,55
20	24/05/2016	20 2.0A	1		91,4	44,03	47,38
21	24/05/2016	21 2.0A	1		91,54	44,03	47,52
22	24/05/2016	22 2.0A	1		94,54	44,03	50,51

Figura 9. Dades extretes de www.ree.es

S'ha seleccionat les dades corresponents a la tarifa 2.0 i copiat al full de càlcul Hoja3 els preus finals del PVPC i les hores, passant ambdues dades a minuts i obtenint un total de 2 columnes per 1440 files, que equivalen als minuts de 24 hores.

S'ha dut a terme aquesta adaptació a minuts perquè el temps de funcionament de la màquina no ha de ser necessàriament en hores exactes. Aquest fet dona major variabilitat a l'hora del càlcul del cost mínim, ja que existeix un major nombre de combinacions entre valors.

Pel càlcul del consum s'ha tingut en compte set variables: el temps d'engegada de la màquina i el consum durant l'engegada, el temps de funcionament i el consum durant aquest, el temps d'apagada i el consum durant el mateix, i finalment, el temps de funcionament mínim, plantejant la possibilitat que es pugui aturar la màquina i dur el procés en dos o més períodes.

Per a introduir aquestes dades, s'ha configurat un Userform tal com mostra la figura 10, on entrem les dades en minuts i hores. Al clicar el botó Entrar dades, desa totes les dades inscrites en el full de càlcul Dades, que a la vegada s'exporten a la fulla Hoja3 per als diferents càlculs.

The image shows a Windows-style dialog box titled "Dades" with a close button (X) in the top right corner. The main title inside the box is "DADES DE LA MAQUINÀRIA". The form contains two columns of input fields. The left column has four labels with corresponding "hh:mm" input boxes: "Temps de funcionament (hh:mm)", "Temps mínim de funcionament (hh:mm)", "Temps d'engegada (hh:mm)", and "Temps de parada (hh:mm)". The right column has three labels with corresponding numeric input boxes: "Consum en funcionament (kW)", "Consum en engegada (kW)", and "Consum en parada (kW)". At the bottom, there are two buttons: "Entrar dades" on the left and "Tanca" on the right.

Figura 10. Userform per introduir les dades de la màquina

Aquesta userform, executada al obrir la fulla, ens permet establir un bloqueig entre l'usuari de la màquina i el full de càlcul per tal que per error no modifiqui el full de càlcul i aquest deixi de funcionar.

A més, els valors que es poden entrar en Dades de la maquinària estan limitats, han de ser valors numèrics, positius i enters, i en cas de no introduir cap valor, aquest equivaldrà a 0.

Juntament amb una última condició, comprovar que el temps mínim de funcionament no sigui major que el temps de funcionament, ja que no tindria sentit.

Si es compleixen totes les condicions descrites, al clicar el polsador Entrar dades, les dades introduïdes es passen a minuts en el mateix full de càlcul Hoja 3 on s'ha copiat el preu del kWh cada minut per cada minut del dia.

Per calcular el moment exacte en que engegar la màquina i que el cost sigui mínim, s'ha elaborat una macro en Visual Basic anomenada Calcular(), adjuntada dins del codi de tot el document Excel Projecte en l'annex A.1. Excel Projecte.

Aquesta subrutina, partint de les dades donades, calcula el valor del cost mínim per a cada període de la màquina, es a dir, inicia calculant el cost de cada consum de la màquina tal i com es pot veure en les següents equacions:

$$\text{Cost engegar} = \text{Consum engegar} * (T_1 + T_2 + \dots + T_e) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Cost funcionament} = \text{Consum fun} * (T_{e+1} + T_{e+2} + \dots + T_e + T_{\text{fun}}) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Cost parada} = \text{Consum par} * (T_{e+\text{fun}+1} + T_{e+T_{\text{fun}}+2} + \dots + T_e + T_{\text{fun}} + T_p) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{Cost total} = \text{Cost engegar} + \text{Cost funcionament} + \text{Cost parada} \quad (\text{Eq. 4})$$

On e significa engegar, fun funcionament, p parada i la variable T representa el temps.

S'ha implementat un loop/For per a calcular tots els costos possibles dins el rang de 1440 minuts, pel total de temps d'activitat de la màquina, equivalent a la suma del temps d'engegada, temps de funcionament i temps d'activació.

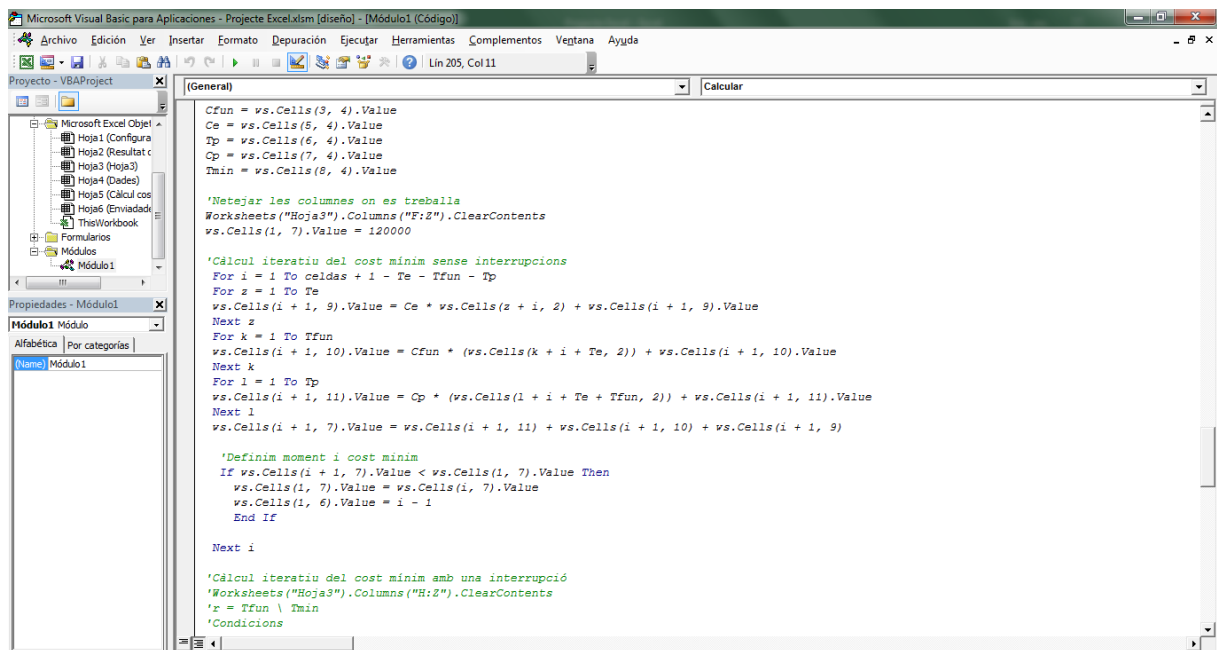


Figura 11. Codi extret de Calcular()

En l'extret de codi de la Figura 11, podem observar els dos nivells del For. El primer, el que engloba la resta, controlat per la variable  $i$ , i els interiors, controlats per les variables  $z$ ,  $k$  i  $l$ .

En el primer For intern, controlat per la variable  $z$ , del moment inicial fins al temps d'engegada, trobem la fórmula equivalent a l'equació 1, on es va sumant el resultat de multiplicar el consum d'engegar pel cost del minut equivalent amb l'acumulat de totes les multiplicacions anteriors dins del mateix For, i obtenint finalment, el cost de tot el temps d'engegada.

En els següents dos For, controlats per les variables  $k$  i  $l$ , repetim el pas anterior per obtenir el cost de funcionament i el cost de parada.

El For controlat per  $i$  fa recórrer el temps d'activitat de la màquina, la suma del temps d'engegada, funcionament i parada, durant els 1440 minuts englobats dins de la variables Celdas i així obtenir un valor per cada minut dins de tot el rang.

De tots aquests valors s'ha determinat el valor mínim juntament amb les hores a les quals correspon aquest consum.

També s'ha tingut en compte la possibilitat de dividir el temps d'activitat en dos, és a dir, dividir el temps de funcionament en dues parts, un temps comprès entre un temps mínim de

funcionament i el temps restant entre el temps de funcionament i el temps mínim de funcionament, sempre i quan aquest temps resultant no sigui inferior al temps mínim de funcionament.

S'ha repetit el càlcul de les equacions 1, 2, 3 i 4, iterant pel conjunt total de temps d'activitat i a més, iterant per segona vegada pels temps possibles resultants de la resta entre el temps de funcionament i el temps mínim de funcionament.

El resultat obtingut ha estat dues hores d'activació i dues de parada amb un consum resultat dels dos períodes obtinguts.

S'ha comparat els dos costos obtinguts i determinat les hores d'activació i parada.

### **3.3. Enviament i recepció de dades**

Un cop obtingudes les hores d'activació i parada, dins el mateix fitxer, s'han de transmetre aquestes dades a la placa Arduino Uno per tal que pugui engegar i apagar el relé que controla la màquina.

Aquest procediment es subdivideix en dues parts, una part escrita com a subrutina en l'Excel amb el nom de Macro(), i la segona part un programa per a la placa Arduino Uno.

En primer lloc, per poder executar la subrutina de l'Excel es necessari configurar les referències del editor de Visual Basic d'Excel, afegint la referència al document ArduinoExcel.dll mitjançant el codi descrit en ThisWorkbook i després, de forma manual, activant la referència dins de Herramientas, Referencias de l'editor de Visual Basic.

Una vegada afegida la referència, s'ha escrit el codi per la comunicació entre el programa Excel i la placa Arduino, un extret és el de la Figura 12, on trobem que la variable que determina quan s'obre o tencja la comunicació és el valor de la cel·la G4 del full Enviadades.

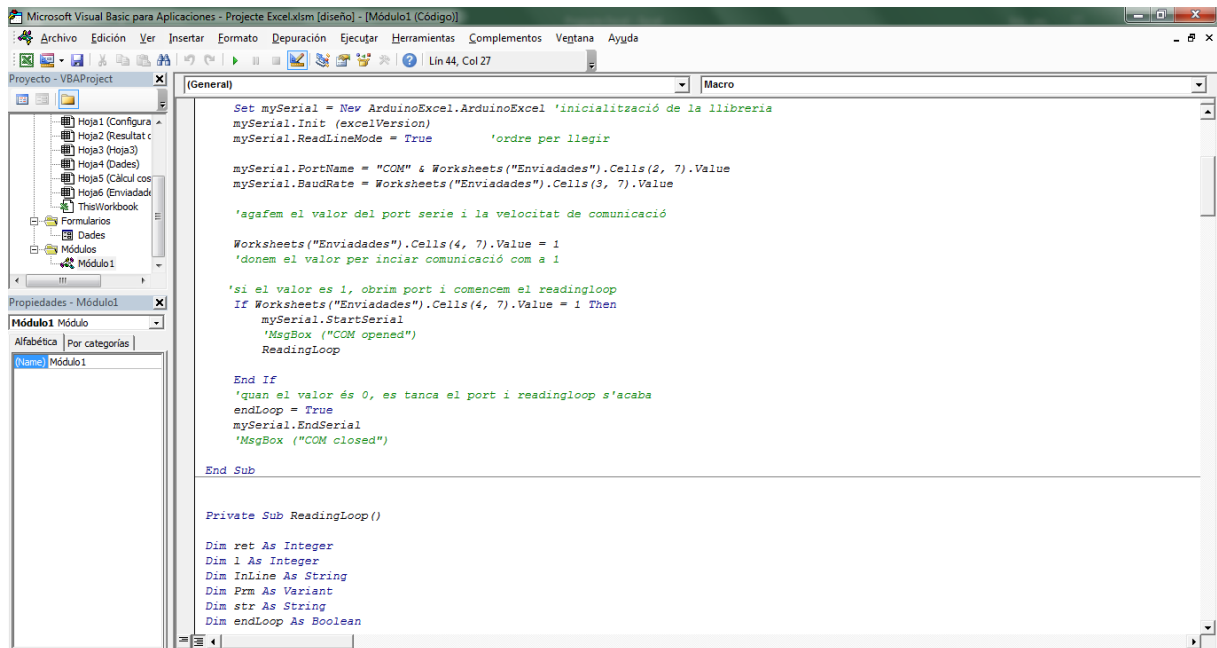
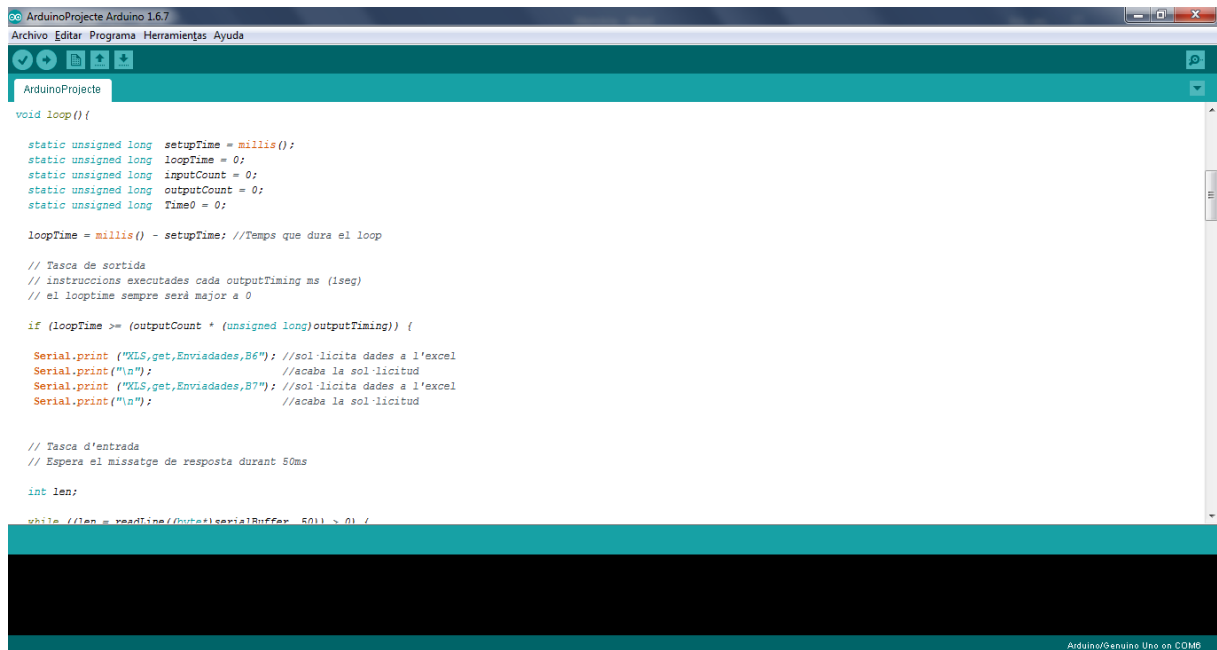


Figura 12. Codi extret de Macro()

D'inici, aquest valor s'estableix com a 1, fet que obre el port de comunicació de forma automàtica i crida a la subrutina Readingloop. Aquest valor canvia quan des de el programa de l'Arduino el canviem a 0, i al ser diferent a 1 el port es tanca i el loop de lectura finalitza.

La subrutina Readingloop és on es configura les diferents comandes que es sol·licitaran des del programa Arduino Projecte de l'Arduino, tasques com Guardar, Escriure, Obtenir i Netejar.

El següent codi de la figura 13 consisteix en part del codi programat a l'Arduino, on podem veure la tasca de sortida, que fa la sol·licitud de dades mitjançant la comanda "get" al document d'Excel que ha obert el port de comunicació, a la pàgina Enviadades i a les cel·les B6 i B7.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads 'ArduinoProjecte Arduino 1.6.7'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. The toolbar contains icons for opening, saving, and running. The main text area displays the following C++ code:

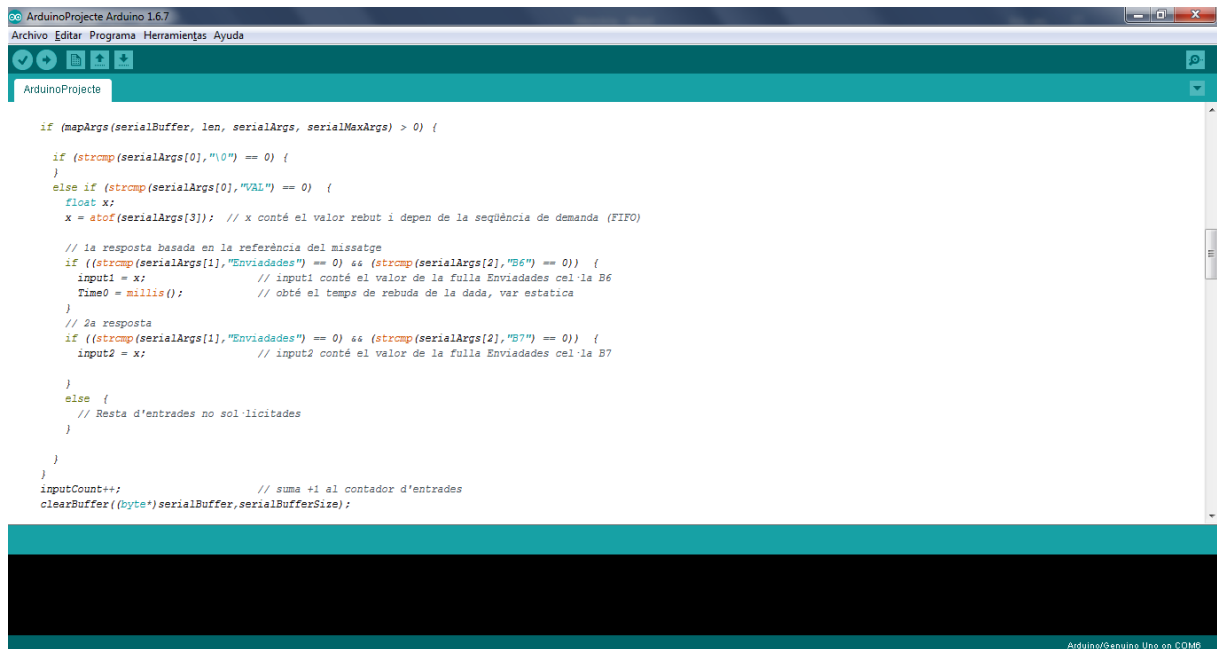
```
void loop() {  
  
    static unsigned long  setupTime = millis();  
    static unsigned long  loopTime = 0;  
    static unsigned long  inputCount = 0;  
    static unsigned long  outputCount = 0;  
    static unsigned long  Time0 = 0;  
  
    loopTime = millis() - setupTime; //Temps que dura el loop  
  
    // Tasca de sortida  
    // instruccions executades cada outputTiming ms (1seg)  
    // el looptime sempre serà major a 0  
  
    if (loopTime >= (outputCount * (unsigned long)outputTiming)) {  
  
        Serial.print ("WLS,get,Enviadades,B6"); //sol·licita dades a l'excel  
        Serial.print ("\n"); //acaba la sol·licitud  
        Serial.print ("WLS,get,Enviadades,B7"); //sol·licita dades a l'excel  
        Serial.print ("\n"); //acaba la sol·licitud  
  
        // Tasca d'entrada  
        // Espera el missatge de resposta durant 50ms  
  
        int len;  
  
        while ((len = readLine(outputSerialBuffer, 50)) > 0) {
```

The status bar at the bottom right indicates 'Arduino/Genuino Uno on COM6'.

Figura 13. Codi extret de Projecte Arduino on es determina la tasca de sortida

En la següent figura 14, tenim la tasca d'entrada, on de la variable x, identifiquem quin és el valor de la variable que correspon als valors de les cel·les B6 i B7 comprovant la correspondència de l'argument 1 de la variable amb Enviadades i el segon argument amb la corresponent cel·la. D'aquesta manera, obtenim l'hora d'aturada i parada.





```

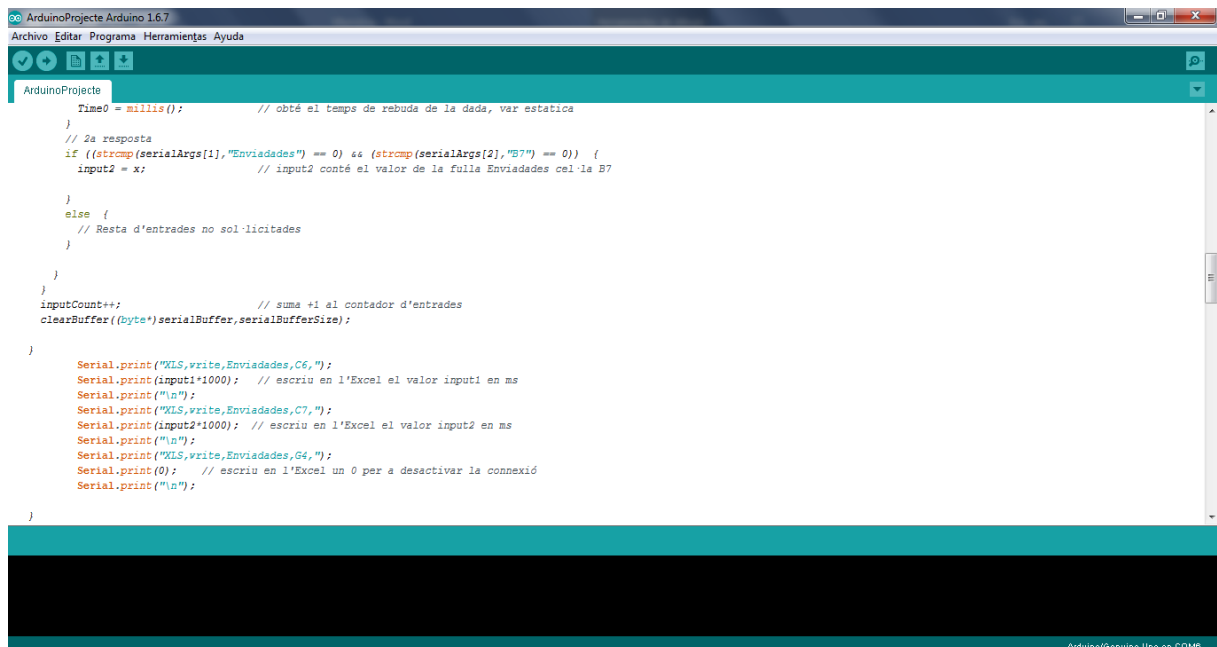
if (mapArgs(serialBuffer, len, serialArgs, serialMaxArgs) > 0) {
  if (strcmp(serialArgs[0], "0") == 0) {
  }
  else if (strcmp(serialArgs[0], "VAL") == 0) {
    float x;
    x = atof(serialArgs[3]); // x conté el valor rebut i depen de la seqüència de demanda (FIFO)

    // 1a resposta basada en la referència del missatge
    if ((strcmp(serialArgs[1], "Enviadas") == 0) && (strcmp(serialArgs[2], "B6") == 0)) {
      input1 = x; // input1 conté el valor de la fulla Enviadas cel·la B6
      Time0 = millis(); // obté el temps de rebuda de la dada, var estatica
    }
    // 2a resposta
    if ((strcmp(serialArgs[1], "Enviadas") == 0) && (strcmp(serialArgs[2], "B7") == 0)) {
      input2 = x; // input2 conté el valor de la fulla Enviadas cel·la B7
    }
    else {
      // Resta d'entrades no sol·licitades
    }
  }
}
inputCount++; // suma +1 al contador d'entrades
clearBuffer((byte*)serialBuffer, serialBufferSize);

```

Figura 14. Codi extret de Projecte Arduino on s'obtenen les respostes a les dades sol·licitades

Una vegada obtingudes les dades, repetim l'enviament de dades, com mostra la figura 15, les dues primeres són per comprovar la correcta recepció i enviament de les mateixes, i la tercera dada escrita en la casella G4, ens desconnecta la connexió del port USB i acaba l'a comunicació entre el document Excel i l'Arduino.



```

Time0 = millis(); // obté el temps de rebuda de la dada, var estatica
}
// 2a resposta
if ((strcmp(serialArgs[1], "Enviadas") == 0) && (strcmp(serialArgs[2], "B7") == 0)) {
  input2 = x; // input2 conté el valor de la fulla Enviadas cel·la B7
}
else {
  // Resta d'entrades no sol·licitades
}
}
inputCount++; // suma +1 al contador d'entrades
clearBuffer((byte*)serialBuffer, serialBufferSize);
}

Serial.print("XLS,write,Enviadas,C6,");
Serial.print(input1*1000); // escriu en l'Excel el valor input1 en ms
Serial.print("\n");
Serial.print("XLS,write,Enviadas,C7,");
Serial.print(input2*1000); // escriu en l'Excel el valor input2 en ms
Serial.print("\n");
Serial.print("XLS,write,Enviadas,G4,");
Serial.print(0); // escriu en l'Excel un 0 per a desactivar la connexió
Serial.print("\n");
}

```

Figura 15. Codi extret de Projecte Arduino

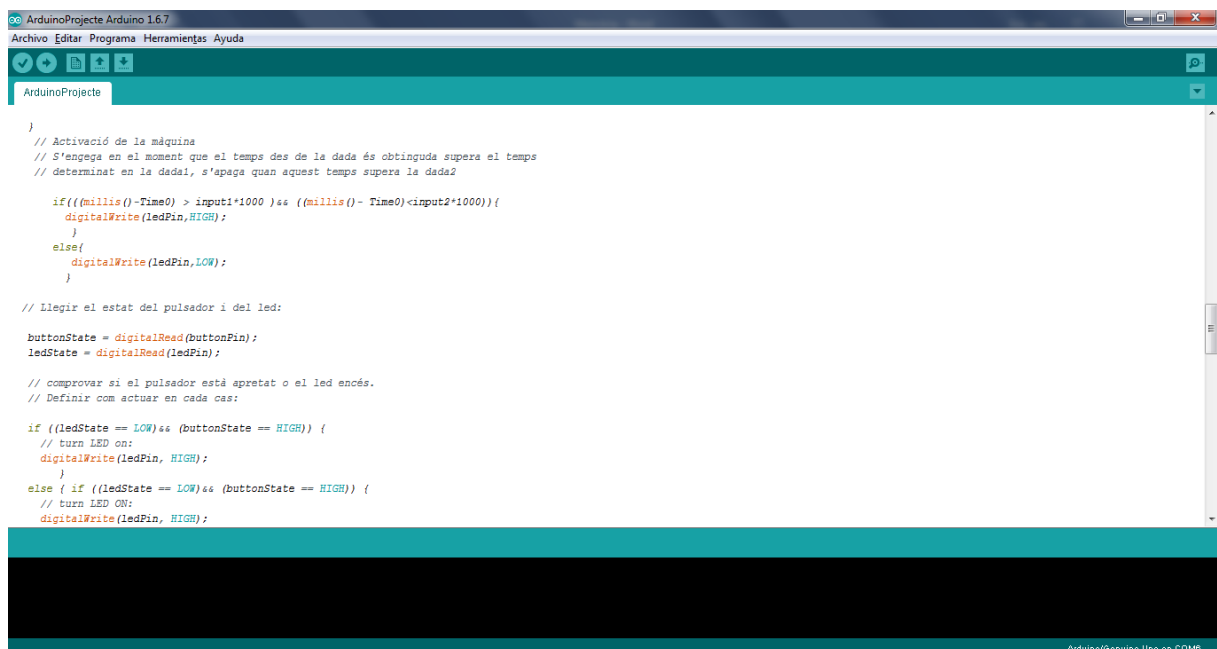
En aquest punt acaba la comunicació de dades, però també s'hauria d'incloure dins aquest apartat que existeixen diferents opcions de comunicació entre Excel i Arduino, com són els complements Netcomm o comm64.

El inconvenient que presenten aquests complements OCX es que són incompatibles amb la versió d'Excel de 64 bits, per aquesta raó es va canviar a la versió d'excel 2016 de 32 bits i mitjançant una VirtualBox es va instal·lar el complement, però de nou, era incompatible amb versions de l'excel a partir del 2010.

Aquest fet, fa incompatible aquests complements amb el sistema dissenyat, ja que es a partir de la versió de 2010, que apareix el complement de Power Query.

### 3.4. Activació de la màquina domèstica

El últim pas consisteix en la activació i desactivació de l'electrodomèstic desitjat, i es du a terme dins el codi de programació de l'Arduino tal i com mostra la figura 16 on, per activar la màquina en el moment desitjat hem posat un condicionant per a que s'engegui només entre els dos períodes gràcies a la variable millis().



```
// ArduinoProjecte Arduino 1.6.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

// Activació de la màquina
// S'engaga en el moment que el temps des de la dada és obtinguda supera el temps
// determinat en la dada1, s'apaga quan aquest temps supera la dada2

if(((millis()-Time0) > input1*1000) && ((millis()- Time0)<input2*1000)){
  digitalWrite(ledPin,HIGH);
}
else{
  digitalWrite(ledPin,LOW);
}

// Llegir el estat del pulsador i del led:
buttonState = digitalRead(buttonPin);
ledState = digitalRead(ledPin);

// comprovar si el pulsador està apretat o el led encés.
// Definir com actuar en cada cas:

if ((ledState == LOW) && (buttonState == HIGH)) {
  // turn LED on:
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
}
else { if ((ledState == LOW) && (buttonState == HIGH)) {
  // turn LED ON:
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
}
```

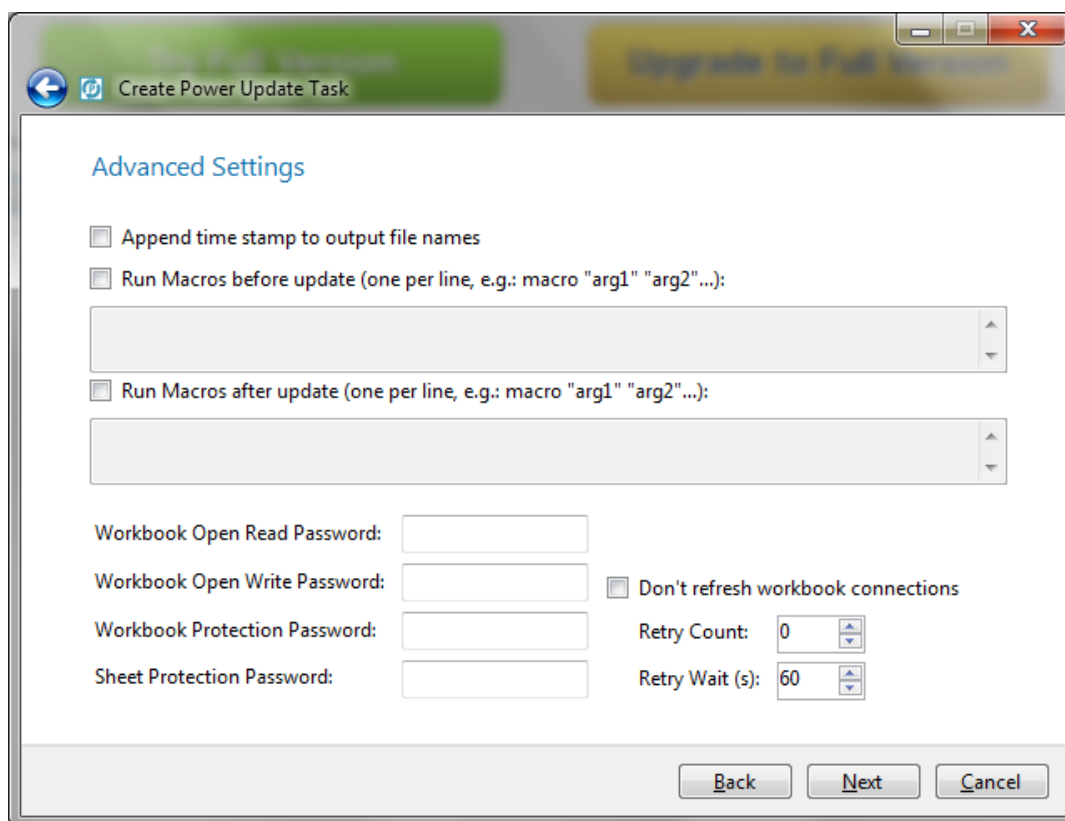
Figura 16. Codi extret de Macro()

Aquest procés plantejava diverses dificultats, donat que el rellotge intern de la placa té una durada limitada. Per aquesta raó sorgeix la idea d'afegir un rellotge extern juntament amb la llibreria de programació Time, però aquesta idea es descarta ja que transmeten diàriament el temps que falta des de el enviament de dades per activar i desactivar la màquina, en comptes d'enviar la hora, ens permet evitar el tractar en format hora i només haver de comparar la dada entrada amb la variable millis() per determinar el moment exacte d'activació.

### 3.5. Automatització del procés

Amb la utilització del programa Power Update aconseguim l'automatització del procés de descàrrega de dades, el tractament de les mateixes i el seu posterior enviament al microprocessador.

Aquest programa, tal i com ens mostra la Figura 17, ens permet l'execució del fitxer desitjat en una hora i una freqüència determinada, juntament amb la possibilitat d'executar Macros amb antelació o posterioritat a l'execució del fitxer.



The image shows a Windows-style dialog box titled "Create Power Update Task". The "Advanced Settings" tab is selected. It contains several configuration options:

- ☐ Append time stamp to output file names
- ☐ Run Macros before update (one per line, e.g.: macro "arg1" "arg2"...):
- ☐ Run Macros after update (one per line, e.g.: macro "arg1" "arg2"...):
- Workbook Open Read Password: [text box]
- Workbook Open Write Password: [text box]
- Workbook Protection Password: [text box]
- Sheet Protection Password: [text box]
- ☐ Don't refresh workbook connections
- Retry Count: [spinner box showing 0]
- Retry Wait (s): [spinner box showing 60]

At the bottom right, there are three buttons: "Back", "Next", and "Cancel".

Figura 17. Userform per introduir les dades de la màquina

L'opció de poder executar subrutines després d'haver actualitzat el fitxer ens permet solucionar el problema de que s'executin les macros en segon pla mentre el fitxer s'està actualitzant i en conseqüència, els càlculs i tots els següents passos es farien amb les dades del dia anterior ja que no hauria donat temps a que s'actualitzessin.

El conjunt de passos portats a terme per a la configuració del programa, estan adjunts en l'annex A.4. Power Update.

#### 4. VALORACIÓ DEL PRODUCTE

Per a valorar l'impacte del sistema de gestió activa de la demanda s'ha de comprovar quin és l'estalvi econòmic real per a l'usuari, es a dir, quina diferència en euros es produeix entre consumir a l'hora més cara de l'hora més barata.

En el càlcul dut a terme en la macro Calcular() s'ha tingut en compte 3 consums diferents d'un mateix dispositiu: un d'engegada, de funcionament i de parada. S'ha triat tres consums per evidenciar que el consum d'un electrodomèstic no és constant i així a més, s'augmenta la complexitat del càlcul.

Aquesta falta de consum constant es pot evidenciar en les següents tres gràfiques, que mostren els diferents consums de 3 electrodomèstics diferents per 4 cicles diferents.

La primera gràfica mostra 4 consums diferents d'una assecadora en funció de diferents cicles. Tots quatre cicles caracteritzats pel gran nombre de pics i valls i amb la freqüència de pics com a única diferència entre ells.

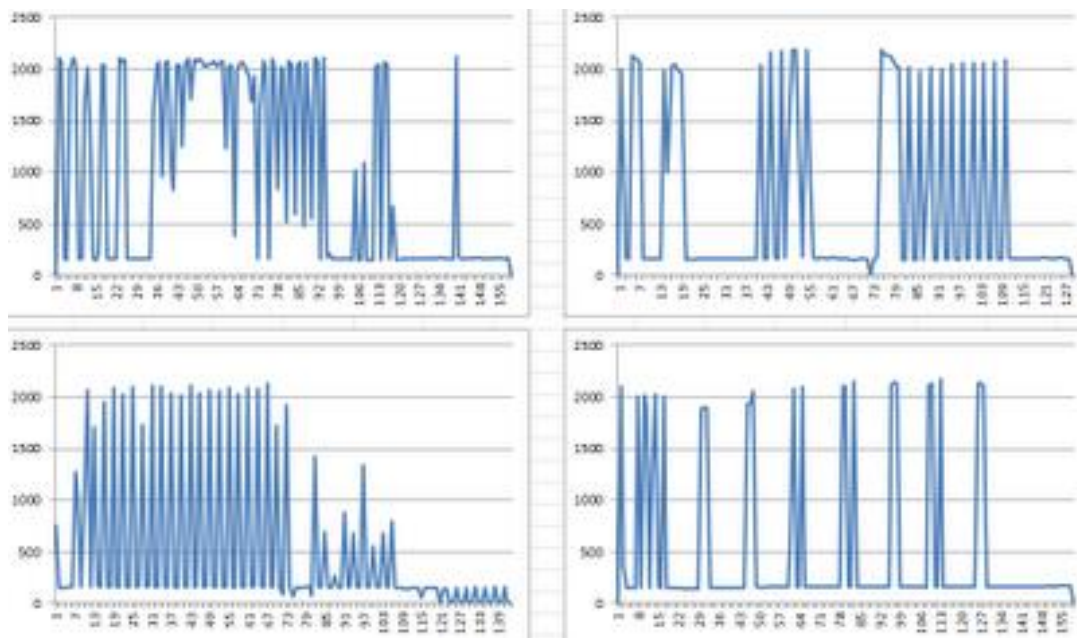


Figura 18. Gràfiques de consum d'una secadora

La segona gràfica mostra 4 consums diferents d'una rentadora en funció de diferents cicles. En aquest cas, els cicles es caracteritzen per tenir dos períodes ben definits, el del cicle principal amb un gran i constant consum i el final de cicle, amb un menor consum bastant més inconstant.

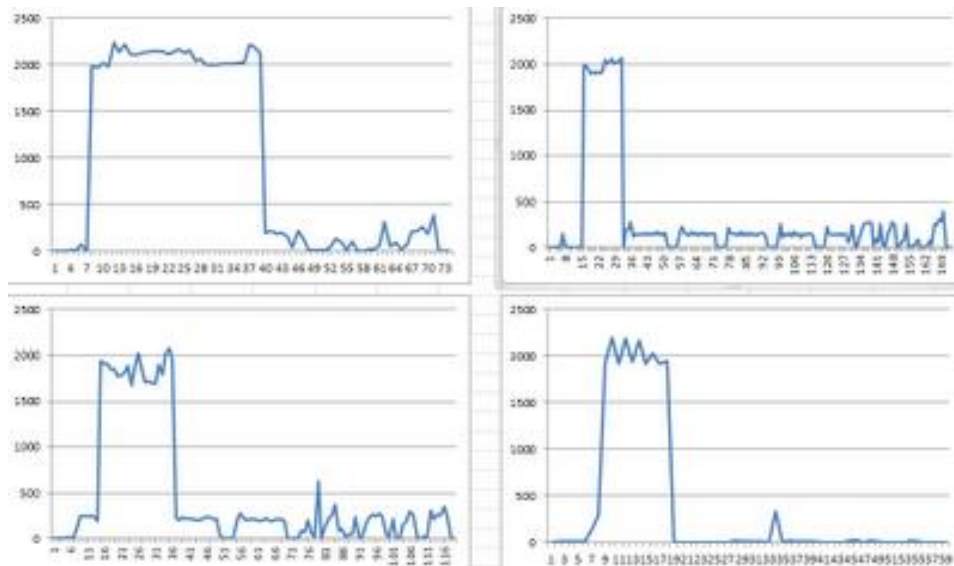


Figura 19. Gràfiques de consum d'una rentadora

L'última, mostra 4 consums diferents d'un rentaplats. En aquest cas, els cicles es caracteritzen per tenir 3 períodes diferenciats, dos cicles amb un gran i constant consum i el cicle entremig, amb un menor consum.

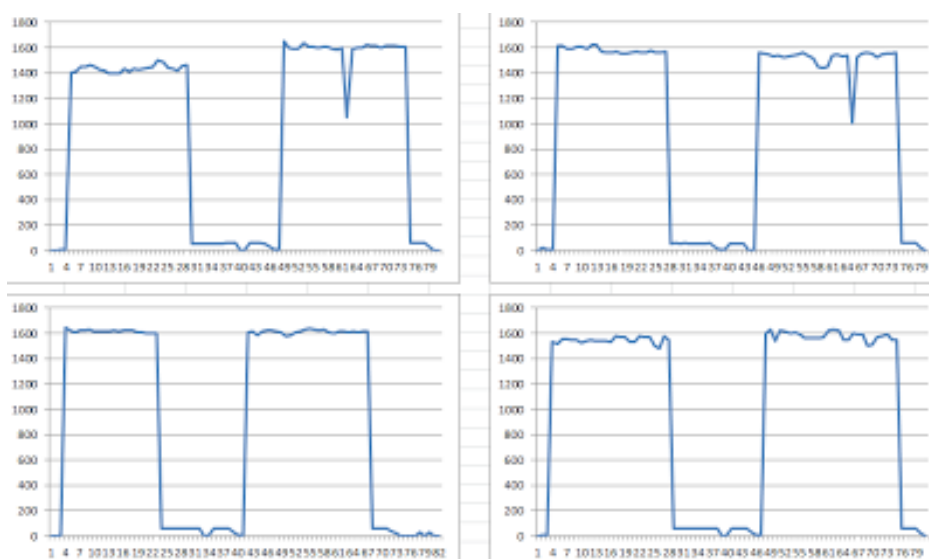


Figura 20. Gràfiques de consum d'un rentaplats

Aquestes tres gràfiques ens demostren el consum inconstant durant un període superior a una hora i justifiquen el càlcul dut a terme en el full de càlcul, ja que el consum dels diferents electrodomèstics es subdivideix en diferents períodes caracteritzats per un consum més o menys constant.

Pel càlcul del cost real d'aquests electrodomèstics és necessari multiplicar el preu horari pel temps i consum, però per a fer una avaluació general en el full d'Excel Càlcul Cost de l'arxiu Projecte Excel s'ha detallat el consum nominal de 25 electrodomèstics i s'ha multiplicat pel cost màxim i mínim del dia, tal i com mostra la següent taula:

Màquina	Marca	Consum Wh	Cost màxim €	Cost mínim €	Diferència €
Afeitadora	Philips, 2007	0,7	0,00007	0,00003	0,00003
Aire acondicionat	Mitsubishi MSZ-HJ25VA	730,0	0,07161	0,03581	0,03579
Aspiradora	Genérica, 750 watt	675,0	0,06621	0,03312	0,03310
Baby cook	Beaba (2011)	350,0	0,03433	0,01717	0,01716
Cadena música	JVC	46,0	0,00451	0,00226	0,00226
Cafetera	MiniMoka M-372	725,6	0,07117	0,03560	0,03558
Escalfa tovalloles	Palmi, pequeño 45 W (2011)	45,0	0,00441	0,00221	0,00221
Cargador telèfon	Nokia (2011)	3,1	0,00030	0,00015	0,00015
Escàner	HP Scanjet G2410	275,0	0,02697	0,01349	0,01348
Estufa-radiador d'oli	Cata RAT9 1900W-2000W (2008)	755,4	0,07410	0,03706	0,03704
Estractor de fums	Datid HW400 (2011)	120,0	0,01177	0,00589	0,00588
Fogons d'inducció	Bosch, 1 fogó de 21 cm (2011)	2200,0	0,21580	0,10793	0,10787
Fogons vitro	Frantid HGC4K (2011)	1800,0	0,17656	0,08831	0,08825
Forn elèctric	Frantid OV5 (2011)	790,0	0,07749	0,03876	0,03873
Microones	1.2 ft3	1520,0	0,14910	0,07457	0,07453
Impresora	Laser HP P2055D monocromo (2011)	570,0	0,05591	0,02796	0,02795
Rentadora	Renlig FWM7 cotó, 60º, cicle complert	1050,0	0,10299	0,05151	0,05148
Rentaplats	1 rentat 65ºC - Bosch SPI5322 3000W	1148,0	0,11261	0,05632	0,05629
Nevera-congelador	Frantid FC323/ 78 (2011)	890,0	0,08730	0,04366	0,04364
PC Netbook	Acer, AOD255-2DQRR, 10.1 pulgadas	48,0	0,00471	0,00235	0,00235
PC portàtil	MacBook pro i5-2410 (2011)	63,5	0,00623	0,00312	0,00311
Router ADSL/Wifi	Genèric	10,1	0,00099	0,00050	0,00050
Secador cabell	Blowers (2011)	1875,0	0,18392	0,09199	0,09193
Secadora roba	PANASONIC NH P80G2WES	2120,0	0,20795	0,10401	0,10394
TV	LCD, 18,5 pulgadas, Samsung B2230HD	38,0	0,00373	0,00186	0,00186

Taula 1. Taula d'electrodomèstics i consums

En aquesta taula es mostra el tipus de màquina, la marca i el seu consum nominal, juntament amb el cost del consum en la hora més cara i en la següent columna el cost del consum en la hora més barata, i tenint com a última columna la diferència entre els dos costos.

La suma d'aquesta diferència equivaldria al consum de tots aquests productes durant una hora al dia. Si multipliquem aquesta diferència pels 30 dies del més obtenim 26,25€, que al any són 315€ considerant que es consumeixi durant l'hora més cara respecte de la més barata.

Per a tenir una valoració més real del control, valorarem els electrodomèstics de més impacte i amb més facilitat per adaptar el seu ús a l'horari fixat pel preu: la rentadora, l'assecadora i el rentaplats.

En aquest cas, l'estalvi mensual amb un cicle de rentat diari per cada electrodomèstic és de 6,35€.



## **5. RESUM DEL PRESSUPOST**

El pressupost total ascendeix a mil sis-cents noranta set euros i vuit cèntims, sense IVA.

## 6. CONCLUSIONS

S'ha assolit l'objectiu de dissenyar un control per un dispositiu domèstic en funció del cost horari de l'electricitat, per tant, es confirma que és possible gestionar la demanda domèstica per tal que es pugui aconseguir un major equilibri entre la demanda i la generació.

Per a l'usuari aquest sistema de gestió de la demanda aporta avantatges a nivell econòmic, un petit estalvi en la facturació elèctrica del consum.

A nivell global, l'estalvi es produeix en quant la millora de la integració de les energies renovables i, una homogeneïtzació en les càrregues que circulen per la xarxa comporten una reducció en la diferència entre els períodes de punta i vall i un ús més eficients de les instal·lacions actuals.

Les principals desavantatges per no dir totes són pels usuaris, ja que s'han d'adaptar a l'horari fixat pels preus les seves necessitats, i en una societat habituada a obtenir allò que vol quan vol, aquest inconvenient és un gran escull. Juntament amb la inversió que suposaria la instal·lació i configuració del control envers el rendiment econòmic que se'n pot extreure, són els grans inconvenients d'aquest tipus de gestió.

En referència al disseny del control, aquest representa un gran repte en el plantejament de solucions a com descarregar les dades, com calcular el cost mínim d'una màquina que treballa dues vegades el mateix dia, com comunicar les dades obtingudes al dispositiu controlat...

Totes aquestes qüestions s'han resolt en un inici per separat, i al ajuntar-les s'ha comprovat com existeixen incompatibilitats entre elles, com un complement, que al final no s'ha utilitzat, anomenat NetComm, era només compatible en versions de l'Excel de 32 bits i anteriors al 2010, però a la vegada, el complement Power Query per a la descàrrega de dades, només és viable a partir de la versió de 2013.

I al final, amb la versió 2016 instal·lada, també s'ha tingut problemes amb la descàrrega de dades per part de Power Query, donat que Red Eléctrica d'Espanya no només va canviar el nom amb el que guardava els arxius amb les dades del PVPC sinó que també en va canviar el seu domini.

A més, la constant actualització de software en noves versions i millores dels programes ja existents són, a la vegada un avantatge i un inconvenient, ja que faciliten i milloren el procés de control del dispositiu però, ens obliguen a estar atents a aquestes actualitzacions i adaptar els programes en cas que fos necessari.

Per a millorar aquest control és podria sintetitzar en un únic dispositiu, configurant una RaspberryPi amb un mòdul WiFi per tal descarregar directament les dades, calcular i controlar el dispositiu final, tot i que la complexitat d'aquesta opció la actualment inviable.

En conclusió, la comercialització d'aquest disseny i el corresponent estudi de mercat no forma part d'aquest estudi tècnic, per tant, tot i que s'ha tingut en compte la valoració de l'estalvi econòmic que es podria produir amb el sistema, aquesta no justifica la viabilitat o la no viabilitat econòmica del sistema.

Josep Gasset Teixidor  
Grau en Enginyeria Elèctrica

Girona, 9 de juny de 2016

## **7. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Aquest projecte consta de quatre documents independents. Aquests són la memòria, el plec de condicions, l'estat d'amidaments i el pressupost.

## 8. BIBLIOGRAFIA

ANGULO, J.M<sup>a</sup>., ANGULO, I. Microcontroladores PIC: Diseño practico de aplicaciones 1º Parte. McGraw-Hill S.A, 2003.

ATMEGA 328 Data Sheet ([http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p\\_datasheet\\_complete.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf), 12 de gener de 2016)

CHARTE, F. Excel 2013 (Manual avanzado). Anaya Multimedia. 2013

IDAE, Análisis del consumo energético del sector residencial en España ([http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_informe\\_spahousec\\_acc\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_informe_spahousec_acc_f68291a3.pdf), 18 de novembre de 2015)

MICROSOFT In the 64-bit edition of Office 2010, 32-bit COM add-ins that are installed are not displayed in the COM Add-In dialog box (<https://support.microsoft.com/en-us/kb/2453113>, 19 de febrer de 2015)

MIGEUL ÁNGEL CEREO MORENO, Gestión activa de la demanda de la energía eléctrica ([http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/9932/PFC\\_MiguelAngel\\_Cerezo\\_Moreno.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/9932/PFC_MiguelAngel_Cerezo_Moreno.pdf?sequence=1), 20 d'octubre de 2015)

OLIVER PARSONS, Disagragatted homes (<http://blog.oliverparson.co.uk/2011/01/appliance-survey-tumble-dryer-washing.html>, 14 de febrer de 2016)

PENCOM DESIGN INC, Visual Basic for Applications NETcomm Serial Port Software Example ([http://www.pencomdesign.com/support/relay\\_software/vba\\_software\\_example\\_net.htm](http://www.pencomdesign.com/support/relay_software/vba_software_example_net.htm), 19 de febrer de 2015)

POWERPIVOTPRO, Introducing Power Pivot Update (<https://www.youtube.com/watch?v=maiLD0A33ow>, 14 de novembre de 2015)

POWER QUERY TRAINING, ¿Que es Power Query?

(<https://www.powerquery.training/es/que-es-power-query/>, 20 de desembre de 2015)

POWER UPDATE SOFTWARE, Power Update Software (<http://exceleratorbi.com.au/power-update-software/>, 18 de novembre de 2015)

PROMETEC. Arduino y los Relojes RTC (<http://www.prometec.net/relojes-rtc/>, 10 de gener de 2016)

PROMETEC. La nueva librería Time en Arduino (<http://www.prometec.net/time-arduino/>, 10 de gener de 2016)

## 9. GLOSSARI

CSV: Valors separats per comes

CNMC: Comissió Nacional dels Mercats i la Competència

EEPROM: Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory

ICSP: In Circuit Serial Programmig

IFTTT: IF This, Then That

OMIE: OMI-POLO ESPAÑOL, S.A. Operador del mercat elèctric espanyol.

PIC: Controlador d'Interfície Perifèric.

PVPC: Preu Voluntari del Petit Consumidor

PWM:Pulse Width Modulation

USB: Universal Serial Port

VBA: Visual Basic for Applications

WiFi: Wireless Fidelity

## A. PROGRAMES INFORMÀTICS

### A.1. Excel Projecte

Script ubicat en ThisWoorkbook del fitxer ExcelProjecte.xlsm.

Option Explicit

```
Private Sub Workbook_Open()
```

```
    'afegir ArduinoExcel.dll com a referencia
```

```
    addReference
```

```
End Sub
```

```
Private Sub addReference()
```

```
Dim dllName As String
```

```
Dim ref As Object
```

```
    dllName = "C:\Windows\System32\ArduinoExcel.tlb"
```

```
    On Error GoTo ErrorHandler1:
```

```
    'Eliminar les referencies que falten
```

```
    For Each ref In ThisWorkbook.VBProject.References
```

```
    'Application.VBE.ActiveVBProject.References
```

```
        If ref.isbroken = True Then
```

```
            ref.Remove ref
```

```
            MsgBox ("Referències eliminades")
```

```
        End If
```



```
Next ref

'ThisWorkbook.VBProject.References.AddFromFile dllName

Set ref =
ThisWorkbook.VBProject.References.AddFromGuid("{274220d2-134c-43ed-
aafc-b0f53695509d}", 1, 0)

Exit Sub

ErrorHandler1:

If Err.Number = 1004 Then

    MsgBox ("configura 'Confiar en el acceso al modelo de
objetos de proyectos de VBA' en les Opciones de Macro")

    Resume Next

ElseIf Err.Number = 48 Then

    MsgBox ("'" & dllName & "' no trobat")

    Resume Next

ElseIf Err.Number = 32813 Then

    'MsgBox ("'" & dllName & "' ja configurat")

    Resume Next

Else

    MsgBox Err.Source & "    " & Err.Number & "    " &
Err.Description

    'Stop

End If
```

End Sub

Private Sub removeReference()

Dim ref As Object

On Error Resume Next

Set ref =

ThisWorkbook.VBProject.References.Item("ArduinoExcel")

ThisWorkbook.VBProject.References.Remove ref

End Sub

Private Function Is64bit() As Boolean

Is64bit = Len(Environ("ProgramW6432")) > 0

End Function

Script ubicat en la Userform Dades del fitxer ExcelProjecte.xlsm.

Private Sub Entrardades\_Click()

Dim iRow As Long

Dim ws As Worksheet

Set ws = Worksheets("Dades")

'find first empty row in database

'iRow = ws.Cells.Find(What:="\*", SearchOrder:=xlRows, \_  
SearchDirection:=xlPrevious, LookIn:=xlValues).Row + 1

```
'Si no s'introdueix valor, equivaldrà a 0

If Trim(Me.Tempsfunh.Value) = "" Then

Me.Tempsfunh.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Tempsfunm.Value) = "" Then

Me.Tempsfunm.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Tempsmfunh.Value) = "" Then

Me.Tempsfunh.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Tempsmfunm.Value) = "" Then

Me.Tempsmfunm.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If
```

```
If Trim(Me.Tempseh.Value) = "" Then

Me.Tempseh.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Tempsem.Value) = "" Then

Me.Tempsem.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Tempsph.Value) = "" Then

Me.Tempsph.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Tempsem.Value) = "" Then

Me.Tempspm.SetFocus

MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."

Exit Sub

End If

If Trim(Me.Consumfun.Value) = "" Then

Me.Consumfun.SetFocus
```

```
MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
If Trim(Me.Consume.Value) = "" Then
```

```
Me.Consume.SetFocus
```

```
MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
If Trim(Me.Consump.Value) = "" Then
```

```
Me.Consump.SetFocus
```

```
MsgBox "Si us plau, completa tot el formulari."
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
'Si no s'introdueix un número o és menor de 0
```

```
'O no és enter (encara per fer)
```

```
If IsNumeric(Me.Tempsfunh.Value) = False Or Me.Tempsfunh.Value < 0
```

```
Or Me.Tempsfunh.Value Mod 1 <> 0 Then
```

```
Me.Tempsfunh.SetFocus
```

```
Me.Tempsfunh.Value = ""
```

```
MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid per les hores de  
funcionament"
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
If IsNumeric(Me.Tempsfunm.Value) = False Or Me.Tempsfunm.Value < 0  
Or Me.Tempsfunm.Value > 60 Or Me.Tempsfunm.Value Mod 1 <> 0 Then  
  
Me.Tempsfunm.SetFocus  
  
Me.Tempsfunm.Value = ""  
  
MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pels minuts de  
funcionament"  
  
Exit Sub  
  
End If  
  
If IsNumeric(Me.Tempsmfunh.Value) = False Or Me.Tempsmfunh.Value <  
0 Or Me.Tempsmfunh.Value Mod 1 <> 0 Then  
  
Me.Tempsmfunh.SetFocus  
  
Me.Tempsmfunh.Value = ""  
  
MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid per les hores mínimes  
de funcionament"  
  
Exit Sub  
  
End If  
  
If IsNumeric(Me.Tempsmfunm.Value) = False Or Me.Tempsmfunm.Value <  
0 Or Me.Tempsmfunm.Value > 60 Or Me.Tempsmfunm.Value Mod 1 <> 0  
Then  
  
Me.Tempsmfunm.SetFocus  
  
Me.Tempsmfunm.Value = ""  
  
MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pels minuts mínims de  
funcionament"  
  
Exit Sub
```

End If

If IsNumeric(Me.Tempseh.Value) = False Or Me.Tempseh.Value < 0 Or  
Me.Tempseh.Value Mod 1 <> 0 Then

Me.Tempseh.SetFocus

Me.Tempseh.Value = ""

MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid per temps de posta en  
marxa"

Exit Sub

End If

If IsNumeric(Me.Tempsem.Value) = False Or Me.Tempsem.Value < 0 Or  
Me.Tempsem.Value > 60 Or Me.Tempsem.Value Mod 1 <> 0 Then

Me.Tempsem.SetFocus

Me.Tempsem.Value = ""

MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pels minuts de posta  
en marxa"

Exit Sub

End If

If IsNumeric(Me.Tempsph.Value) = False Or Me.Tempsph.Value < 0 Or  
Me.Tempsph.Value Mod 1 <> 0 Then

Me.Tempsph.SetFocus

Me.Tempsph.Value = ""

MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid per les hores de  
parada"

Exit Sub

End If

If IsNumeric(Me.Tempspm.Value) = False Or Me.Tempspm.Value < 0 Or  
Me.Tempspm.Value > 60 Or Me.Tempspm.Value Mod 1 <> 0 Then

Me.Tempspm.SetFocus

Me.Tempspm.Value = ""

MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pels minuts mínims de  
parada"

Exit Sub

End If

If IsNumeric(Me.Consumfun.Value) = False Or Me.Consumfun.Value < 0  
Then

Me.Consumfun.SetFocus

Me.Consumfun.Value = ""

MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pel consum en  
funcionament"

Exit Sub

End If

If IsNumeric(Me.Consume.Value) = False Or Me.Consume.Value < 0 Then

Me.Consume.SetFocus

Me.Consume.Value = ""

MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pel consum en la  
posta en marxa"

Exit Sub

End If



```
If IsNumeric(Me.Consump.Value) = False Or Me.Consump.Value < 0 Then  
  
Me.Consump.SetFocus
```

```
Me.Consump.Value = ""
```

```
MsgBox "Si us plau, introdueix un valor vàlid pel consum en la  
parada"
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
'Comprovar que el temps mínim de funcionament no sigui menor que el  
temps de funcionament
```

```
If Trim(Me.Tempsmfunh.Value) > Trim(Me.Tempsfunh.Value) Then
```

```
Me.Tempsmfunh.SetFocus
```

```
MsgBox "El valor del temps mínim de funcionament excedeix el temps  
de funcionament. Insereix un nou valor"
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
'Copiar les dades en el formulari
```

```
ws.Cells(3, 8).Value = Me.Tempsfunh.Value
```

```
ws.Cells(5, 8).Value = Me.Tempsmfunh.Value
```

```
ws.Cells(7, 8).Value = Me.Tempseh.Value
```

```
ws.Cells(9, 8).Value = Me.Tempsph.Value
```

```
ws.Cells(3, 10).Value = Me.Tempsfunm.Value
```

```
ws.Cells(5, 10).Value = Me.Tempsmfunm.Value
```

```
ws.Cells(7, 10).Value = Me.Tempsem.Value
```

```
ws.Cells(9, 10).Value = Me.Tempspm.Value
```

```
ws.Cells(3, 15).Value = Me.Consumfun.Value
```

```
ws.Cells(5, 15).Value = Me.Consume.Value
```

```
ws.Cells(7, 15).Value = Me.Consump.Value
```

```
MsgBox "Data added", vbOKOnly + vbInformation, "Data Added"
```

```
'Netejar formulari
```

```
Me.Tempsfunh.Value = ""
```

```
Me.Tempsmfunh.Value = ""
```

```
Me.Tempseh.Value = ""
```

```
Me.Tempsph.Value = ""
```

```
Me.Tempsfunm.Value = ""
```

```
Me.Tempsmfunm.Value = ""
```

```
Me.Tempsem.Value = ""
```

```
Me.Tempspm.Value = ""
```

```
Me.Consumfun.Value = ""
```

```
Me.Tempsfunh.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Tanca_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

Subfuncions ubicades en el bloc de mòduls del fitxer ExcelProjecte.xlsm.

```
Option Explicit
```

```
Public mySerial As ArduinoExcel.AduinoExcel
```

```
'declarat com a públic perquè ha de ser visible per tots els sub
```

```
Sub Macro()
```

```
    Dim endLoop As Boolean
```

```
    Dim excelVersion As String
```

```
    Dim vbaVersion As String
```

```
    Dim ret As Integer
```

```
#If VBA7 Then
```

```
    vbaVersion = "VBA7"
```

```
#Else
```

```
vbaVersion = "VBA6"

#End If

excelVersion = Application.Version & " " & vbaVersion

Set mySerial = New ArduinoExcel.ArdunioExcel 'inicialització de
la llibreria

mySerial.Init (excelVersion)

mySerial.ReadLineMode = True           'ordre per llegir

mySerial.PortName = "COM" & Worksheets("Enviadades").Cells(2,
7).Value

mySerial.BaudRate = Worksheets("Enviadades").Cells(3, 7).Value

'agafem el valor del port serie i la velocitat de comunicació
Worksheets("Enviadades").Cells(4, 7).Value = 1

'donem el valor per inciar comunicació com a 1

'si el valor es 1, obrim port i comencem el readingloop
If Worksheets("Enviadades").Cells(4, 7).Value = 1 Then

    mySerial.StartSerial

    'MsgBox ("COM opened")

    ReadingLoop

End If
```

```
'quan el valor és 0, es tanca el port i readingloop s'acaba  
  
endLoop = True  
  
mySerial.EndSerial  
  
'MsgBox ("COM closed")  
  
End Sub
```

```
Private Sub ReadingLoop()  
  
Dim ret As Integer  
  
Dim l As Integer  
  
Dim InLine As String  
  
Dim Prm As Variant  
  
Dim str As String  
  
Dim endLoop As Boolean  
  
  
endLoop = False  
  
On Error GoTo ErrorHandler1  
  
'loop principal per obtenir dades  
  
While endLoop = False And Worksheets("Enviadades").Cells(4,  
7).Value = 1  
  
  
'comprovar si hi ha algo a la cua d'espera  
  
l = mySerial.QueueLenght
```

```
'obtenir una linia de la cua d'espera

If l > 0 Then

    InLine = mySerial.ReadQueue()

Else

    InLine = ""

End If

If Left(InLine, 3) = "XLS" Then

    Prm = Split(InLine, ",")

    'El vector Prm esta completat amb valors separats per
comes

    ' El format del vector enviat a Excel està configurat:

    '   XLS,Comanda,Pàgina,Rang,Valor

    ' on:

    '   'XLS' és una constant per missatges a l'Excel

    '   'Comanda' especifica l'acció (netejar, escriure,
obtenir, guardar)

    '   'Pàgina' especifica la pàgina on s'aplica la
comanda

    '   'Rang' especifica un rang de cel·les on s'aplica la
comanda

    '   'Valor' s'escriu el valor
```

```
'si no s'especifica cap pàgina s'agafa la de defecte

If Prm(1) <> "save" Then

    If Prm(2) = "" Then

        Prm(2) = "Enviadades"

    End If

End If

'Definició de les comandes

'Netejar

If Prm(1) = "clear" Then

    Worksheets(Prm(2)).Range(Prm(3)).ClearContents

'Escriure

ElseIf Prm(1) = "write" Then

    If Prm(4) = "%date%" Then Prm(4) = Replace(Prm(4),
"%date%", Date)

    If Prm(4) = "%time%" Then Prm(4) = Replace(Prm(4),
"%time%", Time)

    Worksheets(Prm(2)).Range(Prm(3)).Value = Prm(4)

'Obtenir

ElseIf Prm(1) = "get" Then

    'str = CStr(Worksheets(Prm(2)).Range(Prm(3)).Value)

    str =

Replace(CStr(Worksheets(Prm(2)).Range(Prm(3)).Value), ",", ".")

    str = "VAL," & Prm(2) & "," & Prm(3) & "," & str
```

```
        ret = mySerial.WriteLine(str)

        'Guardar

    ElseIf Prm(1) = "save" Then

        ActiveWorkbook.Save

        'Acció desconeguda

    Else

        MsgBox ("unknown action: " & InLine)

    End If

End If

DoEvents 'necessari

Wend

Exit Sub

ErrorHandler1:

    If Err.Number = 9 Then                'aquest error quan Prm(n) està
buit o mal format

        Dim totalSheets As Integer

        totalSheets = Worksheets.Count

        Worksheets.Add(After:=Worksheets(totalSheets)).Name =
Prm(2)

        Resume

    ElseIf Err.Number = 1004 Then        'quan el rang està malament

        Resume Next
```



```
Else

    'MsgBox Err.Source & "    " & Err.Number & "    " &
Err.Description

    'Stop

End If

End Sub

Sub Calcular()

Dim i As Integer

Dim k As Integer

Dim z As Integer

Dim l As Integer

Dim r As Integer

Dim o As Integer

Dim celdas As Integer

Dim Tfun As Integer

Dim Te As Integer

Dim Cfun As Integer

Dim Ce As Integer

Dim Tp As Integer

Dim Cp As Integer

Dim Tmin As Integer
```

```
Dim horaengegada As Integer
```

```
Dim horaparada As Integer
```

```
Dim horaengegada1 As Integer
```

```
Dim horaparada1 As Integer
```

```
Dim D As Byte
```

```
Dim ws As Worksheet
```

```
Set ws = Worksheets("Hoja3")
```

```
'Conta totes les celes plenes amb dades
```

```
celdas = WorksheetFunction.Count(Range("A1:A65536"))
```

```
'Definir les diferents variables: Temps funcionament, Temps  
engegada, Consum func, Consum engegada
```

```
'Falta afegir temps de parada, consum de parada i temps minim de  
funcionament
```

```
Tfun = ws.Cells(2, 4).Value
```

```
Te = ws.Cells(4, 4).Value
```

```
Cfun = ws.Cells(3, 4).Value
```

```
Ce = ws.Cells(5, 4).Value
```

```
Tp = ws.Cells(6, 4).Value
```

```
Cp = ws.Cells(7, 4).Value
```

```
Tmin = ws.Cells(8, 4).Value
```

'Netejar les columnes on es treballa

```
Worksheets("Hoja3").Columns("F:Z").ClearContents
```

```
ws.Cells(1, 7).Value = 120000
```

'Càlcul iteratiu del cost mínim sense interrupcions

```
For i = 1 To celdas + 1 - Te - Tfun - Tp
```

```
For z = 1 To Te
```

```
ws.Cells(i + 1, 9).Value = Ce * ws.Cells(z + i, 2) + ws.Cells(i + 1, 9).Value
```

```
Next z
```

```
For k = 1 To Tfun
```

```
ws.Cells(i + 1, 10).Value = Cfun * (ws.Cells(k + i + Te, 2)) +  
ws.Cells(i + 1, 10).Value
```

```
Next k
```

```
For l = 1 To Tp
```

```
ws.Cells(i + 1, 11).Value = Cp * (ws.Cells(l + i + Te + Tfun, 2))  
+ ws.Cells(i + 1, 11).Value
```

```
Next l
```

```
ws.Cells(i + 1, 7).Value = ws.Cells(i + 1, 11) + ws.Cells(i + 1,  
10) + ws.Cells(i + 1, 9)
```

'Definim moment i cost mínim

```
If ws.Cells(i + 1, 7).Value < ws.Cells(1, 7).Value Then
```

```
ws.Cells(1, 7).Value = ws.Cells(i, 7).Value

ws.Cells(1, 6).Value = i - 1

End If

Next i

'Càlcul iteratiu del cost mínim amb una interrupció

Worksheets("Hoja3").Columns("H:Z").ClearContents

r = Tfun \ Tmin

Condicions

If r > 0 And celdas > (2 * Te + 2 * Tp + Tfun + 1) And Tfun - Tmin
> Tmin Then

ws.Cells(1, 8).Value = 120000

For o = 1 To celdas + 1 - 2 * Te - Tfun - 2 * Tp

For z = 1 To Te

ws.Cells(o + 1, 9).Value = Ce * ws.Cells(z + o, 2) + ws.Cells(o +
1, 9).Value

Next z

For k = 1 To Tmin

ws.Cells(o + 1, 10).Value = Cfun * (ws.Cells(k + o + Te, 2)) +
ws.Cells(o + 1, 10).Value

Next k
```

```
For l = 1 To Tp

    ws.Cells(o + 1, 11).Value = Cp * (ws.Cells(l + o + Te + Tmin, 2))
+ ws.Cells(o + 1, 11).Value

Next l

ws.Cells(o + 1, 9).Value = ws.Cells(o + 1, 9) + ws.Cells(o + 1,
10) + ws.Cells(o + 1, 11)

Worksheets("Hoja2").Range(ws.Cells(o + 1, 10), ws.Cells(o + 1,
13)).ClearContents

ws.Cells(o + 1, 10).Value = 120000

For j = Te + Tmin + Tp + o To celdas + 1 - Te - Tfun - Tp + Tmin

For z = 1 To Te

    ws.Cells(j + 1, 10).Value = Ce * ws.Cells(z + j, 2) + ws.Cells(j +
1, 10).Value

Next z

For k = 1 To Tfun - Tmin

    ws.Cells(j + 1, 11).Value = Cfun * (ws.Cells(k + j + Te, 2)) +
ws.Cells(j + 1, 11).Value

Next k

For l = 1 To Tp

    ws.Cells(j + 1, 12).Value = Cp * (ws.Cells(l + j + Te + Tfun -
Tmin, 2)) + ws.Cells(j + 1, 12).Value

Next l
```

```
ws.Cells(j + 1, 10).Value = ws.Cells(j + 1, 10) + ws.Cells(j + 1, 11) + ws.Cells(j + 1, 12)
```

```
'Definim el moment i cost minim
```

```
If ws.Cells(j + 1, 10).Value <= ws.Cells(o + 1, 10).Value Then
```

```
    ws.Cells(o + 1, 10).Value = ws.Cells(j + 1, 10).Value
```

```
    ws.Cells(1, 11).Value = i + 1
```

```
End If
```

```
Worksheets("Hoja3").Range(ws.Cells(j, 10), ws.Cells(j + 10, 13)).ClearContents
```

```
Next j
```

```
ws.Cells(o + 1, 8).Value = ws.Cells(o + 1, 9).Value + ws.Cells(o + 1, 10).Value
```

```
If ws.Cells(o + 1, 8).Value <= ws.Cells(1, 8).Value Then
```

```
    ws.Cells(1, 8).Value = ws.Cells(o + 1, 8).Value
```

```
    ws.Cells(1, 9).Value = o + 1
```

```
End If
```

```
Next o
```

```
End If
```

```
'Comparar els dos minims

If ws.Cells(1, 7).Value < ws.Cells(1, 8).Value Then

    horaengegada = ws.Cells(1, 6).Value

    horaparada = ws.Cells(1, 6).Value + Te + Tfun + Tp

    horaengegada1 = 0

    horaparada1 = 0

End If

If ws.Cells(1, 7).Value > ws.Cells(1, 8).Value Then

    horaengegada = ws.Cells(1, 8).Value

    horaparada = ws.Cells(1, 9).Value + Te + Tmin + Tp

    horaengegada1 = ws.Cells(1, 11).Value

    horaparada1 = ws.Cells(1, 11).Value + Te + Tfun - Tmin + Tp

End If

End Sub

Sub Entradades()

Dades.Show

End Sub
```

## A.2. Arduino Projecte

```
const int serialBufferSize = 32;          // mida buffer per a entrades

char  serialBuffer[serialBufferSize]; // buffer per entrades

const int buttonPin = 2;                  // numero del pin del
polsador

const int ledPin = 13;                   // numero del pin del led

const int serialMaxArgs = 4;             // max args del missatge CSV

char* serialArgs[serialMaxArgs];         // args pointers

int outputTiming = 1000;                 // temps enviament paquet
(ms) determina temps de sortida

int input1;                             // primer valor rebut

int input2;                             // segon valor rebut

int buttonState = 0;                    // variable estat del
polsador

int ledState = 0;                       // variable estat del led


// Si definim input1 o input2 com a char ens tractara les variables
en codi ASCII

// Si ho definim com a int, treballem amb codi decimal

void setup(){

    Serial.begin(115200);
```



```
    pinMode(ledPin, OUTPUT);    // determinem el pin del led com a
sortida

    pinMode(buttonPin, INPUT);  // determinem el pin del polsador com
entrada

    // neteja del buffer de lectura (rx)

    while (Serial.available() > 0) { //mentre port obert llegir i
guardar en c

        byte c = Serial.read();

    }

}

void loop(){

    static unsigned long  setupTime = millis();

    static unsigned long  loopTime = 0;

    static unsigned long  inputCount = 0;

    static unsigned long  outputCount = 0;

    loopTime = millis() - setupTime; //Temps que dura el loop

    // Tasca de sortida

    // instruccions executades cada outputTiming ms (1seg)

    // el looptime sempre serà major a 0
```

```
if (loopTime >= (outputCount * (unsigned long)outputTiming)) {

    Serial.print ("XLS,get,Enviadades,B6"); //sol·licita dades a
l'excel

    Serial.print("\n");                      //acaba la sol·licitud

    Serial.print ("XLS,get,Enviadades,B7"); //sol·licita dades a
l'excel

    Serial.print("\n");                      //acaba la sol·licitud


// Tasca d'entrada

// Espera el missatge de resposta durant 50ms

int len;

while ((len = readLine((byte*)serialBuffer, 50)) > 0) {

    // mapejar els arguments CSV (valors separats per comes)

    // filtrar el missatge enviat per l'Excel per treure'n el valor
desitjat

    if (mapArgs(serialBuffer, len, serialArgs, serialMaxArgs) > 0)
{

    if (strcmp(serialArgs[0],"\0") == 0) {
```

```
    }

    else if (strcmp(serialArgs[0],"VAL") == 0) {

        float x;

        x = atof(serialArgs[3]); // x conté el valor rebut i depen
de la seqüència de demanda (FIFO)

        // 1a resposta basada en la referència del missatge

        if ((strcmp(serialArgs[1],"Enviadades") == 0) &&
(strcmp(serialArgs[2],"B6") == 0)) {

            input1 = x;                // input1 conté el valor de
la fulla Enviadades cel·la B6

        }

        // 2a resposta

        if ((strcmp(serialArgs[1],"Enviadades") == 0) &&
(strcmp(serialArgs[2],"B7") == 0)) {

            input2 = x;                // input2 conté el valor de
la fulla Enviadades cel·la B7

        }

        else {

            // Resta d'entrades no sol·licitades

        }

    }
```

```
    }

    }

    inputCount++;                // suma +1 al contador
d'entrades

    clearBuffer((byte*)serialBuffer,serialBufferSize);

}

    Serial.print("XLS,write,Enviadades,C6,");

    Serial.print(input1*1000);   // escriu en l'Excel el
valor input1 en ms

    Serial.print("\n");

    Serial.print("XLS,write,Enviadades,C7,");

    Serial.print(input2*1000);   // escriu en l'Excel el valor
input2 en ms

    Serial.print("\n");

    Serial.print("XLS,write,Enviadades,G4,");

    Serial.print(0);             // escriu en l'Excel un 0 per a
desactivar la connexió

    Serial.print("\n");

}

// Activació de la màquina
```

```
// S'engega en el moment que el temps des de la dada és
obtinguda supera el temps

// determinat en la dada1, s'apaga quan aquest temps supera la
dada2

if((millis()> input1*1000 )&& (millis()-input2*1000)){

    digitalWrite(ledPin,HIGH);

}

else{

    digitalWrite(ledPin,LOW);

}

// Llegir el estat del pulsador i del led:

buttonState = digitalRead(buttonPin);

ledState = digitalRead(ledPin);

// comprovar si el pulsador està apretat o el led encés.

// Definir com actuar en cada cas:

if ((ledState == LOW)&& (buttonState == HIGH)) {

    // turn LED on:
```

```
    digitalWrite(ledPin, HIGH);

    }

else { if ((ledState == LOW)&& (buttonState == HIGH)) {

    // turn LED ON:

    digitalWrite(ledPin, HIGH);

    }

else {if ((ledState == HIGH)&& (buttonState == LOW)) {

    // turn LED off:

    digitalWrite(ledPin, LOW);

    }

else {

    // turn LED off:

    digitalWrite(ledPin, LOW);

    }}}

} // end loop


// rutina readLine

int readLine(byte* startAddr, int timeout) {

    int wait = 0;

    byte *p = startAddr;

    int receivedCount = 0;
```

```
while (wait < timeout) {

    // compilar el buffer

    while (Serial.available() > 0) {

        *p = Serial.read(); // llegeix del port i emmagatzema

        // acaba la lectura si una linia acaba amb '\n'

        if (*p == '\n') {

            *p = '\0';

            return receivedCount;

        }

        receivedCount++;

        p++;

    }

    // esperar 1ms

    delay(1);

    wait++;

}

*p = '\0';
```

```
    return -1;

}

// mpateig dels arguments CSV (valors separats per comes)

int mapArgs(char* startAddr, int nBytes, char** argPointer, int
maxArgs) {

    int i;

    char *p;

    *argPointer = startAddr;

    i = 1;

    for (p = startAddr; p < (startAddr + nBytes); p++) {

        if (*p == ',') {                // la coma separa els diferents
arguments

            *p = '\\0';                // la coma es substitueix per \\0
així el buffer

                                        // conté arguments llegibles com
strings

            if (i < maxArgs) {

                i++,
```



```
        argPointer++;

        *argPointer = p + 1;    // guardar l'adreça de l'argument
    }

    else {

        return -1;

    }

}

}

return i;
}

// neteja del buffer

void clearBuffer(byte* startAddr, int nBytes) {

    byte    *p;

    for (p = startAddr; p < (startAddr + nBytes); p++) {

        *p = '\0';

    }

}
```

### A.3. Power Query (Excel 2013)

Power Query és un complement d'Excel que permet a l'usuari connectar-se a qualsevol origen de dades, transformar, combinar i distribuir les dades segons la nostra necessitat, i posteriorment, carregar les dades tractades en una fulla d'Excel o en un model de dades Power Pivot.

A més, tot el procés de connexió, transformació, combinació i adaptació de les dades, queda enregistrada per a poder ser reutilitzat posteriorment, quan per exemple, les dades s'actualitzin o s'hagi d'incloure els del següent període a calcular.

En la versió d'Excel 2016, aquest complement està integrat en la pestanya Datos.

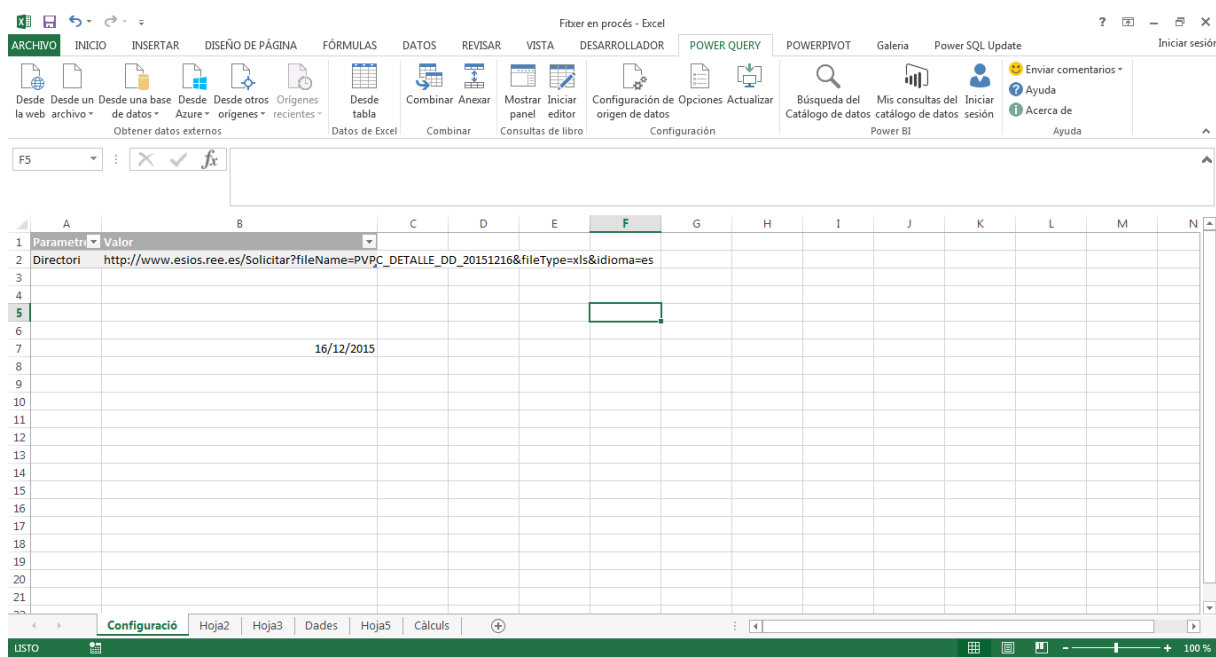


Figura 21. Directori i data per a la descàrrega de Power Query

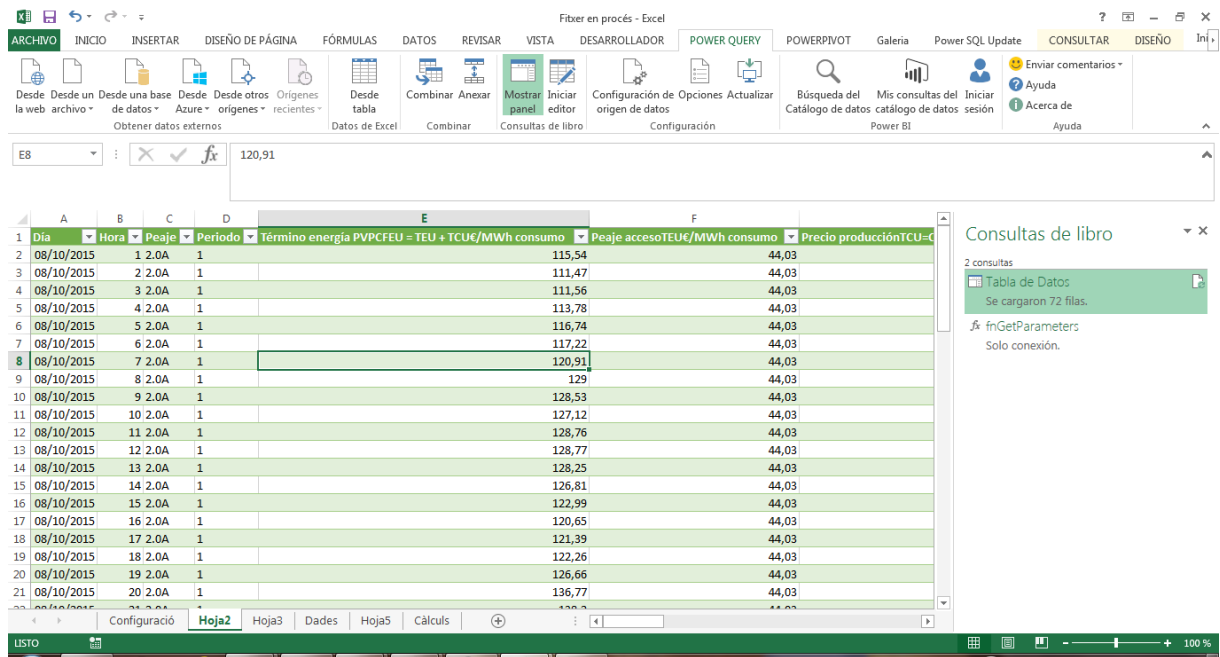


Figura 22. Descàrrega en Power Query de les dades del PVPC ja filtrades

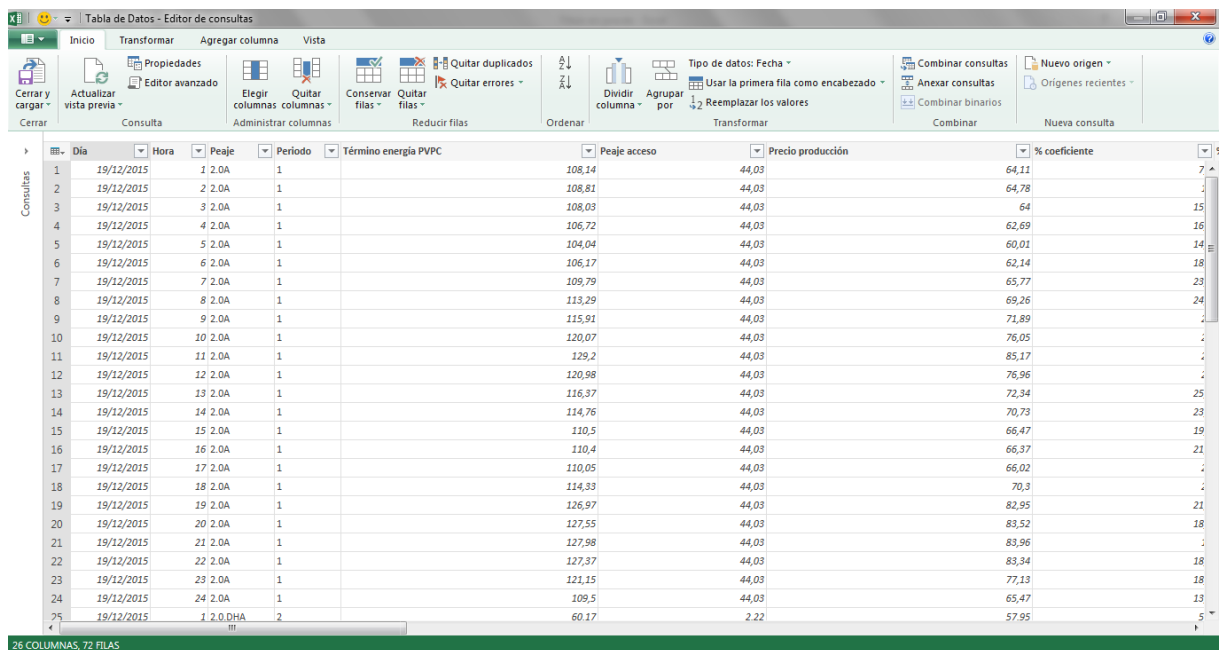


Figura 23. Descàrrega inicial en Power Query de les dades del PVPC

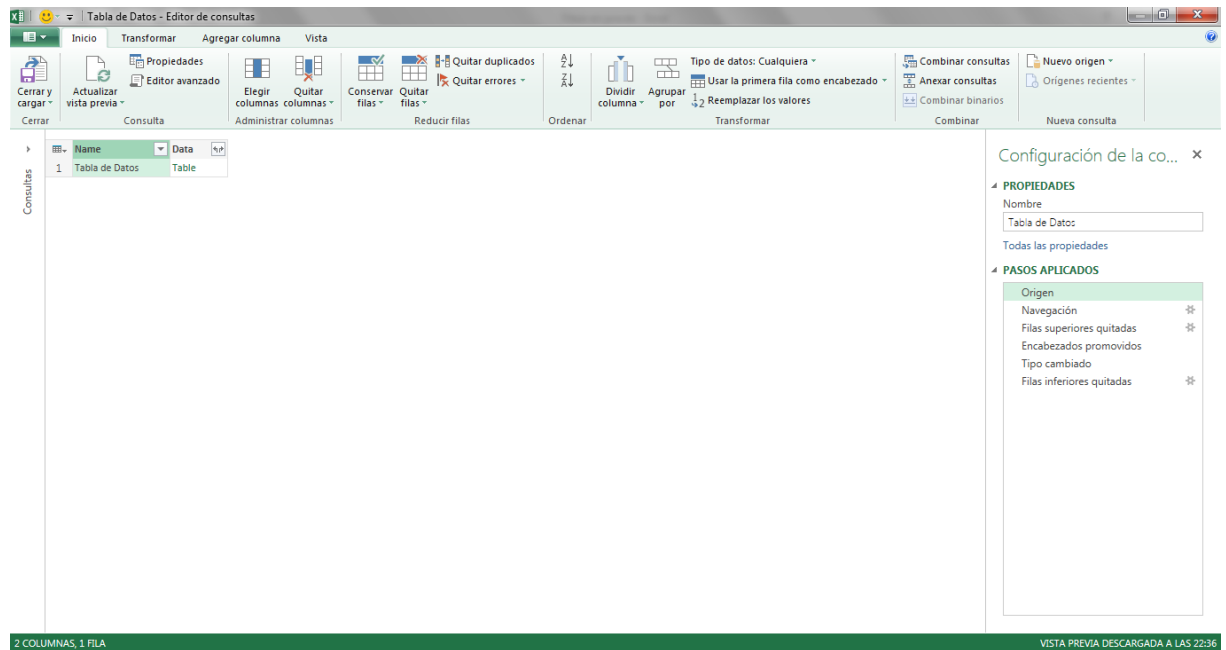


Figura 24. Origen del directori de descàrrega

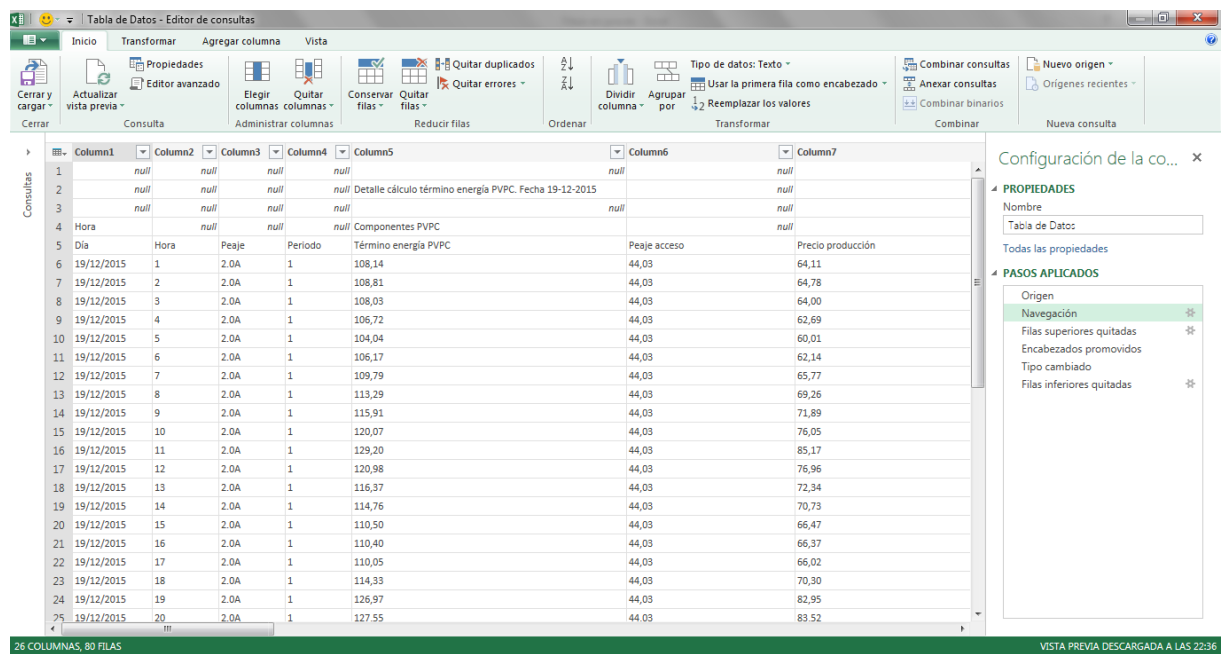


Figura 25. Reestructuració de les dades descarregades

Configuración de la co...

**PROPIEDADES**

Nombre: Tabla de Datos

Todas las propiedades

**PASOS APLICADOS**

- Origen
- Navegación
- ☒ Filas superiores quitadas
- Encabezados promovidos
- Tipo cambiado
- Filas inferiores quitadas

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7
1	Día	Hora	Peaje	Periodo	Término energía PVPC	Precio producción
2	19/12/2015	1	2.0A	1	108,14	64,11
3	19/12/2015	2	2.0A	1	108,81	64,78
4	19/12/2015	3	2.0A	1	108,03	64,00
5	19/12/2015	4	2.0A	1	106,72	62,69
6	19/12/2015	5	2.0A	1	104,04	60,01
7	19/12/2015	6	2.0A	1	106,17	62,14
8	19/12/2015	7	2.0A	1	109,79	65,77
9	19/12/2015	8	2.0A	1	113,29	69,26
10	19/12/2015	9	2.0A	1	115,91	71,89
11	19/12/2015	10	2.0A	1	120,07	76,05
12	19/12/2015	11	2.0A	1	129,20	85,17
13	19/12/2015	12	2.0A	1	120,98	76,96
14	19/12/2015	13	2.0A	1	116,37	72,34
15	19/12/2015	14	2.0A	1	114,76	70,73
16	19/12/2015	15	2.0A	1	110,50	66,47
17	19/12/2015	16	2.0A	1	110,40	66,37
18	19/12/2015	17	2.0A	1	110,05	66,02
19	19/12/2015	18	2.0A	1	114,33	70,30
20	19/12/2015	19	2.0A	1	126,97	82,95
21	19/12/2015	20	2.0A	1	127,55	83,52
22	19/12/2015	21	2.0A	1	127,98	83,96
23	19/12/2015	22	2.0A	1	127,37	83,34
24	19/12/2015	23	2.0A	1	121,15	77,13
25	19/12/2015	24	2.0A	1	109,50	65,47

26 COLUMNAS, 76 FILAS

VISTA PREVIA DESCARGADA A LAS 22:36

Figura 26. Eliminació de files

Configuración de la co...

**PROPIEDADES**

Nombre: Tabla de Datos

Todas las propiedades

**PASOS APLICADOS**

- Origen
- Navegación
- Filas superiores quitadas
- ☒ Encabezados promovidos
- Tipo cambiado
- Filas inferiores quitadas

Día	Hora	Peaje	Periodo	Término energía PVPC	Precio producción
1	19/12/2015	1	2.0A	1	108,14
2	19/12/2015	2	2.0A	1	108,81
3	19/12/2015	3	2.0A	1	108,03
4	19/12/2015	4	2.0A	1	106,72
5	19/12/2015	5	2.0A	1	104,04
6	19/12/2015	6	2.0A	1	106,17
7	19/12/2015	7	2.0A	1	109,79
8	19/12/2015	8	2.0A	1	113,29
9	19/12/2015	9	2.0A	1	115,91
10	19/12/2015	10	2.0A	1	120,07
11	19/12/2015	11	2.0A	1	129,20
12	19/12/2015	12	2.0A	1	120,98
13	19/12/2015	13	2.0A	1	116,37
14	19/12/2015	14	2.0A	1	114,76
15	19/12/2015	15	2.0A	1	110,50
16	19/12/2015	16	2.0A	1	110,40
17	19/12/2015	17	2.0A	1	110,05
18	19/12/2015	18	2.0A	1	114,33
19	19/12/2015	19	2.0A	1	126,97
20	19/12/2015	20	2.0A	1	127,55
21	19/12/2015	21	2.0A	1	127,98
22	19/12/2015	22	2.0A	1	127,37
23	19/12/2015	23	2.0A	1	121,15
24	19/12/2015	24	2.0A	1	109,50
25	19/12/2015	1	2.0 DHA	2	60,17

26 COLUMNAS, 75 FILAS

VISTA PREVIA DESCARGADA A LAS 22:36

Figura 27. Correcció dels encapçalaments

Configuración de la co...

**PROPIEDADES**

Nombre: Tabla de Datos

Todas las propiedades

**PASOS APLICADOS**

- Origen
- Navegación
- Filas superiores quitadas
- Encabezados promovidos
- X Tipo cambiado**
- Filas inferiores quitadas

26 COLUMNAS, 75 FILAS

VISTA PREVIA DESCARGADA A LAS 22:36

Figura 28. Canvi de tipus

Configuración de la co...

**PROPIEDADES**

Nombre: Tabla de Datos

Todas las propiedades

**PASOS APLICADOS**

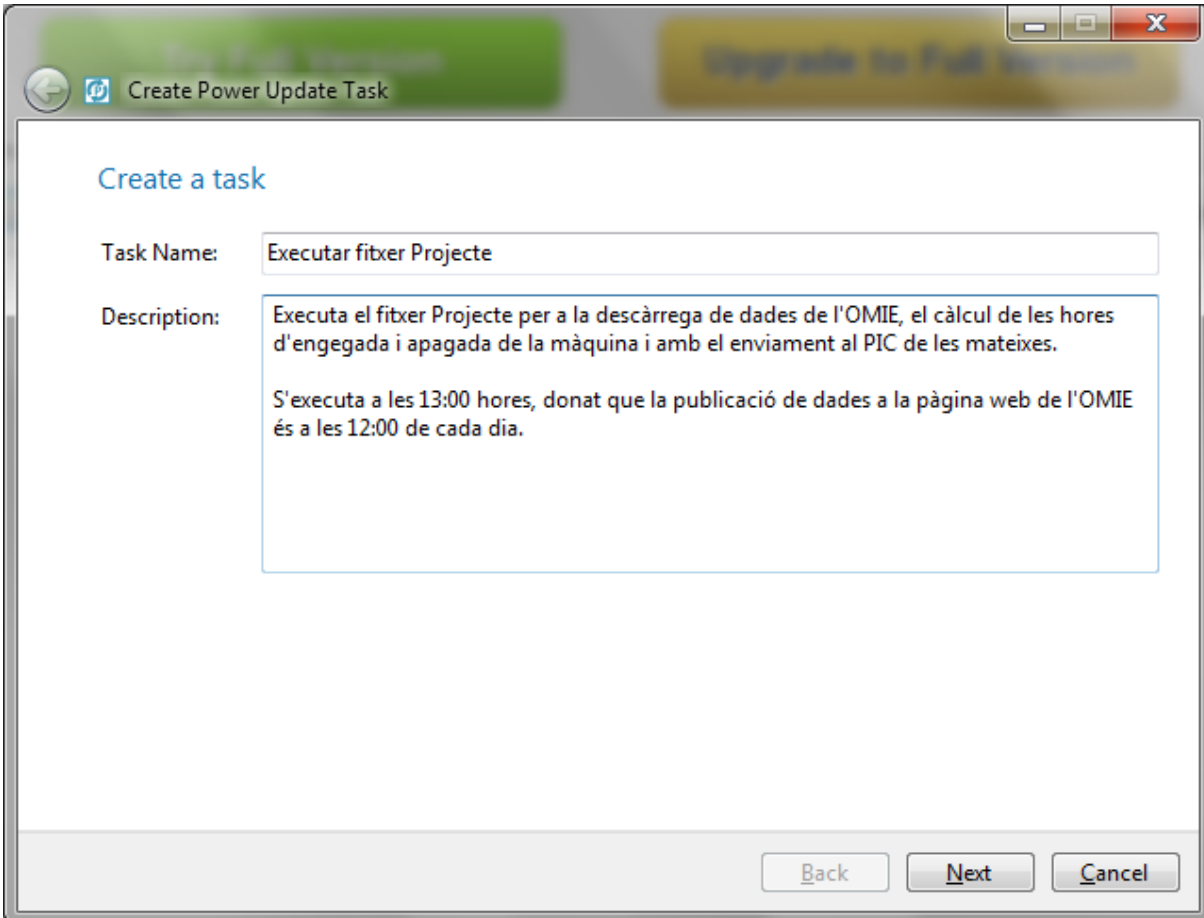
- Origen
- Navegación
- Filas superiores quitadas
- Encabezados promovidos
- Tipo cambiado
- X Filas inferiores quitadas**

26 COLUMNAS, 72 FILAS

VISTA PREVIA DESCARGADA A LAS 22:36

Figura 29. Eliminació de files interiors

#### A.4. Power Update



Create Power Update Task

Create a task

Task Name: Executar fitxer Projecte

Description: Executa el fitxer Projecte per a la descàrrega de dades de l'OMIE, el càlcul de les hores d'engegada i apagada de la màquina i amb el enviament al PIC de les mateixes.

S'executa a les 13:00 hores, donat que la publicació de dades a la pàgina web de l'OMIE és a les 12:00 de cada dia.

Back Next Cancel

Figura 30. Pantalla de creació de tasques del programa de Power Update

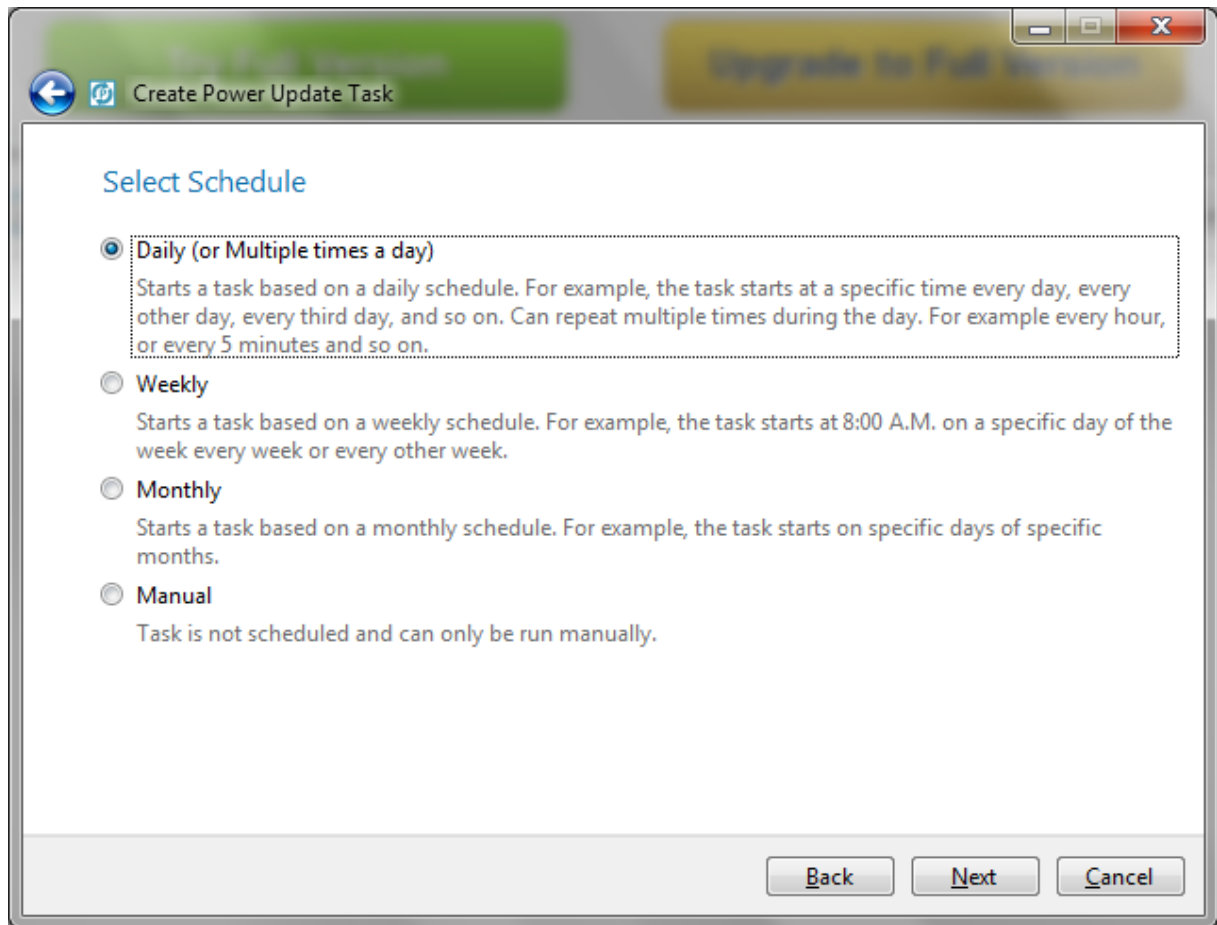


Figura 31. Calendari de rutines de Power Update



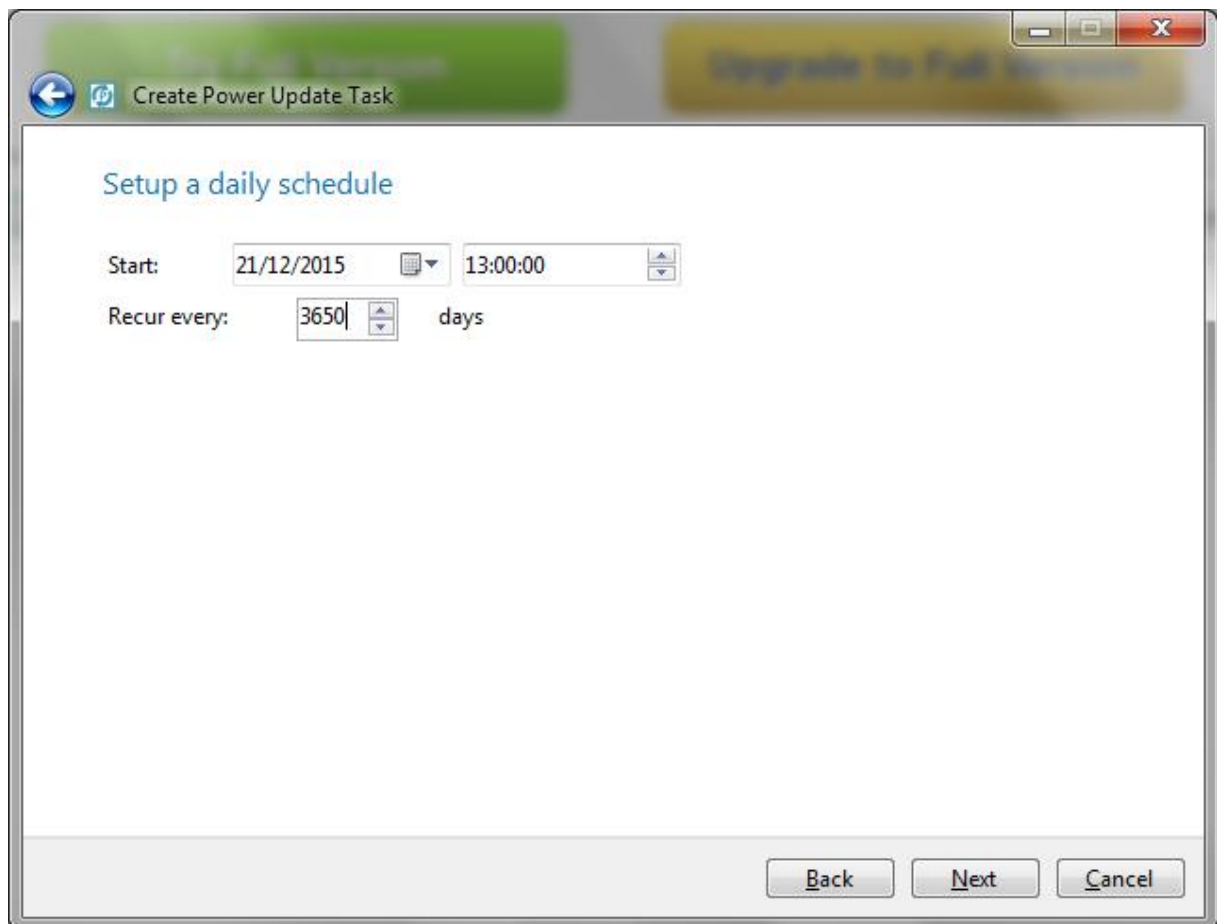


Figura 32. Determinació del dia i hora d'inici de la tasca

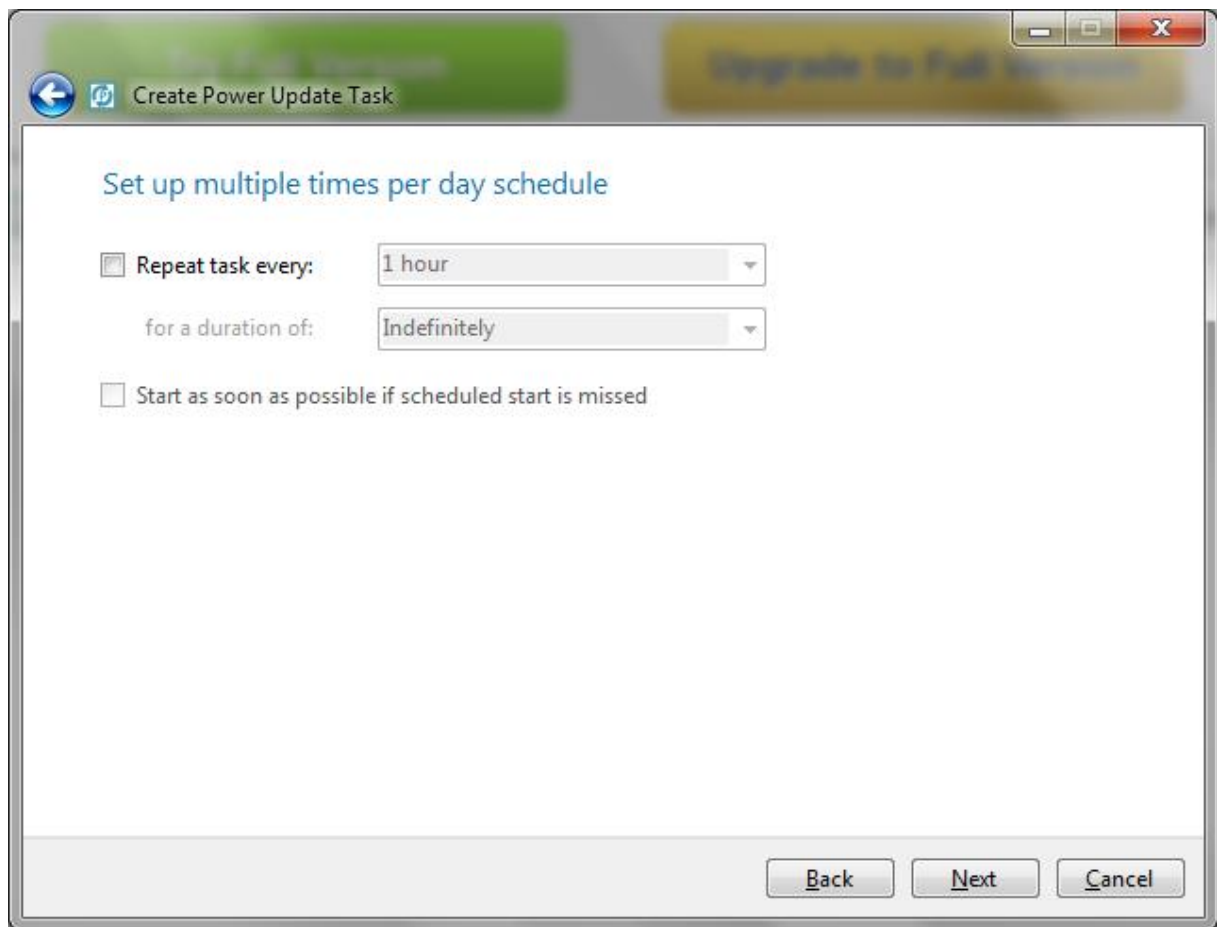


Figura 33. Repetició de la tasca durant el mateix dia

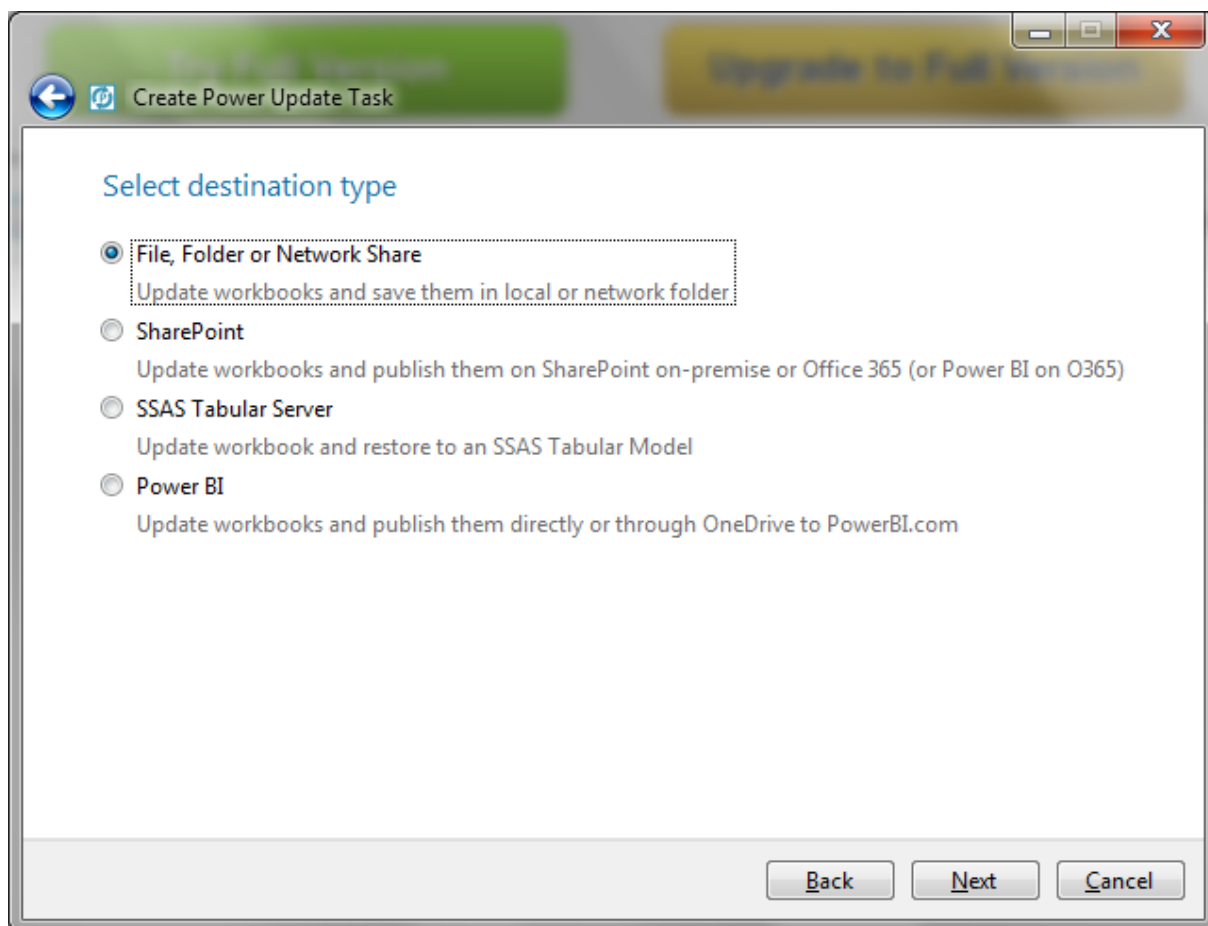


Figura 34. Selecció del tipus de destí de la tasca triada

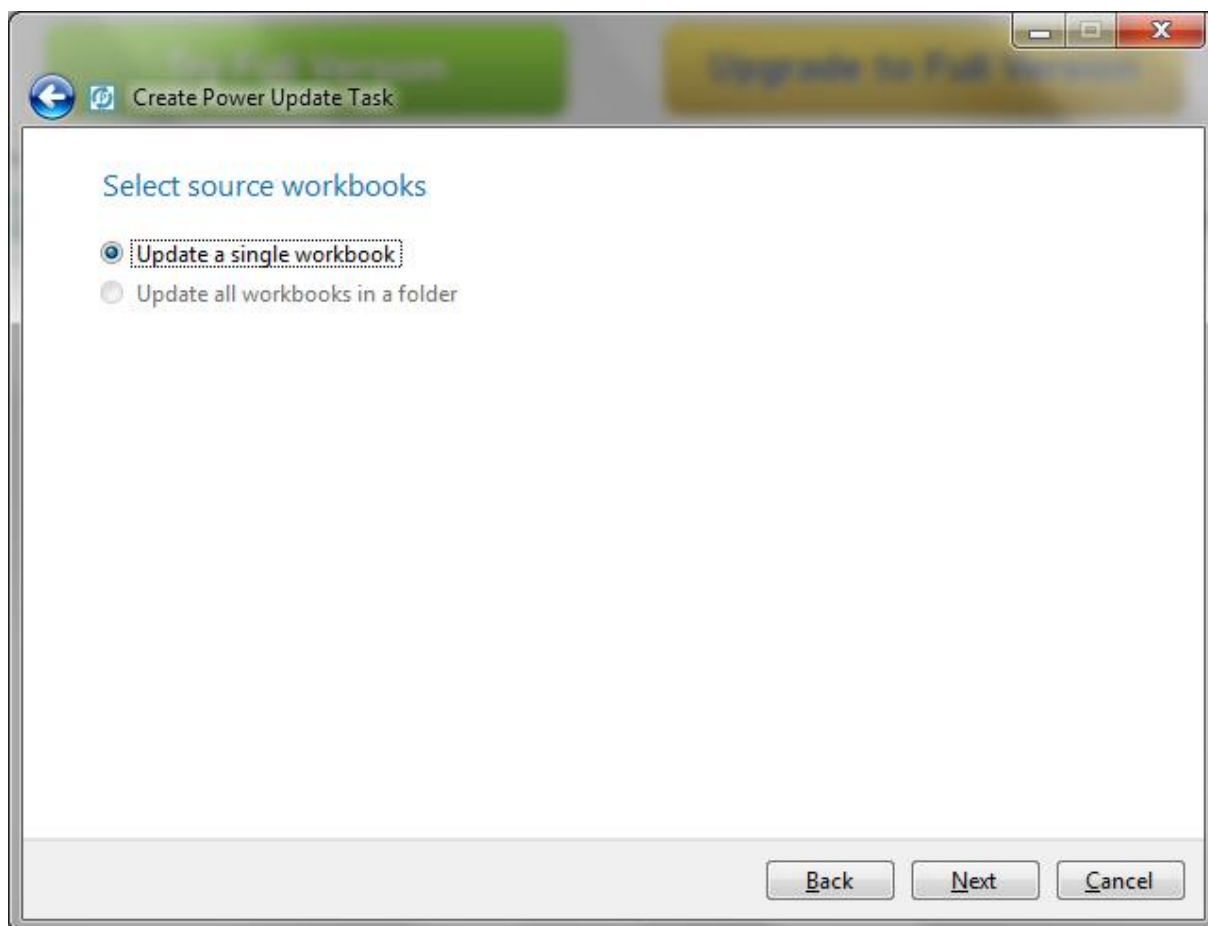


Figura 35. Selecció d'automatització d'un únic fitxer

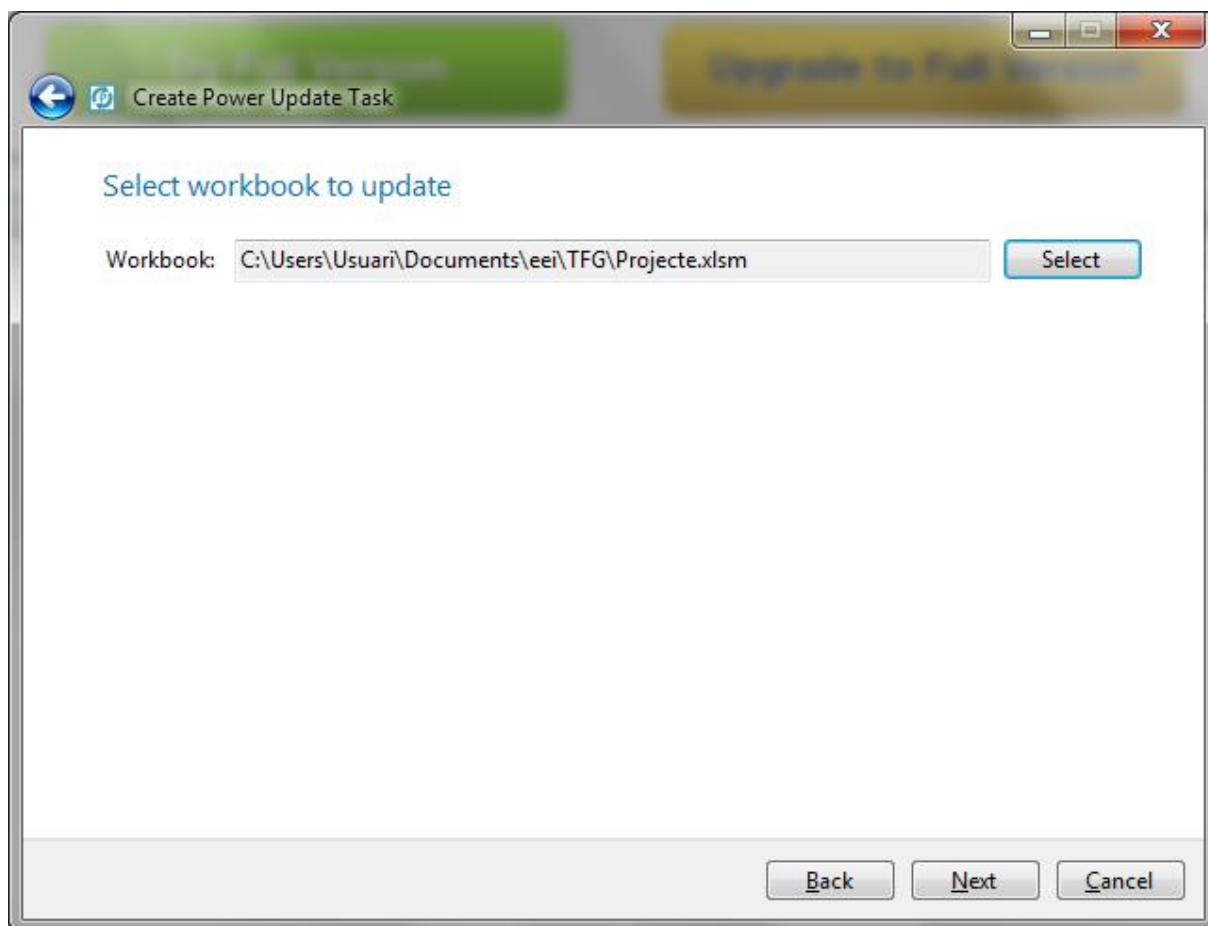


Figura 36. Selecció del fitxer desitjat

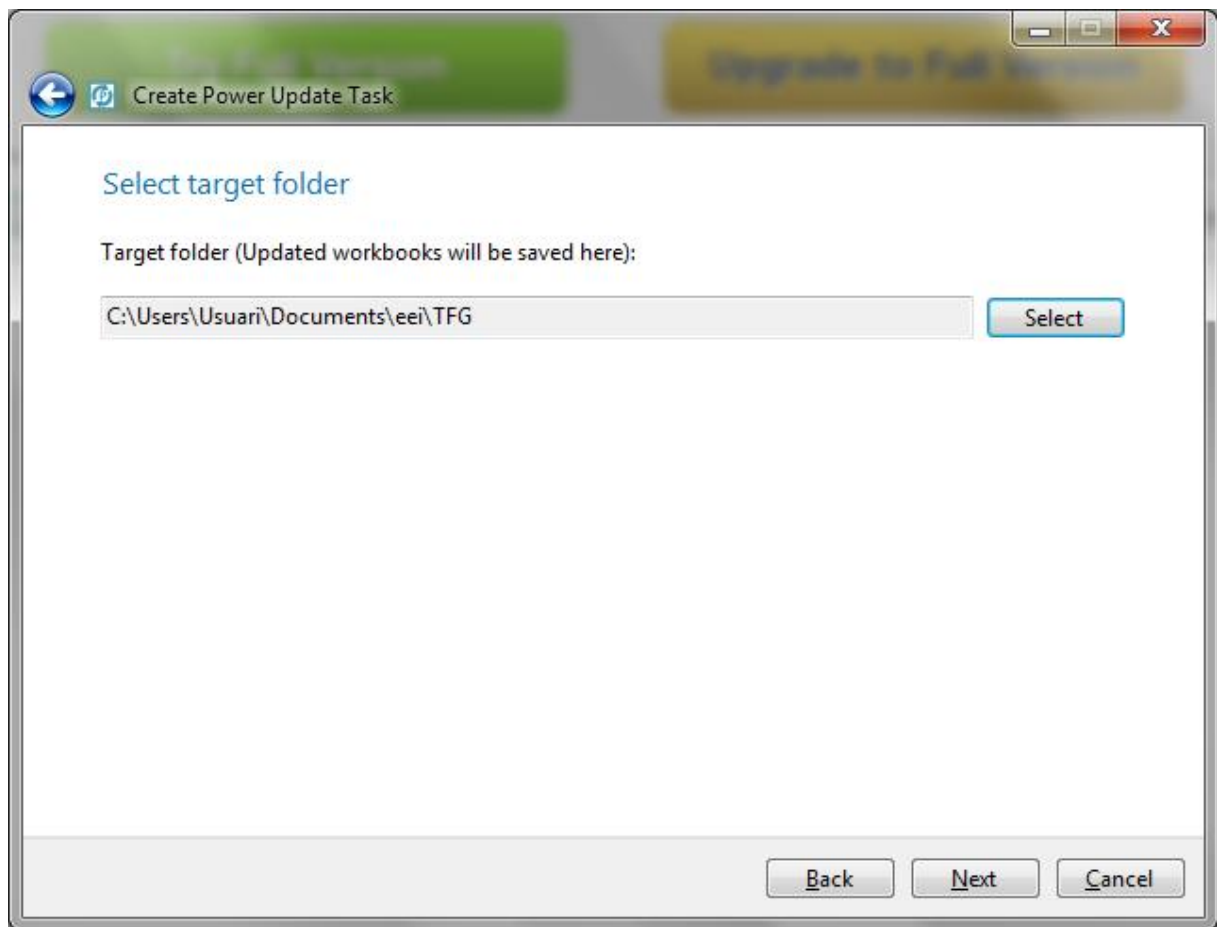


Figura 37. Selecció de la carpeta de destí

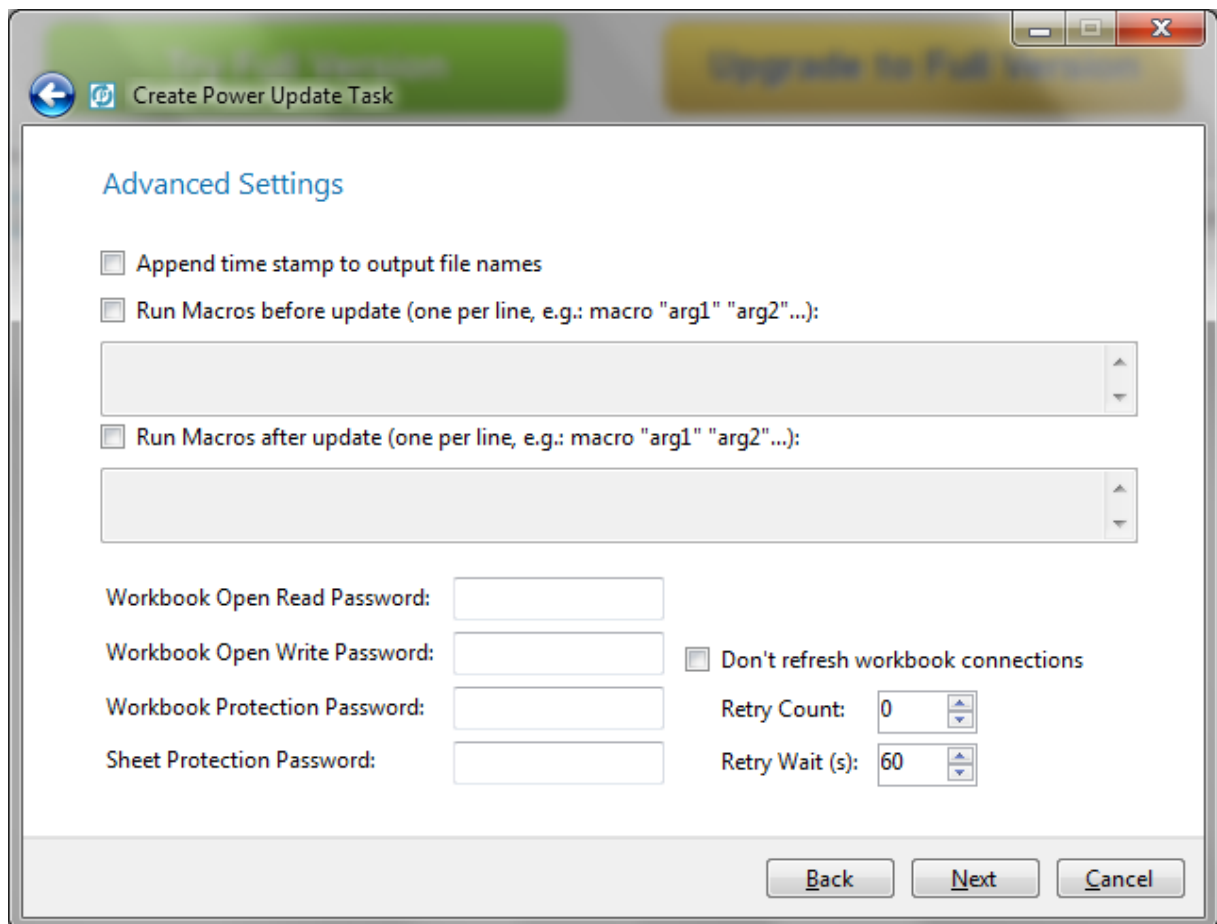
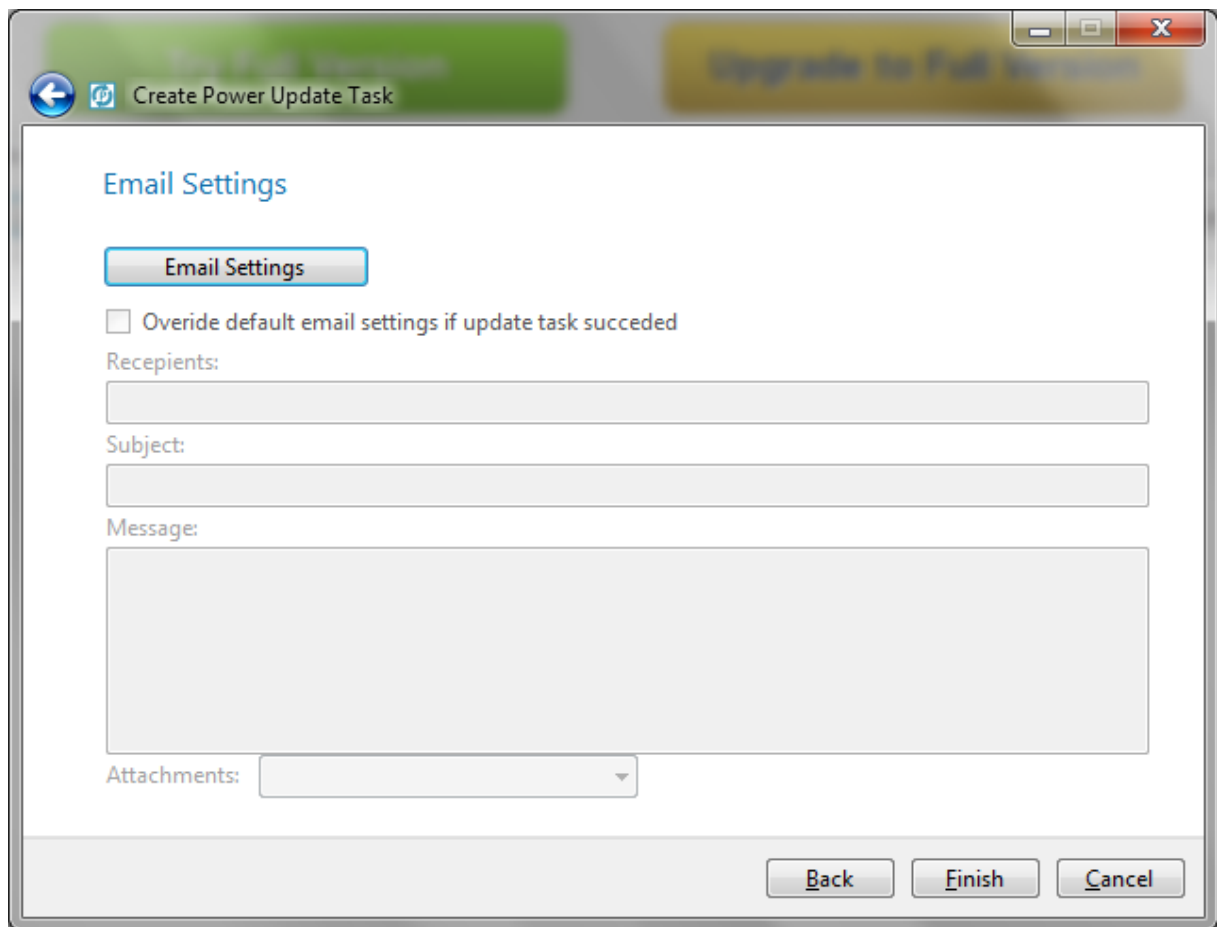


Figura 38. Opció d'executar Macros i altres complements



The screenshot shows a software window titled "Create Power Update Task" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). Inside the window, the "Email Settings" section is active, indicated by a blue header and a highlighted button. Below the header, there is a checkbox labeled "Override default email settings if update task succeeded". Underneath, there are three input fields: "Recepients:" (note the typo), "Subject:", and "Message:". The "Message:" field is a large text area. At the bottom of the settings section, there is an "Attachments:" label followed by a dropdown menu. At the very bottom of the window, there are three buttons: "Back", "Finish", and "Cancel".

Figura 39. Enviament de dades via Email



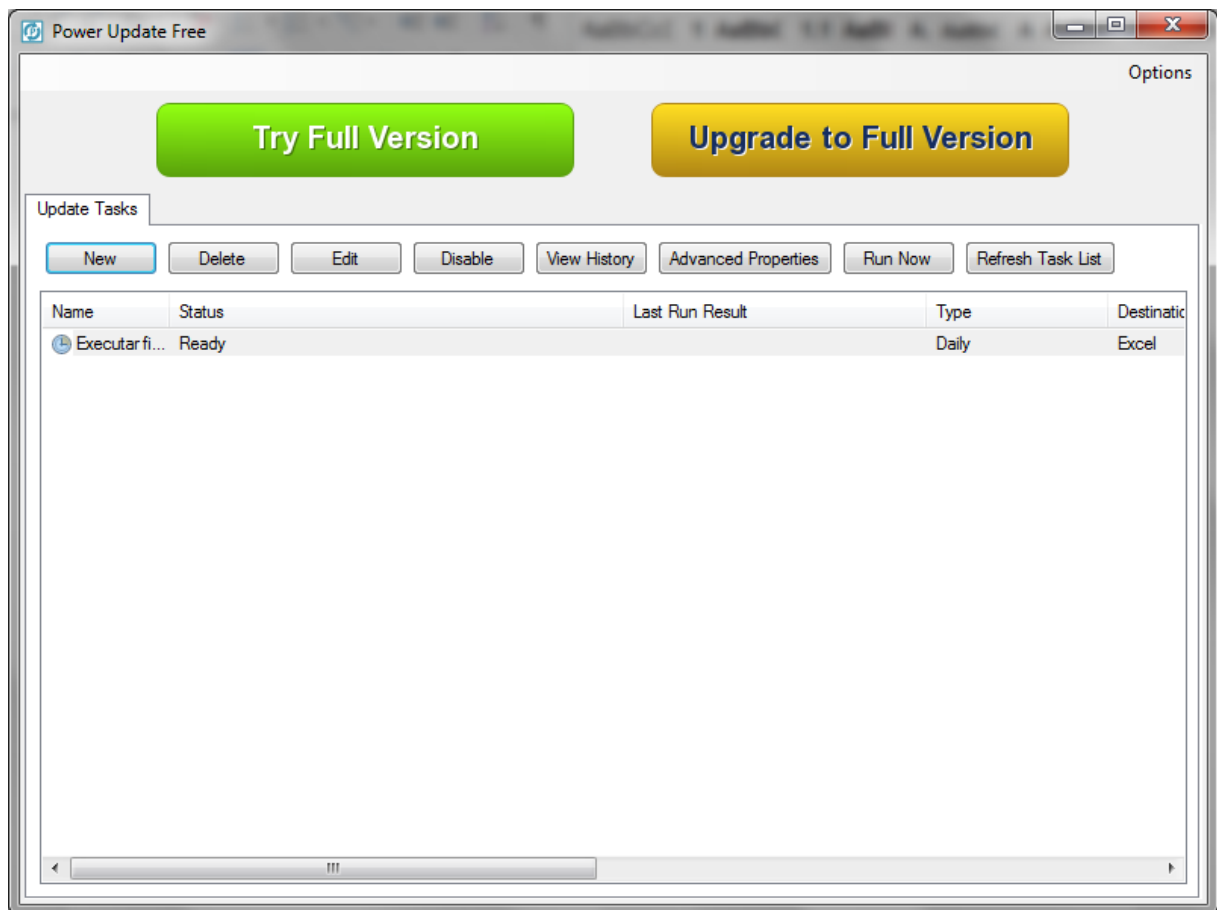


Figura 40. Imatge de la tasca creada