

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Títol: Sistema de gestió de càrregues per miners de criptomonedes

Document: 1. Memòria

Alumne: Adrià Moradell Juanhuix

Tutor: Joaquim Armengol Llobet

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): setembre/2022

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Antecedents	4
1.2. Objectiu	4
1.3. Abast.....	4
2. LES CRIPTOMONEDES I EL BLOCKCHAIN	5
2.1. Les criptomonedes	5
2.1.1. Característiques generals.....	6
2.2. Blockchain o cadena de blocs	6
2.2.1. Algoritme d'enciptació	7
2.2.2. Blocs	8
2.2.3. Nodes	9
2.2.4. Miners.....	10
3. MINERIA DE CRIPTOMONEDES.....	12
3.1. Halving	12
3.2. Pools de mineria.....	13
3.3. Maquinari de mineria	14
3.4. Algoritmes de mineria.....	15
3.4.1. SHA-256.....	15
3.4.2. ETHASH.....	16
3.4.3. Scrypt	16
3.4.4. X11	16
3.4.5. Equihash	17
3.5. Miners ASIC i la seva rendibilitat econòmica	17
3.5.1. Característiques	17
3.5.2. Rendibilitat econòmica.....	18
4. ESTRATÈGIES D'OPTIMITZACIÓ D'EXCEDENTS EN INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES	23
4.1. Fonaments	23

4.1.1. Adequar la demanda a la producció	24
4.1.2. Emmagatzematge de la producció.....	25
4.1.3. Augmentar la demanda en hores de producció.....	25
4.2. Bateries	26
4.3. Derivadors d'excedent.....	27
4.3.1. Derivadors d'excedent per carregadors de vehicles elèctrics.....	28
4.3.2. Derivadors d'excedent per dispositius tèrmics	29
4.3.3. Derivadors d'excedent per ASICs de criptomonedes	29
5. PLACA ELECTRÒNICA.....	31
5.1. Convertidor analògic-digital	31
5.2. Comunicació	34
5.3. Circuit imprès	34
6. PROGRAMA.....	36
6.1. Bucle de comunicació amb Labview	37
6.2. Bucle de comunicació amb APIs	38
6.3. Bucle de control dels relés	42
6.4. Bucle de mesura d'excedent	42
7. INTERFÍCIE D'USUARI	44
7.1. Programa	46
7.1.1. Bucle de comunicació amb l'ESP32	46
7.1.2. Bucles de gestió de dades.....	47
7.1.3. Bucle de control dels relés.....	49
7.1.4. Bucle del benefici a temps real	51
7.1.5. Bucle de les gràfiques acumulatives	52
6. RESUM DEL PRESSUPOST.....	54
7. CONCLUSIÓ	55
8. RELACIÓ DE DOCUMENTS	55
9. BIBLIOGRAFIA.....	57
10. GLOSSARI	60

A. ESTUDI TÈORIC.....	61
A.1. Introducció	61
A.1.1. Dificultat en la mineria	61
A.1.2. Cost elèctric de la mineria	64
A.2. Miners més rendibles	67
A.2.1. ASICs del mercat	67
A.2.2. Comparativa entre els miners ASIC de Bitcoin	68
A.2.3. Comparativa entre els miners ASIC d'Ethereum	69
A.2.4. Comparativa entre els miners ASIC de Litecoin	70
A.2.5. Resum.....	71
A.3. Comparativa amb bateries	72
A.3.1. Exemple amb ASICs que minen Bitcoin	76
A.3.2. Exemple amb ASICs que minen Ethereum	79
A.3.3. Exemple amb ASICs que minen Litecoin.....	82
A.4. Percentatge de consum en hores de producció solar.....	85
A.5. Percentatge d'irradiància	88
A.6. Conclusions	90
B. PROGRAMA	92

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

La mineria de criptomonedes és el procés en què certs equips electrònics, com els miners, utilitzen la potència informàtica per processar transaccions i obtenir recompenses en forma de criptomonedes. D'altra banda, requerir d'una gran potència informàtica té uns costos associats com el consum d'energia elèctrica o d'internet, i també una inversió inicial pel maquinari que es necessita. És primordial saber quant rendible resulta minar en determinats moments per evitar perdre diners, ja que existeixen factors que varien hora a hora i afecten el marge de benefici.

1.2. Objectiu

L'objecte del present projecte és el disseny d'un sistema integrat que permeti minar amb tal maquinària evitant pèrdues. L'integrat, mitjançant contactors, podrà controlar l'alimentació d'aquests miners mentre va monitorant les tarifes elèctriques així com els possibles excedents d'una instal·lació fotovoltaica.

1.3. Abast

Es dissenyarà i es fabricarà un prototip amb una placa de circuit imprès que tracti senyals i dades procedents de diverses fonts (sensors, bases de dades...). El microcontrolador usat incorporarà wifi per captar les dades en línia necessàries i es perseguirà un disseny de baix cost econòmic. Així doncs, amb un consum d'un habitatge i un sistema de mineria simulats el prototip serà capaç de controlar uns contactors en funció de dades reals en línia que es van rebent i el marge de benefici que en resulta. L'acompanyarà un estudi teòric per simular diferents sistemes de mineria amb llargs períodes de temps i així avaluar la rendibilitat del projecte, podent arribar a donar una alternativa a les bateries convencionals en instal·lacions fotovoltaiques.

2. LES CRIPTOMONEDES I EL BLOCKCHAIN

En els següents apartats es procedeix a definir el concepte de les criptomonedes i els sistemes de pagament basats en la tecnologia blockchain. D'aquesta manera s'entendrà i s'ubicarà el paper dels anomenats miners de criptomonedes.

2.1. Les criptomonedes

L'arrel "cripto" en la paraula criptomoneda prové de la paraula criptografia. El motiu pel qual s'inclou aquesta arrel és perquè tant en el procés de creació com en les transaccions s'utilitzen algorismes criptogràfics per dotar el sistema de més seguretat. Així mateix, el motiu pel qual ens referim a elles com a monedes és que van ser ideades com a mecanisme per intercanviar valor entre persones, que és també l'objectiu principal de les monedes tradicionals.

Es podria dir que les criptomonedes són una forma de diners digitals. Entenent-les com a tals no suposen una gran innovació, la digitalització dels diners ja està instaurada des de fa anys a la nostra societat amb comptes bancaris electrònics, targetes de dèbit i de crèdit. Però les criptomonedes també comporten un sistema de pagament, i és aquí on sí que suposen una gran innovació, ja que donen l'oportunitat d'intercanviar diners digitalment d'una forma relativament segura i anònima, un intercanvi directe entre comprador i venedor sense necessitat d'intermediaris com els bancs. Fins a la seva aparició, l'intercanvi digital de diners directament entre usuaris no era possible, ja que hi ha un gran risc de falsificació o simulació de moviments i diners, per això els intermediaris financers s'encarreguen de mediar en les transaccions.

Els intercanvis de criptomonedes funcionen amb tecnologia blockchain, o cadena de blocs, que minimitza el risc de falsificació de dues maneres. La primera manera és que la tecnologia blockchain crea un registre públic de totes les transaccions de criptomonedes, de manera que cada nova transacció s'afegeix a la cadena de transaccions anteriors i passa a ser pública com la resta. Això permet que qualsevol usuari que rebi un pagament per part d'un altre pugui verificar que realment aquest altre usuari disposa dels fons necessaris per afrontar el pagament, ja que pot comprovar les transaccions que hagi realitzat abans. La segona manera és la mineria, que actua com el sistema de verificació de transaccions i que funciona de forma descentralitzada.

2.1.1. Característiques generals

Com s'ha comentat a l'apartat anterior, les transaccions de criptomonedes entre comprador i venedor són directes i no hi intervé cap intermediari financer. Es paga una petita comissió per al procés de verificació i enviament de l'operació, suposant un cost més reduït que la majoria de transaccions bancàries tradicionals. Aquestes transaccions amb criptomonedes no necessiten ser aprovades, un cop realitzades no hi ha opció de cancel·lar la transferència, són irreversibles.

D'altra banda, ofereixen un elevat grau de confidencialitat en les transaccions, ja que en les transferències l'única cosa que es pot conèixer de cada usuari és la seva "address", sense que aparegui cap dada personal. Una "address" o adreça és una cadena de text que per simplificar-ne l'ús solen representar-se mitjançant un codi QR. Cada codi indica una possible destinació per a un pagament amb criptomonedes, funciona com un número de compte bancari. Normalment, cada criptomoneda té la seva pròpia estructura d'adreces, és a dir, els codis d'adreça d'una criptomoneda no serveixen per a transaccions amb les altres criptomonedes que hi ha.

Una altra de les característiques més importants de les criptomonedes és la seva descentralització, no hi ha cap entitat que les controli o en reguli el funcionament. A diferència de les divises tradicionals, que estan regulades pels bancs centrals, el valor de les criptomonedes ve determinat pel mateix mercat. Aquest fet causa una altra de les peculiaritats fonamentals de les criptomonedes, una gran volatilitat. Hi ha especuladors que busquen benefici a curt termini duent a terme operacions agressives, també hi ha grans inversors que mitjançant moviments de grans quantitats de criptomonedes poden fer variar el valor sense que hi hagi cap explicació lògica a aquesta variació.

Una de les característiques més interessants de les criptomonedes és la seva seguretat i transparència. Això s'aconsegueix gràcies al blockchain o cadena de blocs, un registre format per totes les transaccions que s'han dut a terme. Al següent apartat s'explica amb més profunditat que és i com funciona.

2.2. Blockchain o cadena de blocs

La blockchain o cadena de blocs, és un tipus de xarxa distribuïda que permet desenvolupar tecnologies com les criptomonedes. Aplicada a aquestes, tal tecnologia permet crear un

llibre de comptabilitat distribuït en una xarxa d'ordinadors sense necessitat de comptar amb un servidor o base de dades central. L'actualització i el maneig d'aquest llibre de comptabilitat només es pot fer en consens amb totes les parts que formen la xarxa. Per aquesta raó, el poder de còmput de tots els nodes de la xarxa es fa servir no només per introduir informació, sinó també per protegir-la davant de modificacions no autoritzades. A conseqüència d'això, la blockchain permet assolir nivells de seguretat molt alts en comparació amb altres tecnologies.

Perquè la tecnologia blockchain funcioni cal, en primer lloc, crear un programari específic per a aquesta. Aquest programari permet als ordinadors crear la xarxa que farà funcional la blockchain de forma distribuïda. Tal com passa en el cas del programari de Bitcoin i altres criptomonedes, generalment, aquest programari és de caràcter obert i protegit amb llicències de programari lliure. Això implica que són públics, transparents i poden ser usats, revisats i contribuïts per qualsevol persona.

En no tenir base de dades ni servidor localitzat, a una xarxa de tipus blockchain se li atribueix la característica de ser una xarxa distribuïda. Això significa que la informació està replicada a tots els ordinadors del món que estiguin connectats a la mateixa blockchain. En cas que més del 50% dels ordinadors que formen aquesta xarxa blockchain no siguin de la mateixa persona o empresa, podem dir que la xarxa està descentralitzada, podent afirmar que no té cap centre d'emissió, control o poder.

En resum, una xarxa blockchain és semblant a una base de dades que permet llegir i escriure nous registres, però sense poder modificar res del que hi hagi. Tots els registres que s'hi guarden estan vinculats entre si a través d'enciptació i matemàtiques, fent impossible incloure una cosa que no sigui coherent amb la resta de registres inclosos.

Ara bé, la construcció i el funcionament de la blockchain depenen d'una sèrie d'elements que s'examinen a continuació.

2.2.1. Algoritme d'enciptació

Una funció resum, en anglès hash function, té com a entrada un conjunt d'elements, que solen ser cadenes de caràcters, i els converteix en un rang de sortida finit, normalment cadenes de caràcters de longitud fixa. La idea bàsica de l'element de sortida és que serveixi com a representació compacta de la cadena de l'entrada.

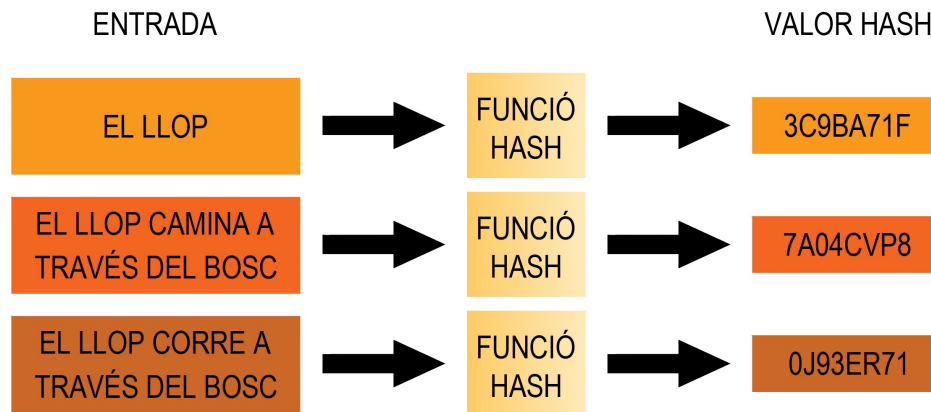


Figura 1. Exemple d'una funció resum en funcionament

Un element d'entrada s'anomena "preimatge" o depenent del context, "clau" o "missatge". Un element de sortida s'anomena "valor hash", "valor resum" o simplement "hash". Cada entrada té una sortida única, per tant, un lleuger canvi en les dades resulta en una sortida significativament diferent. La sortida és pràcticament instantània, no requereix molt temps per ser generada. A més, no es pot generar l'entrada a partir de la sortida i la funció hash.

En una cadena de blocs, qualsevol alteració a les dades d'un bloc provoca el canvi del hash d'aquell bloc i tots els següents, aquest efecte allau serà detectat per la xarxa en veure que els hashes d'aquesta cadena són diferents de la resta i la invalidarà. És per això que les funcions hash tenen un paper molt important en la vinculació dels blocs entre si i també per mantenir la integritat de les dades emmagatzemades dins de cada bloc.

2.2.2. Blocs

En una blockchain d'una criptomoneda, cada bloc serveix com a registre de transaccions confirmades d'aquesta criptomoneda en un cert temps. Per exemple, si es genera un bloc cada deu minuts aproximadament a la blockchain de Bitcoin, el bloc generat contindrà la totalitat de transaccions confirmades de Bitcoin dels deu minuts anteriors.

Cada bloc es compon d'una capçalera on s'inclou el nombre del bloc, el hash del bloc anterior i un codi alfanumèric anomenat "nonce" que serveix de clau a esbrinar perquè el bloc pugui ser generat. D'altra banda, el cos és una col·lecció de les transaccions acceptades. D'aquest conjunt entre la capçalera i el cos en resultarà un hash únic pel bloc, i amb el qual se l'identificarà quan s'afegeixi a la cadena de blocs.

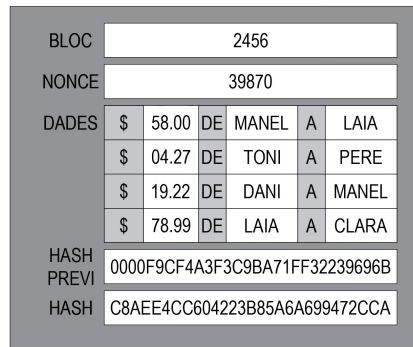


Figura 2. Representació d'un bloc

2.2.3. Nodes

Un node és qualsevol ordinador o dispositiu connectat a la xarxa d'una criptomoneda i que utilitza un programari que emmagatzema i distribueix una còpia actualitzada en temps real de la cadena de blocs. Cada cop que un bloc es genera i s'afegeix a la cadena, es comunica a tots els nodes i aquest s'afegeix a la còpia que cadascú emmagatzema. Tal fet permet comparar entre nodes les còpies de la cadena i invalidar la cadena que conté un o varis hash diferents de la resta de còpies del conjunt de nodes.

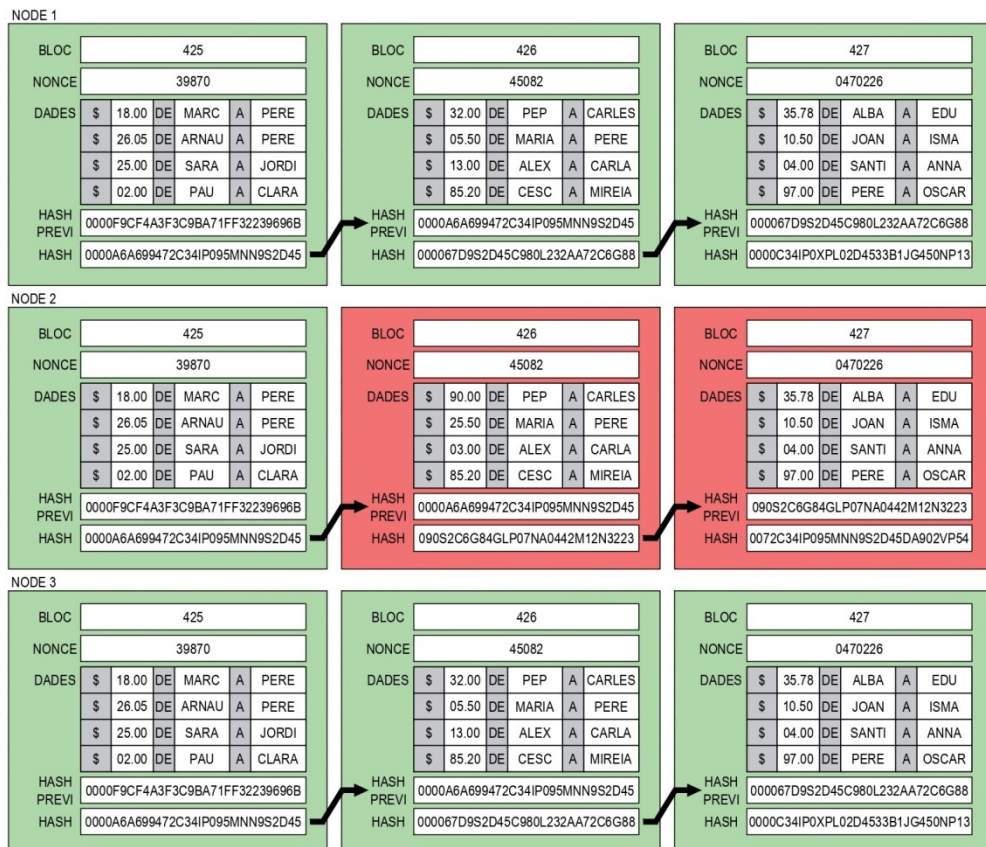


Figura 3. Representació de tres nodes en funcionament

2.2.4. Miners

Els miners són nodes de la xarxa que participen en el procés d'escriptura de dades a la blockchain a canvi d'una recompensa econòmica. La validesa de l'escriptura d'un bloc per part d'un miner és revisada i acordada tàcitament per la resta de participants. El procés que permet assolir un consens amb garanties entre els miners de la blockchain per a l'ordre d'escriptura de blocs és la denominada "Prova de treball" o "Proof-of-work" (PoW). En concret, perquè un bloc sigui acceptat i col·locat en la cadena de blocs, el miner ha de ser el primer a completar una PoW per tal bloc. La PoW consisteix a trobar el paràmetre nonce que aconseguixi que el valor hash del bloc obtingui un valor amb un determinat nombre de zeros a l'inici. A causa de les característiques de la funció hash, no és possible calcular aquests valors analíticament. Per obtenir un bloc vàlid el miner ha d'anar provant valors de nonce fins a trobar-ne un de vàlid. El procés de provar valors és un procés computacionalment costós, per això aquest mecanisme es coneix com a "Prova de treball".

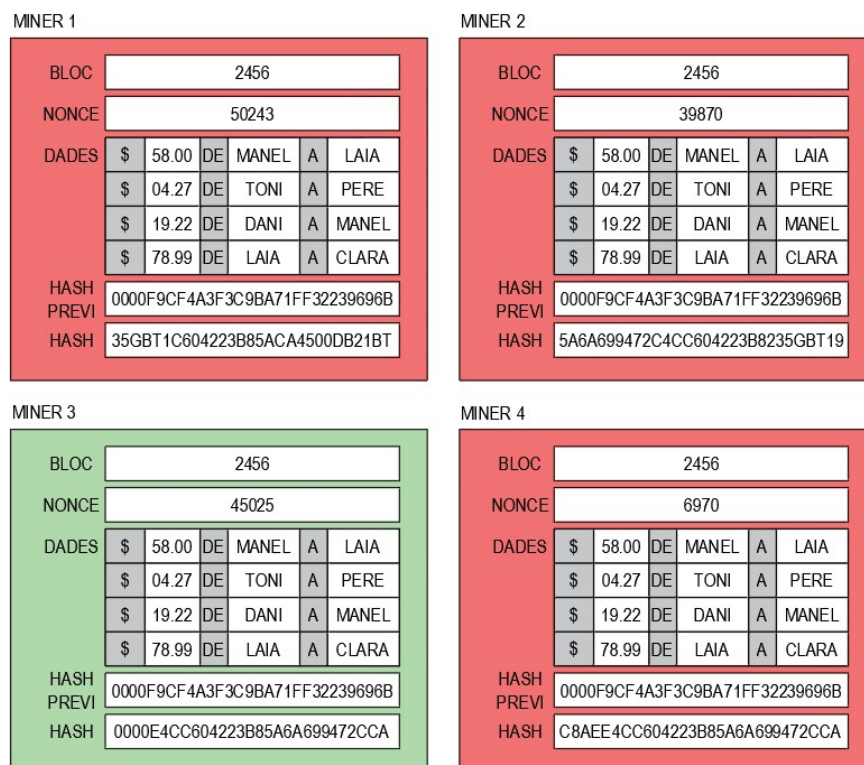


Figura 4. Representació de quatre miners en funcionament

Quant augmenta el nombre de miners en una xarxa també augmenta la probabilitat que un d'ells trobi el nonce per generar el bloc, tal fet provoca que el temps de generació dels blocs disminueixi. Així doncs, és necessari anar regulant la dificultat de la PoW per tal de mantenir

el temps de generació de cada bloc. La dificultat d'aquesta PoW és fàcilment ajustable augmentant el nombre de zeros necessaris per completar la PoW i així incrementar la dificultat o disminuir-la reduint aquest nombre de zeros. En particular, a Bitcoin la dificultat es reajusta cada 2016 blocs, per tal que la creació de nous blocs tingui una freqüència aproximada d'un bloc cada deu minuts.

3. MINERIA DE CRIPTOMONEDES

En l'apartat anterior s'ha descrit breument el procés i l'objectiu de la mineria, en aquest apartat s'aprofundirà sobre el programari i el maquinari que la suporta. Per concloure, es comentaran les equacions amb les quals es calcula el rendiment econòmic dels miners i amb les que treballarà el dispositiu a projectar.

Com s'ha explicat, minar criptomonedes és com es diu el conjunt de processos necessaris per validar i processar les transaccions d'una criptomoneda i rebre una recompensa a canvi. És una activitat fonamental per a qualsevol criptomoneda perquè a través de la mineria es posen en circulació noves monedes i aporta seguretat a la xarxa. Quan els miners reben una sol·licitud de transacció el primer que fan és comprovar dues coses: que el destinatari ha rebut a la cartera digital la quantitat de criptomoneda acordada i si no l'ha gastat ja. Per verificar-ho comproven a la cadena de blocs si és possible dur a terme l'operació. A la cadena apareixen totes les transaccions des de la primera, de manera que es pot comprovar si algú disposa de fons suficients per fer una transacció o pagament. Un cop verificat, el miner afegeix l'operació al bloc de transaccions. Posteriorment, els miners han de competir entre ells per esbrinar el nonce correcte i una vegada resolt, és verificat per la resta dels miners. Només d'aquesta manera el bloc es converteix en part de la cadena.

3.1. Halving

El terme halving prové de l'anglès i la seva traducció ve a ser "dividir per la meitat". Aplicat a la mineria de criptomonedes i amb l'objectiu de frenar-ne l'emissió, el halving és un procés que redueix periòdicament a la meitat les recompenses per generar blocs. En reduir l'emissió a la meitat i si la demanda no varia, la cotització augmenta i es fa més atractiu invertir-hi. Aquesta situació d'augment de la cotització es dona només en una primera fase, després tendeix a baixar quan els inversors comencen a vendre. D'altra banda, en ser un procés periòdic es busca evitar que aquestes baixades esmentades es perpetuïn molt de temps al mercat.



Figura 5. Representació dels tres últims halvings en la gràfica de valor de Bitcoin

Per exemple, els halvings en la mineria de Bitcoin no estan programats per una data exacta sinó per cada 210.000 blocs generats. El primer halving d'aquesta criptomoneda va ser a l'any 2012 i la recompensa es va reduir a 25 BTC. Després, l'any 2016, la recompensa va baixar a 12,5 BTC i es va reduir a 6,25 BTC en el halving més recent de 2020. Per això, s'espera que el proper halving sigui cap a l'any 2024 i que la recompensa baixi fins a 3,125 BTC.

El motiu d'aquests halvings també s'explica en el fet que la quantitat de Bitcoins que pot arribar a existir és finita i està establerta a 21 milions de Bitcoins. Si no hagués existit aquest procés que redueix les recompenses, el procés per assolir els 21 milions establerts hauria durat una mica menys de vuit anys per dur-se a terme. La història d'èxit de Bitcoin probablement no hauria estat la mateixa, ja que no li hauria donat temps a revalorar-se tant perquè fos rendible minar. Quan es completi el darrer halving establirà una recompensa zero o el que és el mateix, els miners només cobraran les comissions per les transaccions que es facin. Això succeirà al bloc 6.930.000 que segons els càlculs serà l'any 2140.

3.2. Pools de mineria

Tots els miners volen ser qui troba el valor nonce, però el que té més probabilitat d'aconseguir-ho és el miner amb més capacitat per anar provant valors nonce en un temps determinat. Així doncs, podria donar-se la situació en què una entitat amb alt poder monopolitzés la mineria. Per contrarestar aquesta possible situació es van crear els anomenats "pools" de mineria. Són llocs on molta gent aporta la seva capacitat de mineria i

cadascú es converteix en inversor dins aquesta associació. Així, petits i no tan petits miners maximitzen les seves probabilitats per obtenir part de les criptomonedes que s'emeten. La recompensa un cop obtinguda es reparteix entre tots els participants de manera proporcional d'acord amb la seva aportació. Els pools de mineria són completament anònims i d'accés gratuït, qualsevol persona pot pertànyer a un d'ells sense importar com sigui de petita la seva aportació. Això sí, normalment existeix una comissió entre un 1 i un 4% del que s'obté individualment que es destina al manteniment de la pool.

3.3. Maquinari de mineria

Durant els anys, els usuaris han anat utilitzant diversos tipus de maquinari per minar a mesura que les tecnologies, tant de maquinari com de programari, s'han anat perfeccionant. El 2007 quan va iniciar la xarxa Bitcoin, la seva mineria era relativament baixa i qualsevol persona amb el seu ordinador podia descarregar el programa de mineria i dedicar-se a minar Bitcoins amb la CPU del seu ordinador personal.

Aviat es va descobrir que les targetes gràfiques eren molt més eficients per a la mineria. L'arquitectura de les targetes gràfiques va permetre augmentar (un parell d'ordres de magnitud) el poder de càlcul fent servir molta menys energia per unitat de treball. D'altra banda, amb l'augment de miners i un consum d'electricitat que es va fer cada vegada més gran, la mineria es va tornar insostenible en 2011 després d'una forta davallada en el preu del Bitcoin. Així es va iniciar l'ús de les targetes FPGA que oferien un rendiment semblant als GPU, però que consumien substancialment menys energia. Aquesta millora va permetre grans instal·lacions de mineria denominades "granges de mineria" que no tardarien a construir-se.

Actualment, el món de la mineria Bitcoin es troba a l'era dels ASICs des del seu desenvolupament el 2013. A diferència d'un CPU, GPU o FPGA, un ASIC no pot ser reutilitzat per fer altres tasques que no sigui minar. La manca de flexibilitat d'un ASIC es compensa pel fet que ofereix un augment de diversos ordres de magnitud en poder de càlcul alhora que redueix el consum d'energia en comparació amb les tecnologies anteriors.

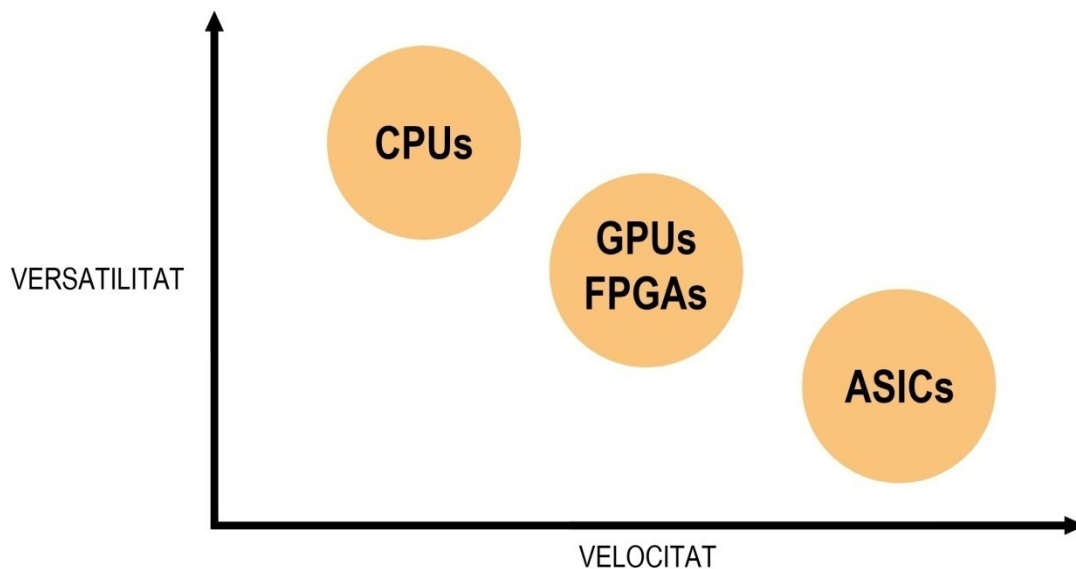


Figura 6. Esquema sobre l'evolució del maquinari de mineria

3.4. Algoritmes de mineria

Els algorismes de mineria són els encarregats de fer possible la mineria de la criptomoneda. Aquests algorismes són les funcions hash que s'utilitzen en les cadenes de blocs i que poden ajustar la dificultat de mineria. En aquest apartat es mostren alguns dels algorismes de mineria més usats en el món de les criptomonedes, mostrant algunes de les seves característiques i potencialitats.

3.4.1. SHA-256

SHA-256 és una de les funcions hash desenvolupades per l'Agència de Seguretat Nacional d'Estats Units i que va començar la seva història com un estàndard d'integritat de dades. Bàsicament, el que fa SHA-256 és prendre una quantitat d'informació determinada i resumir-la en un bloc alfanumèric únic amb 64 caràcters d'extensió que es genera de manera determinista. És per aquest motiu que se'n fa ús extensivament a Internet per protegir documents i altra informació valuosa que es vol mantenir íntegra.

Entre els projectes de criptomonedes que fan servir SHA-256 com algoritme de mineria estan Bitcoin, Bitcoin Cash, Bitcoin SV, Namecoin i Stacks. Hi ha molts altres projectes que utilitzen SHA-256, però la majoria són projectes sense cap innovació i, per tant, de poc valor dins de la comunitat.

3.4.2. ETHASH

Aquesta és la funció hash dissenyada per a la criptomoneda Ethereum i, en principi, dirigida a la mineria amb GPU. Ethash utilitza la funció hash coneguda com a SHA-3 fent ús d'elements criptogràfics altament segurs. Alhora, Ethash està pensat a tenir un ús de memòria intensiu. Ambdues característiques estan dirigides a oferir resistència a la mineria amb ASICs i evitar-ne la centralització. Entre els projectes que fan ús d'aquest algorisme destaquen Ethereum, Ethereum Classic, Musicoin, Expanse, WhaleCoin i diversos projectes derivats d'Ethereum.

3.4.3. Scrypt

Scrypt és una funció hash dissenyada pel desenvolupador de Tarsnap. La funció va ser dissenyada per ser part de tal producte amb la finalitat de crear còpies de seguretat en línia per a usuaris i empreses. Actualment, Tarsnap és un producte conegut per la seva altíssima seguretat i velocitat, cosa en què la funció hash Scrypt hi juga un paper fonamental.

Es pot dir que Scrypt és una funció hash extremadament optimitzada i pensada per processar gran quantitat de dades, oferint garanties criptogràfiques d'integritat i facilitant la recuperació de dades. Entre les principals criptomonedes que usen Scrypt com a funció de mineria estan Litecoin i Dogecoin.

3.4.4. X11

L'algoritme de mineria X11 en realitat no és un algoritme hash, sinó la unió d'onze que són aplicats en sèrie per obtenir el hash final. La idea de la seva creació era afegir una complexitat que evités la creació d'ASICs que centralitzin la mineria. Els desenvolupadors d'ASIC no van trigar gaire a superar aquest repte i començar a oferir ASICs per a X11. En resposta, els desenvolupadors van començar a crear variacions en l'algorisme que evitaven la mineria ASIC fins a una propera actualització del programari, que tornava a col·locar les màquines en funcionament. L'algorisme X11 va ser dissenyat pel creador de la criptomoneda Dash, sent la primera criptomoneda que va utilitzar-lo i l'única de cert valor que l'usa.

3.4.5. Equihash

Equihash es va crear per un grup de recerca anomenat CryptoLux, que també buscaven crear un algorisme hash que oferís resistència a la mineria ASIC. Per aconseguir-ho, la funció Equihash fa que els equips realitzin operacions intensives de memòria que dificulten el càlcul paral·lel, ja que resulta extremadament car crear ASICs amb grans quantitats de memòria d'alta velocitat. Tot i això, actualment ja existeixen ASICs per a Equihash, sent força ineficients energèticament si es comparen amb ASICs que treballen amb altres algorismes. La principal criptomoneda que usa aquest algorisme és Zcash, encara que també és utilitzat per Bitcoin Gold i Komodo.

3.5. Miners ASIC i la seva rendibilitat econòmica

S'ha vist en apartats anteriors que mentre els ASICs són el maquinari més potent per minar, algunes criptomonedes estan expressament dissenyades per oposar resistència a tal tecnologia. En aquest apartat s'explicarà millor aquest fet descrivint les seves principals característiques d'aquests miners. Finalment, es comentaran les equacions que s'utilitzen per calcular els beneficis que generen. Tals equacions permeten obtenir els guanys en temps real, comparar-lo amb els costos i saber cada moment si el miner està treballant en pèrdues.

3.5.1. Característiques

ASIC són les sigles en anglès de "Circuit Integrat per a Aplicacions Específiques", és a dir, un dispositiu que ha sigut dissenyat per un ús en concret. En la mineria de criptomonedes, els miners ASIC estan construïts específicament per oferir el millor rendiment possible per a la criptomoneda destinada. Cada criptomoneda té el seu propi algorisme de hash criptogràfic i els miners ASIC estan dissenyats per minar utilitzant aquest algorisme concret. Els miners ASIC de Bitcoin estan dissenyats per calcular l'algorisme hash SHA-256, mentre que en el cas dels dissenyats per a Litecoin, usen Scrypt.

La seva potència de processament es mesura en unitats de hash per segon, indicant la quantitat d'operacions computacionals que pot realitzar en un temps limitat. Mentre la majoria d'ASICs tenen capacitats de megahashes per segon, els ASICs de Bitcoin ja es parla de gigahash o terahash per segon.

Gràcies a la mineria mitjançant ASICs, les xarxes de les criptomonedes han mantingut una taxa de creixement mai vista i un poder de càlcul cada vegada major. Tal fet té la seva part negativa, ja que aquests equips informàtics tenen molts detractors.



Figura 7. Exemple d'un miner ASIC

Així com les xarxes de criptomonedes han crescut, també s'ha centralitzat la mineria impedit que petits usuaris puguin minar. Com hem vist en apartats anteriors, inclús alguns projectes de criptomonedes es neguen a la centralització que suposen aquests equips i es basen en algorismes resistents a aquests aprofitant els punts més dèbils com la memòria o l'ample de banda.

Un altre dels aspectes més criticats d'aquesta tecnologia és el consum energètic. Aquests equips consumeixen grans quantitats d'energia. A causa d'això generen molta calor i per això necessiten potents sistemes de refrigeració.

Com passa amb les targetes gràfiques, el mercat dels ASICs és reemplaçat al cap de poc temps per models més ràpids i nous. Així mateix, hi ha poques empreses que es dediquin a aquest sector. Amb pocs competidors, els preus són realment alts i són manipulats a plaer segons les circumstàncies.

3.5.2. Rendibilitat econòmica

Quan es tracta de minar criptomonedes el que realment importa és que la recompensa adquirida sigui superior a l'electricitat que gasta. D'aquesta manera s'espera amortitzar el maquinari comprat en un temps raonable. Aquests marges poden estar més ajustats del que

un s'espera, ja que el maquinari és costós i requereix una forta inversió inicial. Tot i que els costos de funcionament són bastant estàtics, els guanys amb monedes no ho són. Això es deu al fet que les variables de la xarxa Bitcoin són dinàmiques i sempre canvien de valor.

Per calcular els guanys dels miners, primer s'ha d'entendre el concepte de dificultat en la mineria, ja que és un paràmetre que s'ajusta regularment segons les condicions de la xarxa. Amb l'equació 1 podem entendre millor el comportament d'aquesta variable.

$$T = \frac{D}{HR_{xarxa}} \quad (\text{Eq. 1})$$

On:

T: Temps per generar un bloc. Cada xarxa d'una criptomoneda té determinat el temps en què hauria de generar-se un bloc. Per exemple, en la xarxa Bitcoin el temps és de 600 segons.

D: Dificultat, representa l'adversitat que imposa la xarxa per poder generar un bloc. Es mesura en unitats de hash, H.

HR_{xarxa}: Taxa de hash de la xarxa o network hash rate, és la unitat de mesura de la potència de processament d'una xarxa de mineria d'una criptomoneda. Indica la quantitat d'operacions computacionals que pot realitzar en un temps limitat. Es mesura en unitats de hash per segon, H/s.

A mesura que la xarxa de mineria d'una criptomoneda creix, consegüentment augmenta la taxa de hash de la xarxa. Tal fet provoca que augmentin les possibilitats que un miner generi un bloc i, per tant, que el temps per trobar-lo disminueixi. Quan la xarxa de la criptomoneda detecta que aquest temps ha disminuït, augmenta la dificultat fins que el temps per generar un bloc torni al valor establert.

El guany dels diners es calcula amb la següent equació, on podem situar el paràmetre de la dificultat dividint tots els altres termes.

$$G = \frac{BR \cdot HR_{miner} \cdot t \cdot V}{D} \quad (\text{Eq. 2})$$

On:

G : Guany generat pel miner durant el temps t , en €.

BR : Block reward o recompensa de bloc. Quantitat d'una criptomoneda que la xarxa lliura en generar-se un bloc. Per exemple, en la xarxa Bitcoin la recompensa actual és de 6,25 BTC.

HR_{miner} : Taxa de hash del miner o miners a analitzar. Indica la quantitat d'operacions computacionals que pot realitzar en un temps limitat. En H/s.

t : Temps d'estudi. És el temps durant el qual volem comptabilitzar el guany del miner. En s.

V : Valor de la criptomoneda. En aquest cas, en €.

D : Dificultat, representa l'adversitat que imposa la xarxa per poder generar un bloc. Es mesura en unitats de hash, h.

El resultat de combinar les dos equacions anteriors és l'equació 3. Gràcies aquesta equació els termes queden ordenats per unitats i es pot comprendre millor com en resulta el guany.

$$G = BR \cdot \frac{HR_{miner}}{HR_{xarxa}} \cdot \frac{t}{T} \cdot V \quad (\text{Eq. 3})$$

On:

G : Guany generat pel miner durant el temps t , en €.

BR : Block reward o recompensa de bloc. Quantitat d'una criptomoneda que la xarxa lliura en generar-se un bloc. Per exemple, en la xarxa Bitcoin la recompensa actual és de 6,25 BTC.

HR_{miner} : Taxa de hash del miner o miners a analitzar el guany. Indica la quantitat d'operacions computacionals que pot realitzar en un temps limitat. En H/s.

HR_{xarxa} : Network hash rate o taxa de hash de la xarxa, és la unitat de mesura de la potència de processament d'una xarxa de mineria d'una criptomoneda. Indica la quantitat d'operacions computacionals que pot realitzar en un temps limitat. En H/s.

t : Temps d'estudi. És el temps durant el qual volem comptabilitzar el guany del miner. En s.

T : Temps per generar un bloc. En s.

V : Valor de la criptomoneda. En aquest cas, en €.

Amb l'equació exposada d'aquesta forma, podem observar com les taxes de hash es divideixen i en resulta la proporció que aporta el miner a la potència de processament de la xarxa. De la mateixa manera, les variables de temps també s'anul·len i en resulta el nombre de blocs que s'han generat durant el temps d'estudi. Així doncs, la recompensa total per trobar un sol bloc es multiplica per tals valors obtenint la quantitat de criptomoneda guanyada pel miner en funció del temps i la taxa de hash aportada per aquest. Finalment, la variable V amb el valor de la criptomoneda ens permet visualitzar millor el guany del miner en euros, dòlars, etc.

D'altra banda, els costos relacionats amb els miners es poden dividir en tres, el primer és l'electricitat que consumeixen i el segon és la comissió de la pool. El tercer cost comptabilitza els costos relacionats per un possible augment de potència contractada.

$$C_{elec.} = P_m \cdot C_{llum} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$C_{pool} = \frac{C_{pool}}{100} \cdot G_h \quad (\text{Eq. 5})$$

$$C_{pot.} = \frac{C_{mes}}{720} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{60} \cdot t \quad (\text{Eq. 6})$$

$$C_h = C_{elec.} + C_{pool} + C_{pot.} \quad (\text{Eq. 7})$$

On:

C_{elec} : Cost elèctric del miner en una hora, en €.

C_{pool} : Cost de la pool en una hora, en €.

C_{pot} : Cost per augment de potència en una hora, en €.

C_h : Cost total del miner en una hora, en €.

P_m : Potència de consum del miner, en kW.

C_{illum} : Preu de la potència consumida segons la tarifa elèctrica contractada, en €/kWh.

c_{pool} : Percentatge de comissió de la pool adscrita, en %.

G_h : Guany del miner en una hora, en €.

c_{mes} : Diferència de preu en el terme de potència si aquest s'ha hagut d'augmentar, en €.

Un cop es coneixen les equacions per comptabilitzar els guanys i els costos dels miners en temps real, la següent equació mostra el càlcul del marge de benefici. Tal marge indica el rendiment econòmic del miner, és a dir, com transforma els ingressos en guanys.

$$B = \frac{G_h - C_h}{G_h} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

On:

B : Marge de benefici del miner, en %.

G_h : Guanys generats pel miner en una hora, en €.

C_h : Costos associats al miner en una hora, en €.

4. ESTRATÈGIES D'OPTIMITZACIÓ D'EXCEDENTS EN INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES

En instal·lacions residencials, una situació molt habitual en dies feiners és que el consum elèctric en hores de sol sigui inferior a la producció de la instal·lació fotovoltaica. Normalment, les comercialitzadores s'aprofiten d'aquesta situació i acaben convencent als usuaris per abocar l'energia excedentària a la xarxa de distribució a canvi d'una compensació.

Si és cert que pot suposar una rebaixa en la factura elèctrica, els excedents que s'injecten a la xarxa són molt menys valorats que l'energia que es consumeix d'ella. Altrament, el descompte que suposa la compensació d'excedents no es pot acumular i utilitzar-lo en següents factures. Si s'arriba el límit del descompte, cost zero en consum, la resta d'energia aportada no és abonada quedant com a benefici exclusiu de la comercialitzadora.

Així doncs, podem deduir que la compensació d'excedents no és la millor opció per gestionar-los si es vol aconseguir uns alts nivells d'independència energètica i una reducció dels períodes de retorn de la inversió.

En aquest apartat, es tractaran diferents estratègies que es poden implementar per tal de no malgastar els excedents, i d'aquesta manera, permetre el màxim rendiment a la nostra instal·lació d'autoconsum. Des de la forma més bàsica que consisteix a tractar de desviar els consums elèctrics a aquelles franges horàries on tenim producció fotovoltaica, passant per l'acoblament de bateries i finalment, la implementació d'elements de gestió d'excedents.

4.1. Fonaments

Superposant en una gràfica, com la de la figura 8, les corbes de producció d'un sistema fotovoltaic i de consum elèctric es pot observar que hi ha un desacoblament profund. Això passa sobretot en l'àmbit residencial. És en els períodes de matinada i nit en què l'habitatge sol subministrar-se de la xarxa, ja que la producció per part de la instal·lació fotovoltaica es produeix principalment durant el migdia. En aquesta franja horària es tindrà un excedent que en la majoria de casos s'acaba abocant a la xarxa. Per pal·liar aquest efecte es poden dur a terme algunes estratègies que s'expliquen als següents apartats. Com que no es pot desplaçar la corba de producció per raons òbvies, tals estratègies s'enfoquen sobre els hàbits i la instal·lació de consum.

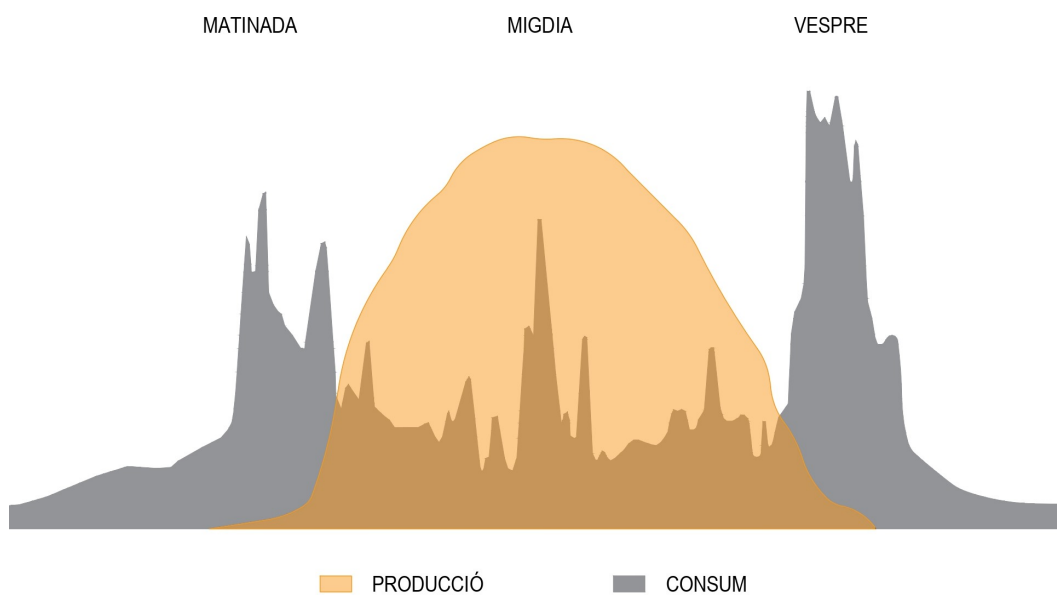


Figura 8. Corbes de producció d'un sistema fotovoltaic i de consum elèctric

4.1.1. Adequar la demanda a la producció

Com s'ha esmentat, l'optimització passaria, per la modificació dels hàbits de consum. Això es pot efectuar de forma manual, és a dir, posant en marxa aparells de consum elèctric (rentadora, assecadora...) quan es vegi que es disposa d'excendent, o bé, amb l'ajuda de dispositius que realitzin aquesta funció de forma automàtica i òptima per nosaltres.

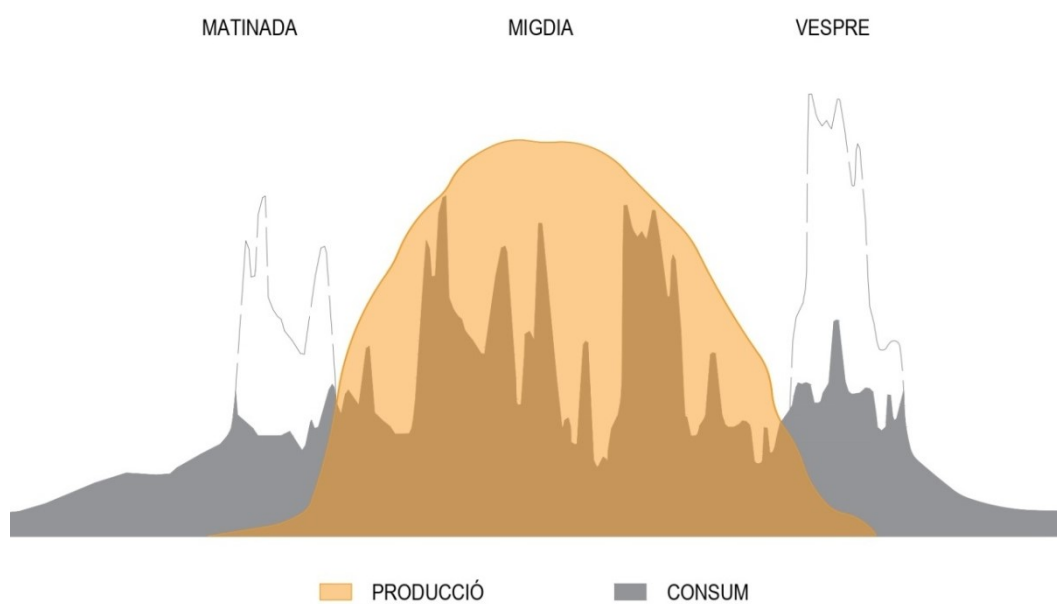


Figura 9. Corbes de producció i consum adequat la demanda a la producció

4.1.2. Emmagatzematge de la producció

L'altra manera d'optimitzar els excedents implica guardar o emmagatzemar aquests excedents i utilitzar-los quan sigui necessari. En aquest cas, s'ha de fer ús de bateries químiques com a element d'aquest emmagatzematge. Amb les bateries solars es maximitza l'ús de l'electricitat generada pel sistema fotovoltaic, però també cal tenir en compte que els avantatges depenen del tipus de sistema fotovoltaic instal·lat, tant si està connectat a la xarxa elèctrica com si no.

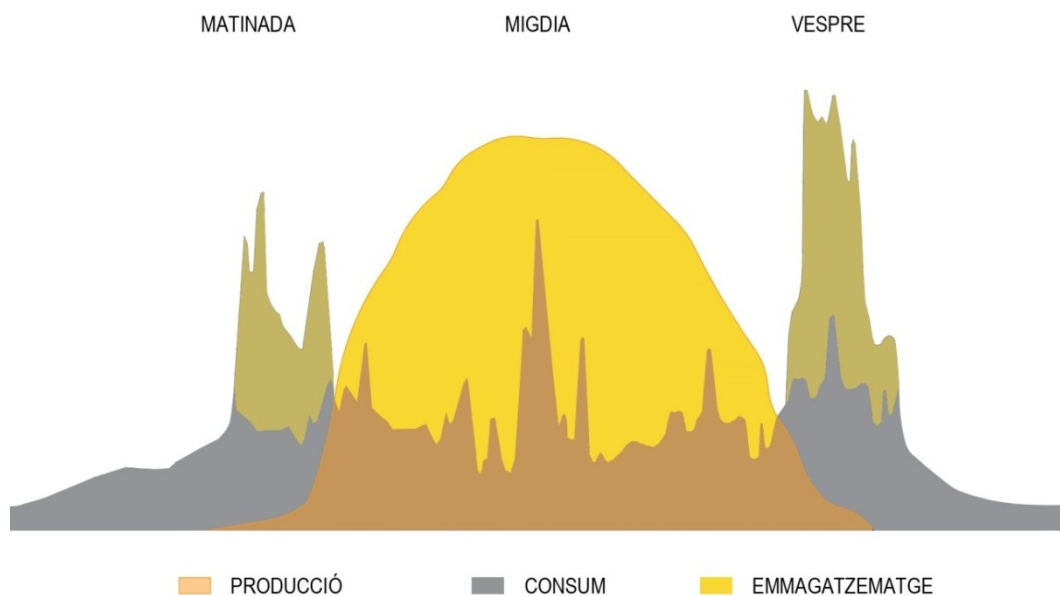


Figura 10. Corbes de producció i consum emmagatzemant l'excedent

4.1.3. Augmentar la demanda en hores de producció

L'última opció consisteix en la instal·lació d'uns dispositius que detecten l'excedent d'energia que es pot estar abocant a la xarxa per part de la instal·lació fotovoltaica i són capaços de redirigir-lo automàticament a una càrrega elèctrica. Amb aquests dispositius es poden activar càrregues tan variades com sistemes d'aerotèrmia, la depuradora de la piscina, termos, carregadors de cotxes elèctrics, etc. D'aquesta manera, és possible apropar al màxim la corba de consum a la de producció, aconseguint un funcionament òptim de la instal·lació solar.

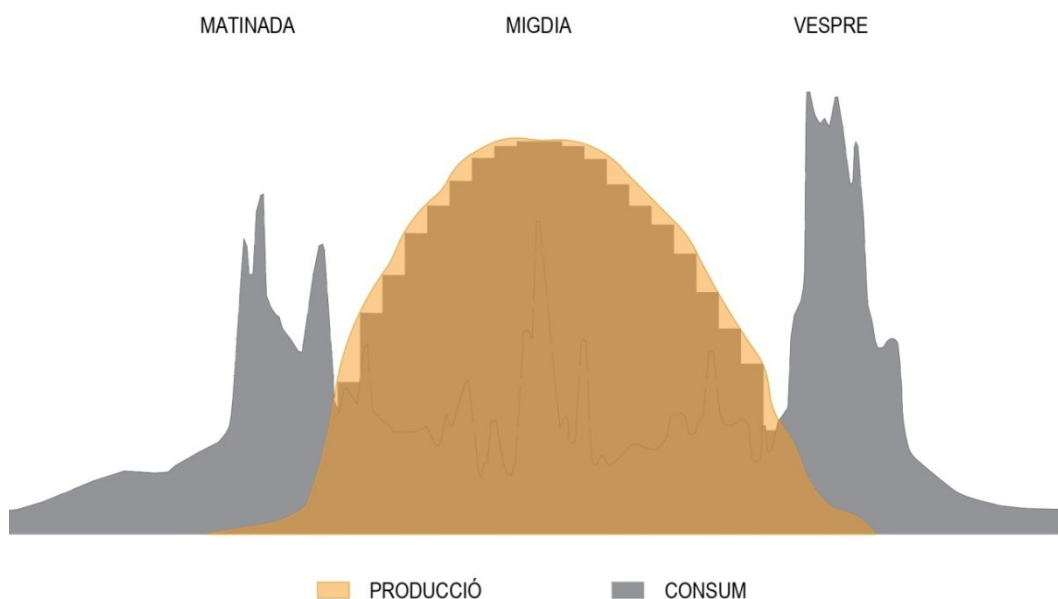


Figura 11. Corbes de producció i consum augmentant la demanda en hores de producció

4.2. Bateries

Les bateries són els elements que emmagatzemen energia que es genera al sistema solar fotovoltaic per utilitzar-la durant la nit, o com a suplement en els moments en què la producció no es pot igualar. Amb la quantitat suficient es pot arribar a ser autosuficient i no dependre de la xarxa elèctrica. Les bateries per a plaques solars es divideixen en diferents tipus segons la tecnologia interna que emprin i segons la potència. Per poder escollir la millor bateria per a una instal·lació concreta, el millor és realitzar un bon estudi i així comprovar quina s'adapta millor.

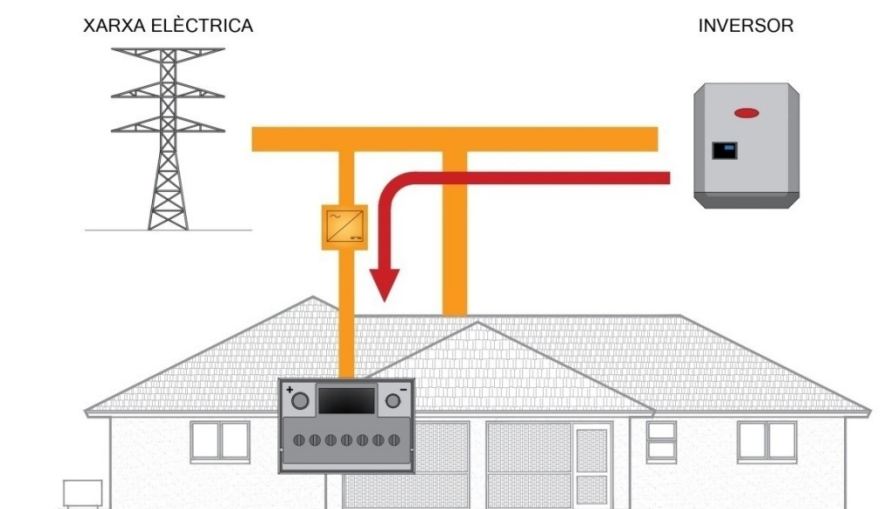


Figura 12. Representació de l'emmagatzematge d'excedents en bateries

Potser la principal raó per la qual pocs trien instal·lar bateries solars als seus sistemes fotovoltaics és el seu alt cost. Atès que la tecnologia de les bateries solars està encara en ple desenvolupament, per garantir una major capacitat d'emmagatzematge i més fiabilitat, aquestes continuen sent cares i poden costar tant com el mateix sistema fotovoltaic.

La instal·lació d'un sistema de bateries augmenta la complexitat del sistema solar fotovoltaic. Això vol dir que més coses poden fallar i, per tant, és crucial que durant la fase d'instal·lació el sistema de bateries estigui correctament dimensionat, igual que les altres instal·lacions (cables, interruptors, dispositius, etc.).

Els panells solars fotovoltaics són fàcils de mantenir, però si s'hi afegeix un sistema de bateries, el manteniment de tot el sistema augmenta. No obstant això, aquest manteniment depèn directament del tipus de bateries instal·lades. Els productes químics de les bateries són perillosos i corrosius, per la qual cosa cal anar amb compte en realitzar el manteniment.

La vida útil d'una bateria dependrà del tipus de bateria que s'utilitzi i de la capacitat de descàrrega. Les bateries de plom-àcid només poden ser descarregades fins a un 50% de la seva capacitat, més que això, es redueix la vida útil d'aquestes. D'altra banda, les bateries de ions de liti es poden descarregar fins a un 80%. També cal tenir en compte que durant la vida útil del sistema solar fotovoltaic, entre 20 i 25 anys, segurament s'hauran de substituir les bateries almenys una vegada.

4.3. Derivadors d'excedent

Com s'ha comentat en apartats anteriors, els derivadors d'excedent són dispositius que detecten a temps real l'excedent d'energia que s'aboca a la xarxa i el redirigeixen a una càrrega elèctrica. Com que els excedents de producció són variables per múltiples factors, el procés de mesura d'excedent i la derivació posterior es realitzen cíclicament i de forma contínua en el temps, obtenint així un ajust coordinat entre l'excedent i la potència derivada.

Normalment, el sistema consta de dos elements, un sensor o mòdul de mesura i un mòdul de control. El primer s'instal·la entre el comptador de companyia i el quadre general perquè sigui capaç de determinar si l'habitatge està consumint o exportant energia i en quina quantitat. El mòdul de control, que rep la informació del mòdul de mesurament, és capaç d'activar determinades càrregues elèctriques per aprofitar l'excedent. Una altra manera de

mesurar l'excendent sense un mesurador de potència seria obtenint les dades a través d'un l'inversor o una altra font de dades compatible.

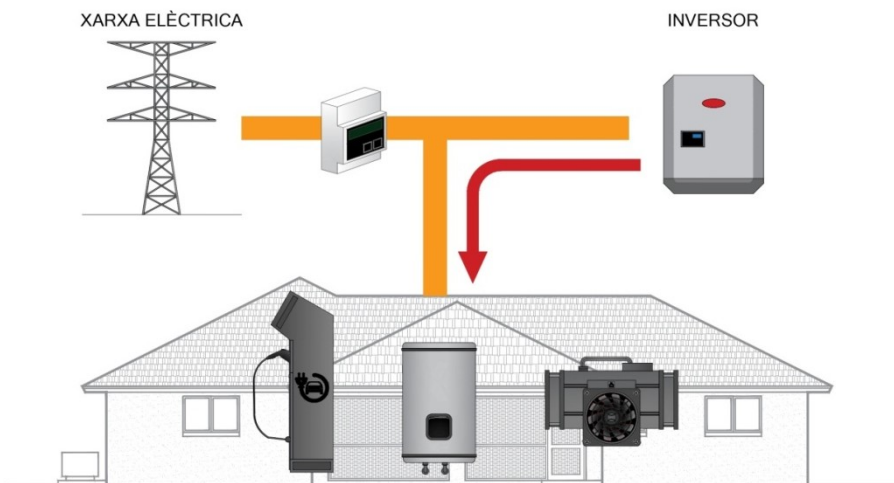


Figura 12. Representació de l'aprofitament d'excidents amb derivadors d'excidents

4.3.1. Derivadors d'excident per carregadors de vehicles elèctrics

Actualment el mercat disposa de wallboxes, punts de recàrrega de paret, que poden equipar un sistema de monitoratge de la generació fotovoltaica per aprofitar tot l'excident en la càrrega del vehicle. Aquests carregadors analitzen excidents que superin els cinc o sis amperes que admet com a mínim el vehicle per a la seva càrrega, evitant que aquesta s'efectuï amb energia de la xarxa elèctrica. A més, són compatibles amb tots els inversors del mercat, ja que no necessiten cap comunicació amb l'inversor. Normalment, funcionen amb dos sensors de consum, un per mesurar el consum de l'habitatge i un altre per mesurar el corrent de sortida de l'inversor, és a dir, el que genera la instal·lació solar.

Aquests carregadors amb control solar poden treballar amb injecció zero o amb abocaments a la xarxa elèctrica. També es pot configurar l'inici i parada de la càrrega en funció de la generació solar, permetent per exemple, que comenci tal càrrega a l'alba i que es pari al capvespre. Quan és necessària la càrrega des de la xarxa, a la nit per exemple, polsant un botó s'inicia la càrrega a màxima potència sense tenir en compte la generació solar.

4.3.2. Derivadors d'excedent per dispositius tèrmics

El més habitual és utilitzar derivadors d'excedent per activar una resistència elèctrica en un acumulador d'aigua calenta sanitària. Suposa una instal·lació ràpida i menys costosa respecte a una instal·lació de panells solars tèrmics. És menys complexa i requereix menys elements per al funcionament. Sense tubs ni bombes de recirculació, únicament es deriva l'energia emprant cable elèctric de 4 o 6 mm entre els mòduls i l'acumulador. Tampoc hi ha risc de gelada, caigudes de pressió ni necessitat d'afegir additiu a l'aigua de recirculació, ja que només s'ha de connectar hidràulicament l'aigua freda i l'aigua calenta a l'acumulador.

El realment interessant d'aquest sistema és el fet que automàticament va modulant l'energia que envia a la resistència elèctrica en funció de l'excedent. És a dir, no activa una sortida de tipus relé en complir-se un determinat nivell d'excedent. A més, aquests derivadors poden rebre senyals d'un termòstat o una sonda de temperatura i així evitar escalfar l'aigua en excés. El mostreig que efectua el derivador es realitza cada pocs segons, cosa que possibilita un ajustament precís. A més, alguns models permeten gestionar dues sortides independents.

També són aconsellables per instal·lar-los juntament amb sistemes d'aerotèrmia, ja que aquests equips gairebé sempre van acompanyats d'un acumulador d'ACS. En tals dipòsits és possible col·locar-hi una resistència gestionada per aquest tipus de derivadors. Aprofitar els excedents d'aquesta manera provoca que el compressor de l'aerotèrmia entri en funcionament un nombre menor de vegades, el que allargarà la seva vida útil.

4.3.3. Derivadors d'excedent per ASICs de criptomonedes

Un cop sabent com funcionen els miners ASIC i com calcular el seu benefici a temps real, es podria dissenyar un derivador d'excedents que controlés l'alimentació d'aquests. Funcionaria amb un sensor de corrent instal·lat entre el comptador de companyia i el quadre general per determinar quina quantitat d'energia s'està exportant a la xarxa elèctrica. Si l'energia exportada fós suficient per alimentar un miner ASIC, aquest es connectaria a la instal·lació elèctrica domèstica a través d'un contactor controlat pel derivador. El procés de mesura d'excedent s'hauria de realitzar cíclicament per tal d'anar activant o desactivant l'alimentació dels ASICs en funció de la producció solar sobrant.

El mòdul de control, que rebria la informació del sensor de corrent, controlaria l'alimentació dels miners ASIC a través d'un mòdul de quatre relés que controlen un contactor cada un. Tal dispositiu, alimentat amb un adaptador AC/DC, preferiblement hauria de disposar d'un component que permeti connectivitat Wifi per tal de comunicar-se amb una interfície d'usuari. D'aquesta manera l'usuari podria introduir les dades necessàries del sistema de mineria al mateix temps que visualitza dades sobre l'excedent i el guany dels miners.

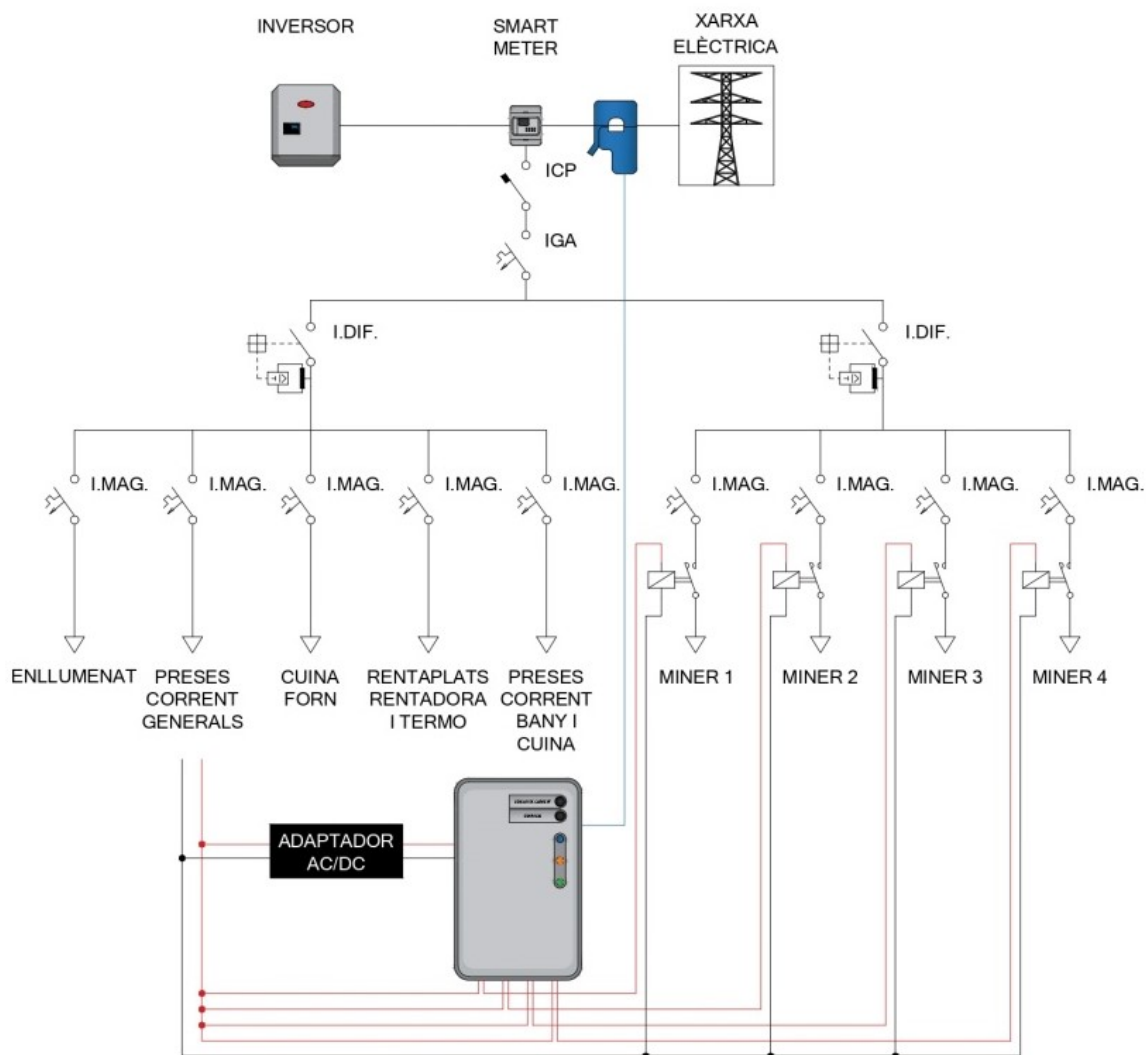


Figura 13. Esquema d'un derivador d'excedent per ASICs de criptomonedes

5. PLACA ELECTRÒNICA

Tal com s'indica als objectius del projecte, part del treball consisteix a desenvolupar una placa electrònica encarregada de monitorar el marge de benefici dels miners i evitar que treballin amb pèrdues. Mitjançant contactors l'integrat podrà controlar l'alimentació d'aquests miners mentre va obtenint informació actualitzada de la criptomoneda que s'està minant. D'altra banda, la placa disposarà d'un connector jack femella per connectar-hi un adaptador de 230 V en corrent altern a 5 V en corrent continu, d'aquesta manera es podrà alimentar tots els dispositius de la placa electrònica així com el mòdul de relés.

Es vol que el monitoratge sigui configurable pel client, per aquest motiu s'ha optat per dotar la placa d'un component de comunicació Wifi i així interactuar amb una interfície d'usuari en un programa de Labview. Gràcies a això, l'usuari podrà aportar informació necessària sobre la tarifa elèctrica, el sistema de mineria, etc.

La placa també pot funcionar com un derivador d'excedent per miners, ja que disposa de dos pulsadors per seleccionar el mode en què es vol obtenir l'excedent, mesurat amb el sensor de consum o simulat a través del Labview. Així doncs, en funció del marge de benefici o de l'excedent solar, la placa electrònica controlarà un mòdul amb quatre relés que actuarà d'interruptor pels miners connectats.

5.1. Convertidor analògic-digital

L'ADS1115 és un convertidor analògic-digital de 16 bits que passa senyals analògics de voltatge a senyals digitals que es poden tractar per programari. Utilitzant aquest convertidor es guanya en precisió i qualitat de conversió, a més d'estalviar operacions al processador.

Provinent del sensor de consum, cada voltatge d'entrada al convertidor es connecta a un pin analògic en mode diferencial per mesurar tensions positives i negatives. La comunicació entre el convertidor analògic-digital i el microprocessador es realitza a través de dos pins (SCL i SDA) amb el protocol I2C. Algunes característiques de l'ADS1115 venen donades a la Taula 1.

Característica	Valor	Unitat
Voltatge d'operació	2 - 5,5	V
Consum de corrent	150	uA
Velocitat de mostreig programable	8 - 860	Hz
Resolució	16	bit
Canals	4	-
Interfície de comunicació	I2C	-

Taula 1. Característiques del convertidor ADS1115

Amb la informació que es lliura al datasheet es troba la resolució i les variacions mínimes de voltatge que podem capturar. Ho comprovem amb l'equació 9.

$$Count = \frac{2^n - 1}{V_{ref}} \cdot V_{out} \quad (\text{Eq. 9})$$

On:

Count: Divisió en què es transforma la variació mínima del senyal analògic que el convertidor pot capturar. En aquest cas, cada divisió representa 0,062 mV.

n: Resolució del convertidor analògic-digital, en bits. En aquest cas, 15 bits.

V_{ref}: Tensió de referència del convertidor analògic-digital, en V. En aquest cas, 2,048 V.

V_{out}: Tensió d'entrada al convertidor analògic-digital, en V.

Si s'utilitza el sensor SCT-013 amb una relació de 100A/1V, cada divisió representa 6,25 mA mesurats. Així mateix, s'obté una precisió de 1,438 W amb un voltatge de 230 V. Seguidament es mostren les equacions emprades per obtenir el consum i el corrent en funció de les divisions del senyal digital provinent del convertidor.

$$I = \frac{Count \cdot \frac{2^n - 1}{V_{ref}} \cdot F}{1000} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$I_m = \sqrt{\frac{\sum(I^2)}{N}} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$P = V \cdot I_m \quad (\text{Eq. 12})$$

On:

I : Intensitat mesurada en temps real pel sensor, en A.

I_m : Intensitat mitjana obtinguda pel dispositiu en un segon, en A.

P : Potència que circula pel cable on està instal·lat el sensor de consum, en W.

Count: Divisió en què es transforma la variació mínima del senyal analògic que el convertidor pot capturar. En aquest cas, cada divisió representa 0,062 mV.

n : Resolució del convertidor analògic-digital, en bits. En aquest cas, 15 bits.

V_{ref} : Tensió de referència del convertidor analògic-digital, en V. En aquest cas, 2,048 V.

F : Factor de conversió del voltatge segons el tipus de sensor. En aquest cas, 100 A.

N : Nombre de mostres de corrent mesurades en un segon.

V : Voltatge del cable on està instal·lat el sensor de consum, en V.

El circuit del convertidor ADS1115 és l'indicat a la figura 14.

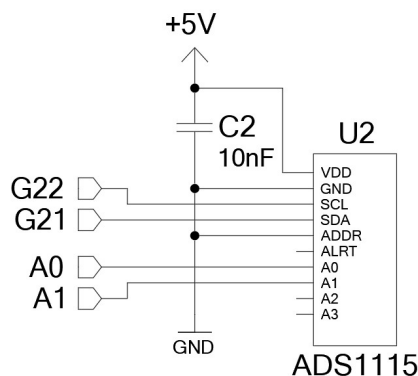


Figura 14. Circuit del convertidor analògic-digital

5.2. Comunicació

L'ESP32 és un SoC (System on Chip) integrat en un únic xip amb un processador TensilicaXtensa de doble nucli de 32 bits a 160 MHz, connectivitat Wifi i Bluetooth. Pot funcionar com un sistema completament independent o com a dispositiu esclau a una MCU amfitrió. Aquest processador pot interactuar amb altres sistemes per proporcionar funcionalitats Wifi i Bluetooth a través de les seves interfícies SPI/SDIO o I2C/UART. Algunes característiques importants sobre la comunicació Wifi de l'ESP32 venen donades a la taula 2.

Característica	Valor
Protocol	802.11n
Certificació	FCC / CE / IC / TELEC
Rang de freqüència	2.4 - 2.5 GHz
Modes	Station / SoftAP / SoftAP+Station / P2P
Seguretat	WPA / WPA2 / WPA2-Enterprise / WPS
Protocols Network	TCP / UDP / HTTP / FTP / MQTT

Taula 2. Característiques Wifi de l'integrat de comunicació ESP-32

5.3. Circuit imprès

S'ha dissenyat una PCB a doble cara que conté i alimenta tots els dispositius de comunicació i d'instrumentació. S'ha perseguit un disseny que s'adapta a la caixa plàstica sense complicacions i de manera que els dispositius puguin treballar sense interferir-se.

D'una banda, les pistes d'alimentació s'han fet més gruixudes que les pistes amb senyals digitals o analògics. La separació de cada pista amb la resta és suficient per evitar l'arc elèctric. D'altra banda, la totalitat dels components són THT ja que la superfície de la placa ho permet. Així doncs, les dimensions de la placa són 73 x 70 cm amb una superfície de 5.110 cm².

La vista superior de la placa és mostra en la figura 15.

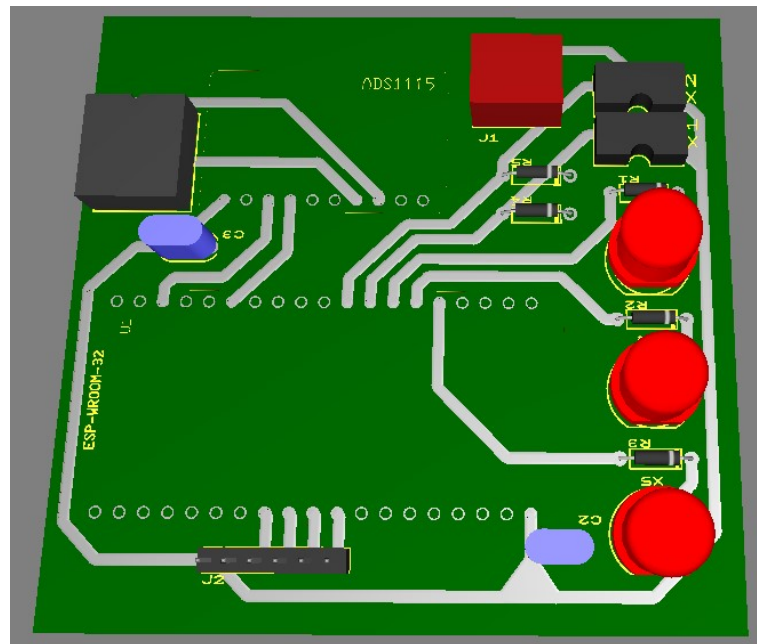


Figura 15. Vista 3D de la cara superior de la placa

Es pot observar com els integrats tenen un condensador bastant proper. Aquests actuen com a condensadors de desacoblament per assegurar la correcta entrada de corrent i així, el bon funcionament.

Pel que fa a la cara inferior, aquesta es mostra a la figura 16.

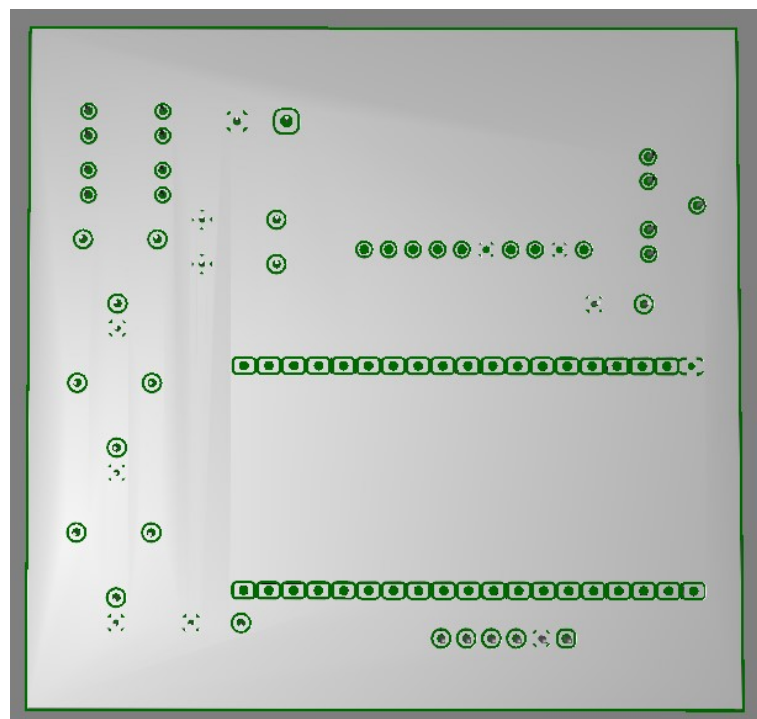


Figura 16. Vista de la cara inferior de la placa

6. PROGRAMA

S'ha desenvolupat un programa per controlar un mòdul de relés alhora que envia i rep dades del Labview. Simultàniament, el dispositiu haurà de mesurar l'excedent i demanar informació a les APIs quan sigui necessari. El programa s'ha dissenyat amb sistema Freertos per executar múltiples tasques al mateix temps i així no desatendre el control dels relés ni la mesura d'excedent. Això és possible gràcies al sistema Freertos que és capaç de dividir les tasques en unitats més petites per intercalar-les. Així doncs, si es té una tasca de 200 ms i una altra de 50 ms, aquestes es van executant simultàniament sense que la de 200 ms endarrereixi la de 50 ms. A més, en els microcontroladors amb més d'un nucli com l'ESP32, s'encarrega de distribuir les tasques entre els diferents nuclis permetent accelerar-les. Això és útil si s'utilitza amb precaució, ja que l'ESP32 utilitza el nucli 0 per a les tasques bàsiques com el Wifi, Bluetooth. Aquestes tasques són crítiques i poden donar lloc a que el microcontrolador es reiniciï si s'interrompen. És per això que és millor posar les tasques al nucli 1.

En la següent figura es mostren els bucles en què es divideix el programa. Tals bucles es van executant al mateix temps i es van intercanviant informació en forma de variables. En els següents apartats s'explicarà amb profunditat cada un d'ells.

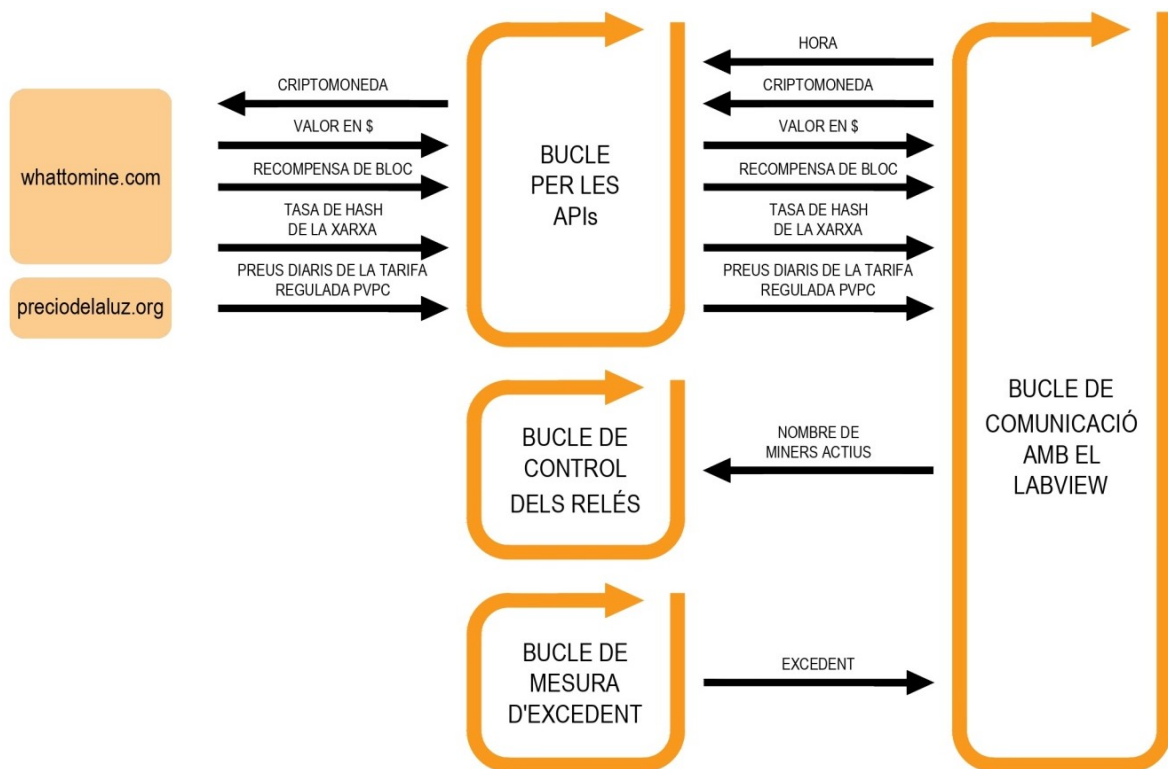


Figura 17. Esquema dels bucles del programa del dispositiu

6.1. Bucle de comunicació amb Labview

El primer bucle dissenyat és l'encarregat d'interactuar amb el programa de Labview per tal d'enviar i rebre les dades que tant el programa com el dispositiu necessiten. També s'encarrega de separar el text rebut i col·locar els valors de cada dada en variables vàlides. Es podria dir que tal bucle controla els dos següents, ja que sense aquest, el segon bucle no sabria de quina criptomoneda buscar les dades en l'API i el tercer bucle deixaria els relés sempre inactius. L'organigrama de la figura 17 mostra el funcionament del present bucle d'una forma simplificada.

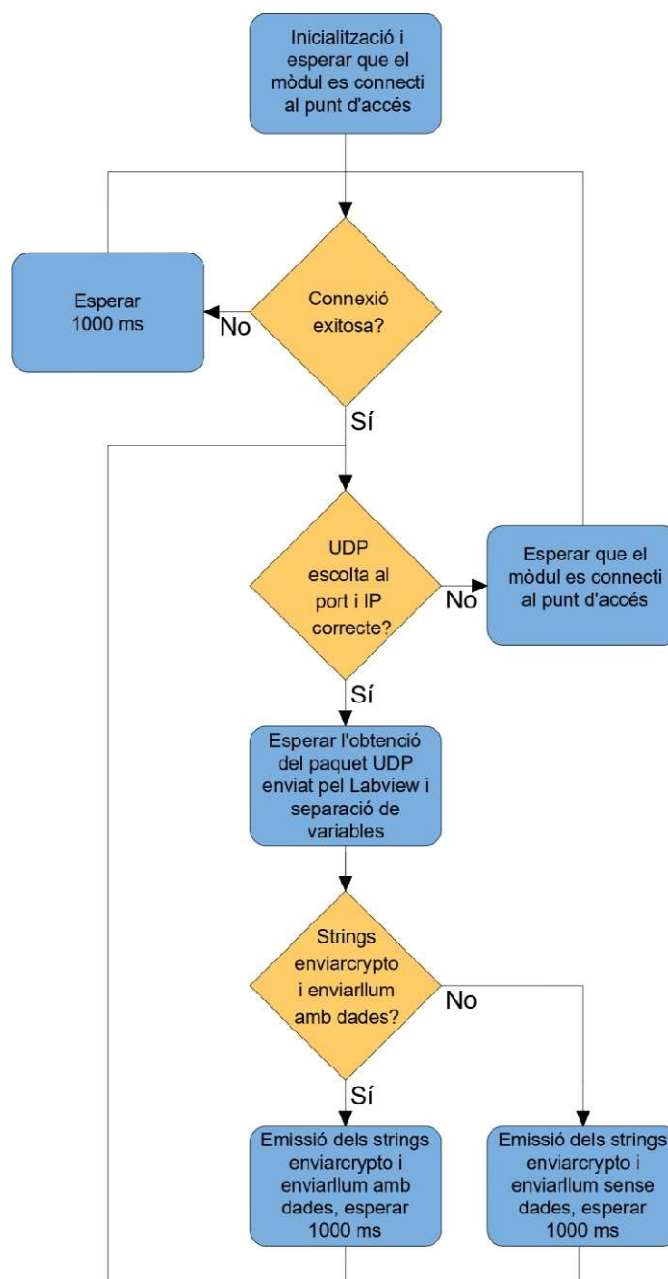


Figura 18. Organigrama del bucle de comunicació amb Labview

En iniciar-se el bucle es configura l'ESP32 perquè funcioni com a mode STA (station) per connectar-lo mitjançant un punt d'accés a una xarxa Wifi. Espera que el mòdul es connecti al punt d'accés i si la connexió no és exitosa, espera un segon i ho torna a provar. Una vegada la connexió és exitosa, el programa comprova si el protocol UDP està escoltant el port correcte, és a dir, el port on el Labview està enviant dades.

El bucle resta escoltant fins a l'obtenció del paquet UDP enviat pel programa del Labview. La variable testString obté el missatge tramés que sempre té la mateixa estructura: ".X, N, HH". El primer caràcter és el nombre identificatiu de la criptomoneda a minar i és guardat a la variable "crypto". El caràcter entre comes es guarda en valor enter a la variable "on" i pertany al nombre de miners a funcionar. Finalment, els dos últims caràcters corresponen a l'hora del dia i es desen a la variable "hour" de valor enter.

Posteriorment, s'enviarà un datagrama UDP amb les variables necessàries pel programa de Labview. Aquest missatge sempre té la mateixa estructura i és format per la suma de dos variables string, "enviarcrypto" i "enviarllum". Dintre de tals variables es troben varies dades que les APIs han lliurat i s'han guardat en variables enteres. El missatge s'envia igualment amb les variables a zero en el cas en què no s'hagi produït cap comunicació amb les APIs.

6.2. Bucle de comunicació amb APIs

El segon bucle s'encarrega de comunicar-se amb les APIs per tal de rebre la informació necessària quan el dispositiu la requereixi. Com que les tarifes elèctriques indexades al mercat s'actualitzen diàriament, s'ha considerat que només es necessita consultar tal informació un cop al dia. En canvi, el valor tan volàtil de les criptomonedes provoca que les consultes siguin molt més seguides. Altrament, en alimentar el dispositiu després de trobar-se desconnectat, també es requeriran les consultes a les APIs per tal d'actualitzar les variables necessàries.

L'API de la web "Preciodelaluz" retorna, en forma de text, els preus de cada hora de les tarifes indexades al mercat de la llum. Per tal de saber el consum dels miners amb tals tarifes el dispositiu només necessita les dades del preu en €/MWh. Un cop rebut el text de l'API, el present bucle separa el valor del preu de cada hora i els adequa per ser enviats en una variable string cap al programa de Labview. En la figura 18 podem veure un tros de text lliurat per l'API amb les dades que es necessiten ressaltades.

```

{
  "00-01":{
    "date":"06-08-2022",
    "hour":"00-01",
    "is-cheap":false,
    "is-under-avg":false,
    "market":"PVPC",
    "price":305.19,
    "units":"\u20ac/Mwh"
  },
  "01-02":{
    "date":"06-08-2022",
    "hour":"01-02",
    "is-cheap":false,
    "is-under-avg":true,
    "market":"PVPC",
    "price":293.06,
    "units":"\u20ac/Mwh"
  },
}

```

Figura 19. Exemple de text lliurat per l'API de preciodelaluz.com

L'API de la web "Wattomine" retorna, en forma de text, informació sobre la criptomoneda que se li introdueix a la ruta de la web. Per tal de calcular el benefici dels miners amb una certa criptomoneda, el dispositiu busca les següents dades sobre aquesta: el valor en dòlars d'una sola unitat, la recompensa per un bloc minat i la taxa de hash de la seva xarxa. Un com rebut el text de l'API, el present bucle separa les dades mencionades i les adequa per ser enviades en un string cap al programa de Labview. En la figura 19 podem veure un tros de text lliurat per l'API amb les dades que es necessiten ressaltades.

```

{
  "id":1,
  "name":"Bitcoin",
  "tag":"BTC",
  "algorithm":"SHA-256",
  "block_time":"556.0",
  "block_reward":6.319969788571428,
  "block_reward24":6.3659705691406225,
  "block_reward3":6.379840891394757,
  "block_reward7":6.364658540553298,
  "last_block":748265,
  "difficulty":28174668481289.0,
  "difficulty24":28174668481289.0,
  "difficulty3":28048404058845.766,
  "difficulty7":27845069144781.33,
  "nethash":217642589393485971223,
  "exchange_rate":23155.57,
  "exchange_rate24":23154.56791130184,
  "exchange_rate3":23041.556516730245,
  "exchange_rate7":23198.147708529665,
  "exchange_rate_vol":96425.70277,
  "exchange_rate_curr":"BTC",
  "market_cap":$442,595,842,846",
  "pool_fee":"0.000000",
  "estimated_rewards":"0.000316",
  "btc_revenue":"0.00031587",
  "revenue":$7.31",
  "cost":$6.72",
  "profit":$0.59",
  "status":"Active",
  "lagging":false,
  "testing":false,
  "listed":true,
  "timestamp":1659806310
}

```

Figura 20. Exemple de text lliurat per l'API de Whattomine.com

La ruta del servidor de la primera API no varia durant l'execució del programa i és la següent: "https://api.preciodelaluz.org/v1/prices/all?zone=PCB". L'extensió "/v1/prices/all?zone=PCB" declara que es vol obtenir la sèrie de preus completa, de totes les hores, a la zona de la Península, Canàries i Balears. Contràriament, la ruta del servidor de la segona API es construirà a partir de tres elements, dos fixes i un que varia segons la criptomoneda a minar. El primer i últim element de la ruta de la web són: "https://whattomine.com/coins/" i ".json". El segon element és l'únic variable i representa el nombre identificatiu de cada moneda segons la pàgina web. Així doncs, en el present bucle construeix la ruta del servidor a partir de una variable que guarda el nombre identificatiu de la criptomoneda. A la següent taula es mostra l'abreviatura, l'algoritme i el nombre identificatiu de les criptomonedes que el dispositiu pot buscar a la web.

Criptomoneda	Abreviatura	Algoritme	Nombre identificatiu de la web
Bitcoin	BTC	SHA-256	1
Ethereum	ETH	ETHASH	151
Ethereum Classic	ETC	ETHASH	162
Litecoin	LTC	Scrypt	4
Zcash	ZEC	Equihash	166

Taula 3. Taula de criptomonedes amb els paràmetres de conversió

En l'organigrama de la figura 21 s'observa de forma simplificada el funcionament del bucle. En el principi d'aquest organigrama s'observen les condicions perquè s'activin o es desactivin les variables booleanes "rebrellum" i "rebrepreu", que permeten la recerca a cada API. La variable "P1" permet que s'activi la recerca de cada API una sola vegada després que el dispositiu sigui reiniciat, de manera similar la variable "P2" permet que s'activi la recerca en l'API de les tarifes una sola vegada al dia. D'altra banda, si des del primer bucle no s'ha pogut comunicar amb el Labview quedant la variable "crypto" sense abreviatura, no s'executarà cap recerca en l'API sobre les criptomonedes.

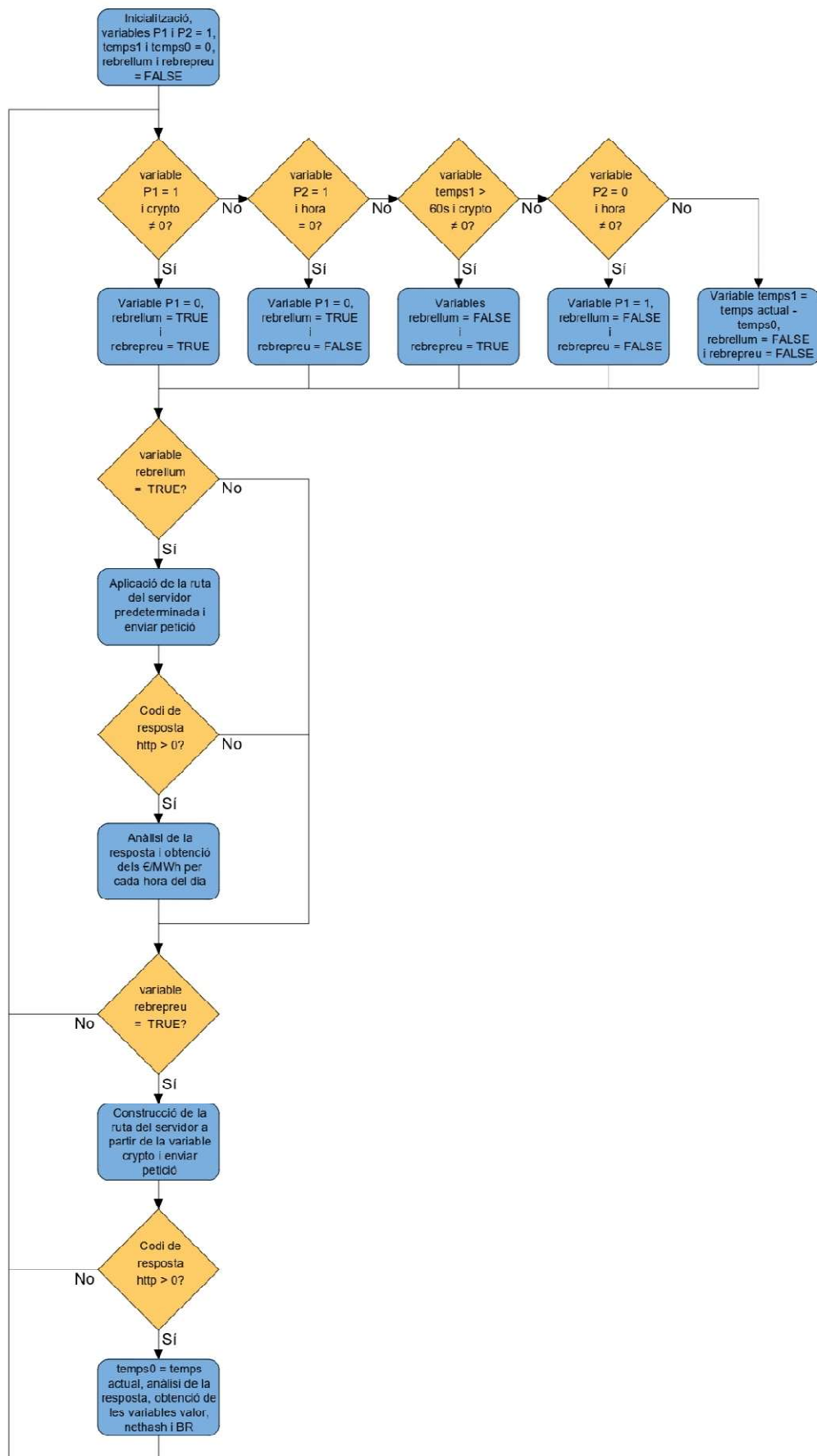


Figura 21. Organigrama del codi dins el bucle de control dels relés

6.3. Bucle de control dels relés

S'ha desenvolupat un bucle per controlar els relés constantment a partir de la variable "on". En iniciar-se per primera vegada el programa, el valor de tal variable serà zero provocant que els quatre relés restin inactius. Durant l'execució, la variable "on" s'anirà actualitzant amb el nombre de relés que s'han d'activar gràcies al primer bucle que comunicarà amb el programa del Labview. L'organigrama de la figura 22 es mostra d'una forma simplificada el funcionament.

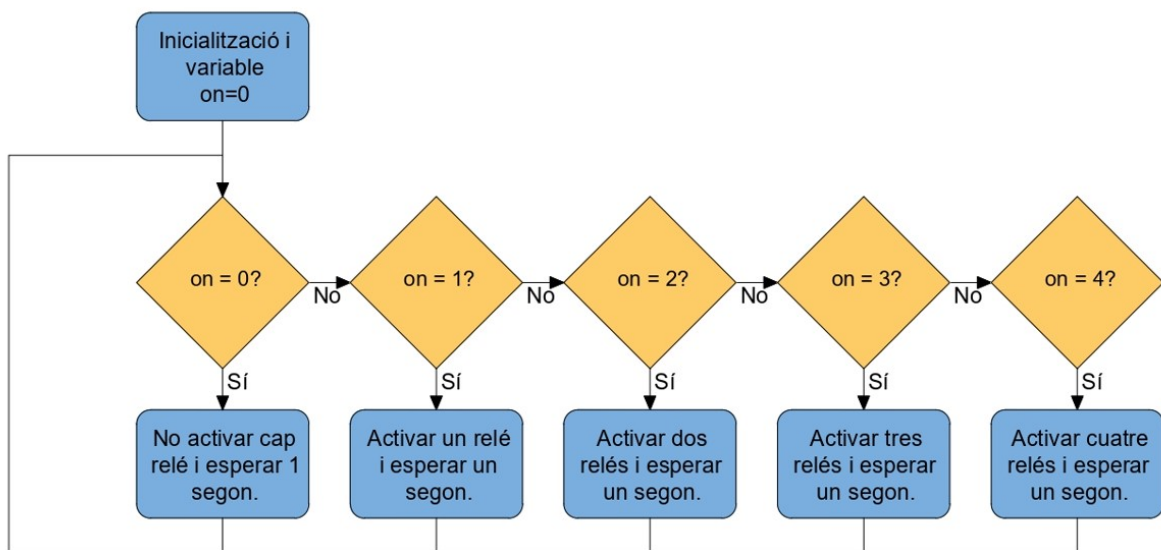


Figura 22. Organigrama del codi dins el bucle de control dels relés

6.4. Bucle de mesura d'excedent

L'últim bucle que s'ha dissenyat gestiona a través de dos polsadors si l'usuari desitja un excedent simulat a través del programa de Labview o un excedent mesurat amb el sensor de corrent. En el cas que fos l'última opció, el bucle també s'encarrega de cridar una funció per capturar el corrent mesurat.

La variable "estatloop4" és una variable amb dos possibles valors: zero i u. El primer polsador varia el valor de la variable a u, mentre que el segon polsador el canvia a zero. Si els dos polsadors són presos al mateix temps o cap d'ells ho està, la variable roman amb el mateix valor. Quan el valor de la variable "estatloop4" és zero, la variable amb l'excedent mesurat que es va enviant pren de valor un codi numèric perquè el Labview entengui que es necessita simular l'excedent. Si el valor de la variable "estatloop4" és u, s'executa la funció

“getcorriente” i s’activa el LED verd per notificar a l’usuari que el dispositiu està prenent mesures del sensor. Es realitzarà la conversió a corrent de totes les mesures realitzades en un segon per obtenir una mitjana de totes elles. Amb aquest corrent mitjà es multiplicarà pel voltatge monofàsic i s’obtindrà la potència, en aquest cas, l’excedent dirigit cap a la xarxa.

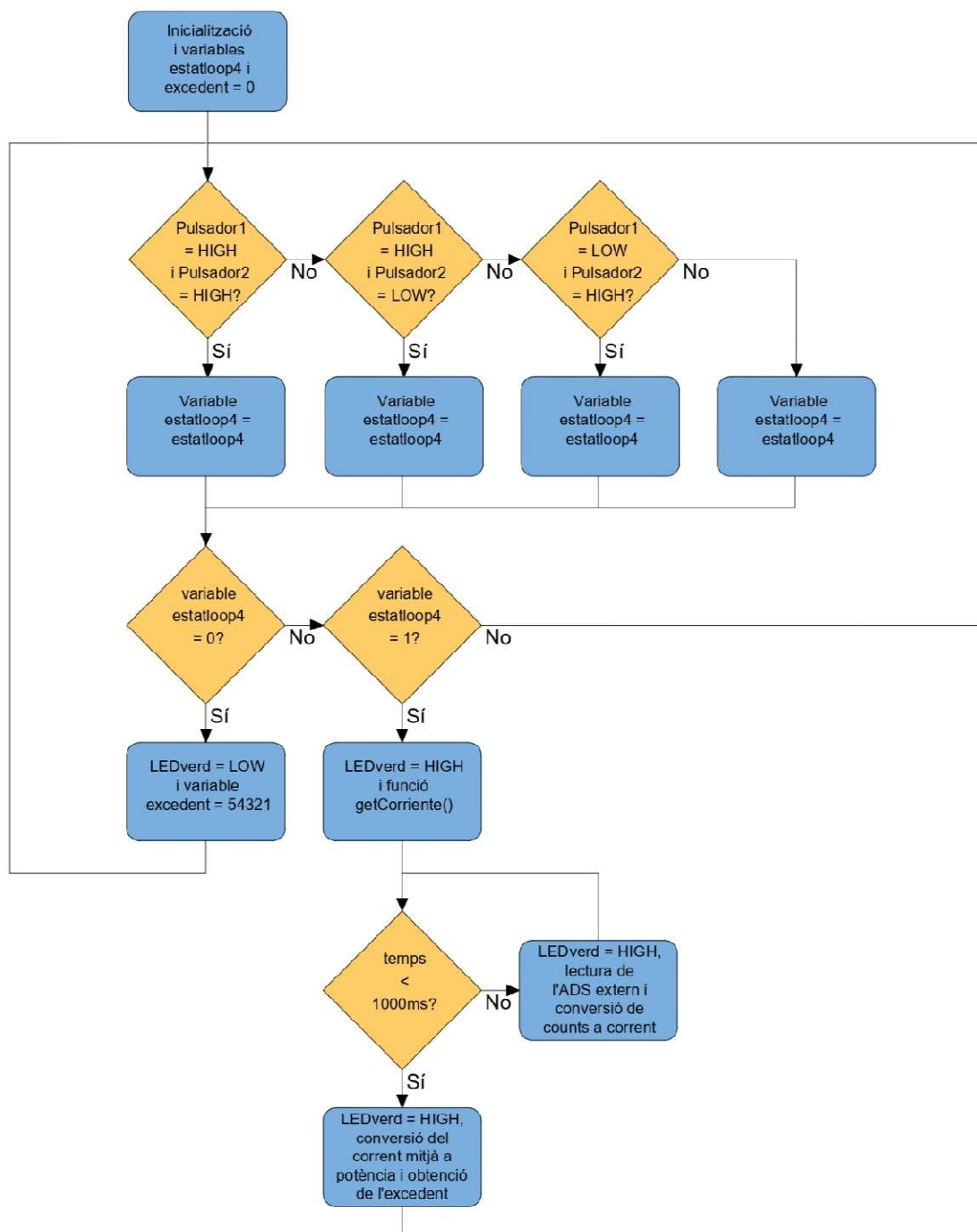


Figura 23. Organigrama del bucle de mesura d'excedent

7. INTERFÍCIE D'USUARI

S'ha desenvolupat una interfície d'usuari per introduir les dades necessàries i així analitzar el benefici dels miners actius a temps real. La interfície d'usuari consta de cinc divisions: un sector per simular l'excedent d'una instal·lació solar fotovoltaica, dos sectors on es configuren la tarifa elèctrica i el sistema de mineria de l'habitatge, una zona per quatre gràfiques i finalment, una barra superior amb diversos controls i on també es pot configurar la IP, l'hora, etc.

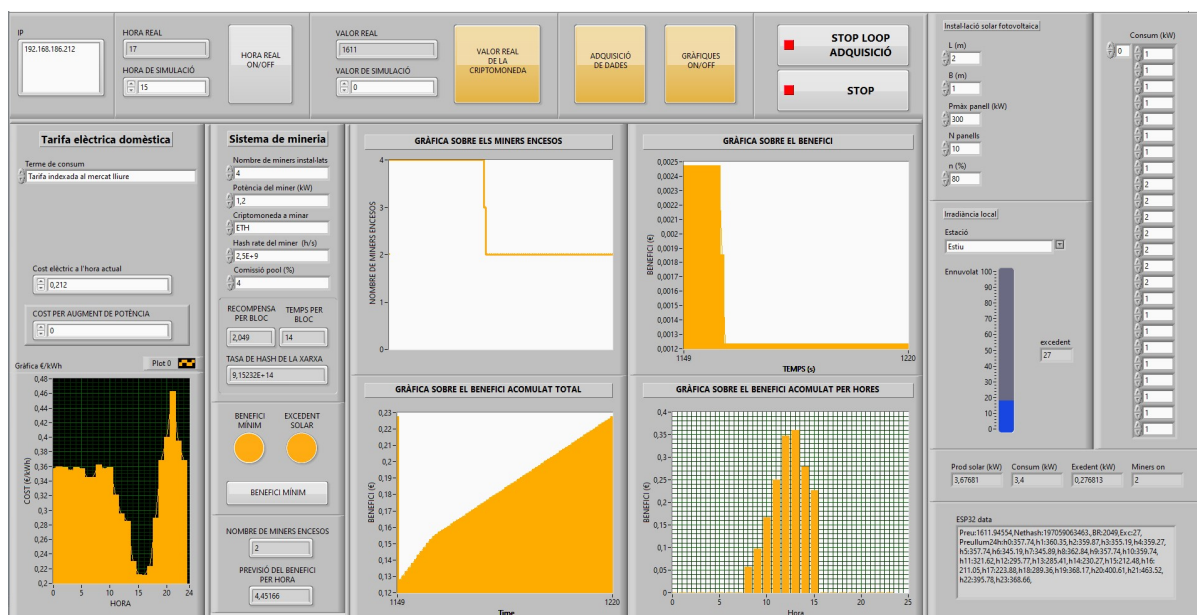


Figura 24. Interfície d'usuari en el Labview

Per simular l'excedent, hi ha unes graelles on es pot introduir tant la base com l'altura del panell fotovoltaic, la seva potència màxima, el seu rendiment i el nombre de panells instal·lats. Sota aquestes graelles, n'hi consten unes altres sobre la irradiància solar, on l'usuari ha d'escollir una estació i un valor percentual sobre lo ennuvolat que està el cel. Més a la dreta, es pot introduir un consum de l'habitatge per cada hora del dia. Finalment, a la part inferior és mostra a temps real la producció solar, el consum, l'excedent i el nombre de miners que poden estar funcionant amb tal excedent.

L'apartat sobre la tarifa elèctrica domèstica permet a l'usuari introduir informació per calcular el cost del consum dels miners. El paràmetre clau és el tipus de tarifa elèctrica domèstica, on es pot elegir entre els quatre tipus mostrats a la taula 4. Segons la tarifa escollida, poden aparèixer més graelles per acabar d'establir el preu de l'energia per cada hora. Altrament, hi consta un indicador del preu de l'energia per hora, i així saber en cada moment quin preu

s'està cobrant l'electricitat. Si la instal·lació dels miners ha requerit un augment en el terme de potència, més avall hi consta una graella per introduir el cost addicional de la factura elèctrica. Finalment, trobem una gràfica on podrem visualitzar fàcilment els preus horaris del kilowatt hora de tot un dia.

Tarifa elèctrica domèstica	Paràmetres lliurats a la interfície de l'usuari	Paràmetres obtinguts a través de la API	Unitat
Indexada al mercat lliure	-	Preu horari de l'energia	€/MWh
Amb discriminació horària en tres períodes	Preu de l'energia en hores punta	-	€/kWh
	Preu de l'energia en hores pla	-	€/kWh
	Preu de l'energia en hores vall	-	€/kWh
Amb preu estable	Preu de l'energia	-	€/kWh
Tarifa plana	Cost mensual	-	€
	Dies de facturació	-	-

Taula 4. Tipus de tarifes elèctriques domèstiques i l'obtenció dels seus paràmetres

L'apartat sobre el sistema de mineria permet a l'usuari introduir informació per calcular el guany dels miners. Es necessita que l'usuari introdueixi la potència i la taxa de hash d'un sol miner, el nombre de miners instal·lats i el percentatge de comissió de la pool. A part, també ha d'elegir la criptomoneda a minar entre les cinc possibles. Reunint així tots els paràmetres per calcular el guany, més avall hi consten tres graelles on es mostra la recompensa per bloc, el temps per bloc i la taxa de hash de la xarxa de la criptomoneda seleccionada. Els indicadors booleans taronges indiquen la disponibilitat de les dues maneres d'alimentar els miners que permet el dispositiu, consumint energia de l'excedent solar o de la xarxa si els guanys dels miners superen els seus costos. Finalment, a la part inferior hi ha dues graelles que mostren a temps real el nombre de miners encesos i la previsió per hora del benefici d'aquests miners.

Les quatre gràfiques situades a la part central de la interfície de l'usuari intenten donar una ràpida idea del rendiment econòmic dels miners a temps real. Les dues gràfiques superiors, que mostren el nombre de miners encesos i els beneficis que produeixen cada segon, ens ajuden a comprendre el rendiment individual de cada miner. Mentre que les dues gràfiques inferiors, que mostren el benefici acumulat a temps real i per hores, ens ajuden a comparar beneficis actuals amb anteriors.

En últim lloc, la barra superior permet configurar la IP i escollir treballar amb una hora i un valor de criptomoneda real o simulat. D'altra banda, un control permet adquirir dades del dispositiu i l'altre control permet aturar les gràfiques. Finalment, en aquesta barra també hi consta el botó per aturar el bucle d'adquisició de dades del dispositiu i l'altre botó permet aturar la resta de bucles del programa.

7.1. Programa

En aquest apartat s'exposen els diferents bucles que formen el programa de Labview i permeten el funcionament de la interfície de l'usuari.

7.1.1. Bucle de comunicació amb l'ESP32

El bucle es dedica a escoltar al port 1234 fins a rebre un string que comenci amb la paraula "Preu". Quan això succeeix, el subVI s'encarrega de separar totes les dades i adequar-les a una variable vàlida per tractar. Així doncs, les dades que rep el programa són les relacionades amb la criptomoneda a minar, l'excedent mesurat a través del sensor de corrent i una array amb el preu de cada hora de la tarifa indexada al mercat lliure.

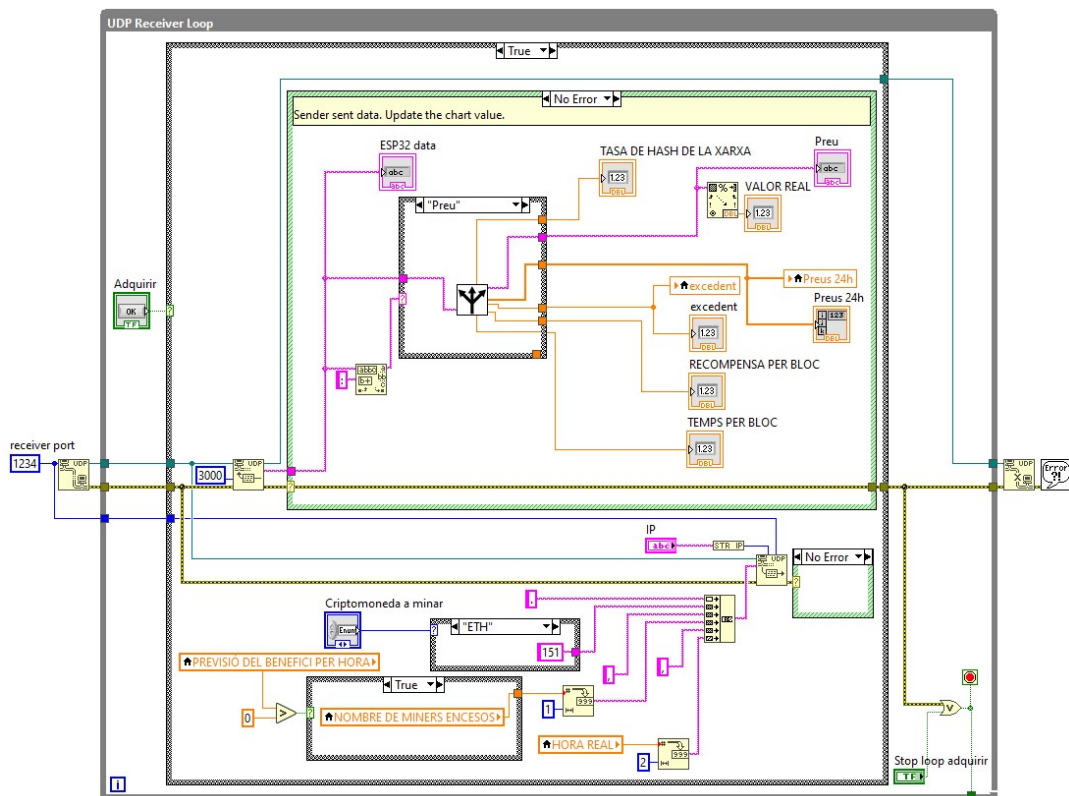


Figura 25. Bucle de comunicació amb l'ESP32

Al mateix temps, el bucle també es dedica a anar enviant un string a la IP que el dispositiu ESP32 està escoltant. Com s'observa a la figura 25, el programa envia tres dades al dispositiu: l'identificador de la criptomoneda a minar, el nombre de miners a funcionar i l'hora del dia, pel control de les recerques a les APIs.

7.1.2. Bucles de gestió de dades

El present bucle gestiona la informació introduïda per l'usuari a l'apartat sobre la tarifa elèctrica domèstica. Segons el terme de consum seleccionat, es fan visibles les graelles per introduir els paràmetres necessaris comentats a la taula 4. Les dades són entrades a un subVI per construir una array de 24 elements amb el preu de cada hora. En retorna el preu segons l'hora simulada o real i una gràfica amb els preus de tot el dia.

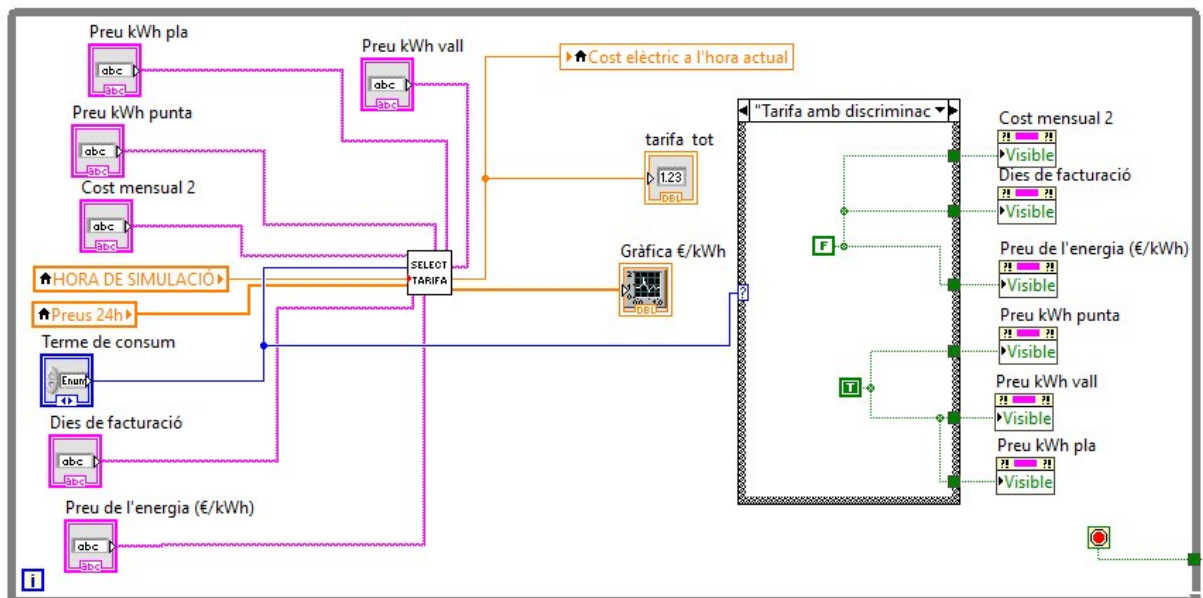


Figura 26. Bucle de gestió de dades sobre la tarifa elèctrica domèstica

El bucle mostrat a la figura 27 és l'encarregat de controlar l'hora amb la qual es vol treballar. Aquest parteix d'un bloc que lliura l'hora del dia en forma de text, és per això que s'utilitza un bloc per separar les hores dels minuts. Cada variable entra per un bloc anomenat "Scan from string" per tal de convertir la variable de text en una variable numèrica. Finalment, hi consta un "case structure" per tal que l'usuari decideixi si treballar amb l'hora real o la que ell introdueixi.

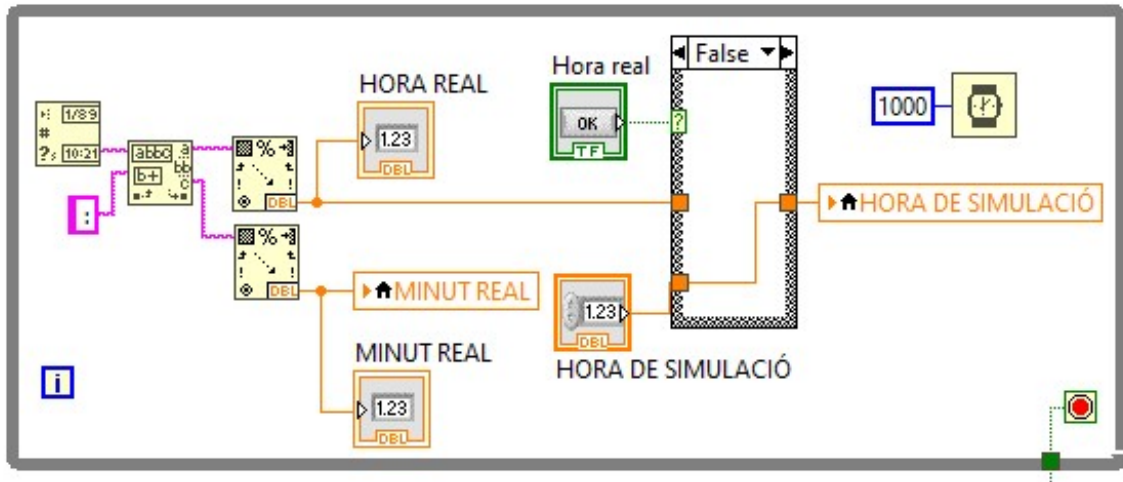


Figura 27. Bucle de gestió de l'hora

Finalment, l'últim bucle de gestió de dades calcula l'excedent i els miners que poden estar funcionant amb aquest excedent. Si l'excedent no és mesurat pel sensor de corrent, la variable amb l'excedent que envia l'ESP32 resta amb el valor 7654321. Tal fet permet que l'excedent sigui calculat a partir de les dades introduïdes per l'usuari sobre una instal·lació solar fotovoltaica fictícia.

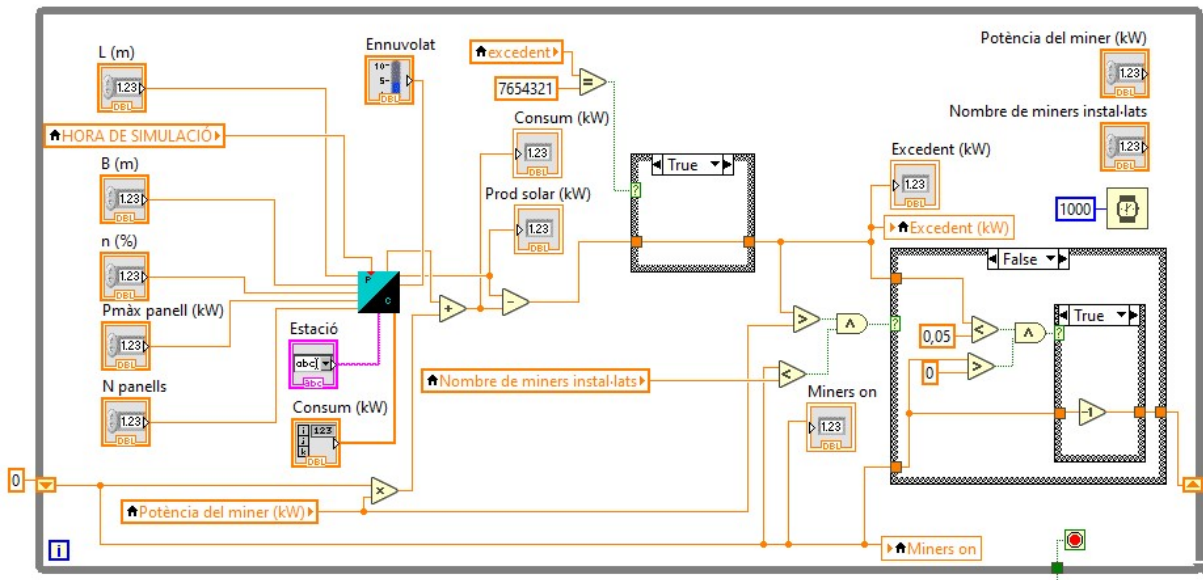


Figura 28. Bucle de gestió de l'excedent i el nombre de miners funcionant

Es segueix la lògica exposada a la taula 5 per tal d'augmentar o reduir el nombre de miners encesos en funció de l'excedent. Així doncs, la variable "Miners on" comença amb un valor igual a zero i es va actualitzant amb nombre de miners a funcionar. Aquesta variable és la

que prenen de referència altres bucles per poder calcular el benefici dels miners quan s'aprofita l'excedent.

Excedent	Nombre de miners en funcionament	Nombre de miners a funcionar segons l'excedent
Major que la potència d'un miner	Igual al nombre de miners instal·lats	=
	Menor que el nombre de miners instal·lats	+1
	Igual a zero	+1
Menor que la potència d'un miner, però major que 0,05 kW	Igual al nombre de miners instal·lats	=
	Menor que el nombre de miners instal·lats	=
	Igual a zero	=
Menor que la potència d'un miner i menor que 0,05 kW	Igual al nombre de miners instal·lats	-1
	Menor que el nombre de miners instal·lats	-1
	Igual a zero	=

Taula 5. Lògica del nombre de miners a funcionar segons l'excedent

7.1.3. Bucle de control dels relés

Segons les dades introduïdes per l'usuari i les rebudes de l'ESP32, la primera part del present bucle es dedica a calcular el guany, cost i benefici per hora d'un sol miner. Com es pot observar a la figura 29, en l'equació del guany ja contempla l'estat del botó "VALOR REAL DE LA CRIPTOMONEDA" per saber si ha de treballar amb la variable "VALOR DE SIMULACIÓ" o la variable "VALOR REAL" procedent del bucle de comunicació l'ESP32.

D'altra banda, per trobar el cost per hora d'un sol miner es calcula la comissió de la pool a partir del guany en una hora i el preu de l'energia de la xarxa ja es troba en €/kWh. A més, es divideix el cost per augment de potència entre 720 per repartir tal cost entre les hores d'un mes de trenta dies.

Un cop calculat el guany, cost i benefici, les úniques variables que passen de la primera a la segona part del bucle són el cost elèctric a l'hora actual i la previsió del benefici d'un sol miner.

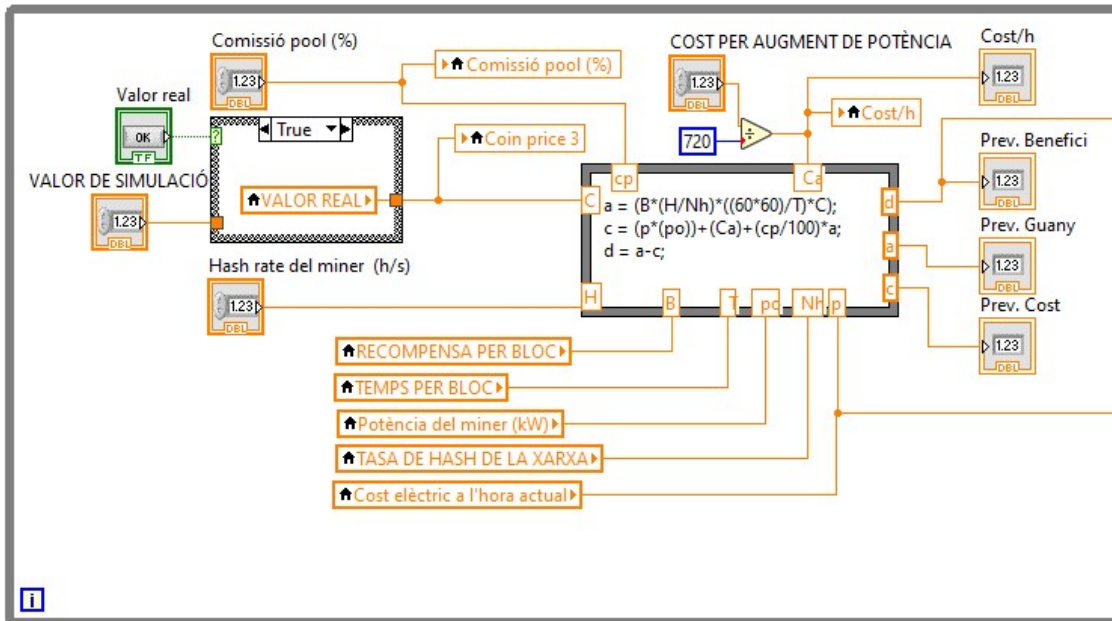


Figura 29. Primera part del bucle de gestió dels relés

En la segona part del bucle es decideix finalment el nombre de miners encesos i el preu de l'energia consumida pels miners. La variable amb el nombre definitiu de miners encesos s'utilitza per calcular el benefici total del sistema de mineria i també s'envia a l'ESP32 gràcies al bucle de comunicació amb aquest. El preu de l'energia consumida pels miners valdrà zero si s'aprofita l'excedent solar, fent que el marge de benefici del sistema de mineria augmenti en comparació amb el benefici del sistema usant energia de la xarxa.

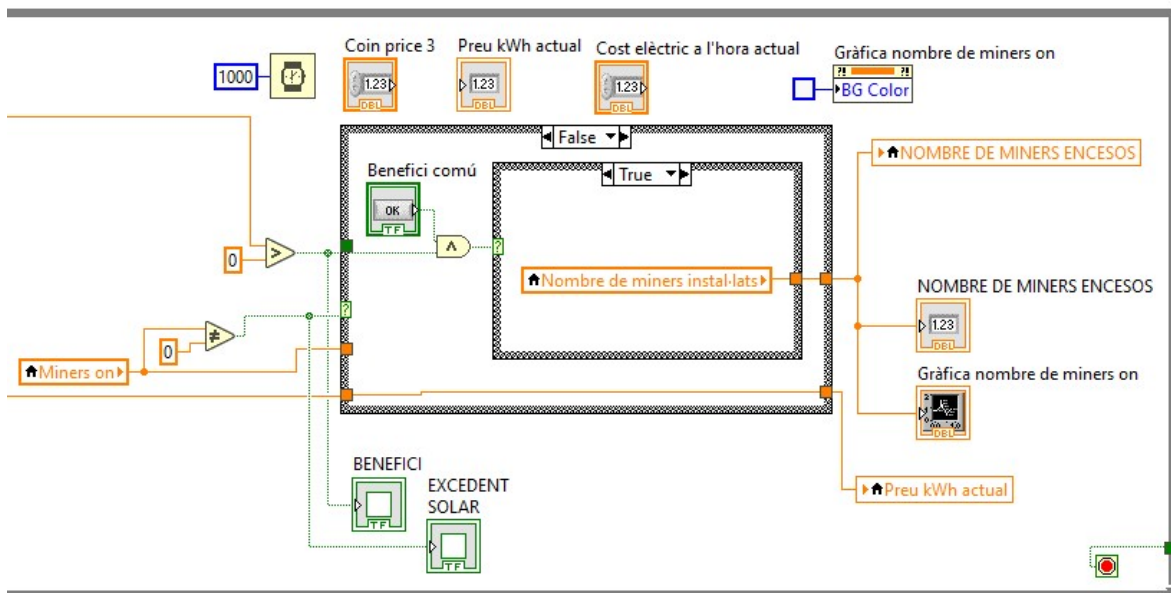


Figura 30. Segona part del bucle de gestió dels relés

Com es pot comprovar en la lògica exposada a la taula 6, el bucle decideix encendre els miners en funció de l'excedent o encendre'ls tots consumint energia de la xarxa. Prioritzant sempre en aprofitar l'excedent, el bucle analitza el nombre de miners que poden funcionar a partir d'aquest. Si no es pot aprofitar l'excedent, però el benefici d'un miner alimentat per xarxa és positiu, es dona l'opció a encendre'ls tots i així poder acumular un benefici comú.

Miners encesos segons excedent	Benefici dels miners alimentats per xarxa elèctrica	Botó del benefici comú	Nombre de miners a funcionar	Preu kWh consumit pels miners
Superior a zero	Positiu	Encès	Segons variable "Miners on"	Zero
		Apagat	Segons variable "Miners on"	Zero
	Negatiu	Encès	Segons variable "Miners on"	Zero
		Apagat	Segons variable "Miners on"	Zero
Igual a zero	Positiu	Encès	Nombre de miners instal·lats	Segons tarifa
		Apagat	Zero	Segons tarifa
	Negatiu	Encès	Zero	Segons tarifa
		Apagat	Zero	Segons tarifa

Taula 6. Lògica del nombre de miners a funcionar segons l'excedent i el benefici

7.1.4. Bucle del benefici a temps real

En aquest bucle es calcula a temps real el guany, cost i benefici gràcies al bucle anterior que va actualitzant les següents variables: el nombre de miners encesos i el preu del kWh actual. La resta de variables han sigut introduïdes per l'usuari o s'han anat actualitzant gràcies al bucle de comunicació amb l'ESP32. Així doncs, el bucle permet comptabilitzar el guany, cost i benefici cada segon. Altrament, per adquirir una idea més clara del que s'està ingressant, es multiplica el benefici per 3.600 i d'aquesta manera s'obté una previsió per hora.

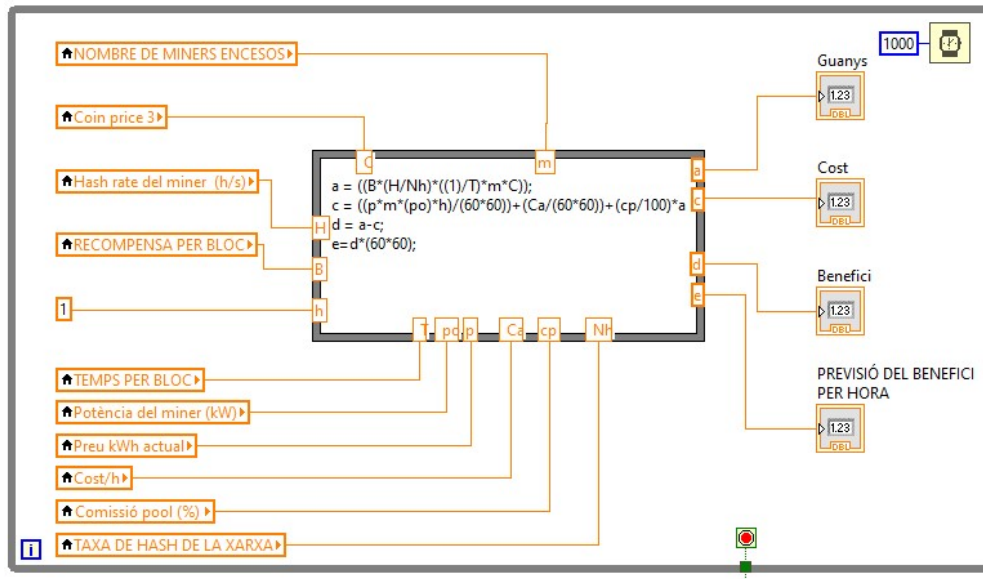


Figura 31. Bucle del benefici a temps real

7.1.5. Bucle de les gràfiques acumulatives

El següent bucle s'ha desenvolupat per obtenir gràfiques que mostrin el benefici acumulat al llarg del temps. La primera gràfica pretén mostrar el benefici acumulat a temps real, anant sumant el benefici de cada segon. La segona gràfica pretén mostrar aquest benefici acumulat per cada hora del dia.

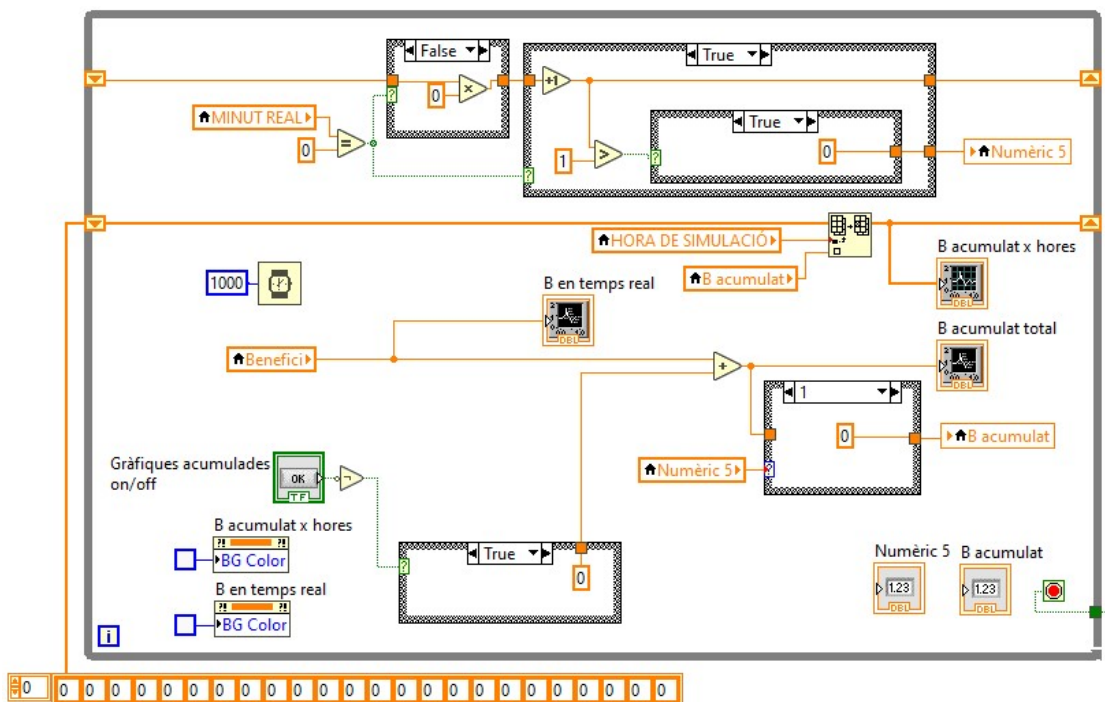


Figura 32. Bucle de les gràfiques acumulatives

El valor de la variable “Benefici”, que es va actualitzant gràcies al bucle anterior, es va sumant a la variable “B acumulat”. S'utilitza el bloc “Replace array subset” que substitueix un element d'una matriu en el punt que s'especifica a l'índex. En aquest cas, el valor de la variable “B acumulat” es va guardant i actualitzant en una matriu de 24 elements segons l'hora del dia. Quan el botó “GRÀFIQUES ON/OFF” està desactivat, les gràfiques deixen de prendre valors de la variable “B acumulat” sinó d'una constant amb valor zero.

Per tal que el benefici acumulat reiniciï cada cop que canvia l'hora, el valor de la variable “B acumulat” torna a zero un cop cada vegada que el valor de la variable “MINUT REAL” valgui zero, significat el punt de cada hora.

6. RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost és d'un total de tres-cents noranta-cinc amb vint cèntims d'euro, sense l'IVA inclòs. Aquest cost inclou el pagament de tot el material i les hores de treball.

7. CONCLUSIÓ

El projecte descrit amb el present document, els Plànols, el Plec de condicions, l'Estat d'amidaments i el Pressupost compleix els objectius i l'abast marcats, que consisteixen a dissenyar un dispositiu que permeti utilitzar els miners ASIC evitant pèrdues.

Amb els documents mencionats es detalla el disseny i el funcionament de l'electrònica incorporada en l'aparell. Es considera que el projecte està llest per executar.

Es preveu que la realització d'aquest projecte ha de permetre al client consumir automàticament energia de la xarxa pels miners ASIC només si es percep un benefici. Tal projecte també permetrà redirigir els excedents fotovoltaics cap als miners, donant una alternativa a les bateries convencionals.

Adrià Moradell Juanhuix

Graduat en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Girona, 5 de setembre de 2022.

8. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El projecte està format per cinc documents que són: Memòria, Plànols, Plec de condicions, Estat d'amidaments i Pressupost.

9. BIBLIOGRAFIA

ASIC MINER VALUE, Miners profitability. (<https://www.asicminervalue.com/>, 13 de juny de 2022)

AUTOCONSUMO SOLAR FÁCIL, Shelly EM (Medidor consumo / Gestor de cargas excedente solar). (<https://www.youtube.com/watch?v=yxFd3atVDHw>, 13 de juny de 2022)

BIT2ME ACADEMY, Cómo funciona el Blockchain o cadena de bloques. (<https://academy.bit2me.com/como-funciona-blockchain-cadena-de-bloques/>, 13 de juliol de 2022)

BIT2ME ACADEMY, Qué es un bloque en blockchain. (<https://academy.bit2me.com/que-es-un-bloque-dentro-de-la-blockchain/>, 8 de agost de 2022)

BIT2ME ACADEMY, Qué es una pool de minería de criptomonedas. (<https://academy.bit2me.com/que-es-pool-minera-criptomonedas/>, 20 de juny de 2022)

BIT2ME ACADEMY, Top algoritmos de minería más utilizados en blockchain. (<https://academy.bit2me.com/top-algoritmos-de-mineria-mas-utilizados/>, 13 de juliol de 2022)

DOT CSV, Hoy sí vas a entender qué es el blockchain. (<https://www.youtube.com/watch?v=V9Kr2SujqHw>, 5 de juliol de 2022)

E-NER, Gestión excedentes fotovoltaica. (<https://www.e-ner.es/gestion-excedentes-fotovoltaica/>, 8 de juliol de 2022)

ECOINVENTOS, Ventajas y desventajas de las baterías en sistemas solares fotovoltaicos. (<https://ecoinventos.com/ventajas-y-desventajas-baterias-sistemas-solares-fotovoltaicos/>, 24 de juliol de 2022)

ECONOMIPEDIA, Halving - qué es, definición y concepto. (<https://economipedia.com/definiciones/halving.html#:~:text=El%20halving%20es%20un%20proceso,objetivo%20de%20frenar%20la%20emisi%C3%B3n.>, 9 de juliol de 2022)

ELECTROSOFTCLOUD, FREERTOS en ESP32/ESP8266 (multitarea).

(<https://www.electrosoftcloud.com/freertos-en-esp32-esp8266-multi-tarea/>, 6 de juny de 2022)

FINECT, Blockchain y su relación con las criptomonedas.

(<https://www.finct.com/usuario/vanesamatesanz/articulos/que-blockchain-criptomonedas-guia-facil>, 8 de agost de 2022)

FORUM ARDUINO, ESP32 UDP read data. (<https://forum.arduino.cc/t/esp32-udp-read-data/905120>, 2 de juny de 2022)

FORUM ARDUINO, Parsing data AsyncUDP ESP32. (<https://forum.arduino.cc/t/parsing-data-asyncudp-esp32/614275>, 4 de juny de 2022)

GITHUB, ESP32 Arduino : Creando una tarea FreeRTOS.

(https://github.com/uagaviria/ESP32_FreeRtos, 2 de juny de 2022)

GLOBAL PETROL PRICES, Electricity prices.

(https://es.globalpetrolprices.com/electricity_prices/, 2 d'agost de 2022)

GREENING-E, Almacenamiento y gestión de excedentes en las instalaciones fotovoltaicas.

(<https://greening-e.com/almacenamiento-y-gestion-de-excedentes-en-las-instalaciones-fotovoltaicas/>, 6 de juliol de 2022)

KNOWLEDGE.NI, Change the background color of Labview block diagrams.

(<https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000YI5CCAW&l=es-ES>, 6 de juliol de 2022)

KNOWLEDGE.NI, Clear a chart or graph in Labview.

(<https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000YHc0CAG&l=es-ES>, 6 de juliol de 2022)

KNOWLEDGE.NI, How to plot data with different sample speed in Labview graph.

(<https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q00000019bzxCAA&l=es-ES>, 12 de juliol de 2022)

KRYPTOMINERS, La evolución de las tecnologías en la minería bitcoin.

(<https://www.kryptominers.tech/nuestra-guia/la-evolucion-de-las-tecnologias-en-la-mineria-bitcoin/>, 24 de maig de 2022)

LA HORA MAKER, Cómo descargar información de una API en JSON y leerla con tu Arduino. (<https://www.youtube.com/watch?v=8t00Jf5Bgrc&t=2540s>, 2 de juny de 2022)

LUIS LLAMAS, Sensor de corriente eléctrica no invasivo con arduino y sct-013.

(<https://www.luisllamas.es/arduino-sensor-corriente-sct-013/>, 28 de maig de 2022)

MINER DAILY, Bitcoin miner equations you need to know.

(<https://minerdaily.com/2020/bitcoin-miner-equations-you-need-to-know/>, 16 de maig de 2022)

MINERSTAT, ASIC miners. (<https://minerstat.com/hardware/asics>, 28 de juny de 2022)

NAYLAMP MECHATRONICS, Tutorial sensor de corriente AC 100A no invasivo

(https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html, 23 de maig de 2022)

NELSONDCG, Minería bitcoin. (<https://nelsondcg.medium.com/mineria-bitcoin-como-funciona-136cf4e3a2d4>, 24 de maig de 2022)

POLICHARGER, Sistema de recarga inteligente para vehículos eléctricos.

(<https://www.plcmadrid.es/~documentacion/Wallbox/Instalaciones-solares.pdf>, 8 de juliol de 2022)

PROGRAMAR FACIL, ADS1115 convertidor analógico digital ADC para Arduino.

(<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ads1115-convertidor-analogico-digital-adc-arduino-esp8266/>, 23 de maig de 2022)

WHATMINE, ASIC. (<https://whattomine.com/asic>, 28 de juny de 2022)

10. GLOSSARI

API: Interfície de programació d'aplicacions

ASIC: Circuit integrat per aplicacions específiques

BTC: Abreviatura de la criptomoneda Bitcoin

CA: Corrent altern

CC: Corrent continu

CPU: Unitat central de processament

ETH: Abreviatura de la criptomoneda Ethereum

FPGA: Matriu de portes programables en camp

GPU: Unitat de processament gràfic

LTC: Abreviatura de la criptomoneda Litecoin

PoW: Prova de treball

QR: Codi de resposta ràpida

A. ESTUDI TÈORIC

El present estudi pretén simular diferents sistemes de mineria ASIC controlant la seva alimentació d'igual forma que ho faria el derivador d'excedents desenvolupat en aquest projecte. D'aquesta manera es pot estudiar la rendibilitat del disseny i avaluar si es pot donar una alternativa a les bateries convencionals.

En primer lloc, s'observarà l'efecte del cost elèctric i del concepte de dificultat en la mineria, dos factors rellevants pel marge de benefici. En segon lloc, es procedeix a una recerca dels miners que pal·lien millor aquests dos factors. Així doncs, es duu a terme una comparativa entre ASICs que minen la mateixa criptomoneda. Finalment, s'estudia l'efecte del derivador d'excedents en un habitatge amb una instal·lació fotovoltaica i s'avaluarà el rendiment dels miners amb millors resultats. A més, es compararà amb l'estalvi que suposa instal·lar bateries en un habitatge amb les mateixes condicions.

La comparativa entre ASICs es divideix en tres criptomonedes diferents: Bitcoin, Ethereum i Litecoin. Cada una d'elles funcionen amb un algoritme de mineria diferent, sent les que tenen major capitalització de mercat. Per dir-ho d'una altra manera, s'ha seleccionat la criptomoneda més popular de l'algoritme SHA-256 que seria Bitcoin, Ethereum seria la més popular amb l'algoritme Ethash i, Litecoin és la més popular amb l'algoritme Scrypt.

A.1. Introducció

Mentre fa menys de deu anys era productiu minar amb una sola computadora, la rendibilitat de minar criptomonedes s'ha desplomat a gran velocitat al llarg d'aquests últims anys. La volatilitat en aquest mercat no només està en el preu, sinó que aquesta inestabilitat s'ha traslladat a la mineria. Els beneficis depenen del cost de l'energia i de la dificultat de la xarxa, una combinació sovint perdedora, encara que no del tot impossible. El concepte de dificultat en la mineria és un dels factors que disminueix més els guanys mentre que el cost elèctric és el que influeix més en els costos. En els següents apartats es pot observar l'efecte de cada un per separat.

A.1.1. Dificultat en la mineria

A mesura que una criptomoneda es fa més popular, augmenta el nombre d'ordinadors que participen en la seva xarxa i més miners competeixen entre si per les recompenses de bloc.

Amb més participants i més potència de càlcul, l'anomenada potència de hash de tota la xarxa augmenta consegüentment. Així doncs, s'ajusta periòdicament la dificultat segons la potència de hash de la xarxa per mantenir el temps de processament d'un bloc.

La dificultat de la mineria a la xarxa de Bitcoin s'ajusta automàticament després que s'hagin minat 2.016 blocs a la xarxa, cada catorze dies més o menys. Si la taxa de hash de la xarxa augmenta, l'ajust de la dificultat augmentarà per evitar que algun miner generi un bloc abans que passin sis-cents segons. Això mateix ha passat els últims anys en què s'ha popularitzat tant, la xarxa ha augmentat i la dificultat també, provocant que un sol miner guanyi menys per fer el mateix. A la següent taula es pot observar el guany diari durant els últims anys amb una mateixa potència de processament de 5 PH/s.

Any	Recompensa de bloc (BTC)	Taxa de hash de la xarxa (PH/s)	Recompensa (BTC)	Valor (€/BTC)	Guany (€)
2016	12,50	1.453,00	6,19	655,00	4.057,12
2017	12,50	5.054,00	1,78	2.541,00	4.524,93
2018	12,50	31.713,00	0,28	6.483,00	1.839,84
2019	12,50	52.593,00	0,17	10.721,00	1.834,64
2020	6,25	103.073,00	0,04	8.861,00	386,86
2021	6,25	131.012,00	0,03	32.955,00	1.131,94
2022	6,25	212.420,00	0,02	18.995,00	402,40

Taula 5. Guany minant Bitcoin durant els anys

A pesar del halving produït a principis de 2020 que va reduir la recompensa de bloc a 6,25 BTC, aquest efecte no sembla tan rellevant actualment, ja que el valor del Bitcoin s'ha pràcticament doblat des d'aleshores. D'altra banda, la popularitat de Bitcoin adquirida des del 2016 ha provocat que la taxa de hash de la xarxa s'hagi vist augmentada gairebé 150 vegades. Inevitablement, la dificultat de minar ha augmentat, deixant que el guany diari actual representi un 10% del guany diari en 2016.

La dificultat de la mineria a la xarxa d'Ethereum s'ajusta automàticament després de minar cada bloc per mantenir el temps promig de 12 segons per generar-los. La xarxa d'Ethereum també s'ha popularitzat aquests anys, causant el mateix impacte als seus miners. A la següent taula es pot observar el guany diari amb una potencia de processament fixa de 0,1 TH/s durant els últims anys.

Any	Recompensa de bloc (ETH)	Taxa de hash de la xarxa (TH/s)	Recompensa (ETH)	Valor (€/ETH)	Guany (€)
2016	5,00	3,72	873,15	10,00	8.731,51
2017	3,00	48,79	39,94	262,00	10.465,35
2018	3,00	271,21	7,19	463,00	3.327,04
2019	3,00	160,29	12,16	281,00	3.416,51
2020	2,00	184,25	7,05	222,00	1.565,44
2021	2,00	559,20	2,32	2.146,00	4.986,03
2022	2,00	927,56	1,40	1.069,00	1.497,37

Taula 6. Guany minant Ethereum durant els anys

A pesar que el valor de l'Ethereum s'ha multiplicat per 100 des del 2016, la taxa de hash de la xarxa s'ha vist augmentada quasi 250 vegades. Aquest fet provoca que el guany actual representi un 17% del guany en 2016.

Finalment, la dificultat de la mineria a la xarxa de Litecoin s'ajusta automàticament després que s'hagin minat 2.016 blocs a la xarxa, cada quatre dies aproximadament. A la següent taula es pot observar el guany diari durant els últims anys amb una potència de processament fixa de 0,1 TH/s.

Any	Recompensa de bloc (LTC)	Taxa de hash de la xarxa (TH/s)	Recompensa (LTC)	Valor (€/LTC)	Guany (€)
2016	25,00	1,31	1.099,24	4,67	5.133,44
2017	25,00	6,85	210,22	39,25	8.251,09
2018	25,00	303,53	4,74	83,62	396,71
2019	12,50	384,73	1,87	117,46	219,82
2020	12,50	239,29	3,01	36,87	110,94
2021	12,50	364,23	1,98	130,72	258,40
2022	12,50	406,46	1,77	48,37	85,68

Taula 7. Guany minant Litecoin durant els anys

La taxa de hash de la xarxa s'ha vist augmentada pràcticament 311 vegades mentre que el valor del Litecoin s'ha multiplicat per 100 des del 2016. Així doncs, el guany actual representa un 1,67% del guany en 2016.

Com s'ha pogut veure en els tres casos, l'augment de la xarxa incrementa directament la dificultat de minar quan la taxa de hash individual es queda al mateix lloc. Tot i la revalorització de la criptomoneda a causa del halving i la demanda de la moneda, no evita que els guanys disminueixin pràcticament cada any.

A.1.2. Cost elèctric de la mineria

Prenent de referència els miners ASIC més populars del mercat actual, s'avalua el seu benefici consumint energia de la xarxa i en funció del preu d'aquesta energia. Un benefici negatiu significa que el miner està treballant en pèrdues, on el cost elèctric del seu consum és major que el guany que genera.

A les següents taules es mostra el benefici en funció del preu de l'energia dels miners ASIC més populars del mercat que minen Bitcoin, Ethereum i Litecoin:

Preu de la llum (€/kWh)	Benefici amb Antminer S19 (€)	Benefici amb Antminer S19 XP (€)	Benefici amb Antminer S19 Pro (€)	Benefici amb MicroBT Whatsminer M30S (€)	Benefici amb MicroBT Whatsminer M50 (€)
0,00	7,84	11,56	8,26	7,27	9,41
0,02	6,28	10,11	6,79	5,66	7,83
0,04	4,72	8,67	5,33	4,06	6,24
0,06	3,16	7,22	3,86	2,45	4,65
0,08	1,60	5,78	2,40	0,85	3,06
0,10	0,04	4,34	0,94	-0,76	1,48
0,12	-1,52	2,89	-0,53	-2,36	-0,11
0,14	-3,08	1,45	-1,99	-3,97	-1,70
0,16	-4,64	0,00	-3,46	-5,58	-3,28
0,18	-6,20	-1,44	-4,92	-7,18	-4,87
0,20	-7,76	-2,89	-6,38	-8,79	-6,46
0,22	-9,32	-4,33	-7,85	-10,39	-8,04
0,24	-10,88	-5,78	-9,31	-12,00	-9,63
0,26	-12,44	-7,22	-10,78	-13,60	-11,22
0,28	-14,00	-8,67	-12,24	-15,21	-12,80
0,30	-15,56	-10,11	-13,70	-16,81	-14,39
0,32	-17,12	-11,56	-15,17	-18,42	-15,98
0,34	-18,68	-13,00	-16,63	-20,02	-17,56

Taula 8. Benefici dels ASICs de Bitcoin en funció del preu de l'energia

Preu de la llum (€/kWh)	Benefici amb Antminer S19 (€)	Benefici amb Antminer S19 XP (€)	Benefici amb Antminer S19 Pro (€)	Benefici amb MicroBT Whatsminer M30S (€)	Benefici amb MicroBT Whatsminer M50 (€)
0,36	-20,24	-14,45	-18,10	-21,63	-19,15
0,38	-21,80	-15,89	-19,56	-23,23	-20,74
0,40	-23,36	-17,34	-21,02	-24,84	-22,33

Taula 8. Benefici dels ASICs de Bitcoin en funció del preu de l'energia

Preu de la llum (€/kWh)	Benefici amb Antminer E9 (€)	Benefici amb Innosilicon A11 (€)	Benefici amb Jasminer X4 Server 2500 (€)	Benefici amb Jasminer X4 Server 520 (€)	Benefici amb Linzhi Phoenix (€)
0,00	40,96	20,48	34,13	7,10	35,50
0,02	39,73	19,37	33,55	6,98	34,06
0,04	38,50	18,27	32,98	6,87	32,62
0,06	37,28	17,17	32,40	6,75	31,18
0,08	36,05	16,06	31,83	6,64	29,74
0,10	34,82	14,96	31,25	6,52	28,30
0,12	33,60	13,85	30,67	6,41	26,86
0,14	32,37	12,75	30,10	6,29	25,42
0,16	31,14	11,65	29,52	6,18	23,98
0,18	29,91	10,54	28,95	6,06	22,54
0,20	28,69	9,44	28,37	5,95	21,10
0,22	27,46	8,33	27,79	5,83	19,66
0,24	26,23	7,23	27,22	5,72	18,22
0,26	25,01	6,13	26,64	5,60	16,78
0,28	23,78	5,02	26,07	5,49	15,34
0,30	22,55	3,92	25,49	5,37	13,90
0,32	21,33	2,81	24,91	5,26	12,46
0,34	20,10	1,71	24,34	5,14	11,02
0,36	18,87	0,61	23,76	5,03	9,58
0,38	17,65	-0,50	23,19	4,91	8,14
0,40	16,42	-1,60	22,61	4,80	6,70

Taula 9. Benefici dels ASICs d'Ethereum en funció del preu de l'energia

Preu de la llum (€/kWh)	Benefici amb Antminer L3 (€)	Benefici amb Goldshell LT6 (€)	Benefici amb Goldshell Mini (€)	Benefici amb Goldshell X6S (€)	Benefici amb Innosilicon A4 (€)
0,00	0,47	3,10	0,17	1,44	0,57
0,02	0,08	1,57	0,06	0,63	0,21
0,04	-0,30	0,03	-0,05	-0,17	-0,15
0,06	-0,69	-1,51	-0,17	-0,97	-0,51
0,08	-1,07	-3,04	-0,28	-1,77	-0,87
0,10	-1,45	-4,58	-0,39	-2,57	-1,23
0,12	-1,84	-6,11	-0,51	-3,37	-1,59
0,14	-2,22	-7,65	-0,62	-4,18	-1,95
0,16	-2,61	-9,19	-0,73	-4,98	-2,31
0,18	-2,99	-10,72	-0,84	-5,78	-2,67
0,20	-3,37	-12,26	-0,96	-6,58	-3,03
0,22	-3,76	-13,79	-1,07	-7,38	-3,39
0,24	-4,14	-15,33	-1,18	-8,18	-3,75
0,26	-4,53	-16,87	-1,30	-8,99	-4,11
0,28	-4,91	-18,40	-1,41	-9,79	-4,47
0,30	-5,29	-19,94	-1,52	-10,59	-4,83
0,32	-5,68	-21,47	-1,63	-11,39	-5,19
0,34	-6,06	-23,01	-1,75	-12,19	-5,55
0,36	-6,45	-24,55	-1,86	-12,99	-5,91
0,38	-6,83	-26,08	-1,97	-13,80	-6,27
0,40	-7,21	-27,62	-2,08	-14,60	-6,63

Taula 10. Benefici dels ASICs de Litecoin en funció del preu de l'energia

Quan l'energia utilitzada pels miners surt de la xarxa, el preu de l'energia és crucial si es volen obtenir beneficis. Països com Dinamarca o Espanya amb un preu de l'energia superior a 0,3 €/kWh es fa pràcticament impossible minar qualsevol criptomoneda i treure'n beneficis. En canvi, països com la Xina, Índia o Rússia amb un preu inferior de 0,08 €/kWh tenen més alternatives.

La volatilitat de la criptomoneda també juga un paper important, ja que un canvi en el valor de la moneda pot significar la diferència entre superar o no superar els costos de l'energia que consumeix el miner. En el cas de Bitcoin, que en el mes en què s'ha realitzat l'estudi té un valor de 19.590 €, es pot treure benefici de miners ASIC que consumeixen energia a un preu inferior a 0,1 €/kWh. En canvi, al mes de març de 2022, Bitcoin tenia un valor de 42.000 € fent que es pogués treure benefici en miners ASIC que consumeixen energia a 0,2 €/kWh.

A.2. Miners més rendibles

Vist l'efecte que tenen els factors comentats en els aparats anteriors, es procedeix a una recerca dels miners més populars del mercat. Així doncs, es duu a terme una comparativa entre ASICs per veure quins pal·lien millor aquests dos factors. L'eficiència, el fet de tenir més taxa de hash per watt consumit, sembla marcar la diferència en la rendibilitat entre un miner i un altre. Tal característica es tindrà en compte i es podrà comprovar si els més eficients obtenen un major benefici.

A.2.1. ASICs del mercat

Gràcies a la web Minerstat amb un buscador especialitzat en miners ASIC, es poden trobar els cinc miners més populars del moment per cada criptomoneda. A les següents taules es mostren els miners de Bitcoin, Ethereum i Litecoin amb les característiques més rellevants.

Nom	Taxa de hash (TH/s)	Potència (kW)	Eficiència (Gh/W)	Preu (€)
Antminer S19	95,00	3,25	29,23	6.354,00
Antminer S19 Pro	100,00	3,05	46,51	5.310,00
Antminer S19 XP	140,00	3,01	32,79	9.132,00
MicroBT Whatsminer M30S	88,00	3,34	26,32	3.552,00
MicroBT Whatsminer M50	114,00	3,31	34,48	7.690,00

Taula 11. Miners ASIC de Bitcoin i les seves característiques

Nom	Taxa de hash (MH/s)	Potència (kW)	Eficiència (Gh/W)	Preu (€)
Antminer E9	2.400,00	1,92	1,25	12.129,00
Innosilicon A10 Pro	750,00	1,35	0,56	4.513,00
Innosilicon A11	1.500,00	2,30	0,65	8.248,00
Jasminer X4	2.500,00	1,20	2,08	21.000,00
Linzhi Phoenix	2.600,00	3,00	0,87	23.941,00

Taula 12. Miners ASIC d'Ethereum i les seves característiques

Nom	Taxa de hash (MH/s)	Potència (kW)	Eficiència (Gh/W)	Preu (€)
Antminer L3	504,00	0,80	0,63	916,50
Goldshell LT6	3.350,00	3,20	1,05	4.335,00
Goldshell Mini	185,00	0,24	0,79	592,99
Goldshell X6S	1.550,00	1,67	0,93	2.730,00
Innosilicon A4	620,00	0,75	0,83	3.499,99

Taula 13. Miners ASIC de Litecoin i les seves característiques

S'observa com l'ordre de magnitud dels ASICs de Bitcoin és bastant superior als ASICs d'Ethereum o Litecoin. Això és pel fet que l'algoritme SHA-256 que utilitza Bitcoin no es va dissenyar per dificultar la mineria amb ASICs.

A.2.2. Comparativa entre els miners ASIC de Bitcoin

La següent taula mostra els paràmetres comuns que s'usen per analitzar els ASICs de Bitcoin en les mateixes condicions. Fent servir les equacions de l'apartat 3.5.2. de la memòria del present projecte es podrà trobar el benefici diari amb cada un dels miners.

Característica	Valor	Unitat
Recompensa de bloc	6,25	BTC
Taxa de hash de la xarxa	213.540,26	PH/s
Temps establert per generar un bloc	600,00	s
Preu de l'energia de la xarxa	0,1	€/kWh

Taula 14. Paràmetres comuns per comparar miners ASIC de Bitcoin

Amb un valor actual del Bitcoin de 19.590 €, el guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Bitcoin a estudiar es mostra a la següent taula:

Nom	Eficiència (Gh/W)	Guany (€)	Cost (€)	Benefici (€)
Antminer S19	29,23	7,84	7,80	0,04
Antminer S19 Pro	32,79	8,26	7,32	0,94
Antminer S19 XP	46,51	11,56	7,22	4,34

Taula 15. Taula resum del guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Bitcoin

Nom	Eficiència (Gh/W)	Guany (€)	Cost (€)	Benefici (€)
MicroBT Whatsminer M30S	26,32	7,27	8,03	-0,76
MicroBT Whatsminer M50	34,48	9,41	7,93	1,48

Taula 15. Taula resum del guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Bitcoin

L'ASIC amb més benefici diari és l'Antminer S19 Pro sent el que disposa de més eficiència. Aquest miner ASIC és el segon que menys consumeix, però el que de més taxa de hash disposa. Això s'explica perquè és un dels models més nous i també més cars.

D'altra banda, l'ASIC amb menys benefici és el MicroBT Whatsminer M30S sent el que té pitjor eficiència i consum. Tal dissemblança entre miners també es pot veure reflectida en el preu, havent-hi una diferència de 5.580,00 € entre els dos.

A.2.3. Comparativa entre els miners ASIC d'Ethereum

La següent taula mostra els paràmetres comuns que s'usen per analitzar els miners ASIC d'Ethereum en les mateixes condicions. Utilitzant les equacions de l'apartat 3.5.2. de la memòria del present projecte es podrà trobar el benefici diari amb cada un dels miners.

Característica	Valor	Unitat
Recompensa de bloc	2,00	BTC
Taxa de hash de la xarxa	917,39	TH/s
Temps establert per generar un bloc	16,33	s
Preu de l'energia de la xarxa	0,1	€/kWh

Taula 16. Paràmetres comuns per comparar miners ASIC d'Ethereum

Amb un valor actual de l'Ethereum de 1.183,58 €, el guany, cost i benefici diari dels ASICs d'Ethereum a estudiar es mostra a la següent taula:

Nom	Eficiència (Gh/W)	Guany (€)	Cost (€)	Benefici (€)
Antminer E9	1,25	32,77	4,61	28,16
Innosilicon A10 Pro	0,56	10,24	3,24	7,00

Taula 17. Taula resum del guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Litecoin

Nom	Eficiència (Gh/W)	Guany (€)	Cost (€)	Benefici (€)
Innosilicon A11	0,65	20,48	5,52	14,96
Jasminer X4	2,08	34,13	2,88	31,25
Linzhi Phoenix	0,87	35,50	7,20	28,30

Taula 17. Taula resum del guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Litecoin

El miner ASIC amb més benefici diari és el Jasminer X4. Sense ser el més eficient, genera 24,73 € més que el sí que ho és. El Jasminer X4, amb un consum d'1,2 kW, té una taxa de hash semblant als miners que més consumeixen.

En canvi, el miner ASIC amb menys benefici és el Innosilicon A10 Pro, sent el menys eficient i amb pitjor taxa de hash. Conseqüentment, el seu preu és el més reduït de tots els miners ASIC d'Ethereum estudiats.

A.2.4. Comparativa entre els miners ASIC de Litecoin

La següent taula mostra els paràmetres comuns que s'usen per analitzar els miners ASIC de Litecoin en les mateixes condicions. Utilitzant les equacions de l'apartat 3.5.2. de la memòria del present projecte es podrà trobar el benefici diari amb cada un dels miners.

Característica	Valor	Unitat
Recompensa de bloc	12,50	BTC
Taxa de hash de la xarxa	400,65	TH/s
Temps establert per generar un bloc	150,00	s
Preu de l'energia de la xarxa	0,02	€/kWh

Taula 18. Paràmetres comuns per comparar miners ASIC de Litecoin

Amb un valor actual del Litecoin de 51,53 €, el guany, cost i benefici diari dels ASICs de Litecoin a estudiar es mostra a la següent taula:

Nom	Eficiència (Gh/W)	Guany (€)	Cost (€)	Benefici (€)
Antminer L3	0,63	0,47	0,38	0,08

Taula 19. Taula resum del guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Litecoin

Nom	Eficiència (Gh/W)	Guany (€)	Cost (€)	Benefici (€)
Goldshell LT6	1,05	3,10	1,54	1,57
Goldshell Mini	0,79	0,17	0,11	0,06
Goldshell X6S	0,93	1,44	0,80	0,63
Innosilicon A4	0,83	0,57	0,36	0,21

Taula 19. Taula resum del guany, cost i benefici diari dels miners ASIC de Litecoin

El miner ASIC amb millor benefici diari és el Goldshell LT6 sent el més eficient, també superant els altres en taxa de hash i en consum. Contràriament, el miner ASIC amb pitjor benefici és el Goldshell Mini sense ser el que té pitjor eficiència; és el que té una taxa de hash més baixa.

A.2.5. Resum

Un cop trobats els miners ASIC de cada criptomoneda que més benefici diari aconseguixen, es resumeix en la següent taula la particularitat que el fa més rendible segons sigui alimentat amb energia fotovoltaica o amb energia de la xarxa.

Criptomoneda a minar	Miner més rendible alimentat amb energia fotovoltaica	Miner més rendible alimentat amb energia de la xarxa
Bitcoin	Més eficient	Més eficient
Ethereum	Més taxa de hash	Més eficient
Litecoin	Més eficient	Més eficient

Taula 20. Tipus de miner més rendible segons la criptomoneda i l'origen de l'energia

En primer lloc, el miner més rendible per minar Bitcoin és l'Antminer S19 XP, sent el més eficient dels miners estudiats amb un 46,51 Gh/W. També és el que té una major taxa de hash, fent que encara sigui el més rendible si l'energia que consumeix val zero. En segon lloc, el miner més rendible per minar Ethereum és el Jasminer X4, sense ser el miner amb millor taxa de hash, però sí el més eficient amb uns 2,08 Gh/W. El miner Linzhi Phoenix seria el més rendible si l'energia que consumeix fos zero, però consumeix molt més que la resta i la diferència del guany amb el Jasminer X4 és mínima. Finalment, el miner més rendible per minar Litecoin és Goldshell LT6, sent el més eficient dels miners estudiats amb un 1,05 Mh/W. Si l'energia que consumeix val zero continua sent el més rendible, ja que té major taxa de hash que la resta.

A.3. Comparativa amb bateries

Un cop es coneixen els ASICs més rendibles del moment, s'avaluarà el seu rendiment controlant la seva alimentació amb la mateixa lògica que el dispositiu que es pretén dissenyar en el present projecte. Per fer-ho, s'ha dissenyat un habitatge amb una instal·lació fotovoltaica amb les característiques exposades a la següent taula:

Característica	Valor	Unitat
Consum diari	9,00	kWh
Percentatge de consum en hores de producció solar	50,00	%
Consum en hores de producció solar	4,50	kWh
Preu de l'energia de la xarxa	0,31	€/kWh
Altura del panell solar	2,00	m
Amplada del panell solar	1,00	m
Potència màxima produïda pel panell solar	250,00	W
Rendiment del panell solar	80,00	%
Nombre de panells solars	12,00	u

Taula 21. Paràmetres de l'habitatge i la instal·lació fotovoltaica

Amb una irradiància extreta del PVGIS, i amb els paràmetres mostrats a la taula interior, es procedeix a calcular, per les 24 hores d'un dia, l'energia fotovoltaica produïda, els excedents sobrants, la potència de la xarxa i el seu cost. Així doncs, es pot apreciar el rendiment de la instal·lació solar en la següent taula:

Hora	Irradiància (W/m ²)	Energia fotovoltaica (Wh)	Consum (W)	Excedents (Wh)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
00	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
01	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
02	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
03	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
04	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
05	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
06	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
07	53,88	1.034,49	500,00	534,50	0,00	0,00
08	197,23	3.786,81	500,00	3.286,82	0,00	0,00

Taula 22. Taula resum del rendiment de la instal·lació fotovoltaica

Hora	Irradiància (W/m2)	Energia fotovoltaica (Wh)	Consum (W)	Excedents (Wh)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
09	320,34	6.150,52	500,00	5.650,53	0,00	0,00
10	400,89	7.697,08	500,00	7.197,09	0,00	0,00
11	427,12	8.200,70	500,00	7.700,70	0,00	0,00
12	395,79	7.599,16	500,00	7.099,17	0,00	0,00
13	310,80	5.967,36	500,00	5.467,36	0,00	0,00
14	184,88	3.549,69	500,00	3.049,70	0,00	0,00
15	44,85	861,12	500,00	361,12	0,00	0,00
16	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
17	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
18	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
19	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
20	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
21	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
22	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
23	0,00	0	300,00	0,00	300,00	0,09
Total	2.335,78	44.846,976	9.000,00	40.346,98	4.500,00	1,40

Taula 22. Taula resum del rendiment de la instal·lació fotovoltaica

Cal anotar, que encara que el percentatge de consum en hores de producció solar sigui del 50%, tals hores no són la meitat de les hores d'un dia sencer. Per tant, el consum en hores de producció és més alt que les altres hores. Es pot veure aquest fet a la següent gràfica:

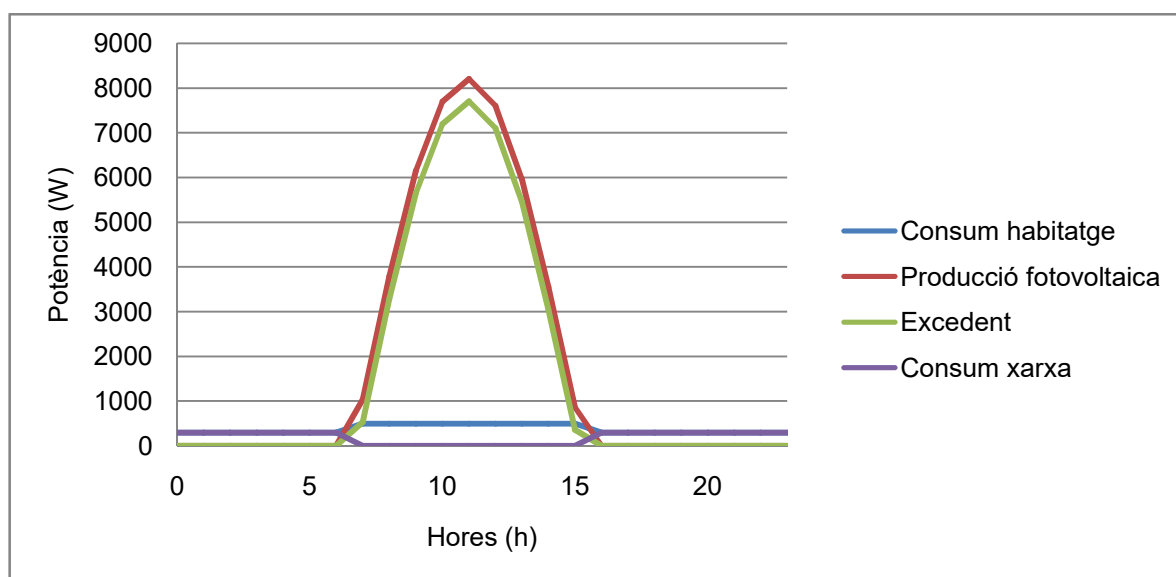


Figura 33. Gràfica sobre les potències de l'habitatge i la instal·lació solar

En la gràfica de la figura 33 es pot observar com la producció fotovoltaica és molt més elevada que el consum de l'habitatge, deixant un excedent bastant considerable per aprofitar.

Abans d'avaluar el rendiment dels sistemes de mineria ASIC en tal habitatge, s'estudia el rendiment amb una bateria. Tal fet servirà per comprovar, en les mateixes condicions, si els sistemes de mineria ASIC amb el derivador d'excedents projectat poden arribar a donar una alternativa a les bateries convencionals en instal·lacions fotovoltaïques. Els paràmetres de la bateria s'exposen a la següent taula:

Característica	Valor	Unitat
Capacitat de la bateria	100,00	Ah
Tensió nominal de la bateria	48,00	V
Capacitat de la bateria	4.800,00	Wh
Nombre de bateries en paral·lel	1,00	u
Nombre de bateries en sèrie	1,00	u
Capacitat total	4.800,00	Wh
Tensió nominal total	48,00	V

Taula 23. Paràmetres de la bateria

Amb els paràmetres mostrats a la taula anterior i les mateixes condicions que la taula 21, es procedeix a calcular a partir dels excedents sobrants, l'estalvi en l'ús de potència de la xarxa i el seu conseqüent cost. Així doncs, a la següent taula es pot observar el rendiment de les bateries:

Hora	Excedents (Wh)	Estat càrrega de la bateria (%)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
00	0,00	43,75	0,00	0,00
01	0,00	37,50	0,00	0,00
02	0,00	31,25	0,00	0,00
03	0,00	25,00	0,00	0,00
04	0,00	20,00	60,00	0,02
05	0,00	20,00	300,00	0,09
06	0,00	20,00	300,00	0,09

Taula 24. Taula resum del rendiment de la instal·lació fotovoltaica amb bateria

Hora	Excedents (Wh)	Estat càrrega de la bateria (%)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
07	534,50	31,14	68,96	0,00
08	3.286,82	99,61	0,00	0,00
09	5.650,53	100,00	0,00	0,00
10	7.197,09	100,00	0,00	0,00
11	7.700,70	100,00	0,00	0,00
12	7.099,17	100,00	0,00	0,00
13	5.467,36	100,00	0,00	0,00
14	3.049,70	100,00	0,00	0,00
15	361,12	100,00	0,00	0,00
16	0,00	93,75	0,00	0,00
17	0,00	87,50	0,00	0,00
18	0,00	81,25	0,00	0,00
19	0,00	75,00	0,00	0,00
20	0,00	68,75	0,00	0,00
21	0,00	62,50	0,00	0,00
22	0,00	56,25	0,00	0,00
23	0,00	50,00	0,00	0,00
Total	40.346,98	-	660,00	0,20

Taula 24. Taula resum del rendiment de la instal·lació fotovoltaica amb bateria

En la taula 23 s'aprecia com la bateria subministra l'electricitat que consumeix l'habitatge en hores que ja no hi ha producció solar. Tal fet provoca que el consum de la xarxa es redueixi considerablement, així com seu cost. Es pot veure aquest fet a la següent gràfica:

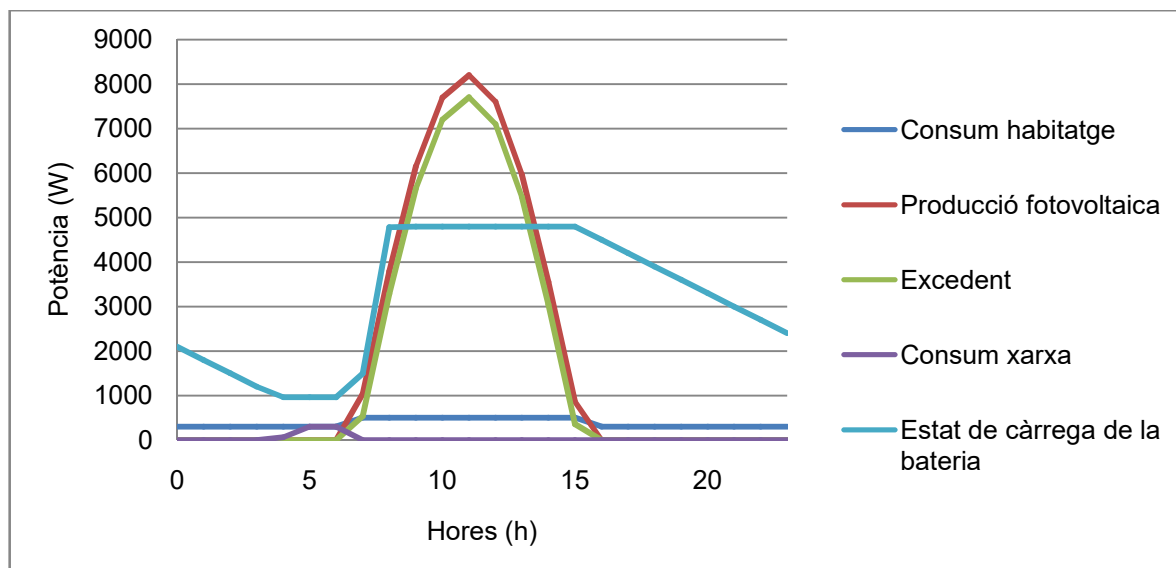


Figura 34. Gràfica sobre les potències de l'habitatge i la instal·lació solar amb bateria

Comparant la gràfica de la figura 33 amb el gràfic de la figura 34, s'aprecia com el consum de l'energia de la xarxa només es produeix a la matinada. Això és pel fet que la bateria s'ha anat descarregant des que la producció fotovoltaica ha deixat de cobrir el consum de l'habitatge provocant que l'energia emmagatzemada no sigui suficient per cobrir el consum entre les cinc i sis del matí.

A.3.1. Exemple amb ASICs que minen Bitcoin

Un cop s'ha calculat l'estalvi que suposa la bateria, es procedeix a comparar tal estalvi amb el benefici que se'n pot treure d'un sistema de miners ASIC que minen Bitcoin conjuntament amb el derivador d'excedents projectat. A la següent taula es mostren els paràmetres del sistema de miners ASIC a avaluar:

Característica	Valor	Unitat
Nombre de miners	2,00	u
Taxa de hash del miner	140,00	Th
Potència del miner	3.010,00	W
Recompensa de bloc	6,25	BTC
Taxa de hash de la xarxa	213.540,26	Ph
Temps establert per generar un bloc	600,00	s
Valor de la criptomoneda	19.590,00	€

Taula 25. Paràmetres del sistema de miners ASIC que minen Bitcoin

Amb els paràmetres mostrats a la taula interior i les mateixes condicions que la taula 21, s'observa el rendiment del sistema de miners ASIC a la següent taula:

Hora	Excedents (Wh)	Potència dels miners (W)	Guany dels miners (€)	Cost dels miners (€)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
00	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
01	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
02	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
03	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
04	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
05	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
06	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
07	534,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	3.286,82	3.010,00	0,48	0,02	0,00	0,00
09	5.650,53	3.010,00	0,48	0,02	0,00	0,00
10	7.197,09	6.020,00	0,96	0,04	0,00	0,00
11	7.700,70	6.020,00	0,96	0,04	0,00	0,00
12	7.099,17	6.020,00	0,96	0,04	0,00	0,00
13	5.467,36	3.010,00	0,48	0,02	0,00	0,00
14	3.049,70	3.010,00	0,48	0,02	0,00	0,00
15	361,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
17	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
18	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
19	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
20	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
21	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
22	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
23	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
Total	40.346,98	-	4,82	0,19	4.500,00	1,40

Taula 26. Taula resum del rendiment de la instal·lació fotovoltaica amb ASICs de Bitcoin

El primer que s'observa és que el cost de l'energia consumida és 1,40 €, el mateix que utilitzant solament la instal·lació fotovoltaica. D'altra banda, es pot contemplar que un miner ha estat funcionant durant sis hores i l'altre durant tres. Es pot veure aquest fet a la següent gràfica:

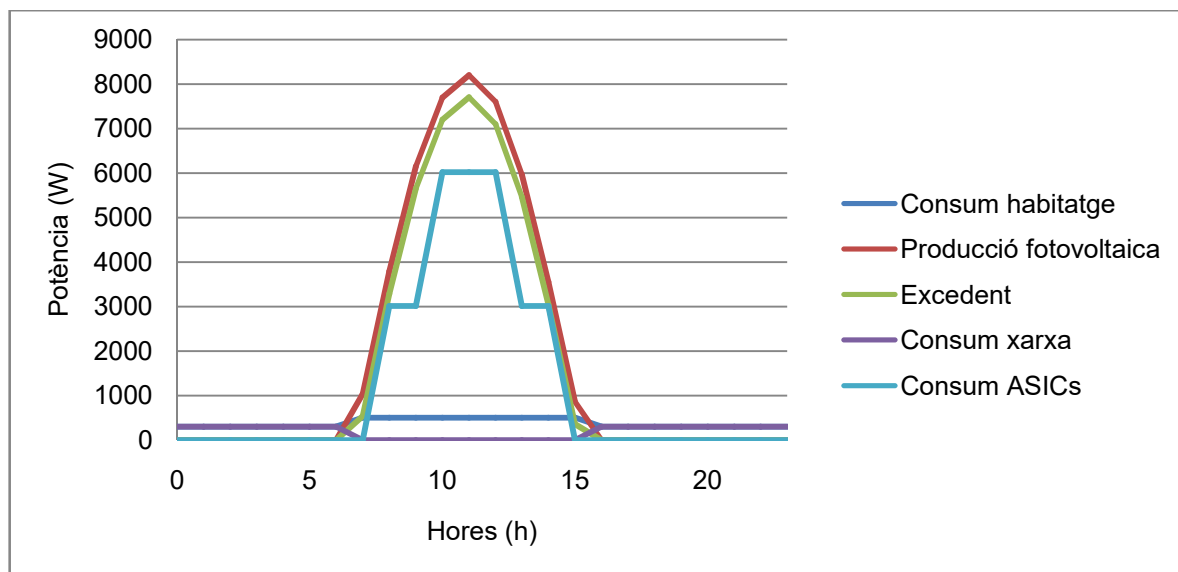


Figura 35. Gràfica sobre les potències de l'habitatge i la instal·lació solar amb ASICs de Bitcoin

Comparant el gràfic de la figura 35 amb el gràfic de la figura 33, s'aprecia com el consum de l'energia de la xarxa és el mateix. Únicament l'excedent sobrant en hores de producció solar ha estat aprofitat pels miners, ja que no és rendible fer-los funcionar consumint energia de la xarxa.

Així doncs, un cop se sap els guanys i costos amb el sistema de miners ASIC de Bitcoin, es pot comparar el balanç total dels diferents sistemes que s'han estudiat a la següent taula.

Tipus d'instal·lació	Guanys dels miners (€)	Cost dels miners (€)	Cost de la xarxa (€)	Balanç total (€)
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica	0,00	0,00	1,40	-1,40
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i bateries	0,00	0,00	0,20	-0,20
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i ASICs de Bitcoin	4,82	0,19	1,40	3,23

Taula 27. Comparativa del balanç total entre els tres tipus de instal·lacions

Veient els resultats de la taula 25 s'arriba a la conclusió que una instal·lació fotovoltaica amb el sistema de mineria de Bitcoin proposat supera còmodament la despesa de l'energia consumida per la xarxa. Així doncs, serà més rendible que instal·lar una bateria per molt estalvi que suposi en el cost de l'energia de la xarxa.

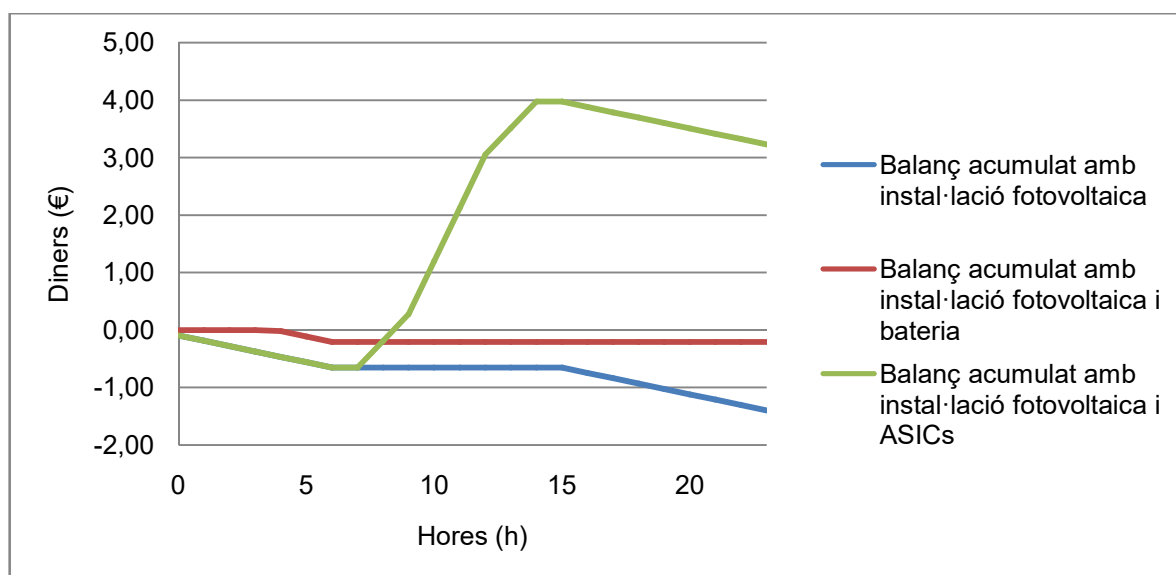


Figura 36. Gràfica horària sobre els balanços acumulats dels diferents tipus d'instal·lació

Finalment, es pot observar en la gràfica de la figura 36 com el balanç acumulat més positiu és el de la instal·lació fotovoltaica amb sistema de miners ASIC de Bitcoin. Quan no hi ha sol, aquest balanç segueix la mateixa tendència negativa que el balanç acumulat d'una instal·lació fotovoltaica. En canvi, en hores de producció solar és quan guanya diferències amb la resta de balanços, quan els miners poden minar consumint l'excedent solar.

A.3.2. Exemple amb ASICs que minen Ethereum

Es procedeix a comparar l'estalvi amb bateries amb el benefici que se'n pot treure d'un sistema d'ASICs que minen Ethereum conjuntament amb el derivador d'excedents projectat. A la següent taula es mostren els paràmetres del sistema de miners ASIC a avaluar:

Característica	Valor	Unitat
Nombre de miners	4,00	u
Taxa de hash del miner	2,50	GH/s
Potència del miner	1,20	kW
Recompensa de bloc	2,00	ETH
Taxa de hash de la xarxa	917,39	Th
Temps establert per generar un bloc	16,33	s
Valor de la criptomoneda	1.183,58	€

Taula 28. Paràmetres del sistema d'ASICs que minen Ethereum

Amb els paràmetres mostrats a la taula interior i les mateixes condicions que la taula 21, s'observa el rendiment del sistema de miners ASIC a la següent taula:

Hora	Excedents (Wh)	Potència dels miners (W)	Guany dels miners (€)	Cost dels miners (€)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
00	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
01	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
02	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
03	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
04	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
05	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
06	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
07	534,50	4.800,00	5,69	0,23	4.265,50	1,32
08	3.286,82	2.400,00	2,84	0,11	0,00	0,00
09	5.650,53	4.800,00	5,69	0,23	0,00	0,00
10	7.197,09	4.800,00	5,69	0,23	0,00	0,00
11	7.700,70	4.800,00	5,69	0,23	0,00	0,00
12	7.099,17	4.800,00	5,69	0,23	0,00	0,00
13	5.467,36	4.800,00	5,69	0,23	0,00	0,00
14	3.049,70	2.400,00	2,84	0,11	0,00	0,00
15	361,12	4.800,00	5,69	0,23	4.438,88	1,38
16	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
17	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
18	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
19	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
20	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
21	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
22	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
23	0,00	4.800,00	5,69	0,23	5.100,00	1,58
Total	40.346,98	-	130,83	5,23	85.204,38	26,41

Taula 29. Energia diària produïda per la instal·lació fotovoltaica

Es pot apreciar com el cost de l'energia consumida és 26,41 €, molt més costós que utilitzant solament la instal·lació fotovoltaica. Això és degut al fet que el benefici dels miners consumint energia de la xarxa al preu de 0,31 €/kWh continua sent rendible minar. Tal fet provoca que, si no hi ha excedent, el dispositiu projectat deixi que els quatre miners consumeixin energia de la xarxa. Si és cert que el cost augmenta significativament, les hores que els miners funcionen també, generant uns guanys que ho compensen.

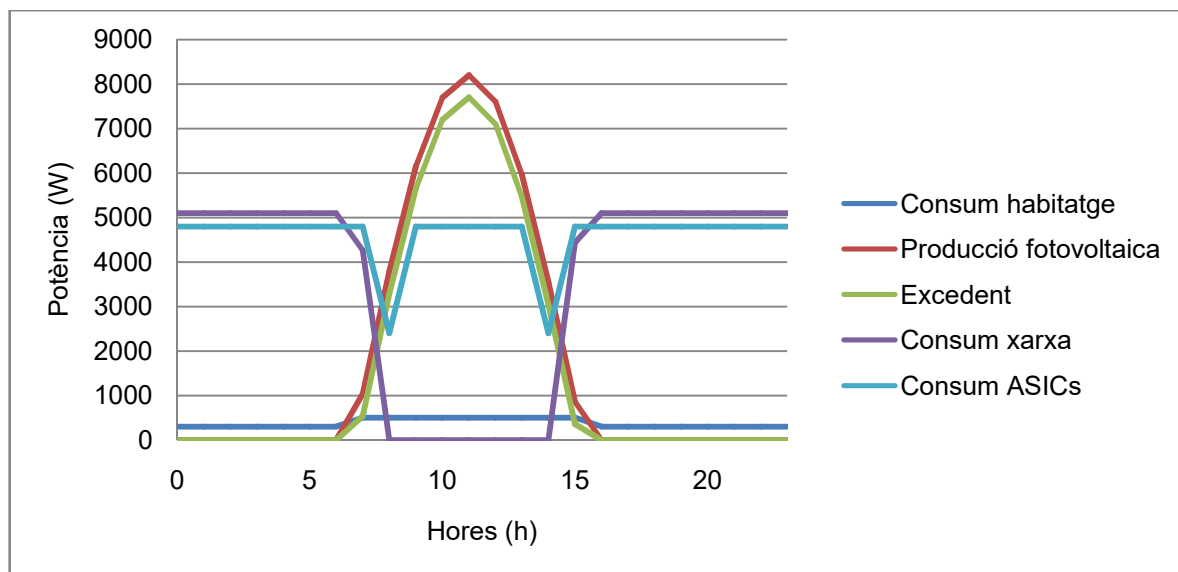


Figura 37. Gràfica sobre les potències de l'habitatge i la instal·lació solar amb ASICs d'Ethereum

En el gràfic de la figura 37 s'aprecia com el consum de l'energia de la xarxa ha augmentat considerablement en hores que no sobra excedent. Pràcticament, la totalitat dels miners ASIC estan funcionant les 24 hores del dia. A la següent taula es pot comparar el balanç total dels diferents tipus d'instal·lació que s'han estudiat.

Tipus d'instal·lació	Guany dels miners (W)	Cost dels miners (%)	Cost de la xarxa (€)	Balanç total (€)
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica	0,00	0,00	1,40	-1,40
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i bateries	0,00	0,00	0,20	-0,20
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i ASICs d'Ethereum	130,83	5,23	26,41	99,19

Taula 30. Comparativa del balanç total entre els tres tipus d'instal·lacions

La diferència de benefici entre els dos tipus d'instal·lació amb miners ASIC s'explica en la totalitat d'hores que els miners han estat funcionant. Els miners ASIC d'Ethereum poden funcionar tot el dia consumint energia de la xarxa, però els miners de Bitcoin no poden, ja que treballarien en pèrdues. La instal·lació amb els miners ASIC d'Ethereum és la més costosa, perquè el consum de la xarxa és molt superior a les altres opcions. Tot hi això, seria la millor opció comparant el balanç total amb la resta d'instal·lacions.

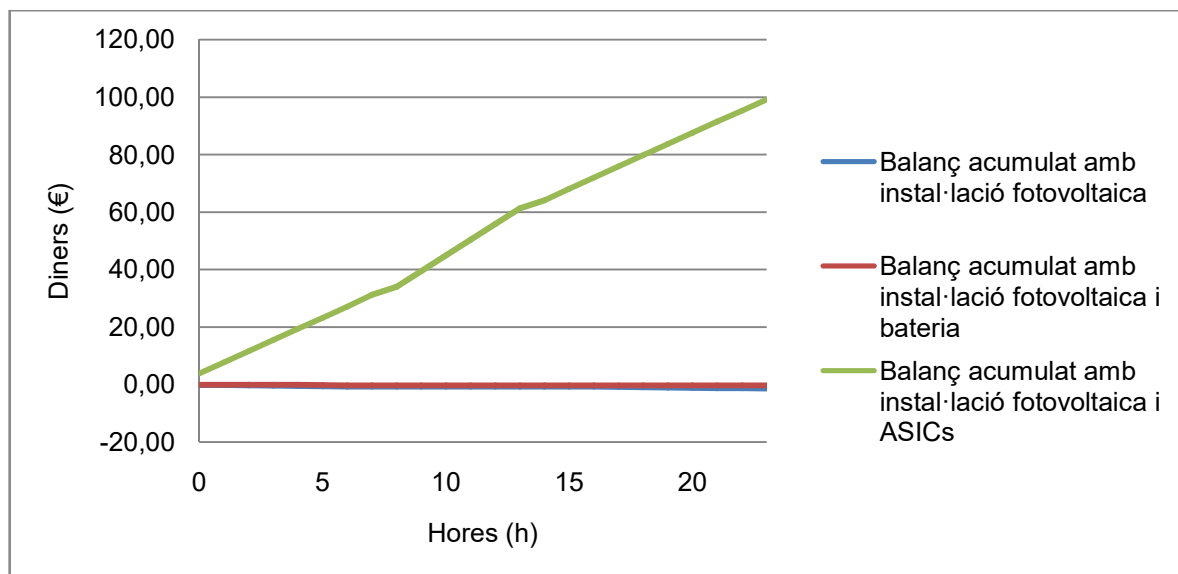


Figura 38. Gràfica horària sobre els balanços acumulats dels diferents tipus d'instal·lació

Finalment, es pot observar en la gràfica de la figura 38 com el balanç acumulat amb el sistema de miners ASIC d'Ethereum no pateix cap tendència negativa al llarg del dia. Així doncs, el seu balanç tan positiu deixa lluny una competència amb l'estalvi que suposa instal·lar una bateria.

A.3.3. Exemple amb ASICs que minen Litecoin

Es procedeix a comparar l'estalvi que signifiquen les bateries amb el benefici que se'n pot treure d'un sistema d'ASICs que minen Litecoin conjuntament amb el derivador d'excedent. A la següent taula es mostren els paràmetres del sistema d'ASICs a avaluar:

Característica	Valor	Unitat
Nombre de miners	2,00	u
Taxa de hash del miner	3,35	Gh
Potència del miner	3,20	kW
Recompensa de bloc	12,50	BTC
Taxa de hash de la xarxa	400,65	Th
Temps establert per generar un bloc	150,00	s
Valor de la criptomoneda	51,53	€

Taula 31. Paràmetres del sistema d'ASICs que minen Litecoin

Amb els paràmetres mostrats a la taula interior i les mateixes condicions que la taula 21, s'observa el rendiment del sistema de miners ASIC a la següent taula:

Hora	Excedents (Wh)	Potència dels miners (%)	Guany dels miners (€)	Cost dels miners (€)	Potència de la xarxa (W)	Cost de la xarxa (€)
00	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
01	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
02	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
03	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
04	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
05	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
06	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
07	534,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	3.286,82	3200,00	0,13	0,01	0,00	0,00
09	5.650,53	3200,00	0,13	0,01	0,00	0,00
10	7.197,09	6400,00	0,26	0,01	0,00	0,00
11	7.700,70	6400,00	0,26	0,01	0,00	0,00
12	7.099,17	6400,00	0,26	0,01	0,00	0,00
13	5.467,36	3200,00	0,13	0,01	0,00	0,00
14	3.049,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	361,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
17	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
18	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
19	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
20	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
21	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
22	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
23	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	0,09
Total	40.346,98	-	1,16	0,05	4.500,00	1,40

Taula 32. Energia diària produïda per la instal·lació fotovoltaica

Igual que amb els miners ASIC de bitcoin, no és rendible fer-los funcionar consumint energia de la xarxa, per aquest motiu, només poden aprofitar l'excedent. D'altra banda, es pot contemplar que un miner ha estat funcionant durant sis hores i l'altre durant tres. També es pot veure aquest fet a la següent gràfica:

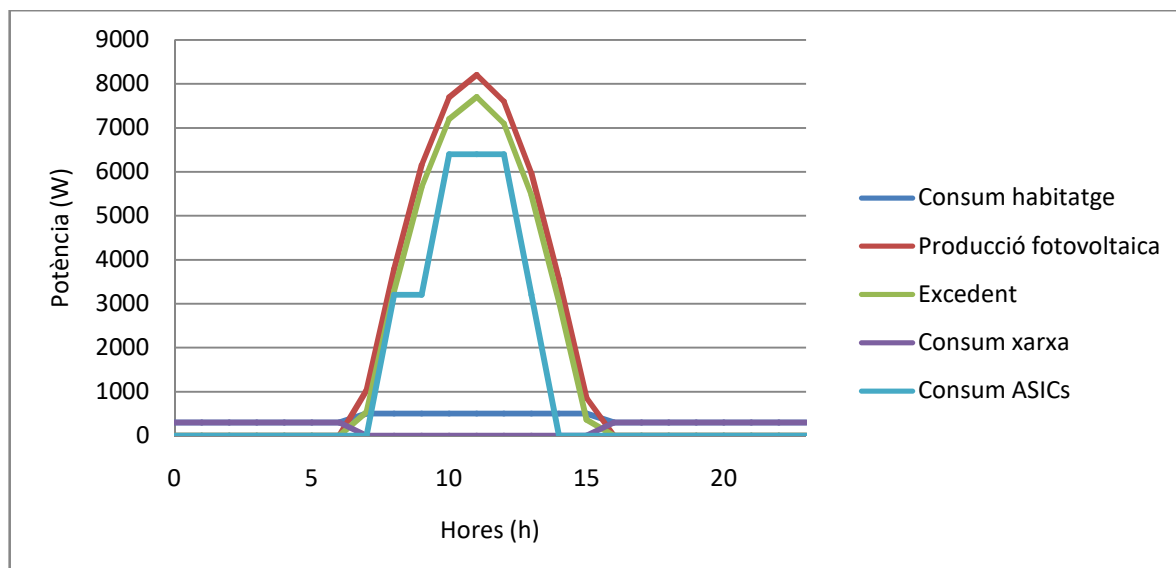


Figura 39. Gràfica sobre les potències de l'habitatge i la instal·lació solar amb ASICs d'Ethereum

Comparant el gràfic de la figura 39 amb el gràfic de la figura 35, s'aprecia com el consum de l'energia de la xarxa és el mateix. Únicament, l'excedent en hores de producció solar ha estat aprofitat pels miners. A la següent taula es pot comparar el balanç total dels diferents sistemes que s'han estudiat.

Tipus d'instal·lació	Guany dels miners (W)	Cost dels miners (%)	Cost de la xarxa (€)	Balanç total (€)
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica	0,00	0,00	1,40	-1,40
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i bateries	0,00	0,00	0,20	-0,20
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i ASICs de Litecoin	1,16	0,05	1,40	-0,28

Taula 33. Comparativa del balanç total entre els tres tipus d'instal·lacions

En aquest cas, la instal·lació de la bateria es converteix en la millor opció. El guany que poden generar els miners consumint l'excedent no és suficient per generar beneficis. Així doncs, l'estalvi que suposen les bateries és lleugerament millor.

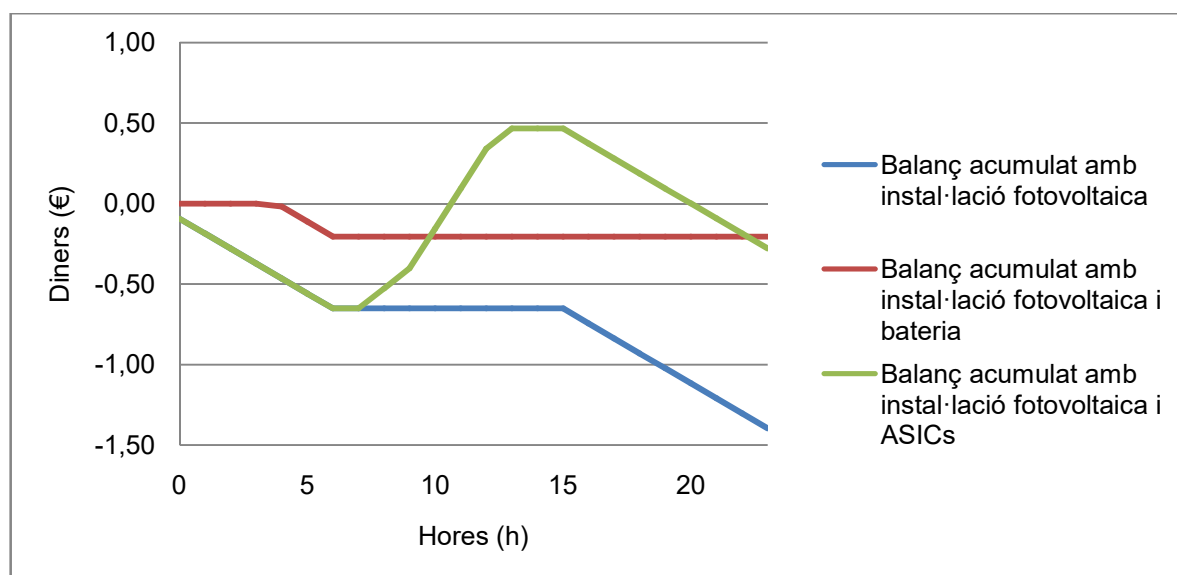


Figura 40. Gràfica horària sobre els balanços acumulats dels diferents tipus d'instal·lació

Finalment, es pot observar en la gràfica de la figura 36 com el balanç amb els miners ASIC de Litecoin finalment no supera al balanç de la instal·lació amb bateria. Quan hi ha sol, aquest balanç ascendeix fins a generar beneficis, però els perd a causa del consum de la xarxa en hores que no hi ha sol.

A.4. Percentatge de consum en hores de producció solar

En l'apartat 3 de la memòria es comenta el desacoblament entre la producció d'un sistema fotovoltaic i el consum elèctric. Això passa sobretot en l'àmbit residencial on normalment el major consum és al matí i el vespre, mentre que de dia no es consumeix. El present apartat d'aquest estudi pretén determinar si aquest factor és clau per decantar-se entre instal·lar bateries o un sistema de mineria. Així doncs, s'analitza el balanç setmanal de l'habitatge amb els dos sistemes i en funció del percentatge de consum en hores de producció solar.

Primerament, a la figura 41 podem observar una gràfica amb les potències de producció i consum en un habitatge amb un 80% de consum en hores de producció solar. Amb tal percentatge de consum, l'excedent és consumit per l'habitatge deixant menys energia perquè els miners puguin funcionar. Altrament, en haver menys consum a la nit, la bateria es descarrega més lentament i arriba fins el següent període de producció fotovoltaica sense que l'habitatge hagi de consumir de la xarxa. D'altra banda, en la figura 42 podem observar una gràfica amb les potències de producció i consum en un habitatge amb un 20% de consum en hores de producció solar. Així, l'excedent serà més aprofitat pels miners ja que hi haurà un consum de l'habitatge baix. Per contra, quan no hi ha sol les bateries es

descarreguen més ràpidament ja que el consum és superior. Tal fet provoca que l'habitatge acabi consumint energia de la xarxa ja que la bateria acaba descarregada abans del pròxim període de producció fotovoltaica.

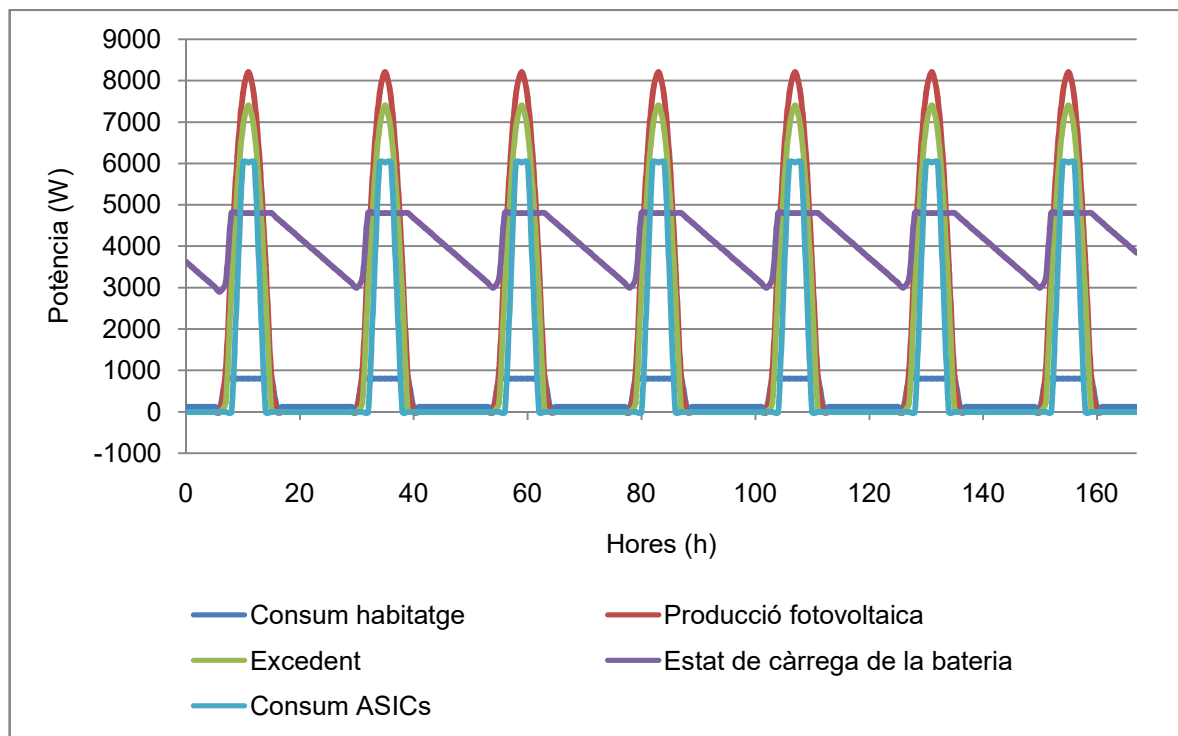


Figura 41. Gràfica de potències amb un 80% de consum en hores de producció solar

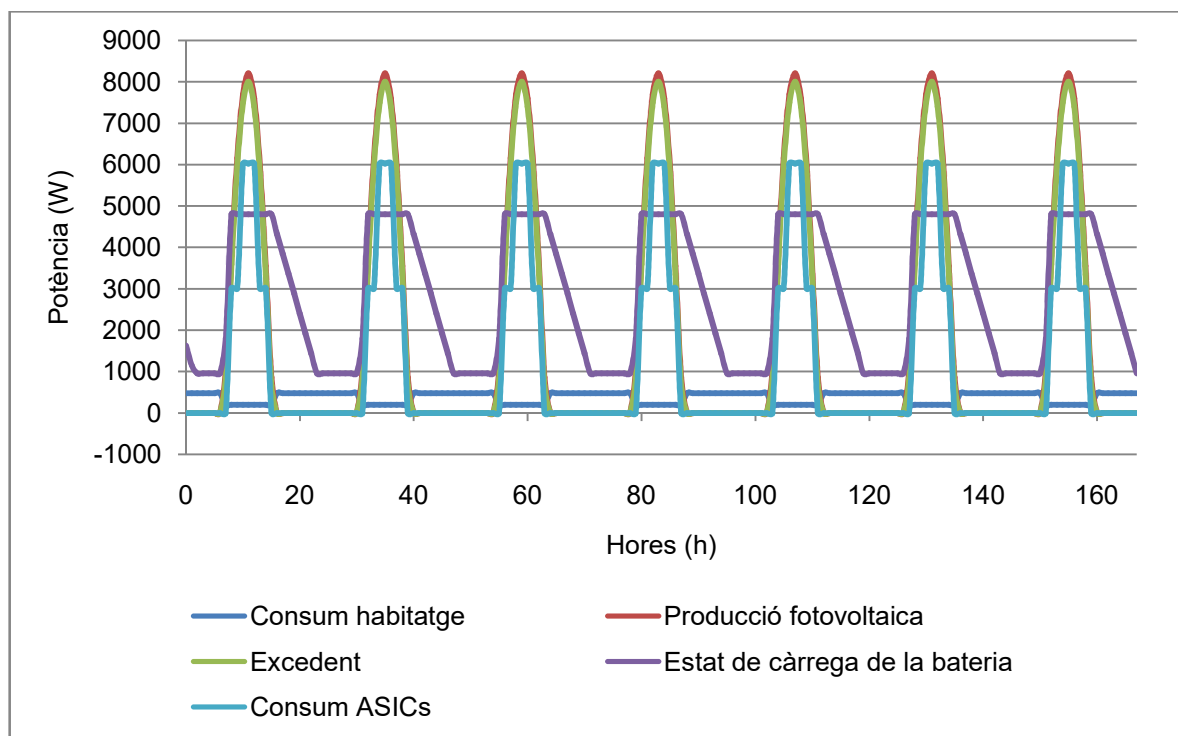


Figura 42. Gràfica de potències amb un 20% de consum en hores de producció solar

Un cop vistes les diferències entre les gràfiques anteriors, en la següent figura podrem observar els balanços acumulats en funció del percentatge de consum en hores de producció solar.

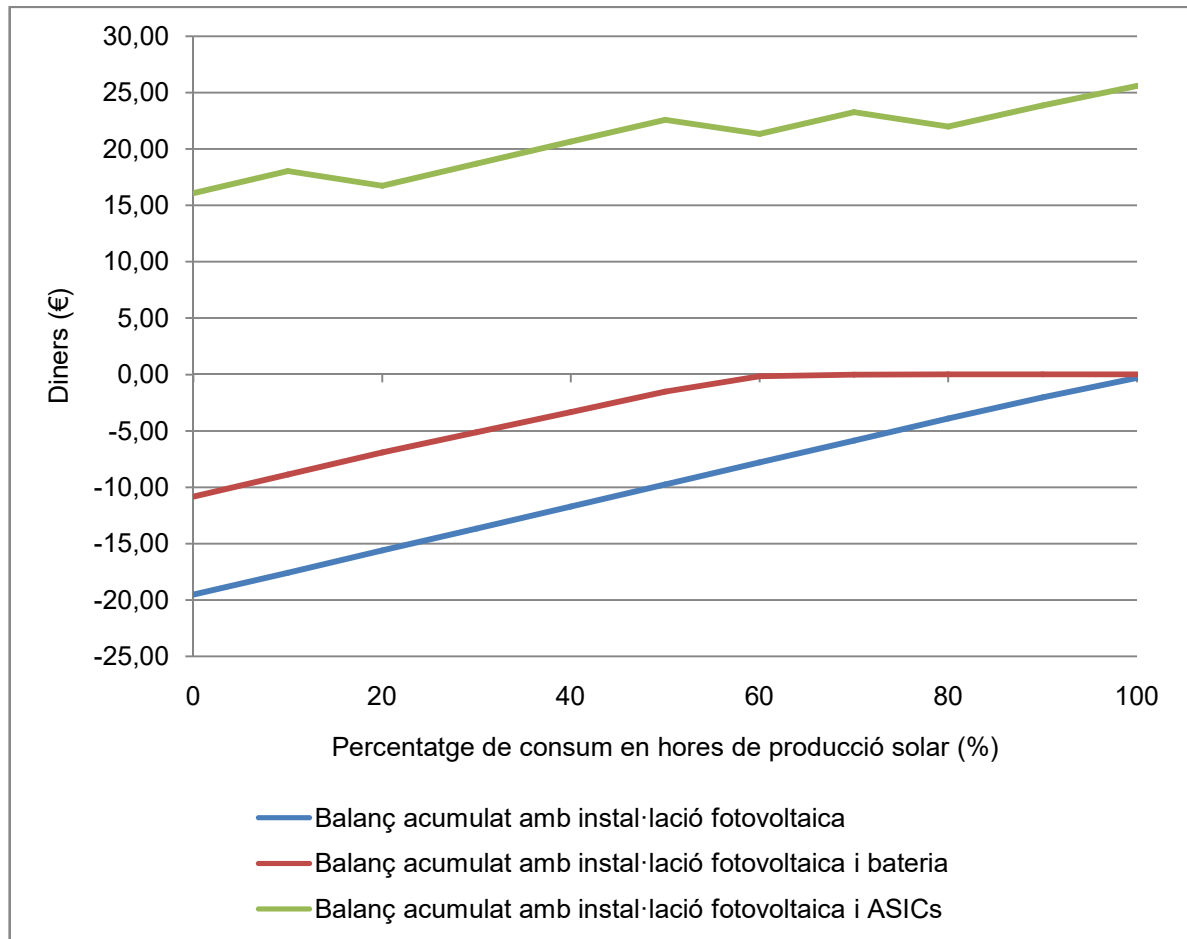


Figura 43. Gràfica dels balanços acumulats sobre el percentatge de consum en hores de producció

Quan augmenta el percentatge de consum en hores de producció solar es perd l'estalvi que proporcionen les bateries, ja que el consum de l'habitatge aprofita millor la instal·lació fotovoltaica. És per això que el balanç és zero amb un 100% del consum en hores de producció solar, ja que no hi ha cap cost de consum de la xarxa.

Observem que des del 100% fins el 60% del consum en hores de producció solar, la bateria pot emmagatzemar suficient energia com perquè l'habitatge no hagi de consumir energia de la xarxa. Amb percentatges més baixos, el balanç acumulat amb bateries té la mateixa pendent que el balanç de la instal·lació solar. En canvi, el balanç acumulat amb miners ASIC va pujant lleugerament fins un consum del 100% en hores de producció solar. Això s'explica perquè, encara que els miners es queden amb menys excedents, el cost per consumir energia de la xarxa disminueix significativament. Tal fet provoca que el balanç acumulat dels miners ASIC sigui millor amb percentatges alts de consum en hores de producció.

A.5. Percentatge d'irradiància

Un altre paràmetre important seria la irradiància, ja que no sempre farà un bon dia per fer funcionar tots els miners o carregar completament les bateries. El present apartat d'aquest estudi pretén determinar si aquest factor és clau per decantar-se entre instal·lar bateries o un sistema de mineria. Així doncs, s'analitza el balanç setmanal de l'habitatge amb els dos sistemes i en funció del percentatge d'irradiància.

Primerament, a la figura 41 podem observar una gràfica amb les potències de producció i consum en un dia amb un 80% d'irradiància estipulada en la taula 22. Amb tal percentatge d'irradiància, poden arribar a funcionar dos miners ASIC al mateix temps en el moment amb més producció solar. Així mateix, la bateria es carrega completament i pot cobrir el consum de l'habitatge fins una o dues hores abans del pròxim període de producció solar.

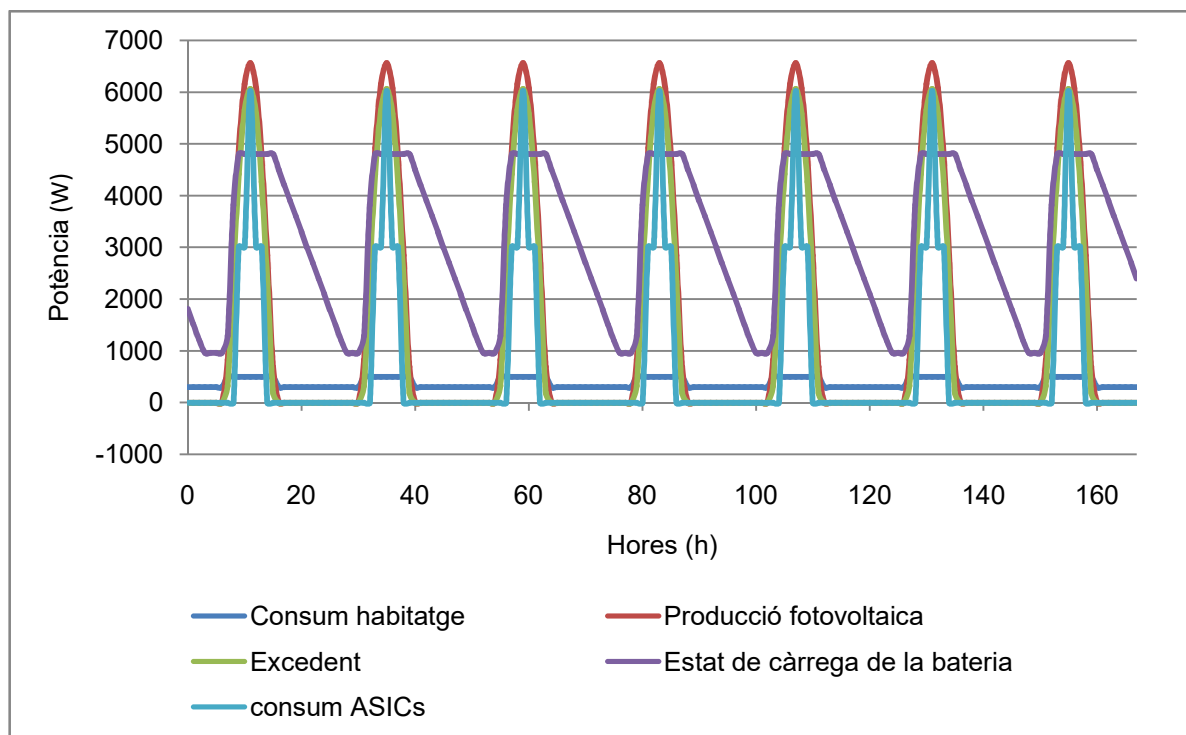


Figura 44. Gràfica de potències amb un 80% d'irradiància

D'altra banda, en la figura 42 podem observar una gràfica amb les potències de producció i consum en un dia amb un 20% d'irradiància. Amb tal percentatge d'irradiància, no hi ha en cap moment prou excedents com per fer funcionar un miner ASIC. D'altra banda, la bateria es carrega completament però es comença a descarregar abans, això fa que pugui cobrir el consum de l'habitatge però durant menys hores.

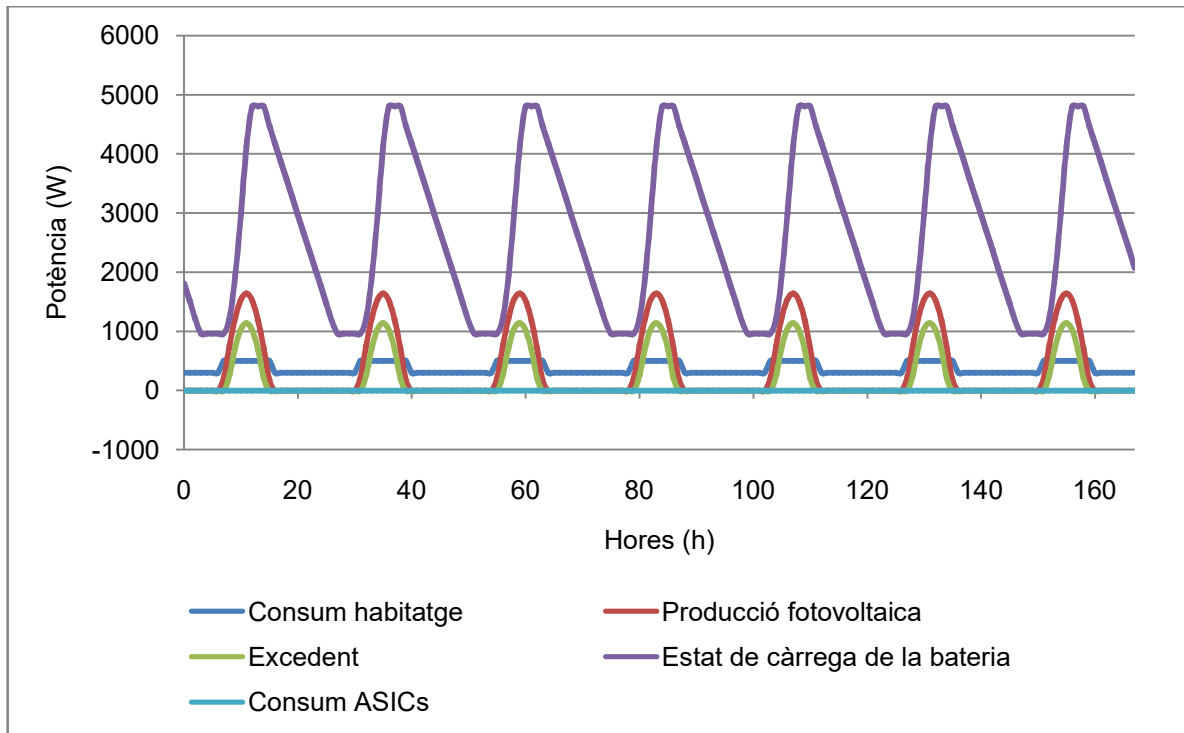


Figura 45. Gràfica de potències amb un 20% d'irradiància

Un cop vistes les diferències entre les gràfiques anteriors, en la següent figura podrem observar els balanços acumulats en funció del percentatge d'irradiància:

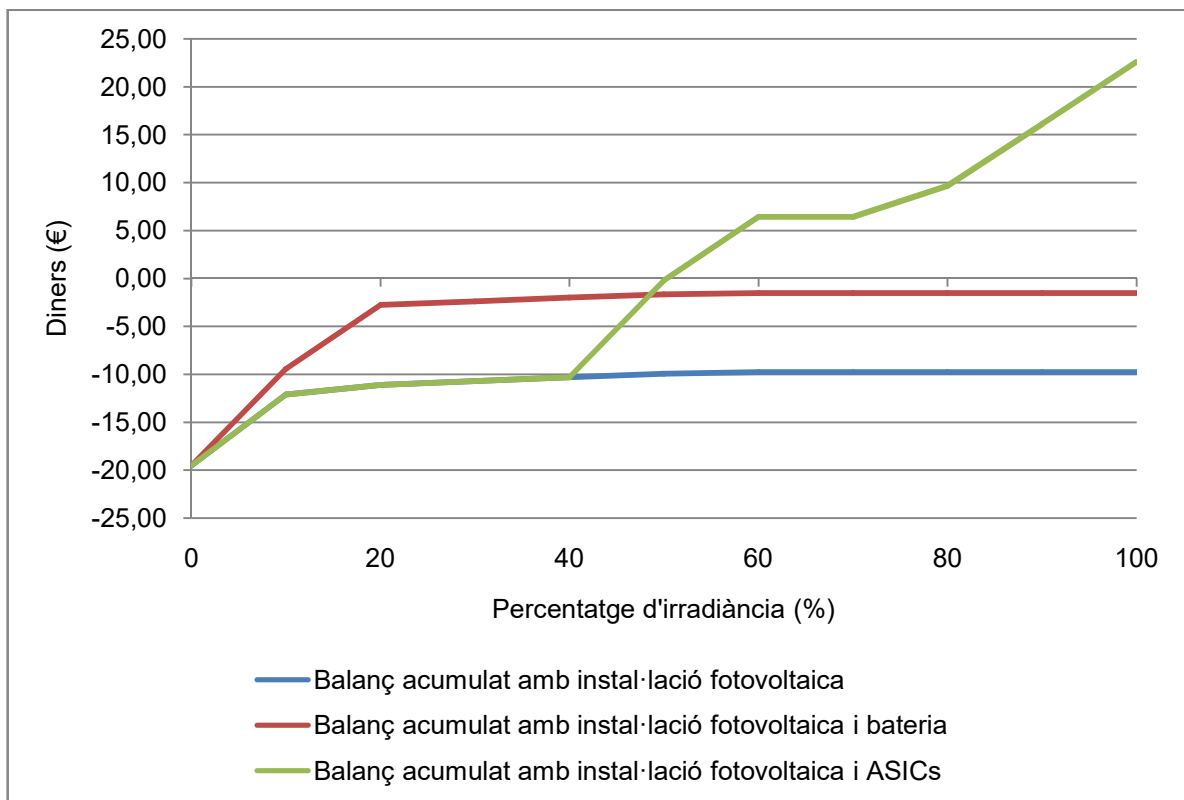


Figura 46. Gràfica de potències amb un 20% de consum en hores de producció solar

Quan augmenta el percentatge d'irradiància els miners ASIC poden funcionar més hores i el seu balanç acumulat augmenta. Observem que des del 0% fins el 50% d'irradiància, el balanç acumulat del sistema de miners ASIC no és positiu. Això és deu a que els miners tenen poc temps per funcionar i no poden tenir guanys significatius. L'excedent ja no pot alimentar cap miner ASIC a partir del 40% d'irradiància cap avall, provocant que el balanç acumulat dels miners ASIC sigui igual que el de la instal·lació fotovoltaica.

En canvi, el balanç acumulat de la bateria és manté més o menys al mateix nivell des del 100% fins al 20% d'irradiància. Això s'explica perquè fins el 20% d'irradiància pot emmagatzemar una part important d'energia com per cobrir, algunes hores, el consum del habitatge. Tal fet provoca que el cost de la xarxa no augmenti significativament i així el balanç acumulat es mantingui. Finalment, entre els percentatges 0% i 20% d'irradiància, ni els miners ni la bateria poden utilitzar prou energia pel seu propòsit. D'aquesta manera, el consum de la xarxa augmenta en hores sense producció solar i els balanços acumulats de tots tipus d'instal·lacions cauen.

A.6. Conclusions

Dels tres sistemes de mineria ASIC, dos d'ells donen millors resultats que una bateria a dia d'avui. No seria una bona conclusió pensar que amb la majoria de les criptomonedes passi el mateix, ja que la majoria d'elles tenen característiques més semblants al Litecoin que Ethereum o Bitcoin. És a dir, no son prou conegudes ni tenen un valor prou elevat com per obtenir recompenses significatives. Així doncs, la volatilitat del valor de la criptomoneda, el creixement de la xarxa i la conseqüent dificultat fan completament impredecible els beneficis que s'obtindran a llarg termini.

El dispositiu desenvolupat en el present projecte ajuda a que els miners consumeixin energia neta dels excedents fotovoltaics o vigila que cap miner funcioni amb pèrdues si està consumint energia de la xarxa. Si el preu de l'electricitat suposa pel miner uns costos més grans que els seus guanys, el dispositiu no pot fer més que no connectar-lo a la xarxa elèctrica. Si tampoc hi ha excedent suficient com per fer-lo funcionar de dia, pot ser que el miner ASIC estigui inactiu durant dies o inclús setmanes.

En la següent taula es pot observar els anys que es necessiten per recuperar la inversió amb cada tipus d'instal·lació. El que es tarda menys en recuperar la inversió és amb els ASICs d'Ethereum però la inversió inicial és tant gran que la majoria de les persones no s'ho

podrien permetre. La segona millor opció serien els casi 8 anys per recuperar la inversió inicial amb bateries. Per últim, per recuperar la inversió amb els ASICs de Bitcoin es necessitarien més de 15 anys, totalment inviable sabent la rapidesa amb que queden obsolets.

Tipus d'instal·lació	Inversió inicial (€)	Estalvi o benefici per dia (€)	Estalvi o benefici per any (€)	Anys
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i bateria de 4800Wh	3.450,00	1,20	438,00	7,88
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i ASICs de Bitcoin	18.264,00	3,23	1.178,95	15,49
Habitatge amb instal·lació fotovoltaica i ASICs d'Ethereum	84.000,00	99,19	36.204,00	2,32

Taula 77. Comparativa del balanç total entre els tres tipus de instal·lacions

Finalment, s'ha vist com les instal·lacions fotovoltaïques amb bateries són sensibles a prendre l'estalvi que les bateries suposen si el percentatge de consum en hores solars és alt. En canvi, aquesta situació és quan els miners ASIC més beneficis generen. També s'ha observat com les instal·lacions fotovoltaïques amb miners ASIC són sensibles a no obtenir beneficis amb percentatges d'irradiància baixos. D'altra banda, les instal·lacions fotovoltaïques amb bateries no són tant sensibles a la irradiància ja que poden emmagatzemar suficient energia com per cobrir el consum. En resum, aquests dos tipus de percentatges estudiats només s'haurien de tenir en compte en casos extrems. No seria la millor opció instal·lar miners ASIC en una instal·lació fotovoltaica d'una localitat on sempre hi ha núvols, ja que redueixen significativament la irradiància. Altrament, tampoc seria una bona idea instal·lar bateries en instal·lacions fotovoltaïques d'edificacions sense ús nocturn.

B. PROGRAMA

```
/*
 * Software - Sistema de gestió de càrregues per miners de criptomonedes
 * Adrià Moradell Juanhuix <adriamoradell@gmail.com>
 * Última Modificació: 2022-08-21
 */

/** Llibreries */
#include <Arduino.h>
#include <Wifi.h> //Llibreria que conté funcions a alt nivell per a gestionar
                //el Wifi
#include <WifiUdp.h> //Llibreria necessària per gestionar la comunicació UDP
#include "AsyncUDP.h"
#include <HTTPClient.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1X15.h> //Llibreria necessària per utilitzar l'ADS1115

/** ADS1115 EXTERN - tipus ads (1015 o 1115 - hi ha 2 versions) */
Adafruit_ADS1115 ads; //Definim que utilitzem l'ADS1115 - és la versió de 16 bits.

/** Variables pel sensor de corrent SCT013-100A/1V */
const float FACTOR = 100; //100A/1V
const float multiplier = 0.0625F;
//(2.048mV)/((2^(15))-1) = 0,0625 mV cada count

/** Variables pel WIFI */
const char* ssid = "One plus 6"; //Nom de la xarxa Wifi
const char* password = "555444333"; //Constrasenya de la xarxa Wifi
const char * udpAddress = "192.168.1.41" ; //Adreça IP ordinador/dispositiu on
                //volem enviar les dades.
const int udpPort = 1234; //Port server. Nombre entre 0 i 65535.

//Constants per definir els pins d'entrada
const int polsador1Pin = 2;
const int polsador2Pin = 15;

//Constants per definir els pins de sortida
const int LEDverdPin = 17;
const int LEDvermellPin = 16;
const int LEDblauPin = 4;

//Variables utilitzades en el bucle de mesura d'excedent
int valorPolsador1 = 0;
int valorPolsador2 = 0;
int estatloop4 = 0;
int tempsloop4 = 0;

//Variables utilitzades en el bucle de comunicació amb les APIs
String servername = "0"; //Variable on es guarda la ruta del servidor de les
                //APIs a consultar
String stringllum = "0"; //Variable on es guarda la resposta de la petició
                //UDP a l'API preciodelaluz.org
```

```

String preu = "0";          //Variable on es guarda el preu de la criptomoneda
                            //a minar
String hashxarxa = "0";    //Variable on es guarda la taxa de hash de la xarxa
                            //de la criptomoneda a minar
String br = "0";           //Variable on es guarda el valor de la recompensa
                            //per generar un bloc de la criptomoneda a minar
String arraypreu = "Preullum24h:h0:0,h1:0,h2:0,h3:0,h4:0,h5:0,h6:0,h7:0,h8:0,h9:0,h
10:0,h11:0,h12:0,h13:0,h14:0,h15:0,h16:0,h17:0,h18:0,h19:0,h20:0,h21:0,h22:0,h23:0,
"; //Variable on es guarden ordenadament els preus de la tarifa
                            //regulada de cada hora
String crypto = "0";       //Variable on es guarda el número identificatiu de
                            //cada criptomoneda a la web que actua d'API de
                            //criptomonedes
String enviarcrypto = "0"; //Variable on es guarden les variables sobre la
                            //criptomoneda i que s'han d'enviar al programa
                            //del Labview
String enviarllum = "Preullum24h:h0:0,h1:0,h2:0,h3:0,h4:0,h5:0,h6:0,h7:0,h8:0,h9:0,
h10:0,h11:0,h12:0,h13:0,h14:0,h15:0,h16:0,h17:0,h18:0,h19:0,h20:0,h21:0,h22:0,h23:0
,"; //Variable on es guarden les variables sobre els preus de la
                            //tarifa regulada i que s'han d'enviar al programa del Labview.

AsyncUDP udp;

/* Variables per les tasques FreeRTOS */
const portTickType xDelay = 5000 / portTICK_RATE_MS;
// Produeix una demora a la tasca que la crida. Cedeix el control del CPU
//mentre aquest temps no expira.
#if CONFIG_FREERTOS_UNICORE //El codi utilitzarà el nucli 0 o 1 en
                            //l'assignació de tasques
#define ARDUINO_RUNNING_CORE 0
#else
#define ARDUINO_RUNNING_CORE 1
#endif

/* Definir els pins pel mòdul de relés */
#define PIN_RELAY_1 33 //Pin de l'ESP32 que es connecta al pin IN1 del mòdul
                        //de relé
#define PIN_RELAY_2 25 //Pin de l'ESP32 que es connecta al pin IN1 del mòdul
                        //de relé
#define PIN_RELAY_3 26 //Pin de l'ESP32 que es connecta al pin IN1 del mòdul
                        //de relé
#define PIN_RELAY_4 27 //Pin de l'ESP32 que es connecta al pin IN1 del mòdul
                        //de relé

/* Variables pel bucle de les APIs */
int on = 0;
long temps1 = 0;
long temps0 = 0;
int hour = 01;
int nethash = 0;
int P1 = 1;
int P2 = 1;
int excedent = 0;

```

```

/** BUCLE DE COMUNICACIÓ AMB EL LABVIEW */
void loop1(void *pvParameters) {
    while (1) { //Permet l'execució sense límit del contingut del cicle
        Serial.println("loop1");
        vTaskDelay (xDelay); //Funció de FreeRTOS que serveix de retard per a cad
            //a tasca.

        Wifi.mode(WIFI_STA); //Configuració perquè l'ESP32 funcioni com a mode STA
            //(STATION), per connectar-lo a una xarxa Wifi
            // mitjançant un access point.
        Wifi.begin(ssid, password); //Aquesta funció retorna l'estat de l'ESP32
            //per determinar quan hem establert la
            //connexió amb la xarxa.

        if (Wifi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
            //Espera que el mòdul es connecti al punt d'accés i si la connexió no és
            //exitosa espera 1 segon.
            Serial.println("Wifi Failed");
            delay(1000);
        }
        if(udp.listen(1234)) { //Si el protocol UDP està escoltant el port 1234
            Serial.print("UDP Listening on IP: ");
            //delay(5000);
            Serial.println(Wifi.localIP()); //Retorna la IP que està escoltant.
            udp.onPacket([] (AsyncUDPPacket packet) {
                //Configura el gestor de paquets UDP per paquets UDP asíncrons.
                digitalWrite(LEDvermellPin, HIGH);
                Serial.print("UDP Packet Type: ");
                Serial.print(packet.isBroadcast()?"Broadcast":packet.isMulticast()?"Mu
                    lticast":"Unicast");
                Serial.print(", From: ");
                Serial.print(packet.remoteIP());
                Serial.print(":");
                Serial.print(packet.remotePort());
                Serial.print(", To: ");
                Serial.print(packet.localIP());
                Serial.print(":");
                Serial.print(packet.localPort());
                Serial.print(", Length: ");
                Serial.print(packet.length());
                Serial.print(", Data: ");
                Serial.write(packet.data(), packet.length());
                Serial.println();
                String testString = String( (char*) packet.data());
            //El string testString obté el missatge enviat pel programa del Labview.
                //Serial.print(testString);
                //Serial.println();
            //El missatge sempre té la mateixa estructura: .X,N,HH
            //On: X és el nombre identificatiu de la criptomoneda a minar, N és el nombre
            //de miners a funcionar, HH és l'hora del dia.

                crypto = testString.substring(1,4); //Guarda l'abreviatura de la
                    //criptomoneda a minar en la
                    //variable crypto.

                //Serial.print(crypto);

```

```

        //Serial.println();
        int index = testString.indexOf(',');
        String minerson = testString.substring(5,6);

//Guardem el nombre de miners a funcionar en la variable minerson
        //Serial.print("Miners on: ");
        //Serial.print(minerson);
        int num = minerson.toInt(); //Passem la variable minerson de
            //string a un nombre enter
        int index1 = testString.indexOf(',');
        String hora = testString.substring(7,9); //Guarda l'hora en la
            //variable hora

        //Serial.print("Hora: ");
        //Serial.print(hora);
        //Serial.println();
        hour = hora.toInt(); //Passem a la variable hour el valor enter
            //de la variable hora.
        on = num; //Guarda el valor de la variable num a la variable on,
            //la variable que s'utilitza en el bucle del control
            //dels relés
        //Serial.print(num);
        //Serial.println();

//Finalment, s'enviarà des de l'ESP32 al programa de Labview un missatge amb
//les dades necessàries
//Tal missatge té la següent estructura:
//"Preu:preu,Nethash:hashxarxa,BR:br,Exc:exc,Preullum24h:h0:0,h1:0,h2:0,h3:0,
//h4:0,h5:0,h6:0,h7:0,h8:0,h9:0,h10:0,h11:0,h12:0,h13:0,h14:0,h15:0,h16:0,
//h17:0,h18:0,h19:0,h20:0,h21:0,h22:0,h23:0,""
        String envia = enviarcrypto + "," + enviarllum;
        const char* labview = envia.c_str(); //Converteix la variable en
            //string a una array de
            //caràcters.
        udp.broadcast(labview); //Emissió del datagrama UDP.
        digitalWrite(LEDvermellPin, LOW);
    });
}
} //Fi del while(1).
} //Fi del bucle 1.

/*/ BUCLE DE CONTROL DELS RELÉS /*/

void loop2(void *pvParameters) {
    while (1) { //Permet l'execució sense limit del contingut del cicle.
        Serial.println("loop2");

        switch (on){ //Funció Switch case en funció de la variable on, és a
            //dir, en funció dels miners que han d'estar funcionant.
        case 0: // Variable on=0, cap miner ha d'estar funcionant.
            digitalWrite(PIN_RELAY_1, LOW);
            digitalWrite(PIN_RELAY_2, LOW);

```



```
digitalWrite(PIN_RELAY_3, LOW);
digitalWrite(PIN_RELAY_4, LOW);
//Serial.println("cas0");
delay(1000);
break;
case 1: // Variable on=1, un sol miner ha d'estar funcionant.
digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_2, LOW);
digitalWrite(PIN_RELAY_3, LOW);
digitalWrite(PIN_RELAY_4, LOW);
//Serial.println("cas1");
delay(1000);
break;
case 2: // Variable on=2, dos miners han d'estar funcionant.
digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_2, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_3, LOW);
digitalWrite(PIN_RELAY_4, LOW);
//Serial.println("cas2");
delay(1000);
break;
case 3: // Variable on=3, tres miners han d'estar funcionant.
digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_2, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_3, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_4, LOW);
//Serial.println("cas3");
delay(1000);
break;
case 4: // Variable on=4, tots els miners han d'estar funcionant.
digitalWrite(PIN_RELAY_1, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_2, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_3, HIGH);
digitalWrite(PIN_RELAY_4, HIGH);
//Serial.println("cas4");
delay(1000);
break;
}
delay(300);
} //Fi del while(1)
} //Fi del bucle 2.

/** BUCLE PER LES APIs */

void loop3(void *pvParameters) {
  while (1) { //Permet l'execució sense límit del contingut del cicle.
    Serial.println("loop3");

    bool rebrellum = false; //Declaració de la variable booleana que
                            //habilitarà a l'ESP32 connectar-se a una API
                            //per extreure els preus diaris de la tarifa
                            //indexada al mercat lliure.
    bool rebrepreu = false; //Declaració de la variable booleana que
                            //habilitarà a l'ESP32 connectar-se a una API
```

```
        //per extreure el preu, nethash, block reward
        //de la criptomoneda a minar.

        temps1 = millis() - temps0;
//Compte el temps que ha passat des de l'última vegada que l'ESP32 s'ha
//connectat a l'API per extreure el preu, nethash, block reward de la
//criptomoneda a minar.

        if( (P1 == 1) & (crypto != "0") ){
//Si primer=1 significa que és el primer cop que s'executa el loop3, per tant
//l'ESP32 s'haurà de connectar a les dues APIs perquè el Labview pugui
//treballar amb dades actualitzades.
//Si la variable crypto és diferent de 0 significa que el Labview li ha
//comunicat a l'ESP32 quina criptomoneda ha de cercar a l'API i tal variable
//ha adquirit el nombre identificatiu d'aquesta.

        rebrellum = true;
        rebrepreu = true;
        Serial.println("PRIMER IF");

        Serial.println();
        P1 = 0; //La variable P1=0 per tal que no torni a entrar en aquesta
            //condició
        }
        else if((P2 == 1) & (hour == 00)){
//Si són les 00 h, entrarà en aquesta condició per extreure els preus diaris
//de la tarifa indexada al mercat lliure.
        rebrellum = true;
        P2 = 0;
        }
        else if((temps1 > 60000) & (crypto != "0")){
//Si han passat més de 60 segons des de l'última cerca a l'API de
//criptomonedes, entrarà en aquesta condició per actualitzar el preu, el
//nethash i block reward de la criptomoneda a minar.
//Si la variable crypto és diferent de 0 significa que el Labview li ha
//comunicat a l'ESP32 quina criptomoneda ha de cercar a l'API i tal variable
//ha adquirit el nombre identificatiu d'aquesta.
        rebrepreu = true;
        Serial.println("temps1:");
        Serial.println(temps1);
        Serial.println();
        }
        else if((P2 == 0) & (hour != 00)){
//Si ja no són les 00 h, entrarà un moment en aquesta condició per tal de
//posar la variable P2=1 i tornar a extreure els preus diaris quan siguin les
//12 de nou
        P2 = 1;
        }
        else {
        Serial.println("temps1:");
        Serial.println(temps1);
        Serial.println();
        }
    }
}
```

```

if (rebrellum == true){ //Habilita a l'ESP32 connectar-se a una API per
                        //extreure els preus diaris de la tarifa
                        //regulada segons la variable booleana
                        //rebrellum.
    Serial.println("*****Captura del preu de la llum*****");
    HTTPClient http;
    digitalWrite(LEDblauPin, HIGH);
    delay(1000);

    String serverPath = "https://api.preciodelaluz.org/v1/prices/all?zone=P
    CB"; //Ruta del servidor de l'API preciodelaluz.org
    delay(5000);

//Per iniciar la connexió com a client utilitzem la següent funció. Torna true
//si la connexió s'ha realitzat amb èxit. Un cop iniciada la connexió, pot
//fer una petició http, per exemple, http.GET();
    http.begin(serverPath.c_str());
    delay(1000);

    // Realitza una petició
    int httpResponseCode = http.GET();
    delay(1000);

    if (httpResponseCode>0) { //Si la variable httpResponseCode és
                              //superior a 0, significa que no hi ha
                              //problemes de xarxa o de connexió.
        //Serial.print("HTTP Response code: ");
        //Serial.println(httpResponseCode);
        stringllum = http.getString(); //S'obté la resposta de la petició

        Serial.println(stringllum);

//Un cop obtingut de l'API tot el text de resposta, s'ordena i es prepara en
//forma de string per ser enviat al programa del Labview.
        Serial.println("*****Ordena el preu de la llum*****");

        arraypreu = "Preullum24h:"; //Inici de l'string que serà enviat.

        for (int counter = 0; counter < 24; counter++){
//S'aniràn enganxant a l'string els 24 preus de la següent forma:
            String comptador = "h"+ String(counter)+":";
//Es crea un string amb una "h"+"hora" per identificar el preu segons l'hora.

            //Serial.print(comptador);
            String separadorI = String(counter) + "-";
//Per buscar al text de resposta, es crea un string amb l'hora que s'ha de
//cercar el preu, i amb un guió. Ex: "12-".
            int index6 = stringllum.indexOf(separadorI);
//Busca en el text de resposta el string creat al pas anterior i guarda dins
//la variable index6 el nombre de la posició en què està tal string.
            String tall0 = stringllum.substring(index6,3250);
//Es crea un string amb el tall del text de resposta entre el separadorI i el

```

```

//caràcter 3250.
    int index7 = tall0.indexOf("price") + 7;
//Dins el tall del text de resposta, guarda dins la variable index7 la posició del
//primer caràcter del preu.
    int index8 = tall0.indexOf("units") - 2;
//Dins el tall del text de resposta, guarda dins la variable index8 la posició de
//l'últim caràcter del preu.
    String tall1 = tall0.substring(index7,index8) + ",";
//Crea un string amb els caràcters que formen el preu.
    //Serial.print(tall1);
    arraypreu = arraypreu + comptador + tall1;
//Va ajuntant un a un els preus de cada hora amb el string que serà enviat.
    digitalWrite(LEDblauPin, LOW);
    //delay(1000);
}
//Serial.println();
//Serial.println(arraypreu);
//Serial.println();

}
else { //Si la variable httpResponseCode és -1, significa que hi ha
    //problemes de xarxa o de connexió.
    Serial.print("Error code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
}
digitalWrite(LEDblauPin, LOW);
} //Fi de la condició per extreure els preus diaris de la tarifa
//indexada al mercat lliure.

if (rebrepreu == true){ //Habilita a l'ESP32 connectar-se a una API per
    //extreure el preu, nethash, block reward de
    //la criptomoneda a minar segons la variable
    //booleana rebrepreu.
    Serial.println("*****Captura del preu de la criptomoneda*****");
    HTTPClient http;
    digitalWrite(LEDblauPin, HIGH);
    delay(1000);

    String servername1 = "https://whattomine.com/coins/";
//Part incial de la ruta del servidor de l'API whattomine.org.
    String servername2 = ".json";
//Part final de la ruta del servidor de l'API whattomine.org.
    servername = servername1 + crypto + servername2;
//Ruta del servidor completa.
    Serial.print(servername);
    Serial.println();

    String serverPath = servername;

//Per iniciar la connexió com a client utilitzem la següent funció.
//Torna true si la connexió s'ha realitzat amb èxit. Un cop iniciada la
//connexió, podem fer una petició http, per exemple, http.GET();
    http.begin(serverPath.c_str());

```

```
    delay(1000);

// Realitza una petició
    int httpResponseCode = http.GET();
    delay(5000);

    if (httpResponseCode>0) {
//Si la variable httpResponseCode és superior a 0, significa que no hi ha
//problemes de xarxa o de connexió.
        //Serial.print("HTTP Response code: ");
        //Serial.println(httpResponseCode);

        String payload = http.getString(); //S'obté la resposta de la
                                           //petició

        //Serial.println(payload);
        int index2 = 15 + payload.lastIndexOf("exchange_rate");
        int index3 = payload.lastIndexOf("exchange_rate24") - 2;
        //Serial.println(index2);
        //Serial.println(index3);
        preu = payload.substring(index2,index3); //S'extreu el preu
        Serial.println(preu);
        //Serial.println();

        int index4 = 9 + payload.lastIndexOf("nethash");
        int index5 = payload.lastIndexOf("exchange_rate") - 2;
        //Serial.println(index4);
        //Serial.println(index5);
        hashxarxa = payload.substring(index4,index5); //S'extreu la taxa de
                                                       //hash de la xarxa

        Serial.println(hashxarxa);
        Serial.println();

        int index6 = 14 + payload.lastIndexOf("block_reward");
        int index7 = payload.lastIndexOf("block_reward24") - 2;
        //Serial.println(index6);
        //Serial.println(index7);
        br = payload.substring(index6,index7); //S'extreu la recompensa per
                                               //bloc generat

        Serial.println(br);
        Serial.println();

        temps0 = millis(); //Guardem el temps actual a la variable temps0
                           //per anar temporitzant la cerca a l'API de
                           //criptomonedes.
        digitalWrite(LEDblauPin, LOW);

    }
    else { //Si la variable httpResponseCode és -1, significa que hi ha
          //problemes de xarxa o de connexió
        Serial.print("Error code: ");
        Serial.println(httpResponseCode);
    }
    digitalWrite(LEDblauPin, LOW);
}
```

```

//S'hagin o no executat les cerques a les APIs, les variables enviarcrypto i
//enviarllum compliran amb una estructura apta per enviar al programa de
//Labview.
    enviarcrypto = "Preu:" + preu + ",Nethash:" + hashxarxa + ",BR:" + br +
    ",Exc:" + excedent;
    enviarllum = arraypreu;

    vTaskDelay(30000);
    delay(4000);
} //Fi del while(1)
} //Fi del bucle 3.

/*/ BUCLE DE MESURA D'EXCEDENT /*/
void loop4(void *pvParameters) {
    while (1) { //Permet l'execució sense límit del contingut del cicle.
        Serial.println("loop4");

        valorPolsador1 = digitalRead(polsador1Pin); //Llegeix l'estat del
                                                    //polsador1
        valorPolsador2 = digitalRead(polsador2Pin); //Llegeix l'estat del
                                                    //polsador2

        if ((valorPolsador1 == HIGH) & (valorPolsador2 == HIGH)){
//Si els dos polsadors estan en estat de HIGH al mateix moment, la variable
//estatloop4 no canviarà de valor.
            estatloop4 = estatloop4;
        }
        else if ((valorPolsador1 == HIGH) & (valorPolsador2 == LOW)){
//Si el polsador 1 està en estat de HIGH i el polsador 2 està en estat de LOW,//la
variable estatloop4 canviarà al valor 1 per tal de capturar l'excedent
//amb el sensor de corrent.
            estatloop4 = 1;
        }
        else if((valorPolsador1 == LOW) & (valorPolsador2 == HIGH)){
//Si el polsador 2 està en estat de HIGH i el polsador 1 està en estat de LOW,//la
variable estatloop4 canviarà al valor 0 per tal de simular l'excedent a
//través del programa de Labview.
            estatloop4 = 0;
        }
        else {
            estatloop4 = estatloop4;
        }
        delay(1000);
//Serial.print("estatloop4");
//Serial.println(estatloop4);
//Serial.print("tempsloop4");
//Serial.println(tempsloop4);

        switch (estatloop4){

            case 0:
                //Serial.println("dintre case 0");
                digitalWrite(LEDverdPin, LOW);

```

```

        excedent = 7654321; //Nombre amb el qual el Labview interpretarà que
                          //ha de simular l'excedent

        break;
    case 1:
        //Serial.println("dintre case 1");
        digitalWrite(LEDverdPin, HIGH);

        float currentRMS = getCorriente();
//Executa la funció getCorriente() i guarda el valor que retorna tal funció a
//la variable currentRMS.
        float power = 230.0 * currentRMS;
//Multiplica el suposat voltatge de 230 V amb el corrent eficaç mesurat pel
//sensor, guarda el resultat a la variable power.
        excedent = power;
        Serial.println("POWER:");
        Serial.println(power);
        break;

    }
} //Fi del while(1)
} //Fi del bucle 4

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    ads.setGain(GAIN_TWO);          // ±2.048V  1 bit = 0.0625 mV
    ads.begin();

    //Activem els pins d'entrada i sortida
    pinMode(PIN_RELAY_1, OUTPUT);
    pinMode(PIN_RELAY_2, OUTPUT);
    pinMode(PIN_RELAY_3, OUTPUT);
    pinMode(PIN_RELAY_4, OUTPUT);
    pinMode(polsador1Pin, INPUT);
    pinMode(polsador2Pin, INPUT);
    pinMode(LEDverdPin, OUTPUT);
    pinMode(LEDvermellPin, OUTPUT);
    pinMode(LEDblauPin, OUTPUT);

//Les següents funcions creen quatre tasques per executar_se, permetent
//configurar afinitats en el sistema de multiprocessament simètric.
//xTaskCreatePinnedToCore(TaskFunction_t pvTaskCode, const char *const pcName,
//const uint32_t usStackSize, void *const pvParameters, UBaseType_t
//uxPriority, TaskHandle_t *const pvCreatedTask, const BaseType_t xCoreID)
    xTaskCreatePinnedToCore(loop1, "loop1", 4096, NULL, 2, NULL, ARDUINO_RUNNING_CORE
);
    xTaskCreatePinnedToCore(loop2, "loop2", 4096, NULL, 2, NULL, ARDUINO_RUNNING_CORE
);
    xTaskCreatePinnedToCore(loop3, "loop3", 4096, NULL, 2, NULL, ARDUINO_RUNNING_CORE
);
    xTaskCreatePinnedToCore(loop4, "loop4", 4096, NULL, 1, NULL, ARDUINO_RUNNING_CORE
);
}

```

```
}

void loop() {
//S'anirà executant sense intervenir en els loops principals del programa
  Serial.println("loop0");
  delay(4000);
}

float getCorriente()
{
//Declaració de variables a utilitzar dintre de la funció getCorriente
  float voltage;
  float corriente;
  float sum = 0;
  long tiempo = millis();
  int counter = 0;
  delay(100);

  while ((millis() - tiempo) < 1000) // Mentre no passi un segon:
  {
    voltage = ads.readADC_Differential_0_1() * multiplier;
//S'anirà realitzant la lectura del sensor de corrent a través de l'ADS

//La variable multiplier convertirà la lectura del sensor de counts a
//milivolts
    corriente = voltage * FACTOR;
//El voltatge es multiplica per la variable FACTOR, basada en el tipus de
//sensor SCT-013. En aquest cas, 1 V correspon a 100 A
    corriente /= 1000.0;
//Es multiplica el mateix valor per mil, per passar de mA a A
    sum += sq(corriente);
//En la variable sum s'hi van sumant tots els corrents al quadrat
    counter = counter + 1;
//Amb tal comptador tenim el recompte de les lectures que s'han realitzat
    delay(100);
  }

  corriente = sqrt(sum / counter);
//El corrent eficaç en un 1 segon serà l'arrel quadrada de la divisió entre la
//variable sum (suma dels corrents al quadrat) i la variable counter (recompte
//de les lectures realitzades en 1 segon)
  return(corriente); //La funció getCorriente retorna la variable corriente.
}
```