



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

**DIMENSIONAMENT D'UN SISTEMA ENERGÈTIC ÒPTIM,
AMB SUPORT FOTOVOLTAIC, EMMAGATZEMATGE I
PUNTS DE RECÀRREGA DE VEHICLE ELÈCTRIC**



Barcelona, 3 d'octubre de 2017

Volum I - Memòria

Autor: Joan Puig Casteràs
Director: Robert Piqué López
Departament Departament de EEL
Convocatòria: Addicional, quadrimestre de primavera 2016-17.

ÍNDEX GENERAL

VOLUM I: MEMÒRIA.....	1
VOLUM II: PRESSUPOST	187
VOLUM III: ANNEXOS.....	195



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Elèctrica

**DIMENSIONAMENT D'UN SISTEMA ENERGÈTIC ÒPTIM,
AMB SUPORT FOTOVOLTAIC, EMMAGATZEMATGE I
PUNTS DE RECÀRREGA DE VEHICLE ELÈCTRIC**



Barcelona, 3 d'octubre de 2017

Memòria

Autor: Joan Puig Casteràs
Director: Robert Piqué López
Departament Departament de EEL
Convocatòria: Addicional, quadrimestre de primavera 2016-17.

ÍNDEX MEMÒRIA

Índex MEMÒRIA	1
Resum.....	7
Resumen	8
Abstract	9
Agraïments	11
CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ	13
1.1. Motivació	13
1.2. Objectius i abast del projecte	14
CAPÍTOL 2: CONCEPTUALITZACIÓ DEL SISTEMA PLANTEJAT	15
2.1. Antecedents i justificació del sistema plantejat	16
2.1.1. Problemàtiques energètiques i econòmiques dels locals de pública concurrència	16
2.1.1.1. Talls i anomalies en la qualitat del subministrament de la xarxa elèctrica	16
2.1.1.2. Elevats costos econòmics de la despesa energètica	25
2.1.2. Estat i tendència de l'actual xarxa elèctrica.....	27
2.1.3. Integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics.....	29
2.1.4. Oportunitat de millora: justificació del sistema plantejat	30
2.2. Descripció de la microxarxa intel·ligent.....	31
2.2.1. Definició conceptual de microxarxa intel·ligent.....	31
2.2.2. Configuració de la microxarxa intel·ligent plantejada	33
2.3. Descripció dels principals elements de la microxarxa intel·ligent plantejada.....	35
2.3.1. Processament estàtic d'energia	35
2.3.2. Recursos energètics distribuïts	37
2.3.2.1. Subsistema de producció fotovoltaica.....	37
2.3.2.2. Subsistema d'emmagatzematge d'energia	39
2.3.3. Càrregues flexibles	41
2.3.3.1. Punts de recàrrega de vehicles elèctrics	42

CAPÍTOL 3: GESTIÓ ENERGÈTICA, MESURA I COSTOS 47

3.1.	Sistema de gestió energètic òptim	48
3.1.1.	Criteris d'operació bàsics del sistema de gestió	48
3.1.2.	Criteris d'aplicació de les respectives modalitats d'operació	53
3.1.2.1.	Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació amb un tall en el subministrament elèctric.....	53
3.1.2.2.	Modalitats d'operació en un tall en el subministrament elèctric.	54
3.1.2.3.	Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació amb condicions de subministrament elèctric normal.....	55
3.1.2.4.	Modalitats d'operació amb condicions de subministrament elèctric normal	63
3.2.	Criteris de mesura dels fluxos energètics segons el marc normatiu actual	71
3.2.1.	Límits i règim jurídic de les modalitats d'autoconsum.....	72
3.2.2.	Requisits de mesura en les modalitats d'autoconsum	73
3.2.2.1.	Requisits de mesura del subsistema d'emmagatzematge d'energia	74
3.2.3.	Requisits de mesura en les estacions de recàrrega de vehicles elèctrics	75
3.3.	Criteri d'aplicació dels costos dels fluxos energètics segons el marc normatiu actual	77
3.3.1.	Costos dels peatges d'accés a les xarxes elèctriques de transport i distribució.....	77
3.3.2.	Aplicació dels peatges d'accés a les xarxes elèctriques	78
3.3.3.	Costos dels càrrecs de les modalitats d'autoconsum	80
3.3.4.	Aplicació dels càrrecs de les modalitats d'autoconsum.....	80
3.4.	Marc legislatiu de les activitats de producció d'energia elèctrica	83
3.4.1.	Règim retributiu de l'energia alliberada a la xarxa de transport i distribució.....	83
3.4.2.	Peatge per l'energia alliberada a la xarxa elèctrica.....	85

CAPÍTOL 4: CRITERIS DE DIMENSIONAMENT, OPERACIÓ I GESTIÓ ... 87

4.1.	Criteris d'anàlisi de les necessitats energètiques de la instal·lació.....	88
4.1.1.	Consum de la instal·lació en condicions de funcionament normal de la xarxa elèctrica	88
4.1.1.1.	Variabilitat de la demanda energètica.....	88
4.1.1.2.	Conceptes tarifaris de les modalitats dels contractes d'accés....	89

4.1.2.	Consum de la instal·lació en un tall a la xarxa elèctrica	90
4.1.2.1.	Abastiment energètic dels mínims requerits legislativament	90
4.1.2.2.	Abastiment energètic de les càrregues crítiques del local	93
4.2.	Criteris pel dimensionament del camp fotovoltaic.....	95
4.2.1.	Determinació de la potència nominal a instal·lar en el subsistema fotovoltaic.....	95
4.2.2.	Anàlisi de la radiació de l'emplaçament	96
4.2.2.1.	Anàlisi de la ubicació del camp fotovoltaic.....	96
4.2.2.2.	Anàlisi de la inclinació òptima dels panells fotovoltaics	96
4.2.3.	Dimensionament del camp fotovoltaic	97
4.2.3.1.	Estimació del nombre de mòduls del camp fotovoltaic	97
4.2.3.2.	Dimensionament de la distribució dels panells fotovoltaics	99
4.2.3.3.	Selecció i comprovació de la distribució final plantejada	100
4.2.4.	Estimació de l'energia produïda	102
4.2.4.1.	Estimació de l'energia produïda pel camp fotovoltaic	102
4.2.4.2.	Pèrdua de rendiment dels panells fotovoltaics	103
4.3.	Criteris pel dimensionament del sistema d'emmagatzematge	104
4.3.1.	Determinació de la capacitat energètica del subsistema d'emmagatzematge a instal·lar.....	104
4.3.2.	Dimensionament del subsistema d'emmagatzematge.....	105
4.3.2.1.	Estimació del nombre de bateries del subsistema, segons el rang de tensió permès per l'inversor.....	105
4.3.2.2.	Estimació del nombre de bateries del subsistema, segons el rang de capacitat de descàrrega permès per l'inversor.....	106
4.3.2.3.	Selecció i comprovació de la distribució final plantejada	107
4.3.3.	Criteris del règim de càrrega i descàrrega de les bateries	109
4.3.3.1.	Règims de càrrega.....	109
4.3.3.2.	Règims de descàrrega	111
4.3.3.3.	Autodescàrrega	115
4.4.	Estimació de l'energia perduda en els diferents elements de la microxarxa.....	117

CAPÍTOL 5: DESCRIPCIÓ, DIMENSIONAMENT, GESTIÓ I RESULTATS DEL CAS PRÀCTIC D'APLICACIÓ

5.1.	Establiment comercial "bonÀrea" de Torrefarrera	122
5.1.1.	Descripció de l'establiment comercial "bonÀrea" de Torrefarrera	122

5.1.2.	Problemàtiques energètiques i econòmiques del local.....	123
5.1.2.1.	Problemàtiques amb la qualitat i la fiabilitat del subministrament de la xarxa elèctrica	123
5.1.2.2.	Alts costos econòmics en la despesa energètica.....	126
5.1.2.3.	Integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics.....	129
5.2.	Dimensionament dels principals elements de la microxarxa intel·ligent plantejada.....	130
5.2.1.	Càrregues flexibles	130
5.2.2.	Subsistema de producció fotovoltaic	131
5.2.2.1.	Potència nominal i dimensionament del subsistema fotovoltaic.....	131
5.2.2.2.	Anàlisi de la radiació de l'emplaçament	132
5.2.3.	Subsistema d'emmagatzematge d'energia	133
5.2.3.1.	Capacitat energètica nominal del subsistema d'emmagatzematge	134
5.2.3.2.	Dimensionament del subsistema d'emmagatzematge.....	134
5.2.4.	Processament estàtic d'energia	135
5.3.	Sistema de gestió del cas pràctic d'aplicació.....	136
5.3.1.	Criteris d'operació bàsics del sistema de gestió	136
5.3.2.	Criteris particulars d'aplicació de les respectives modalitats d'operació.....	137
5.3.2.1.	Criteris particulars d'aplicació de les modalitats d'operació amb un tall en el subministrament elèctric	137
5.3.2.2.	Criteris particulars d'aplicació de les modalitats d'operació amb condicions de subministrament elèctric normal	139
5.4.	Resultats tècnics dels criteris particulars de gestió	145
5.4.1.	Resultats de la metodologia d'operació amb condicions normals en el subministrament elèctric	147
5.4.2.	Resultats de la metodologia d'operació amb un tall en el subministrament elèctric.....	151
5.4.2.1.	Escenari 1: tall en les primeres hores.....	151
5.4.2.2.	Escenari 2: tall en les hores centrals del dia.....	156
5.4.2.3.	Escenari 3: tall en les últimes hores del dia.....	159
5.4.3.	Anàlisi d'altres escenaris mitjançant el full de càlcul.....	163
5.4.3.1.	Creació d'escenaris variats d'anàlisi de la microxarxa	163
5.4.3.2.	Observació dels resultats energètics de l'escenari creat	165

5.5.	Resultats econòmics del sistema plantejat	168
5.5.1.	Estalvi econòmic en la despesa energètica de la instal·lació	168
5.5.2.	Estimació del pressupost d'implantació de la microxarxa	171
5.5.3.	Valoració econòmica de la implantació de la microxarxa	173
5.5.3.1.	Escenaris econòmics analitzats	173
5.5.3.2.	Viabilitat econòmica de cadascun dels escenaris analitzats.....	175
CAPÍTOL 6: CONCLUSIONS		177
6.1.	Conclusions del projecte	177
6.2.	Feina futura	180
CAPÍTOL 7: BIBLIOGRAFIA.....		181
7.1.	Referències bibliogràfiques.....	181
7.2.	Bibliografia de Consulta	186

RESUM

La forta dependència energètica, dels locals de pública concurrència amb el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, provoca una sèrie de conseqüències tècniques i econòmiques. D'aquesta manera, aquest projecte consisteix en l'elaboració d'un sistema genèric per solucionar-les, en configuració de microxarxa intel·ligent i sota els principis de sostenibilitat tècnica, econòmica i, sobretot, mediambiental.

Més concretament, el desenvolupament d'uns criteris propis de gestió energètica, per coordinar, eficientment, els diferents elements de la microxarxa, garantint l'abastiment continu i qualitatiu d'aquests establiments i, reduint la seva factura elèctrica. Criteris que permetin integrar en la instal·lació estacions de recàrrega de vehicles elèctrics. I que, al mateix temps, encaixin amb les condicions legislatives de l'actual sistema elèctric espanyol, sent aplicables a diferents tipus de locals de pública concurrència.

D'aquesta manera, en la part final del projecte, es dimensiona el sistema genèric, per un determinat cas pràctic d'aplicació. Així, es justifica la viabilitat mediambiental i tècnica del sistema. I finalment, es descriu la línia base de treball i recerca per millorar la solució plantejada, cercant també la viabilitat econòmica.

RESUMEN

La fuerte dependencia energética, de los locales de pública concurrencia con el suministro de la red eléctrica de transporte y distribución, provoca una serie de consecuencias técnicas y económicas. Por tanto, este proyecto consiste en la elaboración de un sistema genérico para solucionarlas, en configuración de microred inteligente i bajo los principios de sostenibilidad técnica, económica y, principalmente, medioambiental.

Más concretamente, el desarrollo de unos criterios propios de gestión energética, para coordinar, eficientemente, los distintos elementos de la microred, garantizando el abastecimiento continuo y cualitativo de estos establecimientos y, reduciendo su factura eléctrica. Criterios que permitan integrar en la instalación estaciones de carga de vehículos eléctricos. I que, al mismo tiempo, encajen con las condiciones legislativas del actual sistema eléctrico español, siendo aplicables a distintos tipos de locales de pública concurrencia.

De este modo, en la parte final del proyecto, se dimensiona el sistema genérico, en un determinado caso práctico de aplicación. Así, se justifica la viabilidad medioambiental y técnica del sistema. Y finalmente, se describe la línea base de trabajo y investigación para mejorar la solución planteada, buscando también la viabilidad económica.

ABSTRACT

The strong energy dependence of LPC (Public premises) with the supply of electricity transmission and distribution network, causes a series of technical and economic consequences. For that reason, this project consists on the elaboration of a generic system to solve them, in setting of a smart microgrid under the principles of technique, economic and, mainly, environmental sustainability.

More specifically, the development of specific energy management to efficiently coordinate the different parts of the microgrid, guaranteeing a continuous and qualitative supply of these establishments and reducing their electric bill. Criteria for integrating charging stations for electric vehicles in the installation. And fit, at the same time, with the Spanish electrical legislative requirements and could apply to different types of Public premises.

Thus, in the final part of the project the generic system is dimensioned in a particular applied case. This justifies, the pertinent environmental and technique viability of the system. And finally, it describes the specific work baseline and research to improve the solution proposed, also looking for economic viability.

AGRAÏMENTS

De forma breu i concisa, un merescut agraïment a tota aquella gent que m'ha ajudat i recolzat moralment, especialment a la família. I també al director del projecte per la seva dedicació i paciència.

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ

1.1. Motivació

La cimera del Clima de París (*Conferència de les Parts de la Convenció Marco de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic, COP21*), celebrada el passat desembre de 2015, va establir un marc global de lluita contra el canvi climàtic a partir del 2020, sense precedents. Més concretament, un acord històric que promou una transició cap a una economia sostenible i baixa en emissions. Mitjançant un text que considerant les diferents realitats de cada país; és just, ambiciós, equilibrat i, fins i tot, jurídicament vinculant.

Per altra banda, la creixent penetració de la generació distribuïda; els avenços en l'electrònica de potència, nous equips de mesura i comunicació i, les altes perspectives de creixement del vehicle elèctric, impulsen aquest canvi de paradigma. D'aquesta manera, es reforça la necessitat d'assolir, en l'actual sistema elèctric espanyol, una economia de baixa intensitat energètica, reduïda emissió de carboni, innovadora, competitiva i, sostenible a mig i llarg termini.

Per tant, es presenta l'oportunitat i el repte de cercar noves solucions, com ara sistemes en configuració de microxarxa intel·ligent, que permetin integrar recursos energètics distribuïts i punts de recàrrega de vehicles elèctrics, gestionant eficientment l'energia. Sistemes, que mitjançant la corresponent conceptualització, implementació i revisió, encaixin adequadament amb l'actual marc legislatiu i siguin viables tècnicament, econòmica i, sobretot, mediambiental.

1.2. Objectius i abast del projecte

Després de presentar el Treball Final de Grau "*Sistema per la gestió òptima energètica en instal·lacions de pública concurrència amb suport fotovoltaic*" [41], per finalitzar el Grau en Enginyeria de l'Energia, fa vora un any.

A hores d'ara, l'objectiu primordial d'aquest segon projecte consisteix en l'acreditació de la formació adquirida en el Grau en Enginyeria Elèctrica, per aconseguir el corresponent títol acadèmic. És a dir, l'elaboració d'un altre projecte que englobi els coneixements, capacitats, metodologies i competències, treballades durant el transcurs d'aquesta altra carrera. I així, deixar totalment acabada l'etapa acadèmica de simultaneïtat d'estudis.

Des d'una perspectiva més tècnica, el desenvolupament d'un sistema de gestió energètic òptim en instal·lacions de pública concurrència, en configuració de microxarxa intel·ligent i sota els principis de sostenibilitat tècnica, econòmica i mediambiental. A través dels següents objectius:

1. Identificació de les principals problemàtiques tècniques i econòmiques de la forta dependència energètica, d'aquests locals de pública concurrència, amb el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
2. Anàlisi de l'estat i tendència de l'actual sistema elèctric espanyol. Identificant, també, els requeriments tècnics i econòmics per poder integrar punts de recàrrega de vehicles elèctrics, en aquests establiments.
3. Implementació d'un sistema genèric en configuració de microxarxa intel·ligent, contextualitzant teòricament el concepte, justificant els motius de la solució presa i analitzant l'estat de l'art dels principals elements requerits.
4. Desenvolupament d'uns criteris, propis i genèrics, de gestió energètica òptima, per coordinar el sistema garantint un abastiment continu i qualitatiu de les càrregues elèctriques del local. I també, aconseguint una reducció en la factura elèctrica i una disminució en el impacte mediambiental associat a la seva activitat. Criteris que encaixin amb les condicions tècniques, econòmiques i administratives de l'actual marc legislatiu espanyol.
5. Desenvolupament d'uns criteris, també genèrics, per adequar la instal·lació existent al sistema plantejat i, pel dimensionament dels nous elements.
6. Implementació del sistema en un determinat cas pràctic d'aplicació. Enfocant els criteris genèrics de gestió energètica i dimensionament, anteriorment comentats, a les particularitats del local en qüestió. I, analitzant també la seva viabilitat mediambiental, tècnica i econòmica.
7. Identificació de la línia de treball i recerca per millorar la solució plantejada.

Aquests objectius tècnics s'han desenvolupat, seguint la metodologia de treball de la normativa estàndard internacional "*ISO-50001:2011*" [1]. Partint de les polítiques energètiques de sostenibilitat tècnica, econòmica i mediambiental, es va planificar una línia de treball, sintetitzada en els objectius anteriors, per la posterior implementació, comprovació i revisió en un cas pràctic d'aplicació.

CAPÍTOL 2:

CONCEPTUALITZACIÓ

DEL SISTEMA

PLANTEJAT

Aquest capítol es el principal reflex de l'enginyeria de concepció desenvolupada al llarg de la realització del projecte.

D'aquesta manera, s'identifiquen les principals problemàtiques tècniques i econòmiques dels locals de pública concurrència, derivades de la forta dependència energètica amb el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució. Observant l'oportunitat i el repte d'instaurar, en aquests locals, un sistema en configuració de microxarxa intel·ligent, que per una banda, maximitzi i garanteixi l'abastiment qualitatiu, fiable i continu de les seves càrregues. I per altra banda, permeti i afavoreixi la integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics.

Microxarxa que, evidentment, suposi una notable reducció econòmica de la despesa energètica del local, per la consegüent amortització dels seus components, i encaixi adequadament amb les condicions tècniques, econòmiques i legislatives de l'actual sistema elèctric espanyol.

Finalment, també es contextualitza el concepte teòric d'"*Smart microgrid*" i s'observa l'estat de l'art dels principals elements requerits en la microxarxa, escollint solucions comercials robustes que permetin satisfer les corresponents necessitats.

2.1. Antecedents i justificació del sistema plantejat

En la majoria dels locals de pública concurrència s'abasteix la demanda energètica de la instal·lació, en cada instant de temps, únicament mitjançant l'energia adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució. Aquesta forta dependència energètica provoca una sèrie de conseqüències, que es recolliran en els següents apartats.

D'aquesta manera, es descriuen les principals problemàtiques energètiques i econòmiques d'aquestes instal·lacions, particularment, i en relació a l'estat actual del sistema elèctric espanyol. Tot seguit, s'analitzen els principals sistemes i estratègies utilitzades habitualment per solucionar-les i s'identifiquen les corresponents oportunitats de millora, de cadascuna d'elles.

Així, finalment, es descriu la constitució d'un sistema que sigui capaç d'englobar tots els avantatges de les tecnologies comentades i les pertinents oportunitats de millora, per tal de resoldre i satisfer aquestes problemàtiques energètiques i econòmiques, tot encaixant adequadament amb l'actual xarxa elèctrica de transport i distribució.

Per altra banda, es descriu l'estat del sistema elèctric espanyol, perquè la solució plantejada aportï una millora, encaixant amb la tendència i la futura evolució del sector. I permeten, com a exemple, la integració de punts de recàrrega per a vehicles elèctrics.

2.1.1. Problemàtiques energètiques i econòmiques dels locals de pública concurrència

2.1.1.1. Talls i anomalies en la qualitat del subministrament de la xarxa elèctrica

Els principals problemes amb el subministrament elèctric actual per part de la xarxa elèctrica de transport i distribució, segons [30], es recullen amb el següents dos grans grups:

- Anomalies en la qualitat del subministrament elèctric; que provoquen greus danys, principalment, als dispositius electrònics. Aquests problemes, força presents en el sistema de distribució i transport elèctric espanyol, majoritàriament, són produïts per:
 - Transitoris, pics i/o microtalls; provocats, habitualment, per càrregues elèctriques sobre la xarxa elèctrica de transport i distribució, com ara els llamps, l'arrencada i parada d'equips d'alta potència, etc.
 - Oscil·lacions del valor eficaç de tensió; produïdes, majoritàriament, per pars de motors, càrregues molt inductives en la xarxa elèctrica, canvis d'interruptors de la companyia elèctrica de transport i distribució, etc.

- Talls en el subministrament elèctric; afecten directament en el desenvolupament de les activitats del local. Aquest problema en l'actualitat, es relativament poc freqüent en la majoria de zones del sistema de distribució i transport elèctric espanyol. Ara bé, es pot produir per defectes en el diferents elements del sistema de transport i distribució elèctric, per excessos de consums en determinades zones puntuals i, fins i tot, per errors humans d'operació dels elements del sistema.

D'aquesta manera, la majoria de locals de pública concurrència disposen dels pertinents sistemes per evitar els danys anteriorment comentats i, sobretot, per garantir l'abastiment d'uns determinats consums de la instal·lació, en cas que es produeixi un tall en la xarxa elèctrica de transport i distribució que alimenta el local. Normalment els criteris legislatius i els interessos funcionals, tècnics i econòmics del propi local acostumen a determinar aquests consums bàsics de la instal·lació, els quals majoritàriament es divideixen en:

- Consums mínims requerits legislativament; dividits segons la Instrucció Tècnica Complementària de Baixa Tensió ITC-BT-28 [11] en:
 - L'enllumenat d'emergència; contemplat com un servei de seguretat mínim, previst que entri en funcionament automàticament, per garantir l'evacuació segura, en tots els locals de pública concurrència.
 - Subministrament complementari d'un percentatge de la potència contractada; per garantir l'acabament dels respectius treballs amb seguretat i/o la continuació d'algunes activitats de forma normal. La mateixa Instrucció Tècnica Complementària [11], regula la necessitat d'aquest subministrament en funció de la classificació del tipus de local de pública concurrència i també n'estableix la seva capacitat mínima.
- Consums càrregues crítiques; requereixen l'abastiment energètic per interessos funcionals, tècnics i/o econòmics del propi local.

D'aquesta manera, en la majoria de locals de pública concurrència s'instal·la una font d'energia complementària dimensionada per satisfer aquestes necessitats. I, per altra banda, també s'instal·la algun tipus de sistema per protegir els dispositius més sensibles de les anomalies en el subministrament elèctric de la xarxa de transport i distribució.

A partir d'aquestes consideracions, seguidament s'analitzen els sistemes utilitzats majoritàriament en els locals de pública concurrència, descrivint els principals avantatges i inconvenients.

- Generador elèctric:

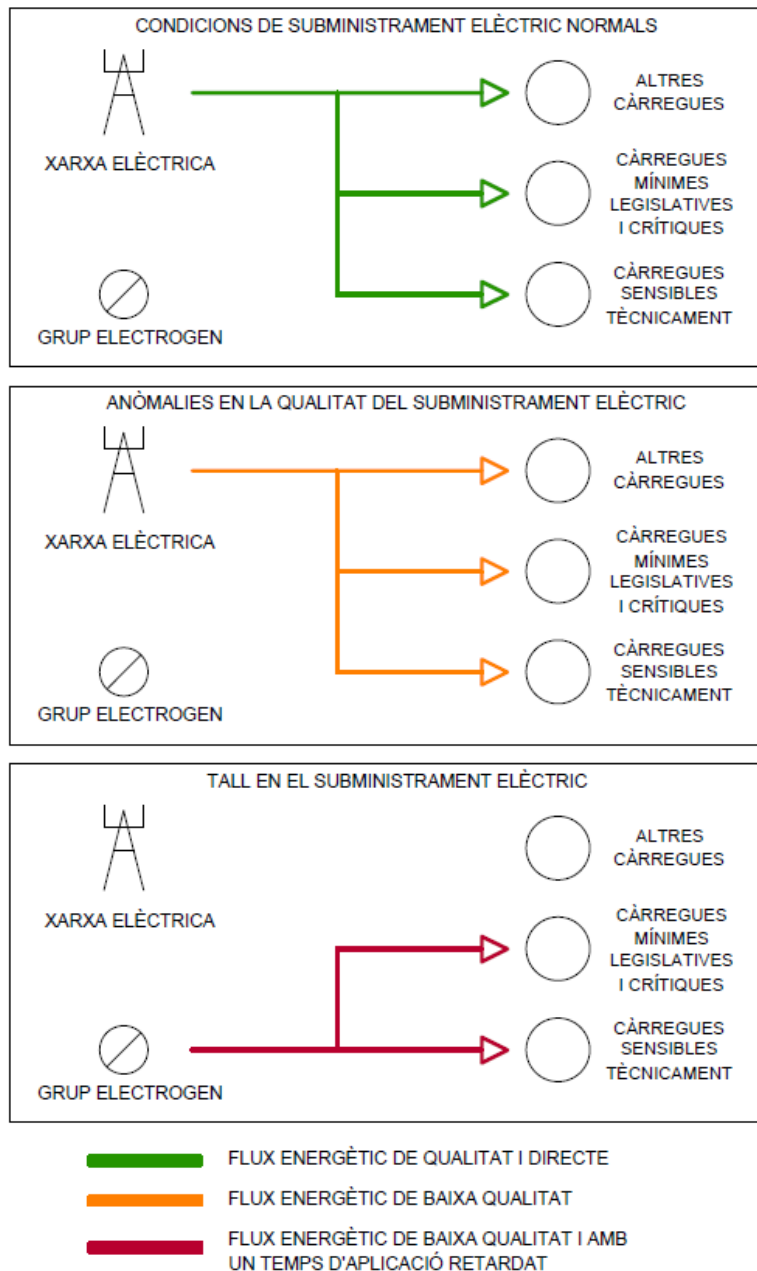


Figura 1. Modalitats d'operació dels locals de pública concurrència equipats amb un grup electrogen en: Condicions adequades del subministrament elèctric, en anomalies en la qualitat del subministrament i en un tall elèctric. Font pròpia [41].

Permet l'abastiment d'unes determinades necessitats energètiques de la instal·lació, en cas de produir-se un tall en la xarxa elèctrica, mitjançant la combustió de gasolina o diesel del grup electrogen.

Avantatges:

- Alta capacitat energètica, tant a nivell de potència màxima disponible com d'autonomia d'operació.
- Baixos costos d'implantació en relació a l'alta capacitat energètica que ofereix el sistema.

- Baixos costos d'operació, únicament el cost d'adquisició del corresponent combustible.

Inconvenients:

- Llarg temps de commutació, provocant la incapacitat d'abastir els consums mínims de la instal·lació en microtalls o en els instants inicials d'un tall de duració més llarga. Tenint en compte que els microtalls i els talls de duració curta són els tipus de talls més freqüents en el sistema elèctric espanyol de transport i distribució.
- Falta de protecció dels dispositius més sensibles de la instal·lació, enfront a anomalies en la qualitat del subministrament elèctric que alimenta el local, problemes freqüents en l'actual sistema elèctric de transport i distribució espanyol.
- Baixa qualitat energètica, degut a la falta d'estabilitat del nivell de tensió de sortida que ofereix, impossibilitant l'abastiment energètic en les condicions que requereixen la majoria d'equips electrònics.
- Requeriment d'un manteniment especialitzat, exhaustiu i periòdic per garantir la seva commutació quan sigui necessària.
- Elevat impacte mediambiental, tant a nivell de contaminació acústica com, sobretot, d'alliberament de gasos d'efecte hivernacle en els respectius processos de combustió.

- Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (SAI):

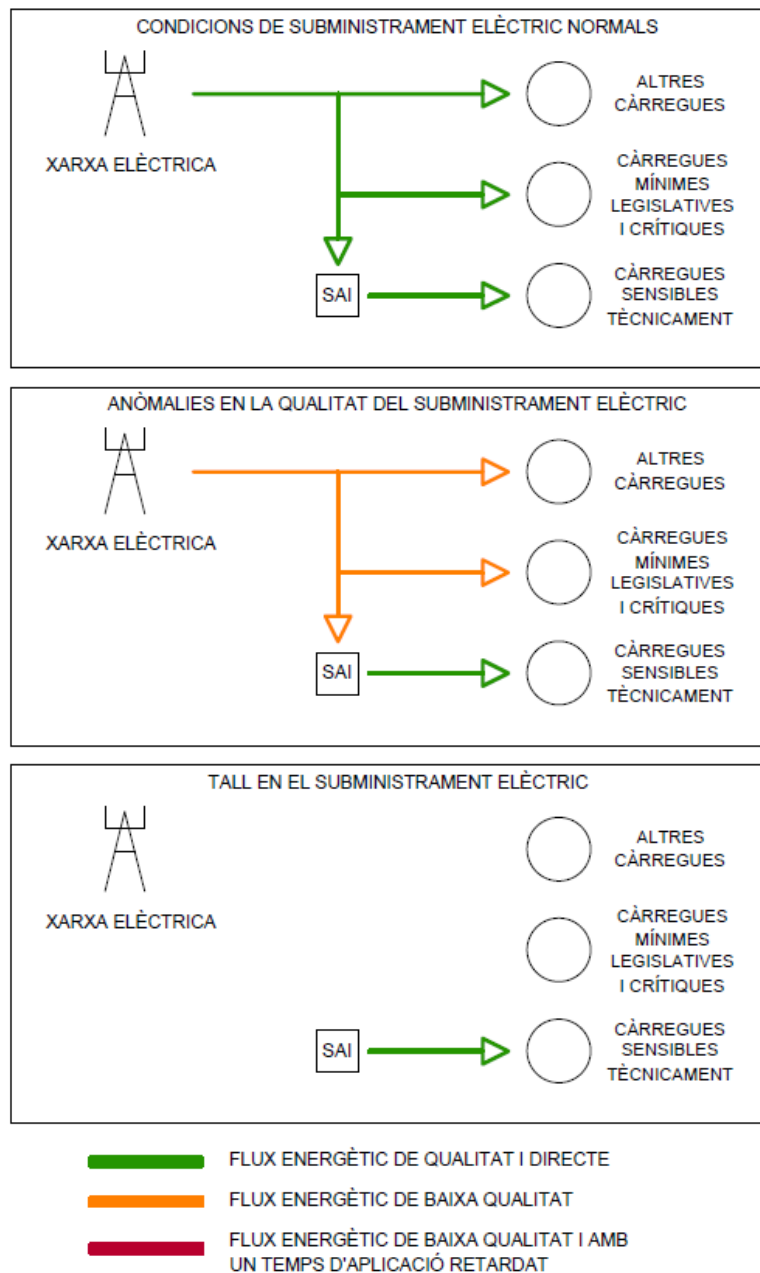


Figura 2. Modalitats d'operació dels locals de pública concurrència equipats amb un Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (SAI) en: Condicions adequades del subministrament elèctric, en anomalies en la qualitat del subministrament i en un tall elèctric. Font pròpia [41].

Segons [11], garanteix el subministrament directe d'energia als dispositius directament connectats, de forma qualitativa, fiable i continua, indiferentment de l'existència de possibles anomalies en la qualitat del subministrament elèctric i/o durant una determinada duració en cas d'un tall.

Avantatges:

- Sistema que garanteix el subministrament d'energia de forma qualitativa, fiable i continua, dins els marges de tensió eficaç i

freqüència establerts, evitant els danys perjudicials, en els dispositius que hi estan directament connectats, derivats d'anomalies en la qualitat del subministrament elèctric i/o talls de curta duració.

- Baix impacte mediambiental.
- Baixos costos d'operació, únicament el cost d'adquisició de la corresponent energia de la xarxa elèctrica de transport i distribució.

Inconvenients:

- Baixa capacitat energètica, tant d'autonomia d'operació, com sobretot, a nivell de potència màxima disponible.
- Alts costos d'implantació en relació a la baixa capacitat energètica que ofereix el sistema.
- Requeriment de manteniment especialitzat, principalment de les bateries d'emmagatzematge.
- Curta vida útil.

- Combinació generador elèctric i Sistema d’Alimentació Ininterrompuda (SAI):

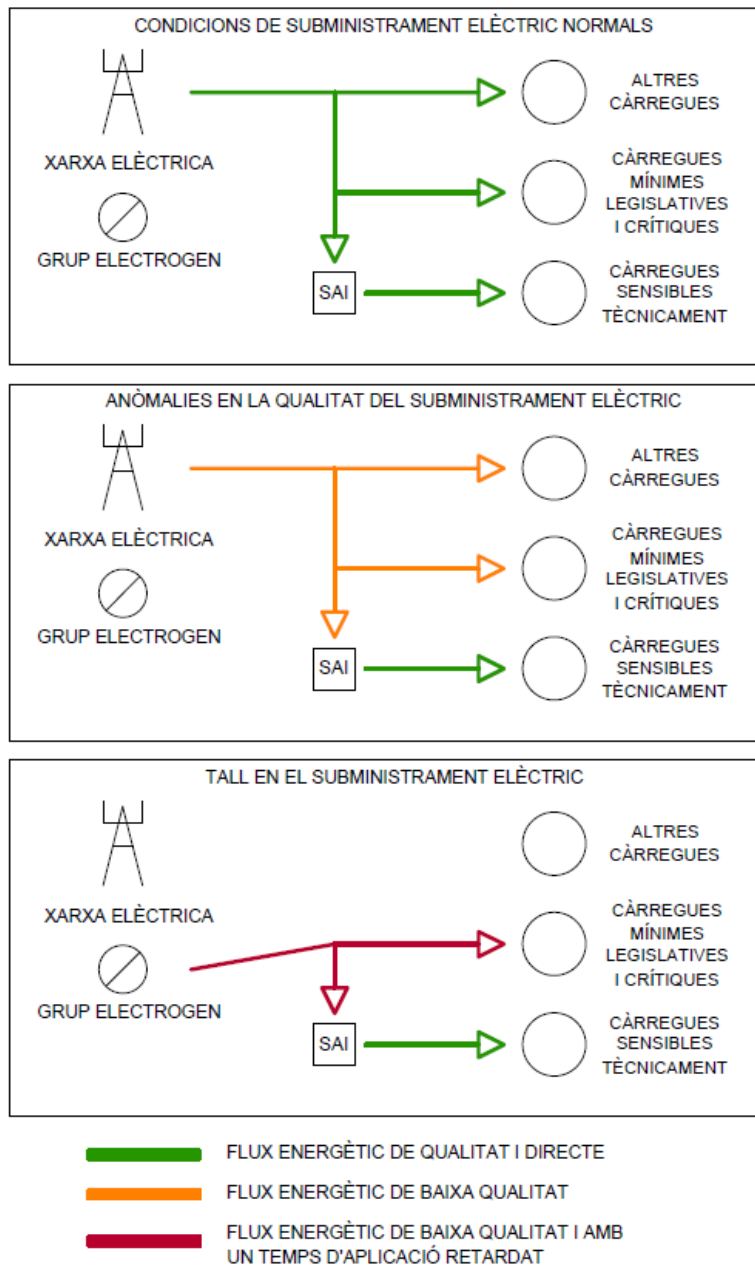


Figura 3. Modalitats d’operació dels locals de pública concurrència equipats amb un grup elèctric i un Sistema d’Alimentació Ininterrompuda (SAI) en: Condicions adequades del subministrament elèctric, en anomalies en la qualitat del subministrament i en un tall elèctric. Font pròpia [41].

En la majoria dels locals de pública concurrència s’instal·len els dos sistemes descrits anteriorment, aprofitant els respectius avantatges de cadascuna de les tecnologies per satisfer les corresponents. Així, es protegeixen els dispositius més sensibles a anomalies en la qualitat del subministrament i es garanteix l’abastiment energètic d’uns determinants consums bàsics de la instal·lació, durant un determinat temps, en cas d’un tall en la xarxa elèctrica.

Ara bé, la combinació dels dos sistemes segueix plantejant una sèrie d'inconvenients, descrits seguidament:

- Protecció d'anomalies en el subministrament elèctric únicament d'aquells dispositius connectats directament al Sistema d'Alimentació Ininterrompuda.
- Impacte directe dels microtalls i talls en el desenvolupament de les activitats del local. El Sistema d'Alimentació Ininterrompuda permet l'abastiment dels dispositius directament connectats durant qualsevol instant de temps, ja que s'alimenta per dues fonts d'energia que operen complementàriament. Ara bé, el temps de commutació i posada en servei del generador elèctric, provoca que no es pugui abastir els pertinents consums de la instal·lació fins un determinat temps. Per tant, no es garanteix l'abastiment de certes càrregues durant microtalls o en els instants inicials d'un tall de duració més llarga.
- Elevat impacte mediambiental en la utilització del generador elèctric, tant a nivell de contaminació acústica com d'alliberament de gasos d'efecte hivernacle en els respectius processos de combustió.
- Requeriment de manteniment especialitzat i diferenciat per cadascuna de les dues tecnologies.

L'anàlisi de les modalitats d'operació dels habituals sistemes utilitzats, per fer front a possibles anomalies en la qualitat del subministrament elèctric o talls en la xarxa elèctrica de transport i distribució, evidencia clarament la necessitat d'estudiar i implantar un sistema capaç de millorar els respectius punts dèbils.

Així, aquest sistema ha de ser capaç de contrarestar les conseqüències de la forta dependència energètica, de la majoria de locals, amb el subministrament elèctric de la xarxa de transport i distribució. Més concretament, maximitzar la qualitat de l'abastiment elèctric juntament amb la continuïtat de la majoria de les càrregues de la instal·lació, mitjançant una metodologia d'operació viable tècnicament, administrativa, ambiental i econòmica, tal i com es sintetitza en la figura següent.

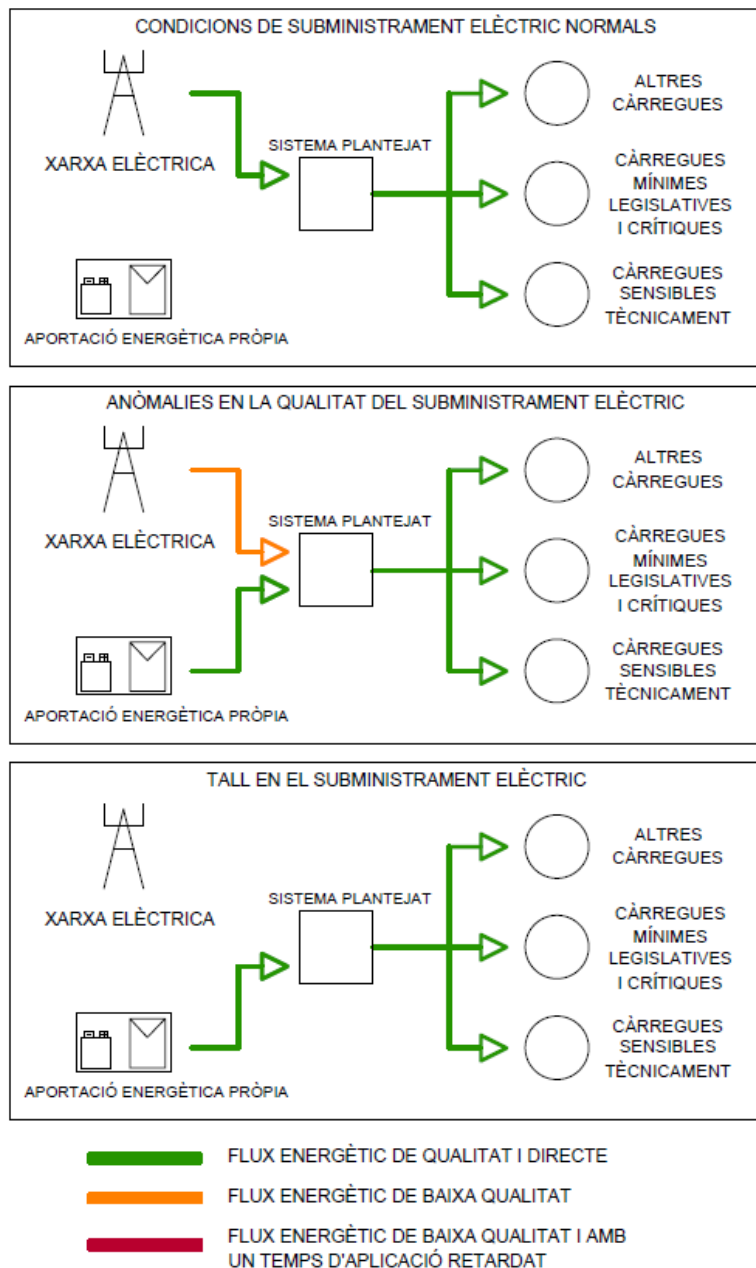


Figura 4. Modalitat d'operació ideal requerida en els locals de pública concurrència per garantir un subministrament de qualitat, fiable i continu en: Condicions adequades del subministrament elèctric de la xarxa de transport i distribució, en anomalies en la qualitat del subministrament elèctric i en un tall elèctric. Font pròpia [41].

Així, l'esquema anterior, evidencia la necessitat de disposar d'un sistema robust pel control dels fluxos energètics de la instal·lació, capaç de:

- Gestionar activament la demanda energètica de la instal·lació; per garantir la qualitat en l'abastiment de la majoria de càrregues de la instal·lació i satisfer el consum continu de les càrregues bàsiques.
- Integrar fonts d'energia complementàries; per subministrar l'energia necessària en les condicions requerides i per contrarestar les anomalies en la qualitat del subministrament elèctric i/o els talls en la xarxa elèctrica de transport i distribució.

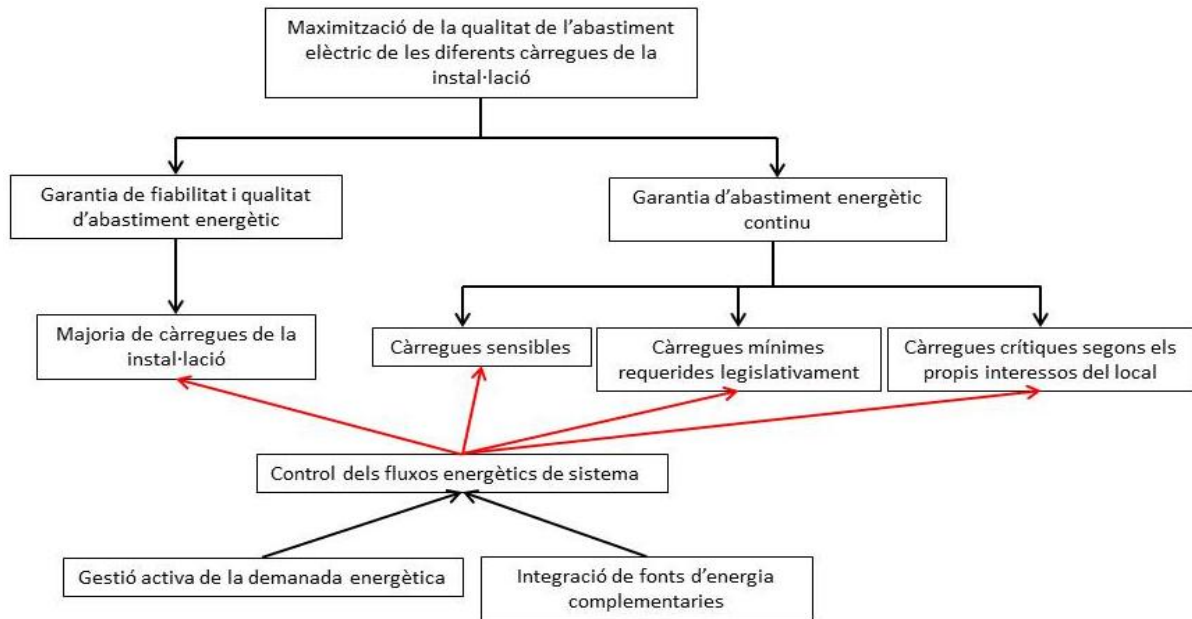


Figura 5. Síntesi de la línia base energètica del sistema plantejat per fer front als talls i les anomalies en la qualitat del subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució. Font pròpia [41].

2.1.1.2. Elevats costos econòmics de la despesa energètica

Els locals de pública concurrència han de fer front als respectius costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució per l'energia adquirida, en cada instant de temps, per abastir la demanda de la instal·lació. Ara bé, aquests costos divergeixen notablement entre cadascun dels diferents períodes tarifari, és a dir, entre les diverses franges horàries d'un determinat dia.

La variació dels costos dels peatges d'accés en les diferents franges horàries es proporcional a la demanda energètica total del sistema elèctric espanyol i, normalment també proporcional als consums habituals de la majoria d'aquests locals. Així, el subjecte de la instal·lació, involuntàriament, acostuma a adquirir de la xarxa elèctrica la major part d'energia coincidint amb els períodes tarifaris més cars i, conseqüentment es dispara la seva factura elèctrica.

Analitzant el consums habituals dels locals de pública concurrència paral·lelament amb els costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica, es poden determinar diferents polítiques energètiques per reduir econòmicament la seva despesa energètica.

- Reducció del consum; desenvolupant estratègies de:
 - Estalvi energètic.
 - Milliores en l'eficiència d'equips i processos.
- Aplanament de la corba d'energia adquirida en la xarxa elèctrica de transport i distribució; disminuint l'energia adquirida en la xarxa elèctrica en les hores punta amb majors costos i incrementant-la en els períodes amb menors costos, mitjançant:
 - Gestió activa de la demanda energètica de la instal·lació; desplaçant en el temps la posada en funcionament de determinades càrregues en les franges horàries amb menors costos.

- Integració de fonts d'aportació energètica; proporcionant part de la demanda energètica de la instal·lació en els períodes de temps amb majors costos tarifaris, reduint així l'energia adquirida de la xarxa elèctrica.

D'aquesta manera, s'aconsegueix una reducció de la potència contractada i de l'energia adquirida en els respectius períodes tarifaris amb majors costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució.

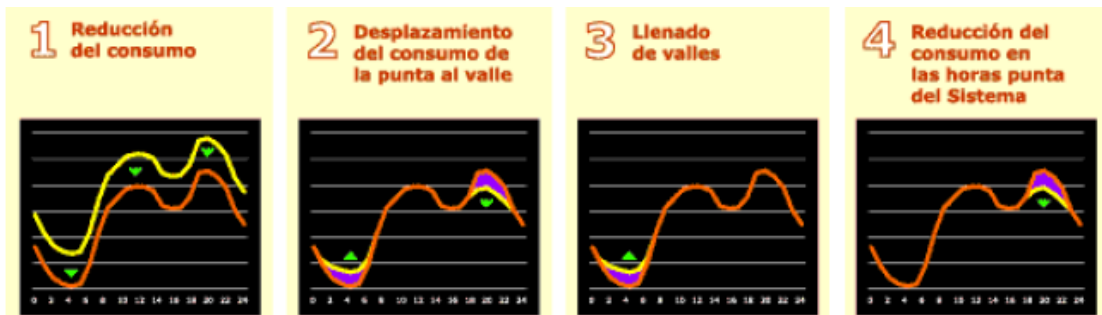


Figura 6. Exemple de polítiques energètiques de reducció econòmica de la despesa energètica. Font [47].

Així, en el següent esquema es sintetitzen les corresponents estratègies, que formen la línia base, per la reducció econòmica de la despesa energètica en el sistema plantejat.

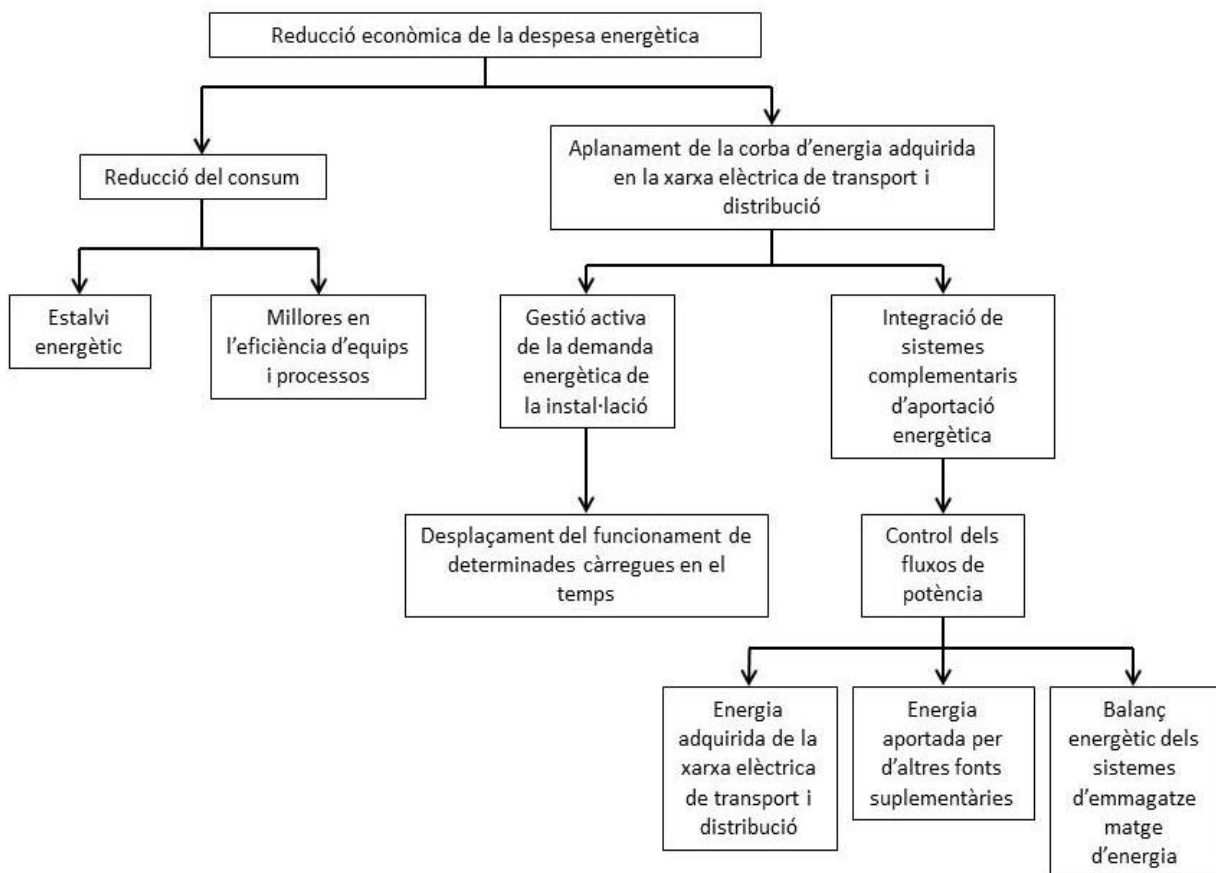


Figura 7. Síntesi de la línia base energètica del sistema plantejat per reduir econòmicament la despesa energètica. Font pròpia [41].

2.1.2. Estat i tendència de l'actual xarxa elèctrica

Actualment, el sector elèctric espanyol es caracteritza per disposar d'una generació centralitzada amb grans plantes de producció, la majoria d'elles antiquades, situades a grans distàncies de les principals zones de consum, tal i com s'evidencia en la següent figura. Obligant al conjunt ha disposar d'una complexa infraestructura per transportar i distribuir l'energia als usuaris finals, amb la corresponent qualitat.

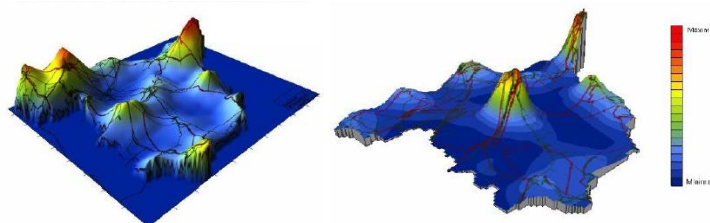


Figura 8. Principals zones de producció centralitzada (esquerra) i punts majoritaris de consum (dreta) del sistema elèctric espanyol. Font [5]

Aquesta configuració, comporta una sèrie de perjudicis i inconvenients, sintetitzats seguidament:

- Baixos rendiments d'operació de la majoria de plantes generadores antiquades i, encara, en funcionament en el sector elèctric espanyol.
- Altes pèrdues energètiques en el transport i distribució de l'electricitat als usuaris finals.
- Alts impactes mediambientals, principalment, degut a la posada en funcionament de diferents plantes generadores amb processos de combustió, per fer front a la demanda energètica del sector en les franges horàries amb majors consums.
- Alts costos de manteniment i renovació dels diferents elements de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
- Inseguretat de l'estabilitat del sistema en cas de fallada d'algun punt de generació, element de la xarxa de transport i distribució i/o increment sobtat del consum en una determinada zona.

Davant aquest model tradicional i amb aquesta sèrie d'inconvenients, apareix un model alternatiu que consisteix en l'aproximació de la generació d'energia al consumidor, anomenat generació distribuïda. Concepte que fa referència a una font d'energia connectada directament a la xarxa elèctrica de distribució o bé subministrant a una sèrie de consumidors conjuntament amb la xarxa de distribució.

Seguidament, es descriuen els principals factors que provoquen la progressiva substitució del model tradicional centralitzat cap a un altre més distribuït:

- Reestructuració del sector elèctric, eliminant la planificació centralitzada i establint la lliure competència de generació;
A nivell europeu existeix una política de liberalització, implantada a partir de la Directiva 96/92/CE del Parlament Europeu i del Consell del any 1996, que obre el mercat als autoproductors i als agents que intervinguin de forma activa en el mercat, promovent l'aparició de competidors en el

mercat elèctric. Fet que afavoreix la generació distribuïda, ja que les noves centrals acostumen a tenir unes eficiències majors i, sobretot, uns costos per unitat de potència generada i de manteniment molt inferiors en comparació amb les antigues centrals convencionals, que encara estan en funcionament al sistema elèctric espanyol.

- Reducció de les pèrdues energètiques en la xarxa de transport i distribució i dels costos associats a les infraestructures que les suporten;
Les companyies elèctriques destinen al voltant d'un 30% de les inversions a cobrir els costos de transport i distribució, ja que les pèrdues de potència en les línies s'estimen entre un 7% i 10% del promig, respecte la potència generada, arribant a valors del 14% en hores punta. D'aquesta manera, la proximitat de la generació distribuïda al consumidor, redueix significativament el valor energètic i econòmic d'aquestes pèrdues.
- Millora de l'estabilitat del subministrament elèctric;
La creació de noves línies de transport i distribució per millorar l'estabilitat del subministrament elèctric es limitada degut a alts costos d'inversió i al creixent rebuig social. D'aquesta manera, la generació distribuïda ofereix la possibilitat d'augmentar la seguretat global en el subministrament d'energia i, sobretot, facilita la planificació de l'abastiment energètic enfront previsions incertes d'una determinada regió.
- Millora de la fiabilitat del subministrament;
Tal i com s'ha comentat en l'anterior subapartat 2.1.1.1., la forta dependència actual de la majoria de consumidors amb el subministrament elèctric de la xarxa de transport i distribució pot provocar greus perjudicis tècnics i econòmics en cas de produir-se anomalies amb la qualitat del subministrament o talls en la xarxa elèctrica de transport i distribució. Per tant, la generació distribuïda i, més concretament, la creació de microxarxes incrementa notablement la fiabilitat en el subministrament.
- Autonomia energètica;
Actualment, el sistema energètic espanyol té una forta dependència exterior, ja que les importacions de petroli, carbó i gas natural per la producció d'electricitat i les transaccions elèctriques amb d'altres països es situen molt per damunt la mitjana europea. D'aquesta manera, la impulsió de les diferents plantes de generació distribuïda ofereix la possibilitat de reduir aquesta forta dependència energètica.
- Reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle;
La generació distribuïda, per una banda, potencia la implementació de fonts d'energia renovables amb un nul impacte mediambiental.
- Afavoriment de l'abastiment energètic homogeni en tot el territori;
Existeixen regions aïllades on pels elevats costos econòmics o per impossibilitats tècniques i administratives, no poden ser abastides energèticament per la xarxa elèctrica de transport i distribució. D'aquesta manera, la generació distribuïda, sobretot, mitjançant fonts d'energia renovables permet l'abastiment energètic d'aquests territoris.
- Afavoriment de la inversió privada;
La producció descentralitzada d'electricitat representa un increment de la inversió de capital privat, ja sigui per penetrar en el mercat elèctric i/o satisfer unes concretes necessitats energètiques d'una determinada

instal·lació, com en matèria d'investigació i desenvolupament de noves tecnologies.

- Afavoriment de la integració del vehicle elèctric;

La recàrrega nocturna dels vehicles elèctrics afavoreix directament l'actual sistema elèctric espanyol per equilibrar la corba de demanda amb la de producció, fixa per la generació de les nuclears i a l'hora volàtil per la variabilitat productiva dels parcs eòlics. Ara bé, en les franges horàries amb més consums perjudica greument el sistema elèctric espanyol i, conseqüentment, es restringeix la seva recàrrega amb forts costos econòmics. D'aquesta manera, la generació distribuïda a nivell local ajuda directament a la integració del vehicle elèctric, reduint els costos de recàrrega, principalment, en les hores punta del dia.

2.1.3. Integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics

El increment dels mitjans de transport elèctrics en circulació, és una realitat internacional ben coneguda i una tendència creixent. Tendència, ben lligada amb la implantació dels corresponents punts de recàrrega de vehicles elèctrics, ja siguin públics o privats.

A nivell espanyol, la llei del Sector Elèctric 24/2013 [20], ja incorporava com a subjecte els gestors de cargues del sistema, és a dir, aquelles societats mercantils, que sent consumidoros, estan habilitades per la revenda d'energia elèctrica per serveis de recàrrega. I, per altra banda, el Real Decret 647/2011 [15], regula l'activitat d'aquests gestor de cargues.

Ara bé, el primer gran impuls per la instal·lació d'estacions de recàrrega va arribar de la mà del Real Decret 1053/2014 [21], aprovant una nova Instrucció Tècnica Complementaria pel Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, més concretament, la ITC-BT-52 d'Instal·lacions d'infraestructura per recàrrega dels vehicles elèctrics [21]. I, sobretot, perquè aquest mateix RD1053/2014, en la seva disposició addicional primera, estableix les dotacions mínimes de punts de recàrrega de vehicles elèctrics en edificis o estacionaments de nova construcció.

Així, obligarà a disposar d'estacions de recàrrega a molts locals de pública concurrència nous, amb les següents dotacions mínimes:

- En aparcaments o estacionaments de flotes privades, cooperatives o d'empreses, oficines o dipòsits municipals de vehicles, tant pel seu propi personal com pels associats, un punt de recàrrega per cada 40 places.
- En aparcaments o estacionaments públics permanents, també una estació de recàrrega per cada 40 places.

El darrer notable impuls a nivell espanyol és el Pla MOVEA 2017, Pla d'ajudes per l'adquisició de vehicles d'energies alternatives i per la implantació de punts de recàrrega de vehicles elèctrics al 2017 [25]. Pla, que regula les bases de concessió directa d'ajudes per l'adquisició de vehicles elèctrics, híbrids, entre d'altres i, fins i tot, per la implantació de punts de recàrrega de vehicles elèctrics en zones d'accés públic, amb les següents quanties:

- De 1.000€; en punts de recàrrega convencional amb una potencia igual o superior a 7kW i inferior a 15kW.

- De 2.000€; en punts de carga semiràpida amb una potencia igual o superior a 15kW i inferior a 40kW.
- De 15.000€; en punts de carga ràpida amb potencia igual o superior a 40kW.

Aquestes subvencions es concediran fins el 15 d'octubre del 2017 o fins que s'esgoti el pressupost dedicat. Tot i així i sens dubte, esdevenen un fort impuls econòmic pel sector a tenir en consideració, juntament amb d'altres ajudes promogudes per la Unió Europea, les Comunitats Autònomes o d'altres Entitats locals.

Ara bé, la implantació de punts de recàrrega de vehicles elèctrics tant en edificis de nova construcció com en d'existents, suposa un notable augment de la potencia contractada de la instal·lació. Per disposar de la capacitat energètica necessària per seguir abastint els propis consums, juntament amb les corresponents noves estacions de recàrrega.

Tal i com s'ha comentat en l'anterior apartat 2.1.2., aquest increment de la despesa energètica de la instal·lació deguda als punts de recàrrega, es menor, si la càrrega es nocturna, ja que afavoreix directament a l'actual sistema elèctric espanyol. I, així s'evidencia en l'aplicació dels costos dels peatges d'accés en la majoria de tarifes elèctriques.

Ara bé, en la resta de franges horàries s'evidencia l'oportunitat de dotar la instal·lació amb un sistema format per recursos energètics distribuïts, és a dir amb fonts d'energia complementàries i/o sistemes d'emmagatzematge d'energia, per evitar incrementar substancialment la potencia contractada en la instal·lació.

2.1.4. Oportunitat de millora: justificació del sistema plantejat

Davant la forta dependència energètica de la majoria de locals de pública concurrència amb el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, apareix la necessitat d'instaurar un sistema capaç de maximitzar i garantir la qualitat de l'abastiment de les càrregues de la instal·lació i minimitzar econòmicament la despesa energètica, tal i com s'ha descrit en els apartats anteriors. Per tant, un model que encaixi adequadament, amb l'estat tècnic i administratiu de l'actual sistema elèctric espanyol i, al mateix temps, permeti satisfer les corresponents problemàtiques energètiques i econòmiques de la instal·lació.

D'aquesta manera, s'aposta per un model que permeti la integració de fonts d'energia complementàries i distribuïdes, la gestió activa de les diferents càrregues de la instal·lació i el corresponent control eficient dels fluxos energètics per la interconnexió del subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució amb els pertinents elements del sistema. És a dir, una configuració en microxarxa intel·ligent que redueixi la dependència energètica del local amb el subministrament del sistema elèctric espanyol.

Model, que com s'ha comentat en l'anterior apartat 2.1.3. afavoreix la integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics i de retruc millori també l'actual sistema elèctric espanyol.

2.2. Descripció de la microxarxa intel·ligent

En aquest punt, es descriu de forma teòrica el concepte de microxarxa intel·ligent i paral·lelament s'introdueixen les principals parts de la seva estructura, per millorar els aspectes comentats en l'anterior apartat 2.1..

2.2.1. Definició conceptual de microxarxa intel·ligent

Segons [33], una microxarxa es una plataforma d'integració de sistemes de distribució de mitja i/o baixa tensió, generació distribuïda, sistemes d'emmagatzematge i càrregues flexibles, amb una determinada capacitat de control i coordinació eficient dels diferents fluxos de potència permesos. I, segons [5], una microxarxa pren la classificació "Smart" quan posseeix la capacitat de controlar i gestionar eficientment cadascun dels seus elements, tal i com s'explica seguidament.

La integració i el control dels elements d'una microxarxa energètica amb els pertinents criteris de gestió, s'acostuma a desenvolupar sota el concepte de la fabricació integrada per computador (CIM, *Computer-Integrated Manufacturing*), estructurada piramidalment amb els tres nivells jeràrquics següents:

- Nivell d'instrumentació;
Nivell més inferior de l'anomenada piràmide CIM, segons [5], està compost pels següents elements:
 - Recursos energètics distribuïts; caracteritzats per la proximitat amb el consumidor i per ser fonts d'energia renovables, principalment, agrupats en:
 - Generació distribuïda; és a dir, fonts productores d'energia.
 - Càrregues distribuïdes; sistemes d'emmagatzematge d'energia, és a dir, amb la capacitat de treballar com una font productora o com una càrrega consumidora.
 - Càrregues flexibles; dispositius consumidors d'energia que posseeixen la capacitat de ser gestionades en el temps, controlant la seva posada en funcionament.
 - Convertidors estàtics; elements encarregats d'anivellar els valors de tensió, intensitat i freqüència, segons les necessitats requerides.
 - Medidors, actuadors, sensors, etc.

Segons [5], tots i cadascun d'aquests elements, habituals en qualsevol microxarxa energètica, disposen d'un petit controlador local associat. I aquests dispositius es comuniquen amb el controlador central de la microxarxa i/o entre ells, per tal de governar i recollir la pertinent informació de cadascun dels elements associats.

- Nivell de control i supervisió;
El nivell mitjà de la piràmide, segons [5], governa els diferents controladors locals de la microxarxa a partir dels criteris establerts pel nivell de gestió i operació superior, dividint-se principalment en:
 - Mòdul d'administració d'energia; incorpora diferents funcions de control per coordinar de forma òptima les diferents operacions energètiques de la microxarxa. Per una altra banda, també

garanteix l'adequada regulació del nivell de tensió de la microxarxa, el factor de potència i la freqüència.

- Mòdul de protecció; la distribució activa i bidireccional dels fluxos de potència d'una microxarxa incrementa el nombre de possible anomalies a detectar i a actuar en conseqüència per protegir adequadament tots i cadascun dels elements de la microxarxa. Per tant, cal recopilar adequadament la informació de tots els diversos controladors locals, en matèria de seguretat i governar la seva corresponent actuació garantint l'adequat funcionament en cada instant de temps.
- Nivell de gestió;
És el nivell més elevat de la piràmide, segons [5], està format pel conjunt de criteris, funcions i metodologies d'operació, transmiseses al nivell de control en funció dels inputs procedents de la pròpia microxarxa o d'influències exteriors, com ara:
 - Inputs interns; informació dels controladors locals, del mòdul d'administració d'energia i del de protecció, limitacions dels elements associats a cada controlador local, etc.
 - Inputs externs; costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica, previsió de consums de la instal·lació, influències meteorològiques en la producció d'energia, necessitats energètiques d'altres microxarxes interconnectades, etc.

Així, s'evidencia la necessitat de disposar d'un sistema robust de comunicació entre cadascun dels nivells jeràrquics, descrits anteriorment, que permeti controlar la gestió del sistema automàticament. Segons [5], la millor opció consisteix en l'òptica SCADA (SCADA, *Supervisory Control And Data Acquisition*), software que permet la comunicació i el control de l'operació direccional i administrativa de la microxarxa.

D'aquesta manera i segons [5], el sistema SCADA esdevé l'eina necessària per monitoritzar i controlar l'operació de la microxarxa, mitjançant el intercanvi d'informació entre les senyals del nivell d'instrumentació, el de control i el de gestió, posseint també la capacitat de supervisió recollida en la següent figura.



Figura 9. Nivells de supervisió SCADA (SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition). Font [51].

D'aquesta manera, la integració i combinació d'un model de control estructurat piramidalment CIM amb l'òptica SCADA dona lloc al sistema de gestió energètica (EMS, *Energy Management System*), que permet regular eficientment la microxarxa en funció d'uns determinats criteris i estratègies predefinides, tal i com s'esquemmatitza en la figura següent.

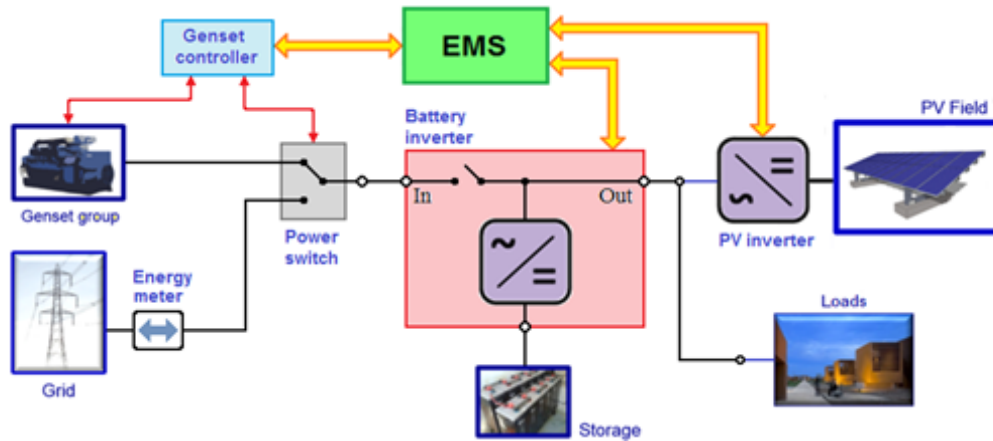


Figura 10. Exemple de sistema de gestió energètica d'una microxarxa intel·ligent (EMS, Energy Management System). Font [44].

2.2.2. Configuració de la microxarxa intel·ligent plantejada

Un cop emmarcat teòricament el concepte de microxarxa intel·ligent, en aquest apartat es descriu els trets configuratius del sistema plantejat per satisfer les necessitats descrites en l'anterior apartat 2.1.4..

A nivell d'instrumentació, la microxarxa plantejada, recollida esquemàticament en la següent figura, estarà constituïda per:

- Interconnexió amb el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
- Presència de recursos energètics distribuïts, tant a nivell de fonts d'energia complementaries de tipus renovable com de sistemes d'emmagatzematge.
- Integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics.
- Presència dels pertinents convertidors estàtics.
- Capacitat de gestió activa de les càrregues de la instal·lació, amb presència també de càrregues flexibles.

Val a dir, que les característiques tècniques de cadascun d'aquests elements es descriuen individualment en el següent punt 2.3..

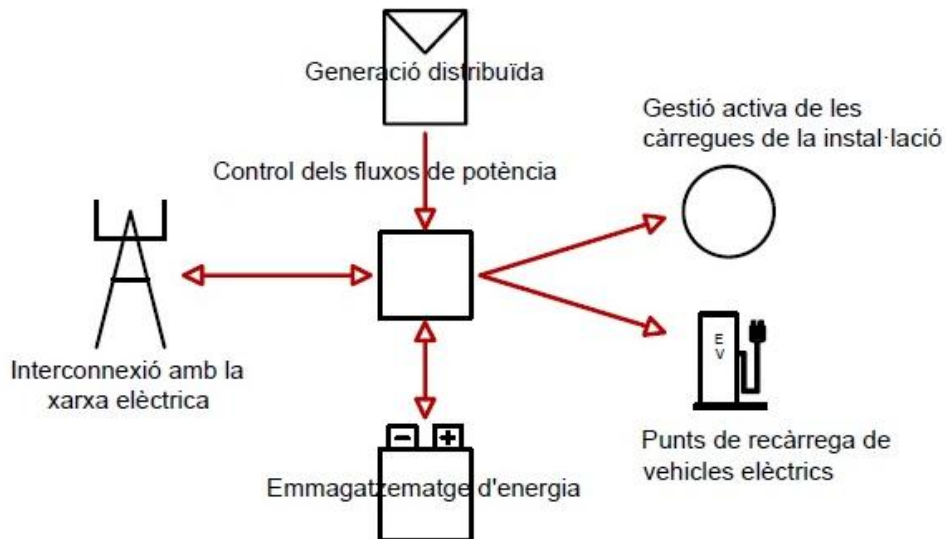


Figura 11. Estructuració bàsica i possible direccionalitat dels fluxos de potència de la microxarxa plantejada. Font pròpia.

Per tant, la correcta integració d'aquests elements requerirà un nivell de control, comunicació i supervisió segons les diferents necessitats de la microxarxa, tal i com s'ha comentat en el apartat anterior constituït per:

- Sistema d'administració d'energia; mòdul que ha de garantir la coordinació eficient de les diferents operacions de la microxarxa per satisfer les necessitats sol·licitades. És a dir, operar de forma independentment per evitar qualsevol tipus d'anomalia en la qualitat de l'abastiment energètic de les càrregues de la instal·lació, reduint econòmicament la despesa energètica mitjançant els criteris de gestió establerts.
- Sistema de protecció; encarregat de garantir la seguretat tècnica dels elements de la microxarxa.
- Software de comunicació entre cadascun dels elements que configuren la microxarxa, per assegurar el funcionament segons els criteris desitjats.

D'aquesta manera, en el següent punt 2.3., es descriuen en més deteniment els sistemes utilitzats en la microxarxa plantejada. Per altra banda, el sistema requereix uns determinats criteris de gestió energètica que permetin governar les operacions de cadascun dels elements que formen la microxarxa, per satisfer òptimament les necessitats pel qual han estat dissenyats. Criteris, descrits en més deteniment en el apartat 3.1.1. del següent capítol número 3.

2.3. Descripció dels principals elements de la microxarxa intel·ligent plantejada

2.3.1. Processament estàtic d'energia

Qualsevol microxarxa necessita els corresponents convertidors estàtics per l'adequat processament dels fluxos de potència contemplats en el sistema de gestió, a nivell de tensió, factor de potència i freqüència.

D'aquesta manera, en el sistema plantejat s'han buscat solucions comercials robustes i amb les següents característiques tècniques:

- Desenvolupin els fluxos de potència entre els diferents elements de la microxarxa, recollits en l'anterior figura número 11. I alhora, tenint en compte l'alta demanda energètica de la instal·lació amb uns consums majors o iguals a 150kW.
- Respectin les direccionalitats en cadascun dels diferents fluxos de potència de la microxarxa, també sintetitzats en l'anterior figura número 11.
- Garanteixin un abastiment fiable i de qualitat de les respectives càrregues de la instal·lació.
- Permetin la interconnexió amb la xarxa elèctrica de transport i distribució, encaixant tècnicament amb les condicions legislatives i administratives.
- S'integrin adequadament dins d'una estructura de control jerarquitzada en forma de piràmide *CIM*.
- Permetin un control, supervisió i gestió òptim mitjançant l'òptica *SCADA*.

Així, cercant solucions comercials robustes, que integrin totes les consideracions anteriorment esmentades, s'evidencia que existeixen molt poques marques a nivell espanyol i europeu amb aquestes configuracions, sobretot si la demanda energètica de la instal·lació és tant elevada.

D'aquesta manera, marques comercials de garantia que ofereixen un bon catàleg de convertidors estàtics, com ara "*Ingeteam*" [37], "*Circuitor*" [3], "*Kostal*" [40] "*SMA*" [52], "*Fronius*" [29]... queden ràpidament descartades, ja que els seus productes estan enfocats majoritàriament a instal·lacions domèstiques o industrials de baixa potència.

Únicament s'ha trobat un estructura de la marca comercial "*Zigor*" [53] que permet desenvolupar una microxarxa abastint instal·lacions d'elevada demanda energètica i, més concretament, compresa entre els 150kW i els 1.800kW. El model escollit és l'inversor híbrid per generació distribuïda anomenat "*HITD*", amb el respectiu catàleg recollit en l'Annex I del Volum III.

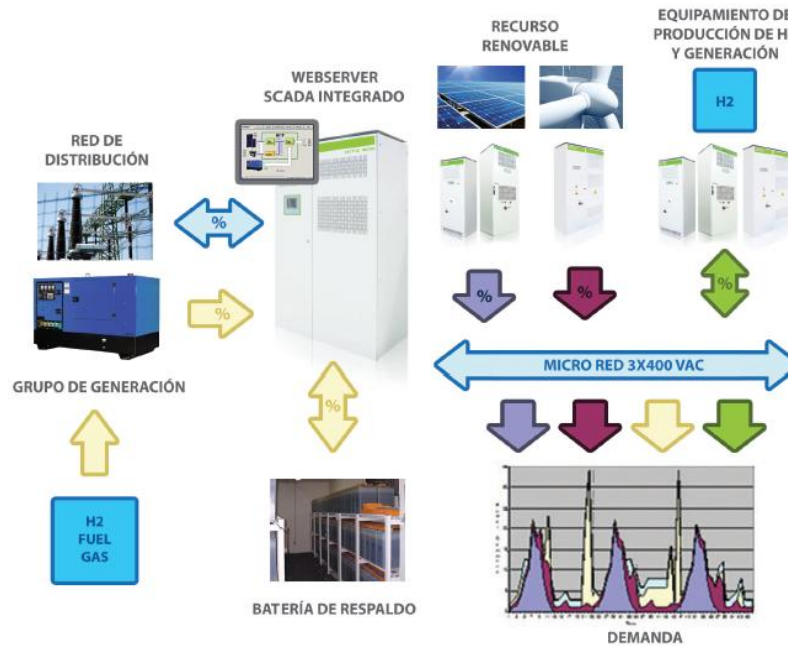


Figura 12. Possibilitats de gestió en l'arquitectura del model comercial escollit "HITD" de la marca "Zigor", pel processament estàtic en la microxarxa. Font [38].

Aquest model consisteix en un sistema d'hibridació que permet l'abastiment fiable i qualitatiu de les càrregues elèctriques de la instal·lació, mitjançant el control dels fluxos de potència procedents dels diferents recursos energètics distribuïts integrats i, de l'energia adquirida en la xarxa elèctrica de transport i distribució. Alhora permet coordinar els diferents fluxos de potència en funció dels criteris de gestió energètica desitjats per la instal·lació.

D'aquesta manera, l'anterior esquema representat en la figura número 11, es tradueix a partir de l'estructura permessa pel model comercial seleccionat en la combinació d'un inversor híbrid juntament amb un ondulador. Permetent integrar cadascun dels elements de la microxarxa plantejada, tal i com s'evidencia gràficament en l'esquema següent.

Val a dir, que l'ondulador s'escollirà de la mateixa marca comercial i en funció de la potència nominal instal·lada en el subsistema fotovoltaic.

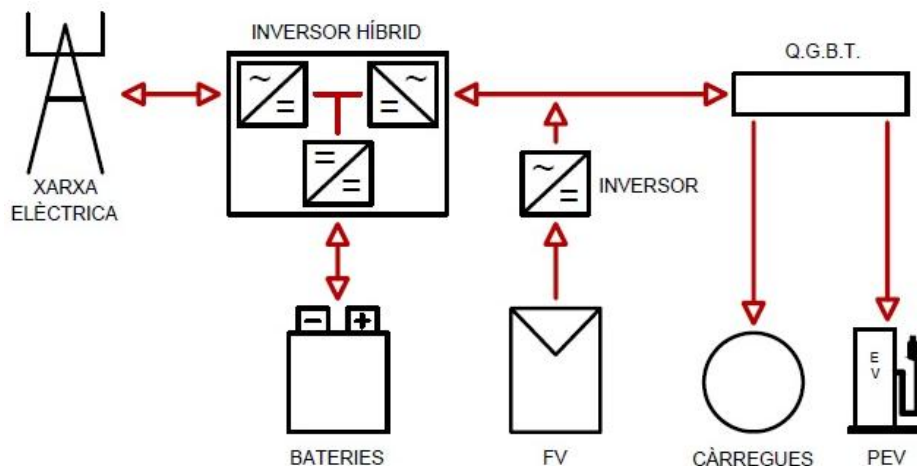


Figura 13. Arquitectura del processament estàtic d'energia de la microxarxa plantejada. Font pròpia.

2.3.2. Recursos energètics distribuïts

La microxarxa plantejada es compon de dos tipus de recursos energètics distribuïts i diferenciats, tal i com es pot observar en l'anterior figura. Més concretament, d'un sistema de generació distribuïda i renovable i, d'una càrrega distribuïda, altrament dit, sistema d'emmagatzematge, que permeten el desenvolupament d'estratègies de "Back-up" i "Peak-Shaving".




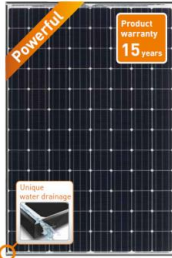

2.3.2.1. Subsistema de producció fotovoltaica

Així, per una banda, es disposa d'un subsistema de producció fotovoltaica, aprofitant l'alt recurs solar del territori i beneficiant-se de la seva aportació energètica, que acostuma a coincidir amb les franges horàries amb major demanda energètica dels locals de pública concurrència i amb majors costos d'aplicació dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica per l'energia adquirida. Per tant, esdevé una font de generació distribuïda que afavoreix notablement el desenvolupament en la microxarxa d'estratègies de "Back-up" i "Peak-Shaving".

En la microxarxa plantejada es recomana instal·lar els panells de la marca comercial "EURENER", model "TURBO 320" [49], segons les variables de decisió justificades en la taula comparativa de la pàgina següent. Principalment, pel seu baix cost econòmic en comparació amb paràmetres tècnics, com ara: l'alta eficiència i la bona garantia d'operació d'una llarga vida útil, relativament poc influenciada per la davallada progressiva del rendiment en el temps.

A més, s'adjunta el corresponent catàleg amb les corresponents característiques tècniques en l'Annex III, del Volum III.

Taula 1. Variables de decisió per l'elecció del model de panell fotovoltaic escollit pel sistema plantejat. Font pròpia.

VARIABLES DE DECISIÓ DEL MODEL COMERCIAL DE PANELL FOTOVOLTAIC ESCOLLIT							
Marca:	EURENER	ATERSA	LG ****		PANASONIC	SUNTECH	VARIABLES DE DECISIÓ
Model:	TURBO 320	OPTIMUM A320GSE	NeON 2 BiFacial		HIT VBHN330SJ47	HyPro STP 295S	
Procedència:	Valencia	Madrid	Alemanya		Alemanya	Xina	Pròxim
Tipologia:	Monocristal·lí	Policristal·lí	Monocristal·lí		Monocristal·lí	Monocristal·lí	Silici monocristal·lí
Número de cèl·lules:	60	72	60		60	60	Indiferent
Potència nominal: (W)	320	320	300	375	330	295	Indiferent, suficient espai a coberta
Eficiència: (%)	19,75	16,5	18,3	22,9	19,7	17,99	Factor important per l'amortització
Cost unitari *(€/u.)	172,90 €	241,50 €	183,90 €		192,50 €	151,90 €	--
Cost energètic ** (€/W)	2,736	4,574	3,350	2,142	2,961	2,862	Factor important per l'amortització
Nombre de panells a instal·lar***:	219	219	234		213	238	Indiferent, suficient espai a coberta
Cost camp FV: (€)	37.865,10 €	52.888,50 €	43.033,54 €		41.002,50 €	36.152,20 €	Factor important per l'amortització
Dimensions: (mm)	1640 x 992 x 50	1956 x 992 x 40	1640 x 1000 x 40		1590 x 1053 x 37	1658 x 990 x 50	Indiferent, suficient espai a coberta
Àrea: (m ²)	1,627	1,940	1,640		1,674	1,641	
Pes: (kg)	20	26,5	17		18,5	19	El menor possible
Garantia:	15 anys garantia 20 anys experiència 25 anys rendiment	10 anys garantia 25 anys rendiment	12 anys garantia 25 anys rendiment		15 anys garantia 25 anys rendiment	12 anys garantia 25 anys rendiment	Factors importants per recuperar la inversió
Degradació: (%/any)	0,800	0,800	0,656		0,800	0,310	
Imatge:							
Elecció:	MODEL ESCOLLIT						

* Preu unitari pel petit consumidor obtingut de portals webs, aplicant un 25% de descompte pel gran volum de mòduls adquirits i pel preu d'instal·lador.
 ** Rati econòmic obtingut del quocient entre el cost unitari i el producte de la potència nominal amb l'eficiència del mòdul.
 *** Necessari instal·lar uns 70kWp per fer front a l'aplanament de la corba d'energia adquirida a la xarxa elèctrica durant les hores centrals del dia.
 **** Model amb cèl·lules actives de doble cara capaces d'aprofitar la radiació procedent del darrere del mòdul i, així, incrementar fins un 25% la producció. Ara bé, amb una inclinació només de 30° poca radiació rebria.

2.3.2.2. Subsistema d'emmagatzematge d'energia

Per altra banda, la intermitència del subsistema de producció fotovoltaica, en certa manera, obliga a dotar la microxarxa d'un subsistema d'emmagatzematge.

Així, s'ha analitzat l'estat de l'art dels sistemes d'emmagatzematge, per decidir la tecnologia més òptima en funció de les necessitats plantejades, escollint les bateries de plom àcid, pels següents motius:

- Capacitat d'operació a alts rangs de potència i amb la garantia de ser una tecnologia madura, tal i com s'observa en la següent figura.

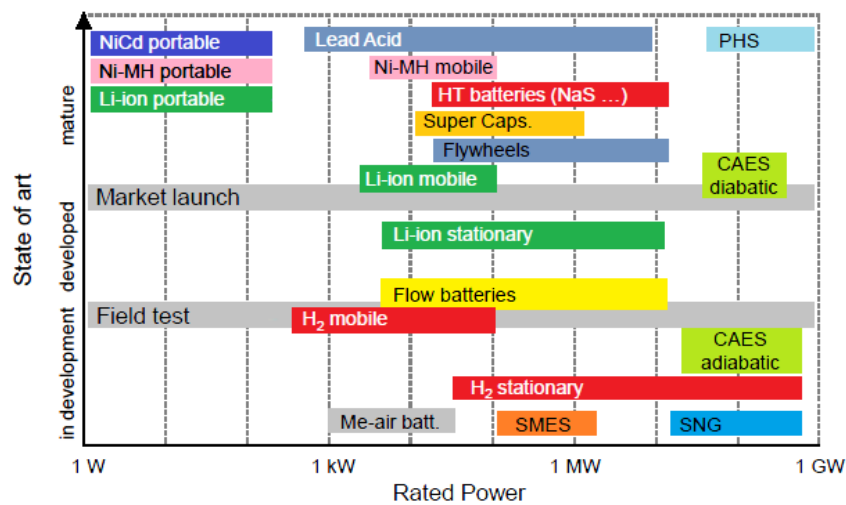


Figura 14. Comparativa entre els rangs de potència d'operació i el grau de desenvolupament de la tecnologia dels diferents sistemes d'emmagatzematge. Font [45].

- Capacitats de descàrrega relativament ràpides, amb alts rangs de potència d'operació i permeten desenvolupar processos de millora de la qualitat del subministrament elèctric i, fins i tot, d'aportacions més elevades d'energia, tal i com requereix la microxarxa plantejada.

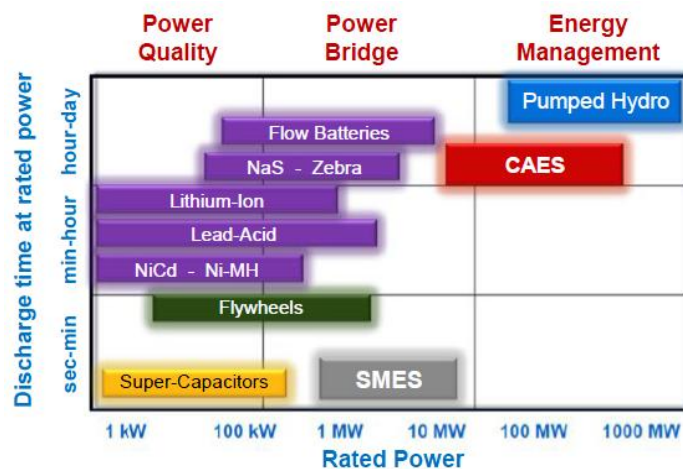


Figura 15. Comparativa entre els rangs de potència d'operació, els temps de descàrrega i les modalitats d'operació dels diferents sistemes d'emmagatzematge. Font [45].

- Tecnologia més econòmica en relació als anys de vida útil, els cicles de descàrrega possibles i l'eficiència energètica, en comparació amb els altres sistemes, com es mostra en la següent taula.

	Lead Acid	Li-Ion	NaS	VRB	ZnBr
Roundtrip Efficiency [%]	65-90	85-98	70-90	60-85	60-75
Self-discharge [%/day]	0.5	0.1-0.3	0.05-20	0.2	0.3
Cycle lifetime [cycles]	2k	1k-10k	2.5k	12k-14k	2k
Expected lifetime [years]	5-10	5-15	5-15	5-15	10
Specific Energy [kWh/kg]	25-50	75-200	150-240	-	-
Energy Density [kWh/l]	50-90	200-500	150-250	16-33	30-60
Energy Cost [\$/kWh]	50-600	500-2500	250-500	250-1000	150-1000

Figura 16. Comparativa entre característiques tècniques i econòmiques de cadascun dels sistemes d'emmagatzematge. Font [45].

Per tant, les bateries de plom àcid esdevenen una bona solució força econòmica, per satisfer les necessitats requerides en el sistema plantejat.

Enfront la gran varietat de diferents models i marques comercials existents al mercat, s'escull la marca comercial "Sonnenschein", pel seu cost econòmic en comparació amb paràmetres tècnics com ara: l'elevat nombre de cicles de descàrrega garantits, l'alta capacitat energètica, la baixa taxa d'autodescàrrega, etc.

Un dels altres motius de l'elecció d'aquesta marca comercial, es per ser una de les úniques que ofereix una àmplia informació sobre el comportament dels seus models, segons les condicions de l'entorn i les necessitats sol·licitades. Informació que esdevé un input imprescindible pel sistema de gestió, a l'hora de preveure l'estat del camp de bateries i, així, poder coordinar les diferents modalitats d'operació.

Més concretament, es recomana instal·lar el model "SOLAR BLOCK SB12/185" [31] per la tensió de treball de 12V. Perquè, d'aquesta manera, no se'n requereixen tantes en les cadenes del camp de bateries, perquè puguin treballar adequadament dins l'elevat valor mínim del rang de tensió de treball del inversor híbrid escollit, tal i com es desglossa a tret d'exemple en la taula següent:

Taula 2. Límit inferior i superior del nombre de bateries a instal·lar en el subsistema d'emmagatzematge, segons la tensió del model de bateria escollit i, en funció del rang d'operació del inversor híbrid. Font pròpia.

Possible inversor híbrid escollit:	HITD 300kW	Bateries a instal·lar en les cadenes del subsistema d'emmagatzematge segons la tensió del model escollit		
		12 V d.c.	6 V d.c.	2 V d.c.
Rang tensió mín. bateries:	575,0 V d.c.	Núm. mín. ≥ 48	≥ 96	≥ 288
Rang tensió màx. bateries:	800,0 V d.c.	Núm. màx. ≤ 65	≤ 133	≤ 400

Així, en la taula anterior s'evidencia com escollint un model de tensió inferior als 12V s'incrementaria exponencialment el nombre mínim de bateries a instal·lar en el subsistema d'emmagatzematge.

Per aquets motiu i d'altres prestacions, s'escullen les bateries de la figura següent, amb les corresponents característiques tècniques adjuntes en l'Annex IV i V del Volum III.



Figura 17. Bateries recomanades de la marca comercial "Sonnenschein", model "SOLAR BLOCK SB12/185". Font [31].

2.3.3. Càrregues flexibles

La microxarxa plantejada posseeix la capacitat de gestionar les càrregues elèctriques que disposa el local de pública concurrència, classificant-les en:

- Consums mínims requerits legislativament i càrregues crítiques; és a dir, dispositius que requereixen un abastiment energètic continu durant un determinat temps, en cas de produir-se un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica, ja sigui per motius de seguretat o per interessos del propi local. D'aquesta manera, aquest dispositius, dins l'esquema unifilar de la instal·lació, s'agruparan en línies elèctriques comandades cadascuna d'elles per contactors. Així, en cas de produir-se un tall en el subministrament elèctric, el sistema de gestió derivarà l'energia dels diferents recursos distribuïts, únicament, a aquestes càrregues.
- Càrregues amb capacitat de desplaçament en el temps; caracteritzades per la posada en funcionament en els instants decidits pel sistema de gestió. Com per exemple en les franges horàries amb menors costos de l'energia adquirida en la xarxa elèctrica de transport i distribució. I per tant, com el cas anterior, també requereixen estar agrupades en línies elèctriques independents, controlades i governades pel sistema de gestió.

Per tant, s'evidencia que caldrà dotar l'esquema unifilar elèctric del local de pública concurrència amb contactors que permetin commutar les pertinents càrregues sota els criteris d'operació marcats pel sistema de gestió.

2.3.3.1. Punts de recàrrega de vehicles elèctrics

Les estacions de recàrrega de vehicles elèctrics incorporades en la microxarxa plantejada, també es consideren una càrrega flexible amb una alta capacitat de gestió. Segons la ITC-BT-52 [11], en un local de pública concurrència ja sigui per carregar vehicles de la seva flota privada, dels propis treballadors i/o de públic aliè, els punts de recàrrega han de ser de mode 3 o 4. Definits segons la mateixa Instrucció Tècnica Complementària [11], com:

- Mode de càrrega 3; Punt amb connexió directa del vehicle elèctric amb la xarxa de corrent alterna, utilitzant un sistema d'alimentació específic que inclou proteccions elèctriques, cable de connexió (conductors de fase, neutre i protecció) i el corresponent connector. Permeten càrregues des de velocitats lentes a semi-ràpides.
- Mode de càrrega 4; Punt que també utilitza el mateix sistema d'alimentació específic, descrit anteriorment. Però que, en aquest cas, inclou un convertidor d'alterna a continua, ja que la càrrega s'efectua en aquesta modalitat. Permeten càrregues des de velocitats semi-ràpides a ultra-ràpides.

D'aquesta manera, existeixen una gran varietat de marques comercials amb models d'estacions amb règims de càrrega, més ràpids o més lents, en proporció a l'energia subministrada al vehicle elèctric.

I per altra banda, una alta diversitat entre aquests mateixos models, en funció del tipus de connector entre l'estació de recàrrega i el vehicle elèctric. A continuació, s'enumeren i es descriuen breument els principals tipus de connectors existents al mercat, segons [35] i [43]:

- Tipus 1: SAE J1772 (Yazaki); Connector que seguint l'estàndard dels fabricants nort-americans, disposa de dos borns de corrent monofàsics, born de terra i dos de comunicacions.
- Tipus 2: Mennekes; Connector d'origen alemany que disposa de set borns, quatre de corrent (L1, L2, L3 i N), born de terra i dos de comunicacions. Permeten corrent de fins a 16A a 230V monofàsics fins a 63A a 400V trifàsics, aconseguint un ran de potències entre 3,68kW (càrrega normal) i 43,8kW (càrrega ràpida).
- Tipus 3: Scame; Connector d'origen francès que neix de l'aliança entre els fabricants "Scame", "Schneider Electric" i "Legrand". Disposa de cinc o set borns (monofàsic o trifàsic), born de terra i dos de comunicacions. Permeten recàrregues en mode 3 semi-ràpides fins a 32A.
- CHAdeMO; Connector que seguint l'estàndard dels fabricants japonesos, està dissenyat específicament per la recàrrega ràpida en corrent continua. Disposa de deu borns de corrent, born de terra i de comunicació. Admet fins a 200A de intensitat de corrent i potències de 62,5kW.
- CCS Combo 2; Connector que segueix un estàndard impulsat per fabricants alemanys i americans. Permet càrregues en corrent alterna (monofàsica i trifàsica) i en corrent continua. Disposa de cinc borns d'energia, born de connexió a terra i de comunicació. Esdevé un tipus de connector molt versàtil.



Figura 18. Principals connectors entre l'estació de recàrrega i el vehicle elèctric, dels modes 3 i 4, existents al mercat. Fonts [35] i [43].

Actualment, els vehicles elèctrics matriculats presenten una alta divergència amb el tipus de connector utilitzat per carregar les seves bateries, tal i com s'observa en la taula de la pàgina següent. On es recullen els models més matriculats fins el 2016 per regió i s'especifica el tipus de connector utilitzat en cadascun d'ells, mitjançant la informació extreta respectivament de les fonts [36] i [6].

Per tant, la rapidesa del règim de càrrega i el tipus de connector esdevenen unes de les variables de decisió amb major pes, a l'hora d'escollir el model de punt de recàrrega, més idoni pel local de pública concurrència en qüestió. Com també, les altres variables de decisió, recollides en les taules de les següents pàgines número X i X i, considerades a l'hora d'escollir els models més idonis.

D'aquesta manera, es recomana instal·lar punts de recàrrega semi-ràpida de "Circuitor" model "Urban M22", dotat amb dos punts de càrrega simultània mitjançant connectors tipus 2 Mennekes. El tipus de connector en mode 3, que admet més vehicles segons la taula de la pàgina següent.





I també, es recomana dotar la instal·lació de punts de càrrega ràpida de "Circuitor" model "Raption Trio", ja que permet un règim en mode 3 o 4 i integra tots els tipus de connectors per aquesta modalitat de càrrega més ràpida (CHAdeMO, Combo 2 i Tipus 2 Mennekes trifàsic). Permetent així la càrrega dels vehicles que admeten el mode 4 i fins i tot els del mode 3 amb connector tipus 2 Mennekes.

Val a dir, que s'adjunten els catàlegs amb les característiques de cadascun dels punts de recàrrega proposats en els annexos VI i VII del Volum III.

Taula 3. Models de vehicle elèctric més matriculats per regió en l'acumulat del 2016 i tipus de connector. Font [36] i [6]




Marca	Model	Matriculacions	Mode Càrrega 3			Mode Càrrega Ultra-ràpida 4			
			Tipus 1: J1772 Yazaki	Tipus 2: Mennekes	Tipus 3: Scame	CHAdEMO	Mennekes Trifàsic	Combo2	Mennekes CC
Models més matriculats al MÓN el 2016 (acumulat)									
NISSAN	Leaf	46.805	x	x	x	x			
TESLA	Model S	43.347		x	x				x
BYD	Tang	29.885							
MITSUBISHI	Outlander	24.500	x			x			
CHEVROLET	Volt	24.334							
Models més matriculats a EUROPA el 2016 (acumulat)									
MITSUBISHI	Outlander	18.804	x			x			
RENAULT	Zoe	18.715		x	x		x		
NISSAN	Leaf	17.045	x	x	x	x			
BMW	I3+I3 REX	13.198		x				x	
TESLA	Model S	11.095		x	x				x
VOLKSWAGE	Golf GTE	10.071			x				
VOLKSWAGE	Passat GTE	9.781			x				
MERCEDES	C350e plug in	8.377		x					
VOLVO	XC90 T8 plug in	8.095		x					
BMW	330e	7.302		x					
Models més matriculats a ESPANYA el 2016 (acumulat)									
MITSUBISHI	Outlander	555	x			x			
NISSAN	Leaf	525	x	x	x	x			
CITROEN	C-Zero	496	x			x			
RENAULT	Zoe	436		x	x		x		
RENAULT	Kangoo ZE	329	x	x	x				
NISSAN	E-NV200/Evalia	308	x	x	x	x			
BMW	I3	200		x				x	
SMART	Portwo iedi	155	x						
BMW	I3+I3 REX	138		x				x	
VOLVO	XC90 T8 plug in	128		x					

Taula 4. Variables de decisió per l'elecció de les estacions de recàrrega del sistema plantejat, 1. Font pròpia.

VARIABLES DE DECISIÓ DELS MODELS COMERCIALS DE PUNTS DE RECÀRREGA ESCOLLITS (1 de 2)					
Marca:	CIRCUTOR	CIRCUTOR	INGETEAM	INGETEAM **	VARIABLES DE DECISIÓ
Model:	RVE2-PM3	URBAN M22	INGEREV CITY Ground CG132	INGEREV CITY DUO 132	
Procedència:	Barcelona	Barcelona	Espanya	Espanya	Pròxim
Tipologia:	R. Semi-Ràpida	R. Semi-Ràpida	R. Semi-Ràpida	R. Semi-Ràpida / Ràpida	Semi-Ràpida o Ràpida
Tipus de carga:	Modo 3	Modo 3	Modo 3	Modo 3	Modo 3 / Modo 4
Punts de recàrrega:	2	2	1	2	Dobles per espai i preu
Tipus de connector:	2 x Tipo II	2 x Tipo II	1 x Tipo II	2 x Tipo II / 1 x Tipo II	Màximes possibilitats
Pot. nominal: (kW)	2 x 7,2 kW	2 x 7,2 kW	1 x 7,4 kW	2 x 11,0 kW / 1 x 22,0 Kw	Indiferent
Tensió de sortida: (V)	230 V c.a.	230 V c.a.	230 V c.a.	230 V c.a. o 400 V c.a.	
Tensió de entrada: (V)	230 V c.a.	230 V c.a.	230 V c.a.	230 V c.a. o 400 V c.a.	Trifàsica per evitar desequilibris en la instal·lació
Dimensions: (mm)	1590 x 380 x 280	1550 x 450 x 290	1255 x 257 x 254	1455 x 257 x 254	Indiferent
Mesura d'energia:	Contador Integrat	Contador Integrat	Contador Integrat	Contador Integrat	Amb contador integrat
Proteccions elèctriques:	Diferencial	Diferencial i magnetotèrmica	Diferencial (Opc.) i magnetotèrmica (Opc.)	Diferencial (Opc.) i magnetotèrmica (Opc.)	Amb el màxim de proteccions integrades
Comunicacions:	Ethernet, 3G (Opcional)	Ethernet, 3G (Opcional)	Ethernet, 3G (Opcional)	Ethernet, 3G (Opcional)	Màximes possibilitats
Control d'accés:	Tarjeta sistema RFID	Tarjeta sistema RFID	Tarjeta sistema RFID	Tarjeta sistema RFID	Sistema RFID
Cost unitari: *(€/u.)	4.005,00 €	3.356,25 €	2.359,50 €	4.356,00 €	Factor important per la inversió
Imatge					
Elecció:		MODEL ESCOLLIT			

* Preu unitari pel petit consumidor obtingut de portals webs, aplicant un 25% de descompte pel preu d'instal·lador.
 ** Model amb possibilitat de recarregar dos vehicles elèctrics alhora a 11,0kW o únicament un a 22,0kW.

Taula 5. Variables de decisió per l'elecció de les estacions de recàrrega del sistema plantejat, 2. Font pròpia.

VARIABLES DE DECISIÓ DELS MODELS COMERCIALS DE PUNTS DE RECÀRREGA ESCOLLITS (2 de 2)					
Marca:	CIRCUTOR		EFACEC	CIRCUTOR	VARIABLES DE DECISIÓ
Model:	RAPTION TRIO	RAPTION DUO	Quick Charge QC20	RVE-QPC-50	
Procedència:	Barcelona		Portugal	Barcelona	Pròxim
Tipologia:	R. Ràpida		R. Ràpida	R. Ultra-Ràpida	Semi-Ràpida o Ràpida
Tipus de carga:	Modo 3 y 4	Modo 4	Modo 4	Modo 4	Modo 3 / Modo 4
Punts de recàrrega:	1	1	1	1	Dobles per espai i preu
Tipus de connector:	Tipus II, CHAdeMO i COMBO 2	CHAdeMO i COMBO 2	CHAdeMO i SAE	CHAdeMO	Màximes possibilitats
Pot. nominal: (kW)	22,0 kW		22,0 kW	50,0 kW	Indiferent
Tensió de sortida: (V)	500 – 400 V c.c.	550 V c.c.	500 V c.c.	500 V c.c.	
Tensió de entrada: (V)	400 V c.a.		230 V c.a.	400 V c.a.	Trifàsica per evitar desequilibris en la instal·lació
Dimensions: (mm)	1700 x 900 x 390		1923 x 630 x 457	2007 x 730 x 826	Indiferent
Mesura d'energia:	Contador Integrat		Contador Integrat	Contador Integrat	Amb contador integrat
Proteccions elèctriques:	Diferencial i magnetotèrmica		Diferencial i magnetotèrmica	Diferencial i magnetotèrmica	Amb el màxim de proteccions integrades
Comunicacions:	Ethernet i 3G		Ethernet i 3G	Ethernet i 3G	Màximes possibilitats
Control d'accés:	Tarjeta sistema RFID		Tarjeta sistema RFID	Tarjeta sistema RFID	Sistema RFID
Cost unitari: *(€/u.)	23.385,75€	22.428,75€	22.406,25€	35.460,96€	Factor important per la inversió
Imatge					
Elecció:	MODEL ESCOLLIT				

* Preu unitari pel petit consumidor obtingut de portals webs, aplicant un 25% de descompte pel preu d'instal·lador.

** Model amb possibilitat de recarregar dos vehicles elèctrics alhora a 11,0kW o únicament un a 22,0kW.

CAPÍTOL 3: GESTIÓ ENERGÈTICA, MESURA I COSTOS

En aquest capítol, es desenvolupen els propis criteris de gestió energètica òptima per coordinar els diferents elements de la microxarxa plantejada.

Partint d'unes prioritats bàsiques, s'analitzen les possibilitats d'operació i gestió, que ofereix la microxarxa intel·ligent plantejada. Així, s'identifiquen varies modalitats d'operació, és a dir, diferents combinacions dels fluxos energètics entre els elements del sistema, per satisfer de la millor forma les necessitats energètiques de la pròpia instal·lació.

Al mateix temps, es descriuen els criteris d'aplicació de cadascuna d'aquestes modalitats, és a dir, el conjunt de variables de decisió, que utilitza el sistema de gestió energètica òptima, per governar eficientment els diferents elements de la microxarxa, en cada instant de temps.

I finalment, es recullen les condicions tècniques, econòmiques i administratives en que s'ha d'acollir la microxarxa plantejada, segons l'actual marc legislatiu del sector elèctric espanyol.

3.1. Sistema de gestió energètic òptim

En aquest punt, es descriuen els criteris del propi sistema de gestió energètic òptim per solucionar les problemàtiques energètiques i econòmiques de la instal·lació del local de pública concurrència, encaixant adequadament amb l'estat actual del sistema elèctric espanyol i amb l'estructura de microxarxa plantejada, descrita en l'anterior capítol.

3.1.1. Criteris d'operació bàsics del sistema de gestió

Tal i com s'ha comentat en l'anterior apartat 2.2.1., el sistema de gestió energètic òptim està format pel conjunt de funcions i criteris que permeten governar els diferents controladors de la microxarxa, satisfent les seves necessitats bàsiques. Així, seguidament es descriuen les prioritats bàsiques del sistema de gestió energètic òptim plantejat:

- Abastiment qualitatiu de totes les càrregues de la instal·lació.
Evitant, els danys als dispositius, principalment electrònics, produïts per anomalies en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, tal i com s'ha descrit en l'anterior subapartat 2.1.1.1..
- Abastiment continu i fiable dels consums mínims requerits legislativament i de les càrregues crítiques, descrites en l'anterior subapartat 2.1.1.1.. Garantint, així, la seguretat en l'evacuació del local i en l'acabament o continuació d'activitats vitals. Juntament amb l'abastiment energètic d'aquelles càrregues crítiques definides i requerides per interessos funcionals, tècnics i/o econòmics del propi local.

Prioritat que obliga al sistema a posseir una determinada capacitat de "Back-up". És a dir, de resposta energètica en l'abastiment d'uns determinats consums de la instal·lació durant un cert temps, en cas que es produeixi un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució.

- Aplanament de la corba d'energia adquirida en la xarxa elèctrica de transport i distribució.
Disminuint, així, la compra d'electricitat en les hores punta amb majors costos i incrementant-la en els períodes amb costos més baixos. Permeten, d'aquesta manera, una reducció econòmica notable de la despesa energètica, mitjançant estratègies de "Peak-Shaving".
- Integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics causant el mínim o nul augment del terme de potencia contractada de la instal·lació.
Mitjançant recursos energètics distribuïts (fonts d'energia complementaries i/o sistemes d'emmagatzematge d'energia), es pot disposar de la capacitat energètica necessària per seguir abastint els propis consums de la instal·lació juntament amb les noves estacions de recàrrega instal·lades, evitant sol·licitar un augment del terme de potencia contractada. O si més no, reduir al màxim aquest possible increment.

D'aquesta manera, la microxarxa disposa de la capacitat d'operació tant en les condicions habituals de subministrament elèctric per part de la xarxa elèctrica de transport i distribució com en cas d'un tall en el subministrament. Per tant, s'evidencien dos modes bàsics i diferenciats d'operació:

- Metodologia d'operació en un tall en el subministrament elèctric que alimenta el local; abastiment únicament dels consums mínims requerits legislativament i les càrregues crítiques de la instal·lació, mitjançant la gestió energètica de:
 - L'energia generada pel subsistema de producció fotovoltaica.
 - L'energia alliberada pel subsistema d'emmagatzematge energètic.
 - La combinació percentual de les dos fonts d'energia anteriors.

Tècnicament, en aquesta metodologia d'operació el sistema disposa de la capacitat de desenvolupar tots els fluxos energètics que es recullen de forma gràfica en la figura següent. Combinacions dels fluxos energètics que s'analitzaran individualment en el següent apartat 3.1.2..

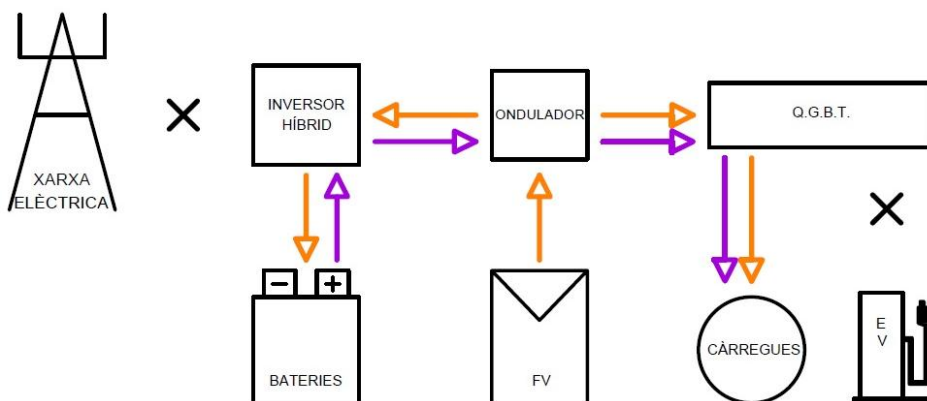


Figura 19. Combinacions de fluxos energètics tècnicament permesos en la microxarxa, en un tall en el subministrament elèctric. Font pròpia.

Ara bé, en cas de produir-se un tall en el subministrament elèctric en un període de temps amb nul·la generació fotovoltaica, el subsistema d'emmagatzematge energètic ha de seguir garantint l'abastiment dels corresponents consums de la instal·lació. Per tant, aquesta restricció, obliga a disposar sempre d'una mínima capacitat energètica en el camp de bateries.

- Metodologia d'operació en condicions de subministrament normal per part de la xarxa elèctrica de transport i distribució; abastiment de qualitat de les necessitats habituals de la instal·lació, a més, intentant aconseguir una reducció econòmica en la despesa energètica.

En aquest altre cas, es pot apreciar, en la següent figura, una primera estimació de la totalitat de fluxos energètics tècnicament permesos.

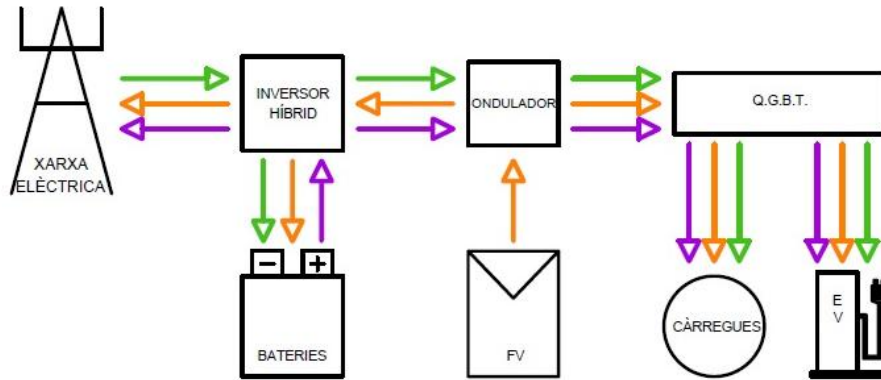


Figura 20. Combinacions de fluxos energètics tècnicament permesos en la microxarxa, en condicions normals de subministrament elèctric. Font pròpia.

En un primer anàlisi i com es representa en l'esquema següent, s'observa clarament que l'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació, incloent els respectius nous punts de recàrrega de vehicles elèctrics instal·lats, es pot desenvolupar a través de les següents aportacions,:

- Energia adquirida del subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
- Energia alliberada pel subsistema d'emmagatzematge.
- Energia generada pel subsistema de producció fotovoltaica.
- Combinació percentual de dos o de les tres fonts d'energia anteriors.

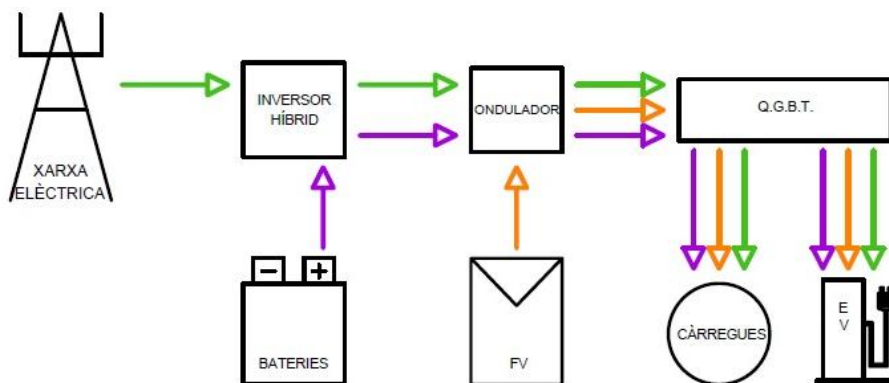


Figura 21. Fluxos de potència d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació, en condicions normals de subministrament elèctric. Font pròpia.

Un cop abastides les necessitats energètiques de la instal·lació, s'evidencia la possibilitat de desenvolupar altres combinacions dels fluxos energètics, mitjançant les següents accions:

- Càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'energia; a través de:
 - L'energia excedentària procedent del subsistema de producció fotovoltaica.
 - L'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució.
 - La combinació percentual de les dues fonts d'energia anteriors.

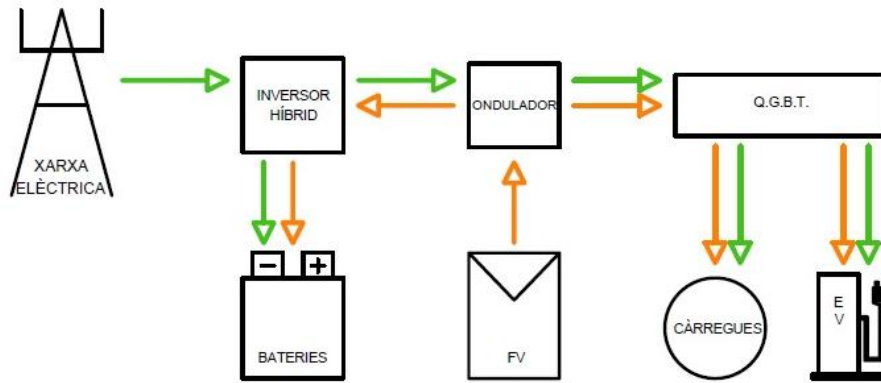


Figura 22. Fluxos de potència d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació i de càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'energia, en condicions normals de subministrament elèctric. Font pròpia.

- Venda d'energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució, mitjançant:
 - L'energia excedentària procedent del subsistema de producció fotovoltaica.
 - L'energia alliberada pel subsistema d'emmagatzematge energètic.
 - La combinació percentual de les dos fonts d'energia anteriors.

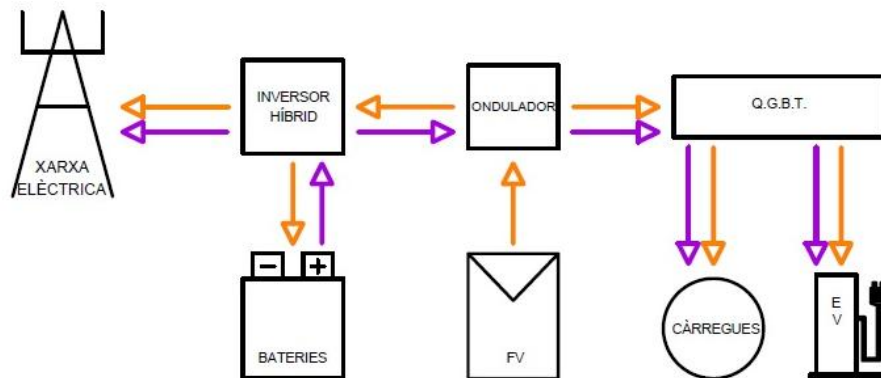


Figura 23. Fluxos de potència d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació i de venda d'energia a la xarxa elèctrica, en condicions normals de subministrament elèctric. Font pròpia.

- Càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'energia i venda d'energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució alhora. En aquest cas, mitjançant únicament l'energia procedent del subsistema de producció fotovoltaica, tal i com s'observa en la figura següent.

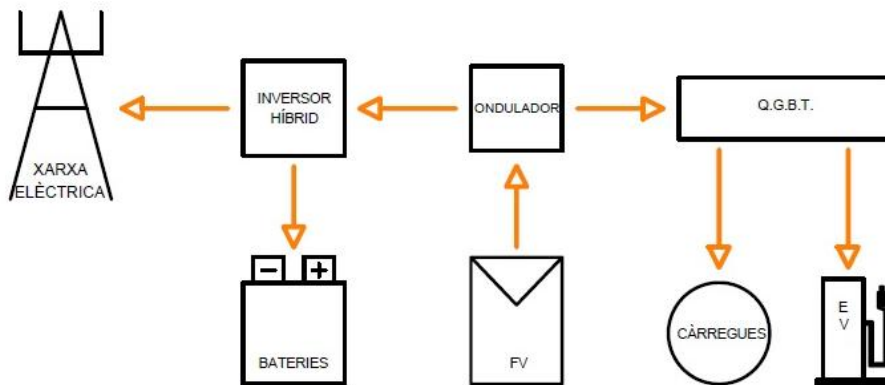


Figura 24. Fluxos de potència d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació, càrrega del subsistema d'emmagatzematge i de venda d'energia a la xarxa elèctrica, en condicions normals de subministrament elèctric. Font pròpia.

Les combinacions dels fluxos energètics permesos tècnicament i sintetitzats gràficament en totes les anteriors figures també s'analitzaran individualment en el proper apartat 3.1.2..

Ara bé, en l'esquema en blocs de la pàgina següent, es sintetitzen els criteris d'operació del sistema de gestió energètic òptim per satisfer les corresponents prioritats bàsiques de la instal·lació:

- Gestió de les diferents contribucions energètiques per abastir els consums habituals de la instal·lació.
- Aplicació de les diferents modalitats d'operació per desenvolupar adequadament les respectives estratègies de "Back-up" i "Peak-Shaving".

El "Peak-Shaving" és una estratègia que cerca l'aplanament de la corba de demanda energètica de la instal·lació i, per tant, permet aconseguir una notable reducció de la potència contractada en la instal·lació. Però, consegüentment, es redueix també la capacitat d'adquirir energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució. Fet que es tradueix amb una restricció energètica alhora d'abastir el consum de la instal·lació, que caldrà contrarestarà mitjançant les aportacions energètiques dels altres recursos distribuïts. Englobats, amb l'energia generada pel subsistema fotovoltaic i/o per la descàrrega del subsistema d'emmagatzematge.

Per tant, el sistema de gestió energètic òptim ha de procurar que el subsistema d'emmagatzematge tendeixi a l'estat de càrrega màxima per assegurar el "Peak-Shaving". Per altra banda, que també mai disminueixi per sota d'un llindar inferior que impedeixi el "Back-up" dels consums mínims i crítics de la instal·lació.

3.1.2. Criteris d'aplicació de les respectives modalitats d'operació

Per cadascuna de les diferents metodologies d'operació, descrites en l'anterior apartat, en aquest, es descriuen els criteris d'aplicació de les diferents modalitats contemplades en el sistema de gestió energètic òptim, per satisfer les seves prioritats bàsiques tenint en compte les respectives restriccions energètiques.

Així, i en cada instant de temps, el sistema de gestió analitza, inicialment, les condicions del subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució per identificar la presència d'un possible tall elèctric. En funció d'aquest anàlisi, el sistema actua mitjançant les dues metodologies d'operació descrites amb més detall en els següents apartats.

3.1.2.1. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació amb un tall en el subministrament elèctric

La metodologia d'operació del sistema en cas de produir-se un tall en el subministrament elèctric de la xarxa elèctrica de transport i distribució que alimenta el local, consisteix en abastir únicament els consums mínims requerits legislativament i les càrregues crítiques de la instal·lació.

Ara bé, el sistema de gestió òptim plantejat contempla garanteix el corresponent abastiment en funció de la capacitat productiva del subsistema fotovoltaic, mitjançant els criteris sintetitzats en l'esquema següent.

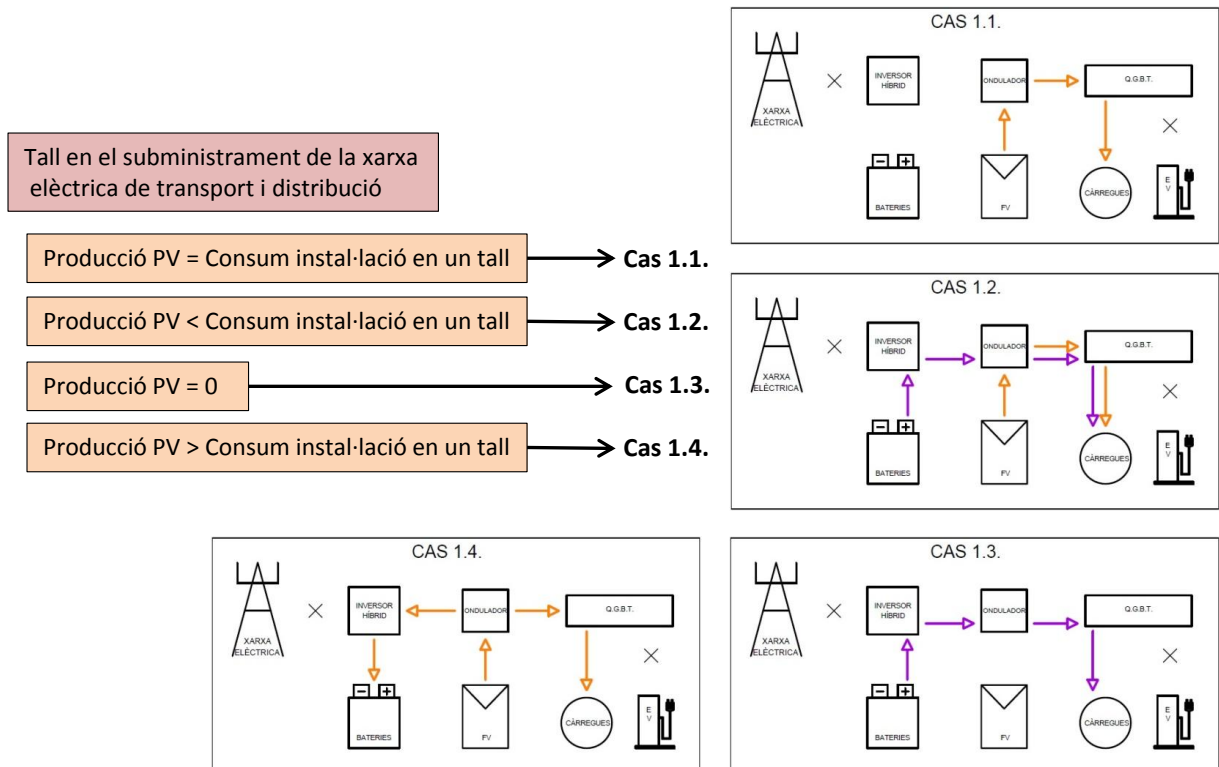


Figura 25. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en cas d'un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució. Font pròpia.

3.1.2.2. Modalitats d'operació en un tall en el subministrament elèctric

D'aquesta manera, tot seguit, es sintetitzen individualment les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètic òptim plantejat. Tanmateix també es justifiquen els motius d'aquelles modalitats d'operació tècnicament viables però no contemplades en el sistema de gestió òptim.

- **Cas 1.1.** Abastiment del pertinent consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema de producció fotovoltaica.

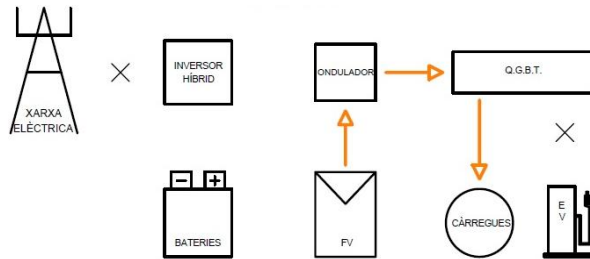


Figura 26. Fluxos de potència de la modalitat de gestió 1.1. Font pròpia.

- **Cas 1.2.** Abastiment del pertinent consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica del subsistema de producció fotovoltaica i del d'emmagatzematge d'energia.

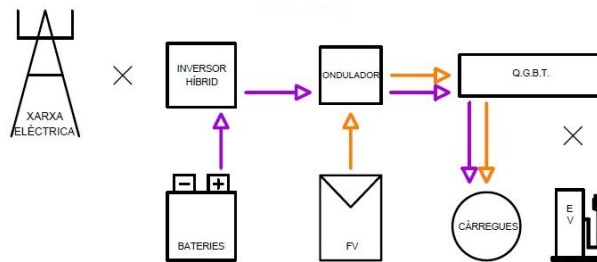


Figura 27. Fluxos de potència de la modalitat de gestió 1.2. Font pròpia.

- **Cas 1.3.** Abastiment del pertinent consum de la instal·lació mitjançant únicament l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge energètic.

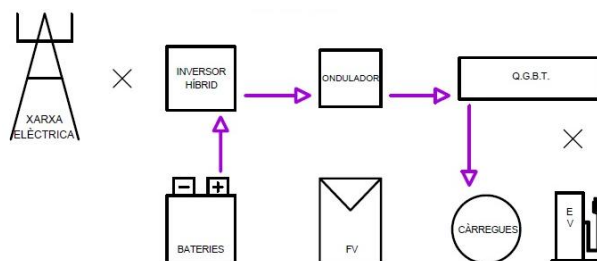


Figura 28. Fluxos de potència de la modalitat de gestió 1.3. Font pròpia.

- **Cas 1.4.** Abastiment del pertinent consum de la instal·lació i càrrega del subsistema d'emmagatzematge energètic, mitjançant l'energia produïda únicament pel subsistema de producció fotovoltaica.

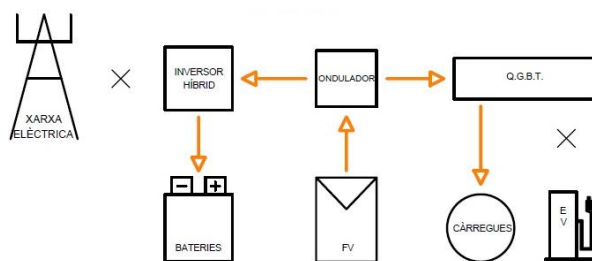


Figura 29. Fluxos de potència de la modalitat de gestió 1.4. Font pròpia.

3.1.2.3. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació amb condicions de subministrament elèctric normal

La metodologia d'operació del sistema, en condicions normals del subministrament elèctric de la xarxa elèctrica de transport i distribució que alimenta el local, consisteix en satisfer les prioritats bàsiques del sistema de gestió energètic òptim, tenint en consideració varies restriccions energètiques. Així, tot seguit, es descriuen els criteris que permeten determinar, en cada instant de temps, la modalitat d'operació energètica òptima.

En primer lloc, s'analitza el valor dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució per la compra d'electricitat i es classifiquen en:

- Costos baixos dels peatges d'accés per l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució; permeten al sistema de gestió:
 - Adquirir una alta contribució percentual d'electricitat per l'abastiment dels consums de la instal·lació.
 - Adquirir l'elevada energia requerida pel règim de càrrega ràpida del subsistema d'emmagatzematge.
- Costos normals dels peatges d'accés per l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució; permeten al sistema de gestió:
 - Adquirir una moderada contribució percentual d'electricitat per l'abastiment dels consums de la instal·lació.
 - Adquirir, en segons quines condicions, energia per la càrrega del subsistema d'emmagatzematge.
- Costos alts dels peatges d'accés per l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució; recomanen al sistema de gestió:
 - Adquirir la mínima contribució percentual d'electricitat per l'abastiment dels consums de la instal·lació.
 - Desenvolupar les respectives estratègies de "Peak-Shaving", a partir dels recursos distribuïts de la microxarxa.

Seguidament, el sistema de gestió vetlla per evitar que s'adquireixi energia de la xarxa elèctrica per damunt del límit de potència contractada en cadascun dels períodes tarifaris. Aquesta limitació en la capacitat d'adquirir electricitat de la xarxa, esdevé una restricció energètica, que es contraresta mitjançant les diferents estratègies de "Peak-Shaving". Restricció energètica identificada en les figures número 30 i 31, mitjançant les sigles següents:

- **[R.Pot.]**: Limitació de l'energia adquirida en la xarxa elèctrica per potència contractada, obligant al sistema de gestió a descarregar les bateries per abastir la demanda de la instal·lació en els moments amb majors consums. I alhora, també limitant l'energia destinada a la càrrega del subsistema d'emmagatzematge en els moments de baixa demanda de la instal·lació.
- **[NO R.Pot.]**: En aquest cas, l'energia que el sistema de gestió recomana adquirir de la xarxa elèctrica de transport i distribució, ja sigui per l'abastiment del consum de la instal·lació i/o la càrrega de les bateries, es queda lluny del límit de potència contractada en el corresponent període tarifari.

Tot seguit, el sistema de gestió analitza l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge per determinar la modalitat d'operació més òptima en cada instant de temps. Així s'identifiquen, principalment dos rangs d'estats de càrrega del camp de bateries:

- **[SOC_màx.]** Estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge tendint a la seva capacitat màxima; en què s'aturarà qualsevol règim de càrrega de les bateries i no s'efectuarà cap operació amb l'energia emmagatzemada fins que es requereixi la pertinent descàrrega, ja sigui;
 - Per un pic del consum de la instal·lació evitant adquirir energia de la xarxa elèctrica per damunt del límit de potència contractada.
 - Per un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
- **[SOC_mig]** Estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge inferior a la seva capacitat màxima; on es poden produir varies modalitats d'operació diferenciades:
 - Abastiment de la demanda de la instal·lació únicament amb l'energia adquirida en el subministrament de la xarxa i/o amb la pertinent contribució fotovoltaica.
 - Descàrrega de les bateries com a contribució percentual energètica per evitar adquirir energia de la xarxa elèctrica per damunt del límit de potència contractada.
 - Procés de càrrega profunda de les bateries, iniciat amb un règim de càrrega ràpida durant els períodes de temps amb baixos costos del peatge d'accés. I, prolongat amb un règim de càrrega més lent durant els altres períodes amb costos normals o alts, fins que:
 - L'estat tendeixi a la seva capacitat màxima **[SOC_màx.]**.
 - Calgui descarregar les bateries com a contribució percentual energètica per abastir el consum de la instal·lació sense sobrepassar el límit de potència contractada.
 - Es limiti l'energia adquirida en la xarxa elèctrica per ser pròxima al valor de la potència contractada.

Per tant, el valor dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució, la restricció de l'energia adquirida en la xarxa elèctrica i l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge esdevenen les variables de decisió pel sistema de gestió alhora d'escollir la modalitat d'operació adient en cada instant de temps. Modalitats d'operació sintetitzades en els esquemes en blocs de les pàgines següents, en funció dels criteris d'aplicació descrits.

Condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució

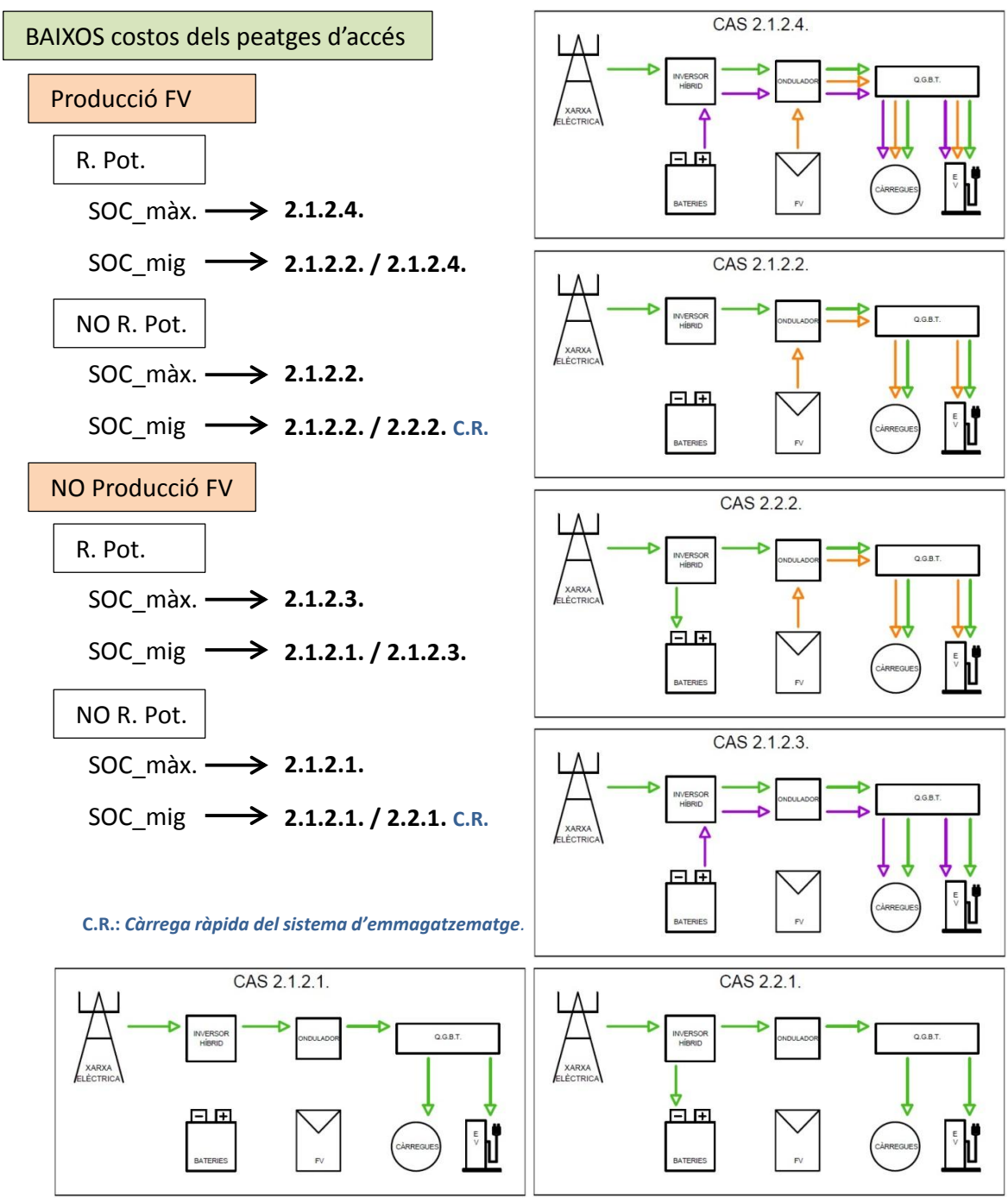


Figura 30. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos baixos dels peatges d'accés. Font pròpia.

Condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució

Costos NORMALS i ALTS dels peatges d'accés

Producció FV

R. Pot.

SOC_màx. → 2.1.2.4.

SOC_mig → 2.1.2.2. / 2.1.2.4.

NO R. Pot.

SOC_màx. → 2.1.2.2.

SOC_mig → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.L.

NO Producció FV

R. Pot.

SOC_màx. → 2.1.2.3.

SOC_mig → 2.1.2.1. / 2.1.2.3.

NO R. Pot.

SOC_màx. → 2.1.2.1.

SOC_mig → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.L.

C.L.: Càrrega lenta del sistema d'emmagatzematge.

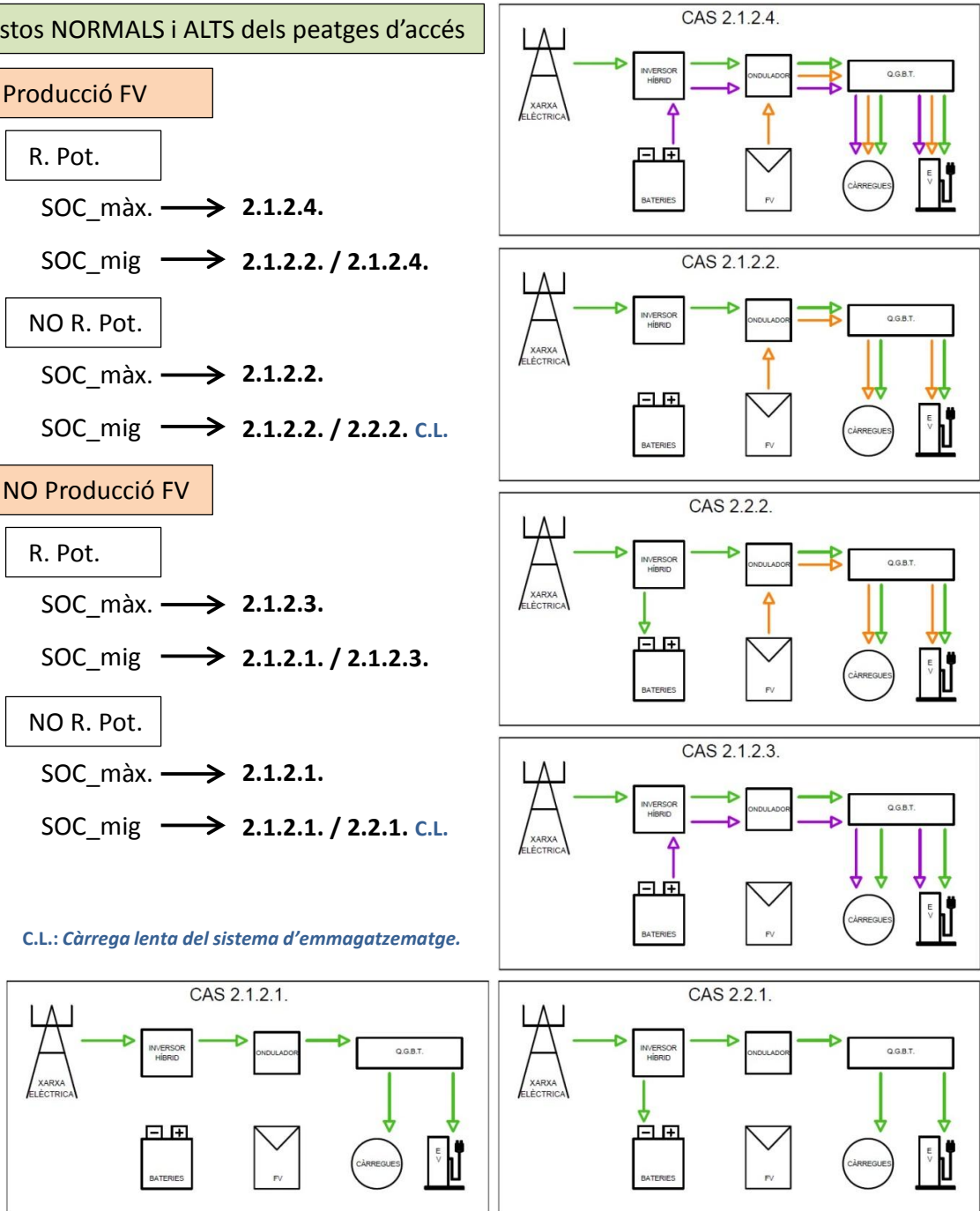


Figura 31. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos alts i/o normals dels peatges d'accés. Font pròpia.

Ara bé, en cas que es produeixi un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, les variables de decisió del sistema de gestió energètic òptim, recollides en les figures anteriors, es modificaran de forma transitòria. Durant el temps necessari fins que l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge torni a ser alt [SOC_alt], però inferior a la capacitat màxima [SOC_màx.].

En aquest cas, el valor dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució i la restricció de l'energia adquirida en la xarxa elèctrica, descrites anteriorment, segueixen com a variables de decisió alhora d'escollir la modalitat d'operació energètica adient en cada instant de temps.

En canvi, la variable de decisió de l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge subdivideix l'estat [SOC_mig], en els següents tres rangs:

- **[SOC_mín.]** Estat de càrrega per sota del llindar que garanteix la disponibilitat d'una mínima capacitat energètica: ja sigui per;
 - Abastir els majors consums mínims i crítics previstos durant un cert temps, en cas que es produeixi un altre tall en el subministrament elèctric. Retardant el màxim l'arrencada del grup electrogen.
 - Com per; garantir la contribució percentual energètica, descarregant les bateries, per abastir un determinat pic del consum de la instal·lació sense sobrepassar el límit d'energia adquirida en la xarxa elèctrica.

Així, en aquest estat, s'obliga al sistema de gestió a seguir abastint la totalitat dels consums de la instal·lació i alhora efectuar un règim de càrrega ràpida del camp de bateries:

- Indiferentment dels valors dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució.
 - Indiferentment de la restricció que l'energia a adquirir en la xarxa elèctrica de transport i distribució no sobrepassi el límit de potencia contractada. I, conseqüentment assumint la corresponent penalització econòmica.
 - Prolongat fins que s'arribi a l'estat [SOC_alt], descrit seguidament.
-
- **[SOC_baix]** Estat de càrrega de transició per damunt del llindar anterior i inferior al denominat estat [SOC_alt], les modalitats d'operació variaran en funció del valor de l'estat de càrrega del camp de bateries un cop s'hagi restablert el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució:
 - Amb l'estat de càrrega dins el rang [SOC_mín]:
 - Es seguirà amb el règim de càrrega ràpida iniciat, exactament amb les mateixes característiques descrites en l'anterior punt [SOC_mín].
 - Amb l'estat de càrrega dins l'actual rang [SOC_baix], es podran efectuar dues modalitats:
 - Abastiment dels consums de la instal·lació únicament amb l'energia adquirida en el subministrament de la xarxa elèctrica i/o amb la pertinent contribució fotovoltaica.

- Descàrrega del subsistema d'emmagatzematge, per evitar sobrepassar el límit de potencia contractada, amb l'energia a adquirir en la xarxa pel consums de la instal·lació.
- **[SOC_alt]** Estat de càrrega que finalitza les variables de decisió transitòries del sistema de gestió energètic òptim després d'un tall en el subministrament elèctric. Ja que, en aquest nivell es pot garantir la descàrrega de les bateries abastint tots els pics de consums més elevats previstos en la instal·lació, al llarg d'un dia. Sense sobrepassar el límit de potencia contractada en l'energia adquirida de la xarxa elèctrica.

D'aquesta manera, en aquest estat el sistema de gestió podrà recomanar aplicar les següents modalitats:

- Abastiment dels consums de la instal·lació únicament amb l'energia adquirida en el subministrament de la xarxa elèctrica i/o amb la pertinent contribució fotovoltaica.
- Descàrrega del subsistema d'emmagatzematge, evitant sobrepassar el límit de potencia contractada, amb l'energia adquirida en la xarxa elèctrica pels consums de la instal·lació.
- Seguir carregant les bateries per arribar al estat **[SOC_màx.]**.

Per tant, el valor dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució, la restricció i/o possible penalització econòmica per l'excés d'energia adquirida en la xarxa elèctrica i els l·lindars d'estats de càrrega transitoris del subsistema d'emmagatzematge, esdevenen les variables de decisió pel sistema de gestió, en les primeres franges horàries després d'un tall en el subministrament elèctric del local.

TRANSICIÓ al subministrament normal de la xarxa elèctrica de transport i distribució

BAIXOS costos dels peatges d'accés

Producció FV

R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.4. / 2.1.2.2.

SOC_{baix} → 2.1.2.4. / 2.1.2.2. / 2.2.2. P.C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.2. P.C.R.

NO R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.R.

SOC_{baix} → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.2. C.R.

NO Producció FV

R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.3. / 2.1.2.1.

SOC_{baix} → 2.1.2.3. / 2.1.2.1. / 2.2.1. P.C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.1. P.C.R.

NO R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.R.

SOC_{baix} → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.1. C.R.

P.: Penalització econòmica per compra d'energia a la xarxa per damunt del llindar de potencia contractada.
C.R.: Càrrega ràpida del sistema d'emmagatzematge.

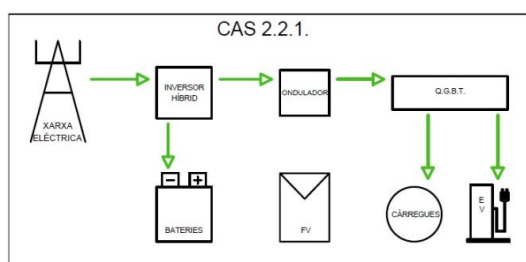
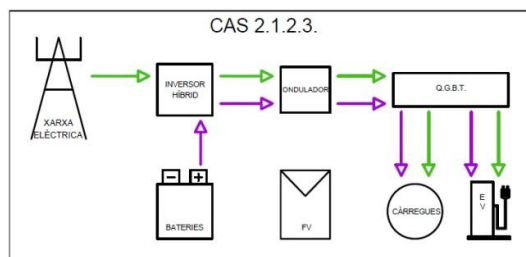
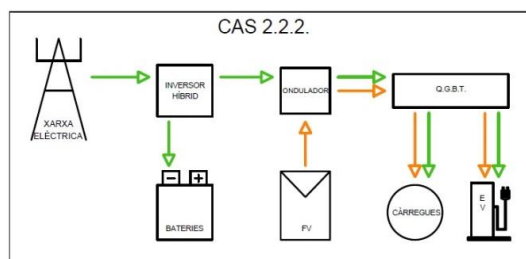
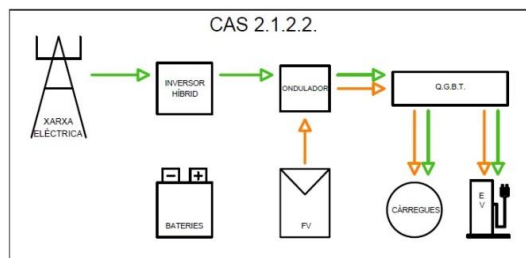
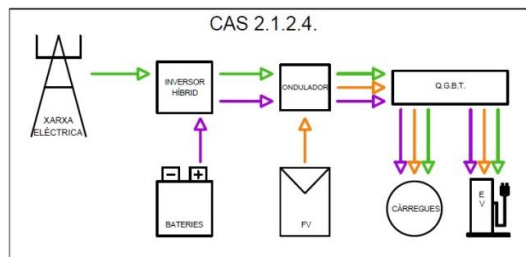
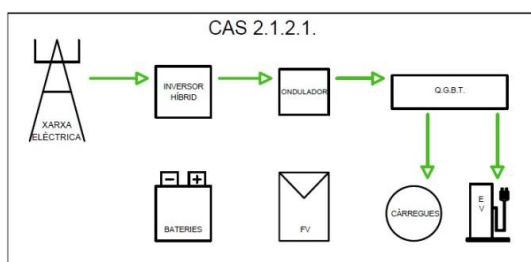


Figura 32. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en transició a les condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos baixos dels peatges d'accés. Font pròpia.

TRANSICIÓ al subministrament normal de la xarxa elèctrica de transport i distribució

Costos NORMALS i ALTS dels peatges d'accés

Producció FV

R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.4. / 2.1.2.2.

SOC_{baix} → 2.1.2.4. / 2.1.2.2. / 2.2.2. P.C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.2. P.C.R.

NO R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.L.

SOC_{baix} → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.2. C.R.

NO Producció FV

R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.3. / 2.1.2.1.

SOC_{baix} → 2.1.2.3. / 2.1.2.1. / 2.2.1. P.C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.1. P.C.R.

NO R. Pot.

SOC_{alt} → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.L.

SOC_{baix} → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.R.

SOC_{mín.} → 2.2.1. C.R.

P.: Penalització econòmica per compra d'energia a la xarxa per damunt del límit de potència contractada.
C.R.: Càrrega ràpida del sistema d'emmagatzematge.
C.L.: Càrrega lenta del sistema d'emmagatzematge.

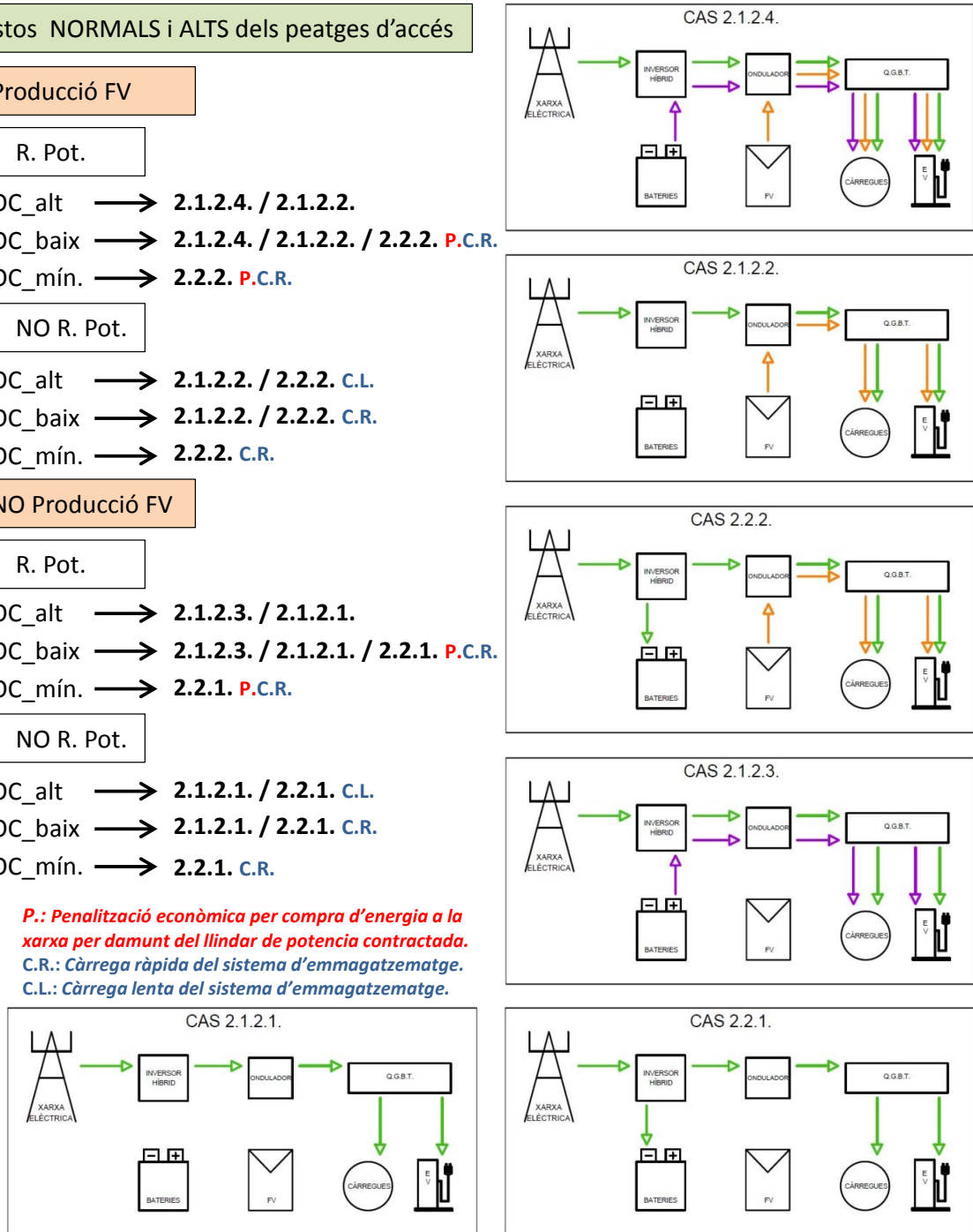


Figura 33. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en transició a les condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos normals i/o alts dels peatges d'accés. Font pròpia.

3.1.2.4. Modalitats d'operació amb condicions de subministrament elèctric normal

La metodologia d'operació del sistema en condicions de subministrament normal de la xarxa elèctrica de transport i distribució que alimenta el local consisteix en l'abastiment qualitatiu de les necessitats energètiques de la instal·lació i en l'aplanament de la corba de demanda, per reduir econòmicament la despesa energètica. D'aquesta manera i com s'ha descrit en l'anterior subapartat, existeixen una gran quantitat de combinacions possibles dels fluxos energètics per poder desenvolupar els següents processos:

- Abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació.
- Abastiment de les necessitats energètiques juntament amb la càrrega del subsistema d'emmagatzematge.
- Abastiment de les necessitats energètiques juntament amb la venda d'energia a la xarxa elèctrica.
- Abastiment de les necessitats energètiques juntament amb la càrrega del subsistema d'emmagatzematge i la venda d'energia a la xarxa elèctrica.

Tot seguit, es sintetitzen individualment totes i cadascuna de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètic òptim plantejat. Tanmateix, es justifiquen els motius d'aquelles modalitats d'operació tècnicament viables però no contemplades.

- 2.1. Procés d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació;

El sistema de gestió energètic òptim plantejat contempla la combinació energètica percentual de la compra d'electricitat a la xarxa elèctrica, la producció fotovoltaica i la descàrrega de les bateries, per satisfer les prioritats bàsiques, en funció de:

- La capacitat productiva del subsistema fotovoltaic, principalment en relació a la presència de radiació incident.
 - Les condicions tarifaries dels peatges d'accés per l'energia adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
 - La necessitat de desenvolupar estratègies de "Peak-Shaving".
 - La restricció del límit d'energia adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució per potencia contractada.
- 2.1.1. Nul·la energia adquirida de la xarxa elèctrica:
 - **Cas 2.1.1.1.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica del subsistema fotovoltaic i del d'emmagatzematge d'energia.

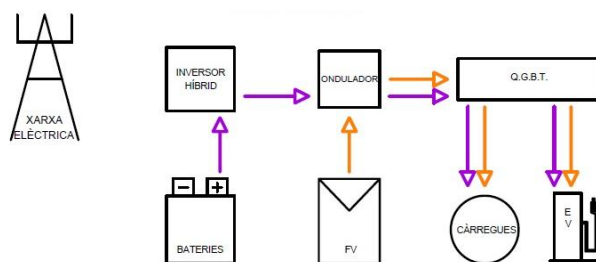


Figura 34. Fluxos de potència de la modalitat 2.1.1.1. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi perquè han de coincidir alhora els següent successos:

- Elevats costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica que desaconsellin totalment la compra d'electricitat.
 - Baixa demanda energètica de la instal·lació, perquè pugui ser abastida per la producció fotovoltaica i la descàrrega energètica del subsistema d'emmagatzematge.
- **Cas 2.1.1.2.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic.

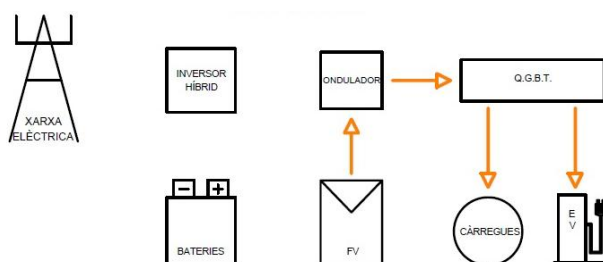


Figura 35. Fluxos de potència de la modalitat 2.1.1.2. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi perquè la potència nominal pic instal·lada en el subsistema fotovoltaic serà inferior a la mitjana del consum de la instal·lació. I en segons quines ocasions, fins i tot, per sota del valor dels consums mínims de la instal·lació en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica.

- **Cas 2.1.1.3.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant únicament l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge.

Modalitat no contemplada en el sistema de gestió energètic òptim, perquè la capacitat energètica del camp de bateries és molt inferior al consum de la instal·lació en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica. A més, es reserva part de la capacitat energètica d'aquest subsistema per fer front a les corresponents necessitats de "Back-up" en cas d'un tall en el subministrament elèctric.

○ 2.1.2. Adquirint energia de la xarxa elèctrica:

- **Cas 2.1.2.1.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant únicament l'energia adquirida en la xarxa elèctrica.

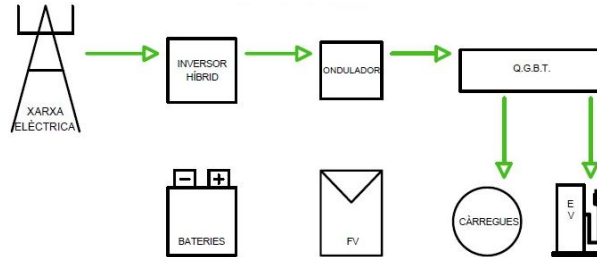


Figura 36. Fluxos de potència de la modalitat 2.1.2.1. Font pròpia.

- **Cas 2.1.2.2.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica de la xarxa elèctrica i el subsistema fotovoltaic.

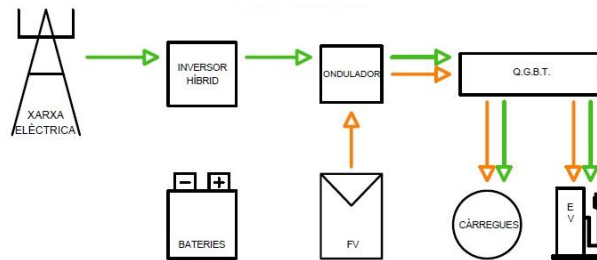


Figura 37. Fluxos de potència de la modalitat 2.1.2.2. Font pròpia.

- **Cas 2.1.2.3.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica de la xarxa elèctrica i el subsistema d'emmagatzematge.

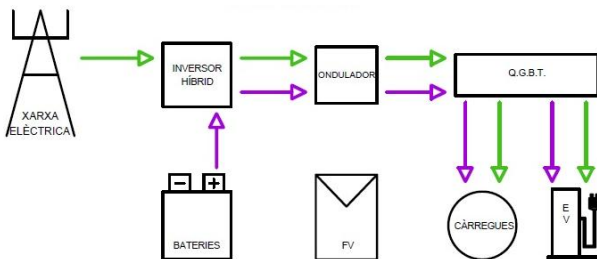


Figura 38. Fluxos de potència de la modalitat 2.1.2.3. Font pròpia.

- **Cas 2.1.2.4.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica de la xarxa elèctrica, el subsistema fotovoltaic i el subsistema d'emmagatzematge.

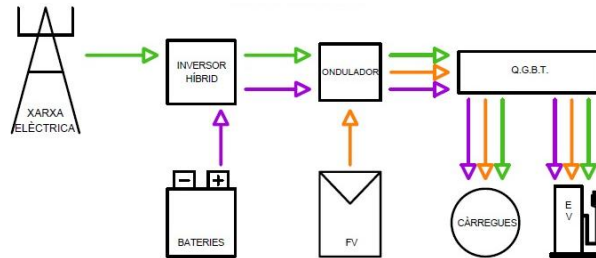


Figura 39. Fluxos de potència de la modalitat 2.1.2.4. Font pròpia.

- 2.2. Procés d'abastiment de les necessitats energètiques juntament amb la càrrega del subsistema d'emmagatzematge;

El sistema de gestió energètica òptima plantejat contempla la combinació energètica percentual de la compra d'energia a la xarxa elèctrica i la producció fotovoltaica, per abastir les necessitats energètiques de la instal·lació i carregar el subsistema d'emmagatzematge, en funció de:

- La capacitat productiva del subsistema fotovoltaic, principalment en relació a la presència de radiació incident.
 - Les condicions tarifaries dels peatges d'accés per l'energia adquirida de la xarxa elèctrica.
 - L'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge.
 - La restricció del límit d'energia adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució per potència contractada.
- **Cas 2.2.1.** Abastiment del consum de la instal·lació i càrrega del subsistema d'emmagatzematge mitjançant únicament l'energia adquirida en la xarxa elèctrica.

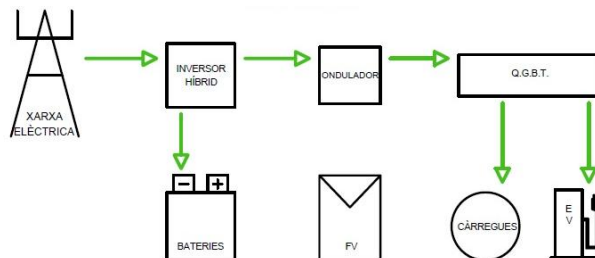


Figura 40. Fluxos de potència de la modalitat 2.2.1. Font pròpia.

- **Cas 2.2.2.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica del subsistema fotovoltaic i de la xarxa elèctrica. I càrrega del subsistema d'emmagatzematge mitjançant únicament l'energia adquirida en la xarxa elèctrica.

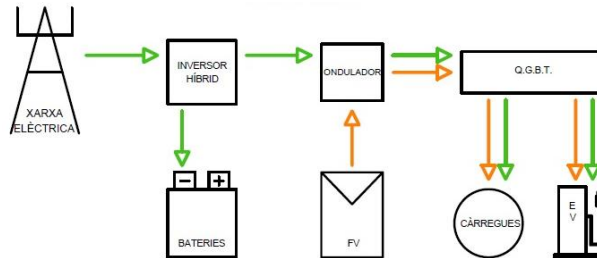


Figura 41. Fluxos de potència de la modalitat 2.2.2. Font pròpia.

- **Cas 2.2.3.** Abastiment del consum de la instal·lació i càrrega del subsistema d'emmagatzematge mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic.

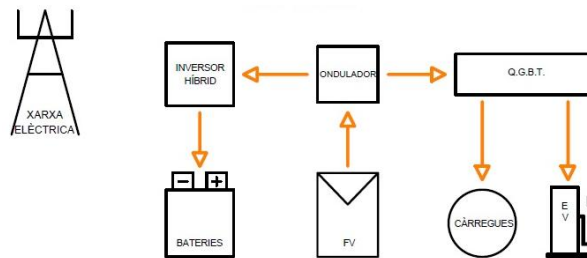


Figura 42. Fluxos de potència de la modalitat 2.2.3. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi, tal i com s'ha comentat en l'anterior cas 2.1.1.2.. Ja que, la potencia nominal pic instal·lada en el subsistema fotovoltaic serà inferior a la mitjana del consum de la instal·lació i, fins i tot, als seus consums mínims.

- **Cas 2.2.4.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic. I càrrega del subsistema d'emmagatzematge mitjançant la contribució percentual energètica del subsistema fotovoltaic i de la xarxa elèctrica.

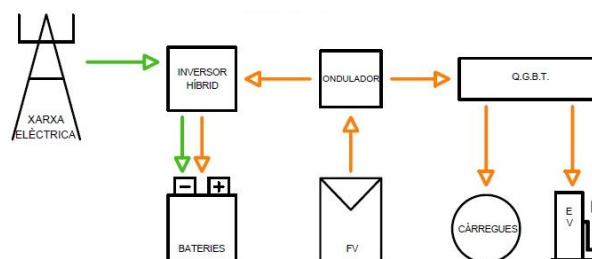


Figura 43. Fluxos de potència de la modalitat 2.2.4. Font pròpia.

Modalitat contemplada, poc probable que es desenvolupi, però en certa forma té més possibilitats, que l'anterior cas 2.2.3., ja que carrega les bateries amb la contribució percentual energètica del l'energia procedent de la xarxa elèctrica i del subsistema fotovoltaic.

- **Cas 2.2.5.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic. I càrrega del subsistema d'emmagatzematge mitjançant únicament l'energia adquirida en la xarxa elèctrica.

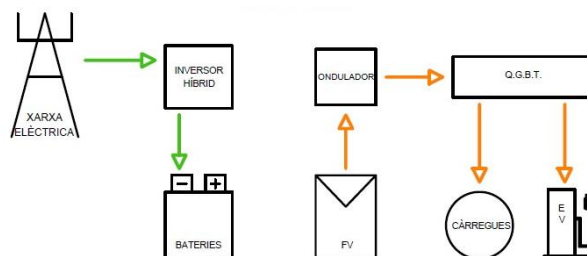


Figura 44. Fluxos de potència de la modalitat 2.2.5. Font pròpia.

Modalitat contemplada, poc probable que es desenvolupi, però encara disposa de més possibilitats, que l'anterior cas 2.2.4., ja que carrega les bateries únicament amb l'energia procedent de la xarxa elèctrica.

- 2.3. Procés d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació juntament amb la venda d'energia a la xarxa elèctrica;

El sistema de gestió plantejat pot contemplar la combinació percentual energètica de la producció fotovoltaica i la capacitat de descàrrega del subsistema d'emmagatzematge per abastir els consums de la instal·lació i, alhora, vendre energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució.

Ara bé, aquesta modalitat d'operació només es podria desenvolupar en instants de temps molt puntuals, ja que han de coincidir, al mateix temps, els següents successos:

- Valors retributius molt favorables per la venda d'energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució. Els quals, malauradament, acostumen a succeir en les hores centrals del dia, coincidint amb els majors consums d'aquests tipus d'instal·lacions.
- Abastiment del consum de la instal·lació amb el subsistema fotovoltaic. I, fins i tot, amb l'ajuda de la descàrrega del subsistema d'emmagatzematge.
- Un cop abastits els consums, disposar de l'energia excedentària suficient per vendre-la a la xarxa elèctrica. Energia, procedent de la producció fotovoltaica i/o només de la capacitat de descàrrega de les bateries destinada als processos de "Peak-Shaving". Respectant la reserva d'energia d'aquestes pel possible "Back-up", en cas d'un tall en el subministrament.

- **Cas 2.3.1.** Abastiment del consum de la instal·lació i venda d'energia excendentària a la xarxa elèctrica mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic.

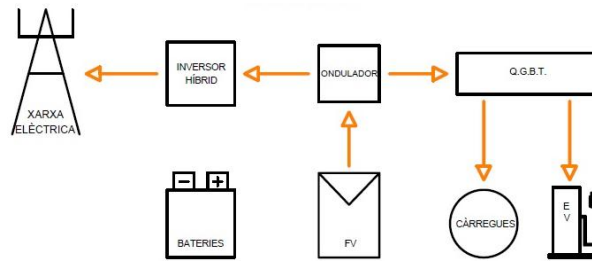


Figura 45. Fluxos de potència de la modalitat 2.3.1. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi, tant pels motius comentats anteriorment en l'apartat 2.3. com pels descrits també en el cas 2.3.3..

- **Cas 2.3.2.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic. I venda d'energia a la xarxa mitjançant únicament l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge.

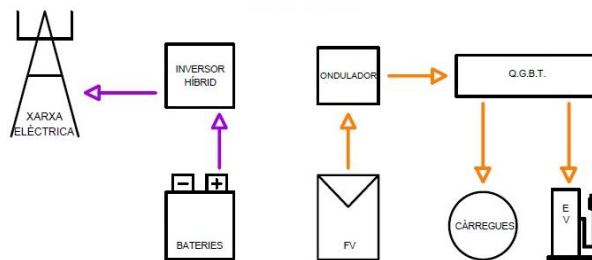


Figura 46. Fluxos de potència de la modalitat 2.3.2. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi principalment pels motius comentats anteriorment en l'apartat 2.3.

- **Cas 2.3.3.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada únicament pel subsistema fotovoltaic. I venda d'energia a la xarxa mitjançant la contribució percentual energètica del subsistema fotovoltaic i del d'emmagatzematge.

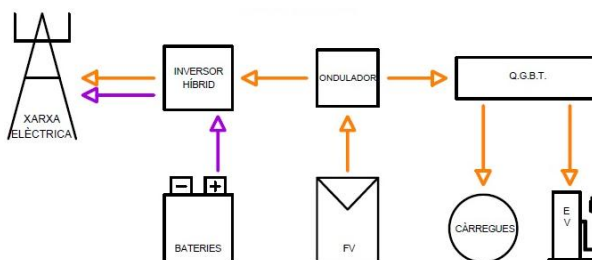


Figura 47. Fluxos de potència de la modalitat 2.3.3. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi tal i com s'ha comentat en el cas 2.3.1..

- **Cas 2.3.4.** Abastiment del consum de la instal·lació mitjançant la contribució percentual energètica del subsistema fotovoltaic i del d'emmagatzematge. I venda d'energia a la xarxa elèctrica mitjançant únicament l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge.

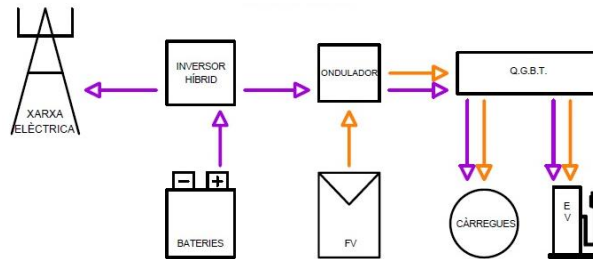


Figura 48. Fluxos de potència de la modalitat 2.3.4. Font pròpia.

Modalitat contemplada, però poc probable que es desenvolupi tal i com s'ha comentat en el cas 2.3.2..

- **Cas 2.3.5.** Abastiment del consum de la instal·lació i venda d'energia a la xarxa elèctrica mitjançant únicament l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge.

Modalitat no contemplada en el sistema de gestió sobretot pels mateixos motius que l'anterior cas 2.1.1.3. i també pels comentats en l'apartat 2.3..

- 2.4. Procés d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació juntament amb la càrrega del subsistema d'emmagatzematge i la venda d'energia a la xarxa elèctrica;

El sistema de gestió no contempla el sobredimensionament del camp fotovoltaic perquè pugui ser capaç d'abastir el consum de la instal·lació, carregar les bateries i, al mateix temps, vendre electricitat a la xarxa.

3.2. Criteris de mesura dels fluxos energètics segons el marc normatiu actual

En les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètic òptim, descrites en l'anterior punt, s'han de mesurar els fluxos energètics que pot desenvolupar el sistema, per acollir-se adequadament a les restriccions del marc normatiu actual.

D'aquesta manera i segons l'actual Llei del Sector Elèctric 24/2013 [20], aprovada el 26 de desembre del 2013, el sistema s'ha d'acollir a les condicions administratives, tècniques i econòmiques del marc legislatiu d'autoconsum d'energia elèctrica. Definit en l'article 9, d'aquesta mateixa llei, com el consum d'energia elèctrica provinent d'instal·lacions de generació connectades a l'interior d'una xarxa d'un consumidor o a través d'una línia directa associada també a un consumidor.

El mateix article, estructura les principals restriccions del marc legislatiu d'autoconsum d'energia elèctrica, extretes del Real Decret 900/2015 [24], el qual regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats amb subministrament d'energia elèctrica i producció amb autoconsum. Així, en primer lloc i juntament amb l'article 4 del Real Decret 900/2015, estableix la classificació de les possibles modalitats d'autoconsum:

- Modalitat tipus 1; consumidor amb un únic punt de subministrament, que disposi en la seva xarxa interior d'una o varies instal·lacions de producció d'energia elèctrica destinades al propi consum i sense estar donades d'alta al corresponent registre com a instal·lació de producció.
- Modalitat tipus 2; consumidor també amb un únic punt de subministrament i amb una o varies instal·lacions de producció d'energia elèctrica associades i destinades al propi consum, però en aquest cas, degudament inscrites al registre administratiu d'instal·lacions de producció d'energia i connectades en l'interior de la seva pròpia xarxa, compartint infraestructures de connexió amb aquesta o a través d'una línia directa.

D'aquesta manera, una de les principals diferències entre ambdues modalitats recau en la inscripció del subsistema de generació d'energia en el registre administratiu d'instal·lacions de producció d'Energia Elèctrica. Condició indispensable, segons l'article 21 de l'actual Llei del Sector Elèctric 24/2013 [20], per poder participar en el mercat de producció d'energia elèctrica i, així, vendre l'energia excedentària.

Un cop definides les modalitats d'autoconsum recollides en el marc legislatiu, en els següents apartats, es descriuen les principals característiques, els criteris de mesura dels diferents fluxos energètics en totes i cadascuna de les modalitats d'autoconsum, segons el marc normatiu actual. Per acabar, també es descriu els criteris de mesura de l'energia destinada als punts de recàrrega de vehicles elèctrics.

3.2.1. Límits i règim jurídic de les modalitats d'autoconsum

Tot seguit, es sintetitzen els principals límits i requisits del règim jurídic d'autoconsum, recollits en els títols II i III del Real Decret 900/2015, que fan referència a cadascuna de les modalitats d'autoconsum individual i col·lectivament.

- Modalitat d'autoconsum tipus 1:
 - Requisits generals:
 - Potència contractada del consumidor no superior a 100kW.
 - Mateix titular del punt de subministrament que dels equips de consum i de les instal·lacions de producció connectades a la pròpia xarxa.
 - Compliment dels requisits tècnics establerts en el Real Decret 1699/2011 [18], que regula la connexió a la xarxa de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència, per part de les instal·lacions de producció i pel punt de subministrament.
 - Qualitat del servei:
 - Regulat pel Real Decret 1955/2000 [9].
 - Procediment de connexió i accés a les modalitats d'autoconsum:
 - Regulat pel Real Decret 1955/2000 [9].
- Modalitat d'autoconsum tipus 2:
 - Requisits generals:
 - Inexistència d'un límit superior de potència contractada.
 - Mateix titular per cadascuna de les diferents instal·lacions de producció existents.
 - Compliment dels requisits tècnics continguts en la normativa del sector elèctric i en la reglamentació de qualitat i seguretat industrial que els resulti d'aplicació, en particular el Real Decret 1955/2000 [8], el Real Decret 1699/2011 [12] i el Real Decret 413/2014 [15].
 - Qualitat del servei:
 - Regulat pel Real Decret 1699/2011 [12].
 - Procediment de connexió i accés a les modalitats d'autoconsum:
 - Regulat pel Real Decret 1699/2011 [12].
- Requisits col·lectius:
 - Requisits generals:
 - Sumatori de potències instal·lades en els diferents subsistemes de producció existents igual o inferior a la potència contractada pel consumidor. Restricció, que limita considerablement les modalitats d'operació de la microxarxa.
 - Qualitat del servei:
 - L'empresa distribuïdora o transportista no té cap obligació legal relativa a la qualitat del servei per les incidències derivades de fallades en les instal·lacions de connexió compartides pel productor i el consumidor.
 - Procediment de connexió i accés a les modalitats d'autoconsum:
 - Per acollir-se a qualsevol modalitat d'autoconsum, els consumidors han de sol·licitar una nova connexió o modificar

l'existent amb l'empresa distribuïdora de la zona, encara que no venguin l'energia excedentària a la xarxa elèctrica de transport i distribució. De la mateixa manera, el consumidor ha de subscriure un contracte d'accés o modificar l'existent directament amb l'empresa distribuïdora o a través de la comercialitzadora, per reflectir la modalitat d'autoconsum.

3.2.2. Requisits de mesura en les modalitats d'autoconsum

Per garantir la mesura i facturació dels diferents fluxos d'energia possibles en el sistema plantejat, cal instal·lar els corresponents equips de lectura. Equips regulats segons els requisits generals de mesura de les modalitats d'autoconsum del títol IV del Real Decret 900/2015, juntament amb els requisits del Reglament Unificat de Punts de Mesura del sistema elèctric aprovat pel Real Decret 1110/2007 [13]. D'aquesta manera, a continuació, es sintetitzen els requisits generals de mesura per cadascuna de les modalitats d'autoconsum, per la facturació dels preus, tarifes, càrrecs, peatges i d'altres costos i serveis del sistema, que resultin d'aplicació.

- Equips de mesura necessaris en la modalitat d'autoconsum tipus 1:
 - Equip de mesura que registri l'energia generada neta, és a dir la diferència entre l'energia sortint i entrant de la instal·lació de producció.
 - Equip de mesura en el punt frontera de la instal·lació amb la xarxa elèctrica de transport i distribució.
 - Opcionalment, equip de mesura que registri l'energia consumida total pel consumidor associat, situat en el circuit de consum de la instal·lació.

- Equips de mesura necessaris en la modalitat d'autoconsum tipus 2, en què es subdivideix en dues configuracions de mesura diferents:
 - A) Amb caràcter general:
 - Equip de mesura bidireccional de l'energia generada neta.
 - Equip de mesura bidireccional ubicat en el punt frontera de la instal·lació.
 - Opcionalment, equip de mesura que registri l'energia consumida total pel consumidor associat.

 - B) Instal·lacions amb subsistemes de producció amb una potència no superior a 100kW, connectats a la xarxa interior d'un consumidor on el subjecte consumidor i els titulars de la instal·lació són la mateixa persona física o jurídica:
 - Equip de mesura bidireccional de l'energia generada neta.
 - Equip de mesura que registri l'energia consumida total pel consumidor associat.
 - Opcionalment, un equip de mesura bidireccional ubicat en el punt frontera de la instal·lació.

Tot i que en aquest cas, no es necessita obligatòriament disposar d'un equip de mesura ubicat en el punt frontera de la instal·lació l'estructura de la microxarxa plantejada contempla la instal·lació d'aquest comptador. Ja que en cas contrari no es podria determinar

el terme de facturació de potència i el d'energia reactiva, tal i com s'esmenta en el següent apartat 3.3.2..

Així, en els esquemes següents es recullen els equips de mesura que ha de disposar la microxarxa plantejada per registrar els fluxos energètics, segons la modalitat d'autoconsum que s'aculli la microxarxa.

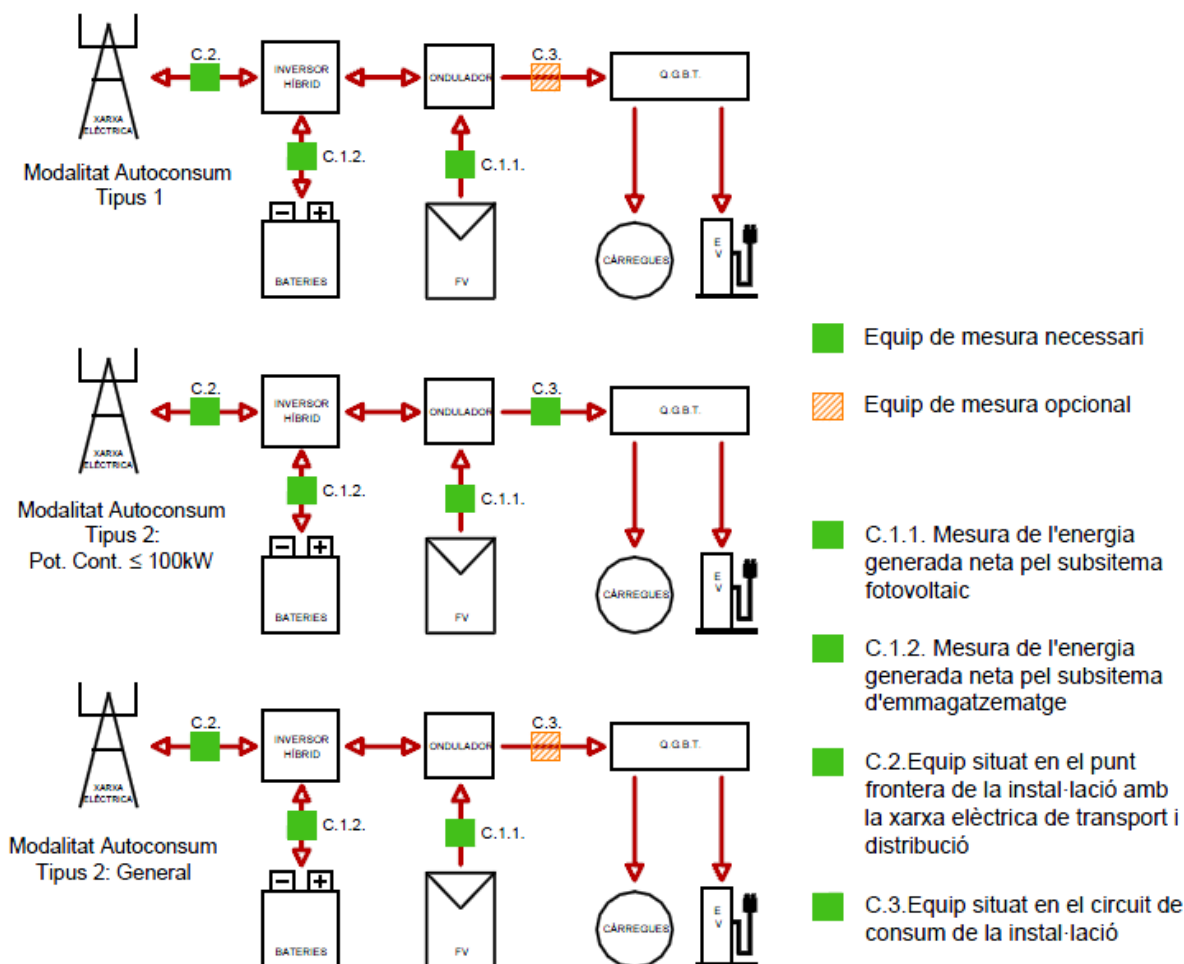


Figura 49. Equips de mesura requerits en les modalitats d'autoconsum tipus 1, 2 amb potència contractada no superior a 100kW i 2 de caràcter general. Font pròpia.

3.2.2.1. Requisits de mesura del subsistema d'emmagatzematge d'energia

En la Disposició Transitòria Desena del mateix Real Decret 900/2015 [24] s'indica que fins l'aprovació de la normativa de seguretat i qualitat industrial que defineixi les condicions tècniques i de protecció dels elements d'acumulació, aquests s'instal·laran compartint equip de mesura i proteccions amb la instal·lació de generació.

Ara bé, degut a les limitacions tècniques dels actuals convertidors estàtics comercials, s'ha decidit seguir el criteri del article 11 del Reglament de Punts de Mesura del Sistema Elèctric del 2007, aprovat pel Real Decret 1110/2007 [13]. En què es permet que varies instal·lacions de generació comparteixin infraestructures d'evacuació d'energia a la xarxa elèctrica, instal·lant equips de

mesura individualitzada de potència activa i reactiva en cadascun dels subsistemes de producció. I també al punt comú frontera de la instal·lació.

Per tant, s'instal·larà un equip de mesura de l'energia generada neta en el subsistema fotovoltaic i un altre pel subsistema d'emmagatzematge d'energia. Establint una configuració redundant, que permeti aplicar els corresponents costos segons el marc normatiu, detallat en següent punt 3.3..

3.2.3. Requisits de mesura en les estacions de recàrrega de vehicles elèctrics

Els punts de recàrrega de vehicles elèctrics plantejats per la microxarxa no cal que s'acullin estrictament als esquemes de connexió i d'instal·lació descrits en l'apartat 3 de la ITC-BT-52 d'Instal·lacions d'infraestructura per la recàrrega de vehicles elèctrics [21]. Ja que en l'acabament del mateix apartat, els exclou al alimentar-se elèctricament d'un sistema amb una font d'energia d'origen renovable i un subsistema d'emmagatzematge d'energia.

L'esquema de connexions a desenvolupar variarà lleugerament en funció del cas pràctic on s'implanti la microxarxa. Ara bé, posseirà moltes similituds amb l'esquema 1a de la mateixa ITC-BT-52, representat en la figura següent.

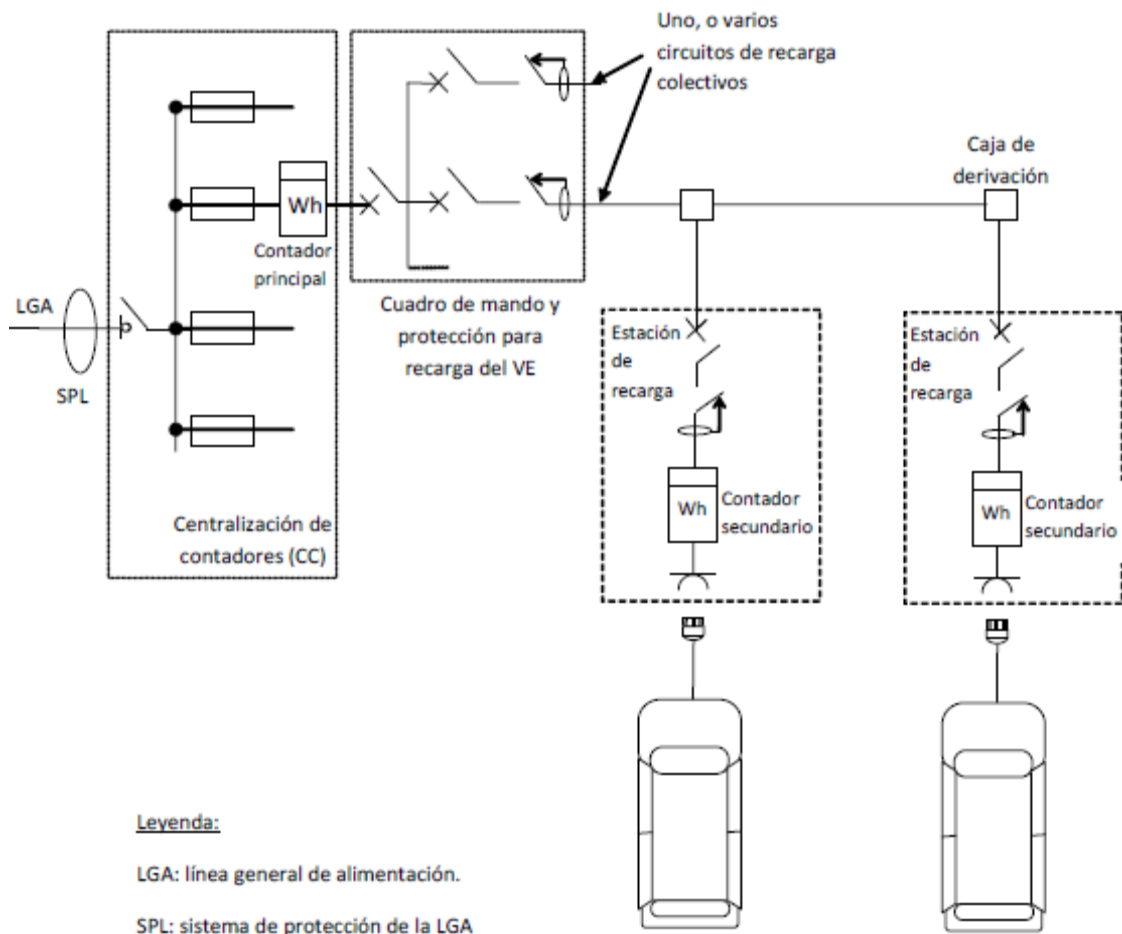


Figura 50. Esquema 1a: Instal·lació col·lectiva troncal amb un equip de mesura principal en l'origen de la instal·lació i equips secundaris en les estacions de recàrrega. Font [21].

D'aquesta manera, l'esquema de connexió i instal·lació, que alhora permetrà mesurar els fluxos d'energia de les respectives estacions de recàrrega, principalment estarà compost per:

- Quadre secundari de comandament i protecció pròxim als diferents punts de recàrrega. El qual posseirà una línia elèctrica d'alimentació independent per cada punt de recàrrega amb la corresponent paramenta de protecció.
- Equip de mesura principal ubicat en la línia d'alimentació del quadre secundari citat des del Quadre General de Baixa Tensió. Ubicat físicament en aquest darrer.
- Equip de mesura secundari integrat en cadascuna de les estacions de recàrrega. Segons l'apartat 5.5 de la mateixa ITC-BT-52, aquest equip es obligatori en els locals de pública concurrència i ha de posseir la capacitat de mesurar, al menys, l'energia activa.

3.3. Criteri d'aplicació dels costos dels fluxos energètics segons el marc normatiu actual

Segons l'article 9 del RD900/2015 [24], tot consumidor subjecte a una determinada modalitat d'autoconsum, ha de contribuir als costos i serveis del sistema per energia autoconsumida, quan la instal·lació de generació o consum estigui connectada total o parcialment al sistema elèctric. Al mateix temps també ha de pagar els mateixos peatges d'accés a les xarxes, càrrecs associats als costos del sistema i costos per la previsió dels serveis de suport del sistema, que corresponen a qualsevol consumidor no subjecte a cap modalitat d'autoconsum.

Ara bé, en l'article 16 de l'actual Llei del Sector Elèctric 24/2013 [20], s'esmenta que el govern, amb previ informe de la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència, establirà la metodologia de càlcul dels càrrecs que hauran de satisfer els consumidors, productors i entre ells també les diferents modalitats d'autoconsum, per cobrir els costos del sistema que es determinin. I actualment encara no s'ha aprovat, per tant, la facturació dels peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució i els càrrecs associats als costos del sistema, de qualsevol de les modalitats d'autoconsum, s'efectuarà d'acord a la Disposició Transitòria Primera del RD900/2015.

D'aquesta manera i a continuació, es sintetitza la metodologia de lectura dels diferents fluxos energètics mitjançant els equips de mesura descrits anteriorment, segons les especificacions del títol V del RD900/2015, per la facturació de tots i cadascun dels diferents costos citats.

3.3.1. Costos dels peatges d'accés a les xarxes elèctriques de transport i distribució

L'article 16 del RD900/2015, esmenta les condicions d'aplicació dels peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució recollides en el Real Decret 1164/2001 [10], pel qual s'estableixen les tarifes d'accés a les xarxes elèctriques de transport i distribució per l'abastiment energètic de les instal·lacions pròpies dels autoproduïdors.

En primer lloc, aquest decret estructura, classifica i defineix les diferents tarifes d'accés en funció de les seves característiques tècniques, econòmiques i administratives. Així i a grans trets, les actuals tarifes d'accés es defineixen per nivells de tensió en tarifes de baixa i alta tensió, compostes per un terme de facturació de potència, un terme de facturació d'energia activa i un de reactiva. Seguidament, el mateix decret descriu el criteri i les condicions de determinació dels diferents termes de facturació en funció de cadascuna de les tarifes d'accés a les xarxes de transport i distribució.

Per acabar, en l'article 11, s'especifica el valor dels diferents costos dels termes de potència, energia activa i reactiva s'aprovaran anualment pel govern o quan les circumstàncies especials ho aconsellin. Per tant, cal analitzar constantment la normativa al respecte que estableixi l'actualització dels valors econòmics dels termes de facturació dels peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució, per cadascuna de les diferents tarifes.

En aquest cas, la Disposició Transitòria Primera del RD900/2015 detalla els peatges d'accés pel 2015 en l'article 9 de l'Ordre IET/2444/2014 del 19 de desembre [23], com a base de partida per cadascuna de les tarifes, fins que no sorgeixi cap normativa al respecte d'actualització dels valors econòmics.

I de la mateixa forma, l'actua Ordre ETU/1976/2016 [27], del 23 de desembre, per la qual s'estableixen els peatges d'accés d'energia elèctrica del 2017, també continua indicant que els peatges d'accés per les tarifes 6.1A seran els previstos en el mateix article 9 de l'Ordre IET/2444/2014, del 19 de desembre [23].

3.3.2. *Aplicació dels peatges d'accés a les xarxes elèctriques*

Per cadascun dels fluxos energètics del sistema plantejat amb aportació energètica total o percentual procedent de la xarxa elèctrica de transport i distribució, la Disposició Transitòria Primera del RD900/2015, especifica els criteris i les condicions per determinar la facturació dels peatges d'accés, al consumidor acollit en alguna de les modalitats d'autoconsum:

- Metodologia de facturació dels peatges d'accés als consumidors de la modalitat d'autoconsum tipus 1 i tipus 2 amb subsistemes de producció amb una potència contractada no superior a 100kW:
 - Determinació del terme de facturació de potència; mitjançant l'equip de mesura situat en el punt frontera amb el subministrament de la xarxa elèctrica.
 - Determinació del terme de facturació d'energia activa; mitjançant l'equip que registri la demanda horària. En aquestes modalitats d'autoconsum, també mesurada, segons l'Annex I del mateix RD900/2015, per l'equip instal·lat en el punt frontera de la instal·lació.
 - Determinació del terme de facturació d'energia reactiva; a través de l'equip situat en el punt frontera de la instal·lació.
- Metodologia de facturació dels peatges d'accés als consumidors de la modalitat d'autoconsum 2, amb equips de mesura de caràcter general:
 - Determinació del terme de facturació de potència:
 - En cas que els subsistemes de producció propis no generin energia; la potència demandada pel consumidor requereix ser mesura a través de l'equip que registri l'energia horària consumida pel consumidor associat. Es a dir, segons l'Annex I del mateix RD900/2015, l'equip de mesura instal·lat en el circuit de consum o, si no es disposa d'aquest comptador, mitjançant l'instal·lat en el punt frontera de la instal·lació. Per tant, per aquest darrer, ja que segons els comentaris del apartat 3.2.2., la microxarxa plantejada no contempla la instal·lació d'equips de mesura en el circuit de consum de la instal·lació per modalitat d'autoconsum tipus 2.
 - En cas que els subsistemes de producció propis generin energia; la potència demandada pel consumidor, requereix ser mesurada en l'equip ubicat al punt frontera de la instal·lació, si es disposa.

- Determinació del terme de facturació d'energia activa; mesurat mitjançant l'equip que registri la corresponent demanda horària.
- Determinació del terme de facturació d'energia reactiva; també mitjançant l'equip que registri l'energia horària consumida.

D'aquesta manera, en la tipologia de microxarxa plantejada sempre s'aplicaran els costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució directament a les mesures del comptador ubicat en el punt frontera de la instal·lació, indiferentment de la modalitat d'autoconsum, tal i com es sintetitza en la figura següent.

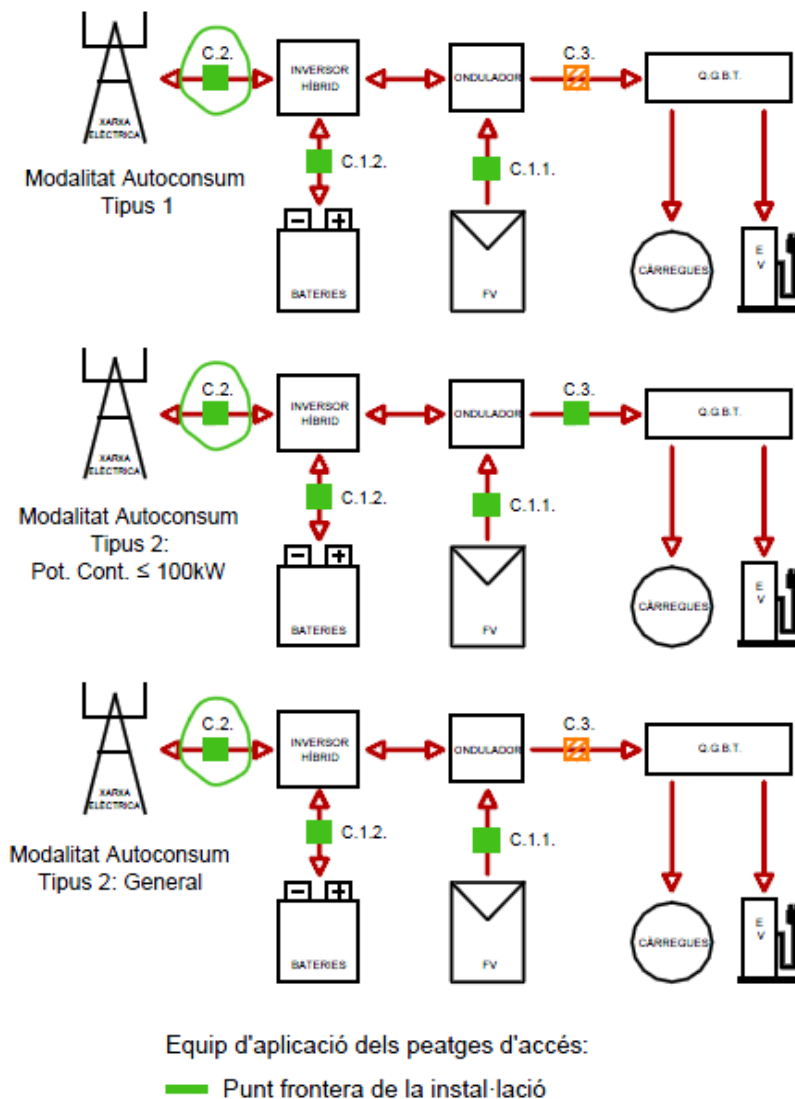


Figura 51. Aplicació dels peatges d'accés a les xarxes elèctriques de transport i distribució en les modalitats d'autoconsum tipus 1, 2 amb potència contractada no superior a 100kW i 2 de caràcter general. Font pròpia.

Per altra banda, el mateix Real Decret 1164/2001 [10], estableix la metodologia de facturació dels excessos de demanda per damunt del límit de potència contractada, registrats en cada període tarifari, al final del seu apartat 1.2.. Excessos de potència que es facturaran mensualment.

3.3.3. Costos dels càrrecs de les modalitats d'autoconsum

A més dels peatges d'accés descrits en els apartats anteriors, la Disposició Transitòria Primera del RD900/2015 també descriu els criteris d'aplicació dels càrrecs associats als costos del sistema i els càrrecs per altres serveis del sistema, altrament anomenats càrrecs fixos en funció de la potència i càrrecs variables per l'energia autoconsumida, respectivament. Tant uns com els altres es caracteritzen per prendre valors diferents en funció de la modalitat d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució contractada.

De la mateixa manera que els peatges d'accés, també cal analitzar constantment la normativa al respecte que estableix l'actualització dels valors econòmics d'aquests càrrecs fixos en funció de la potència i dels variables per l'energia autoconsumida, per la corresponent tarifa. En aquest cas, en l'Annex I de l'Ordre ETU/1976/2016 del 23 de desembre [27], s'indiquen tots i cadascun d'ells i, fins i tot, s'especifica el component de càrrecs variables associats als costos del sistema, el component dels pagaments per capacitat i el component associat a d'altres serveis del sistema, que formen el denominat càrrec transitori per energia autoconsumida.

Val a dir, que tot i els 2 anys en vigor del RD900/2015, encara no s'ha materialitzat l'aplicació dels càrrecs fixos en funció de la potència i dels variables per l'energia autoconsumida en cap instal·lació. Ara bé, de materialitzar-se es podria cobrar de forma retroactiva des de la seva entrada en vigor i/o des de la posada en marxa de la instal·lació si es posterior a la publicació del RD900/2015.

3.3.4. Aplicació dels càrrecs de les modalitats d'autoconsum

En aquest cas, per cadascun dels fluxos energètics del sistema, la Disposició Transitòria Primera del RD900/2015, especifica el criteri i les condicions per determinar els càrrecs fixos en funció de la potència i els variables per l'energia autoconsumida, tal i com es sintetitzen seguidament.

La facturació dels càrrecs fixos, s'aplica en la diferència entre la potència d'aplicació de càrrecs i la potència a facturar a efectes de l'aplicació dels peatges d'accés, descrita en els anteriors apartats 3.3.1. i 3.3.2., en cadascuna de les modalitats d'autoconsum. Així, en l'Annex I del mateix RD900/2015, es descriu la potència d'aplicació de càrrecs segons els casos següents:

- Disposant d'equip de mesura en el circuit de consum que registri l'energia consumida total pel consumidor associat, és a dir, en la modalitat d'autoconsum tipus 2 amb una potència contractada no superior a 100kW: La potència d'aplicació de càrrecs equival a la potència demandada per l'equip que registra l'energia consumida total pel consumidor associat.
- En cas de no disposar-lo, és a dir, en les modalitats d'autoconsum tipus 1 o tipus 2 de caràcter general:
 - Quan el sistema no sigui gestionable, és a dir, sense cap tipus d'element d'acumulació; la potència d'aplicació de càrrecs es determina utilitzant l'equip de mesura i control ubicat en el punt de frontera. Aquest cas no s'ha de tenir en consideració en la microxarxa plantejada, ja que disposa d'elements d'acumulació.

- En cas que el sistema sigui gestionable, és a dir, el de la microxarxa plantejada; la potència d'aplicació de càrrecs correspon al sumatori de la potència demandada per l'equip de mesura ubicat en el punt frontera més la potència màxima produïda en el determinat període tarifari. És a dir, la potència d'aplicació de càrrecs es determina amb el sumatori de la potència adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució, juntament amb l'aportació energètica dels recursos energètics distribuïts de la instal·lació.

Amb aquests criteris d'aplicació dels càrrecs fixos juntament amb els requisits de mesura detallats a l'anterior apartat 3.2.2., en la següent taula, es sintetitzen els equips de mesura utilitzats per determinar els càrrecs fixos en funció de la potència, per cadascuna de les modalitats d'autoconsum, que es pot acollir la microxarxa plantejada.

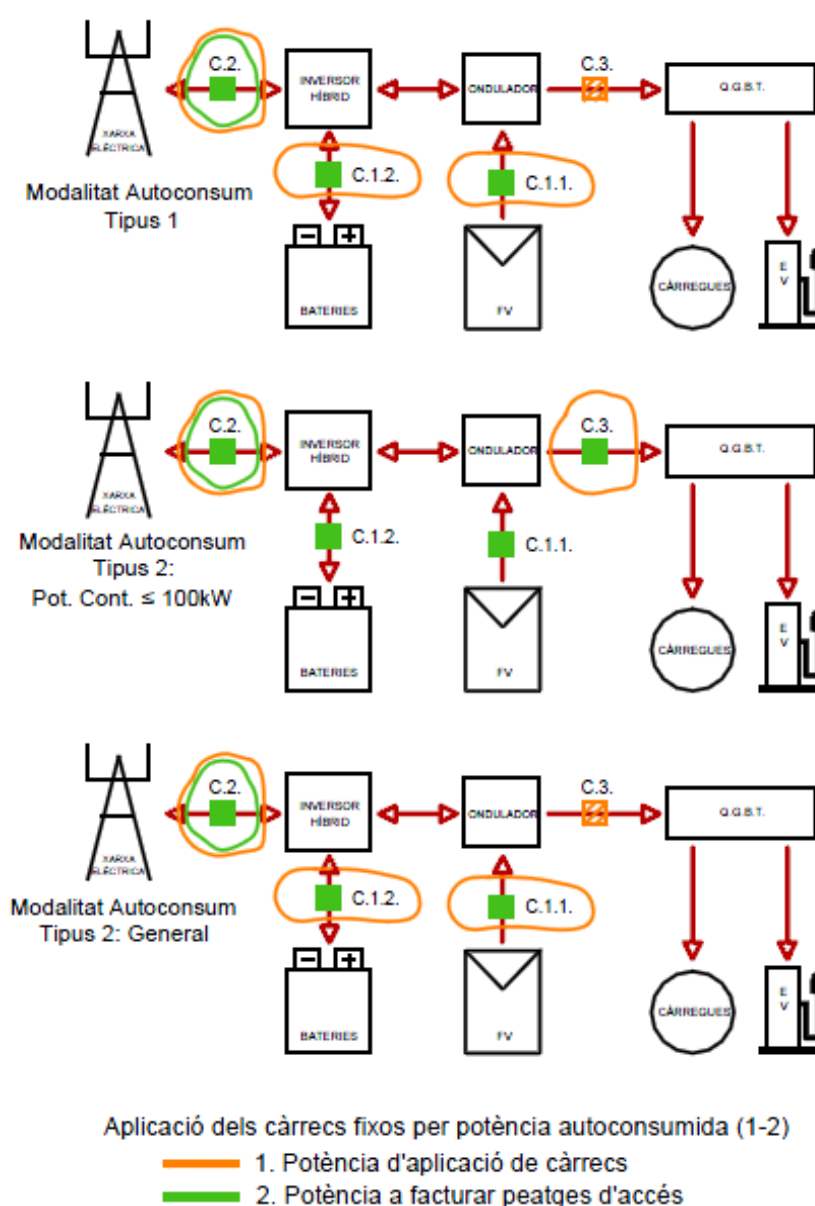


Figura 52. Aplicació dels càrrecs fixos en funció de la potència autoconsumida de les modalitats d'autoconsum tipus 1, 2 amb potència contractada no superior a 100kW i 2 de caràcter general. Font pròpia.

Pel que fa a la facturació del càrrec transitori per energia autoconsumida, s'aplicarà en els diferents valors de l'autoconsum horari de cadascun dels períodes tarifaris, mesurat segons l'Annex I del mateix RD900/2015. Disposant d'equip de mesura instal·lat en el punt frontera, és a dir, en qualsevol de les modalitat d'autoconsum que es pugui englobar la microxarxa plantejada, l'autoconsum horari correspon a la diferència entre l'energia horària neta generada i la venda d'energia a la xarxa elèctrica, tal i com es sintetitza en la figura següent.

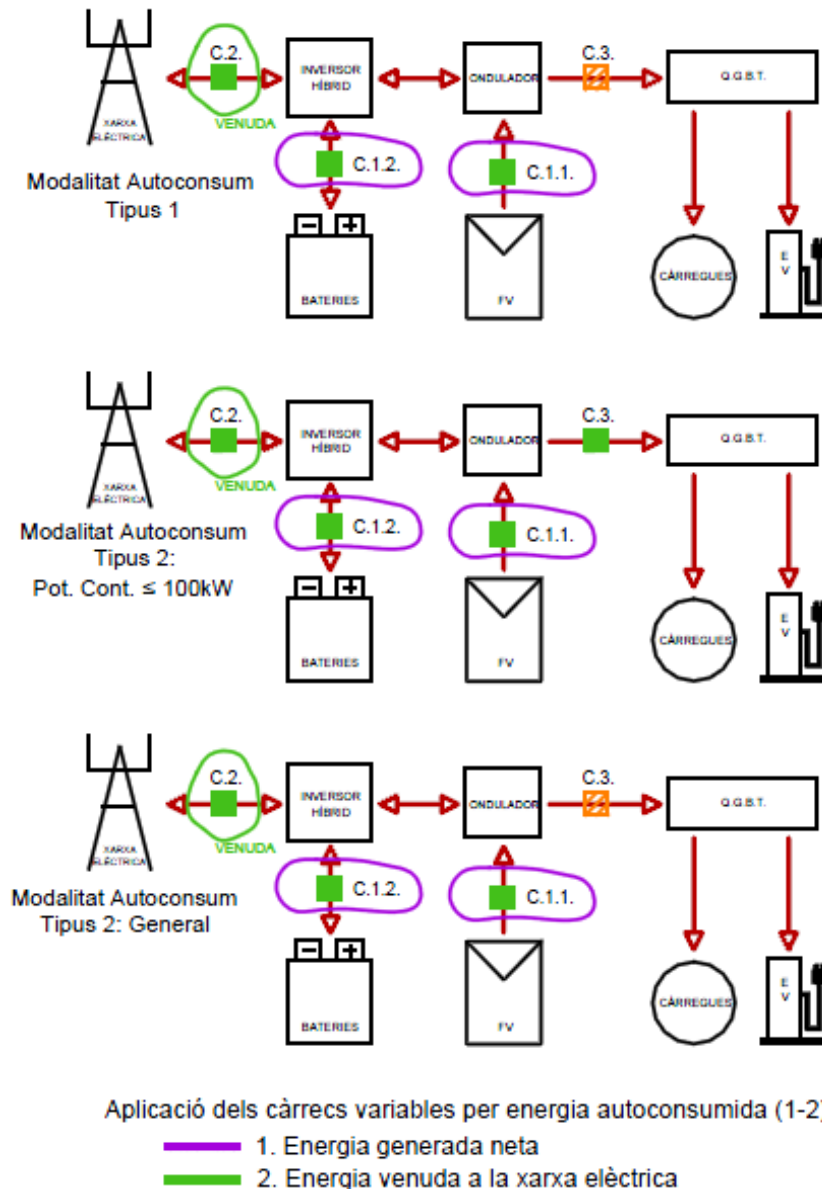


Figura 53. Aplicació dels càrrecs variables per l'energia autoconsumida en les modalitats d'autoconsum tipus 1, 2 amb potència contractada no superior a 100kW i 2 de caràcter general. Font pròpia.

3.4. Marc legislatiu de les activitats de producció d'energia elèctrica

El sistema de gestió energètic òptim plantejat contempla la possibilitat de vendre energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució. Ara bé, com s'ha detallat en la modalitat d'aplicació "2.3. Procés d'abastiment de les necessitats energètiques de la instal·lació juntament amb la venda d'energia a la xarxa elèctrica" del subapartat 3.1.2.4., es tracta d'un cas molt poc probable que succeeixi. Tot i així, seguidament s'analitza el marc legislatiu de les activitats de producció d'energia elèctrica.

En l'article 6 i 7 del Real Decret 413/2014 [22], pel qual es regula l'activitat de producció d'electricitat a partir de fonts d'energia renovables i mitjançant la tecnologia fotovoltaica, es descriuen els drets i les obligacions, en conformitat als també descrits en l'article 26 de l'actual Llei del Sector Elèctric 24/2013 [20]. D'aquesta manera i seguidament, es sintetitzen els principals drets i obligacions que influeixen més directament amb el sistema plantejat.

Drets dels productors d'energia elèctrica:

- Accés i connexió a les xarxes elèctriques de transport i distribució, amb prioritat pels productors d'electricitat procedent de fonts d'energies renovables, com es tracta el cas plantejat.
- Capacitat de percepció de la corresponent retribució econòmica a través del règim retributiu descrit en el següent apartat 3.4.1..

Obligacions dels productors d'energia elèctrica:

- Disposar dels respectius equips de mesura que permetin determinar, en cada període de programació, l'energia alliberada a les xarxes elèctriques de transport i distribució, segons els termes establerts reglamentàriament pel Reglament Unificat de Punts de Mesura del Sistema Elèctric, aprovat pel Real Decret 1110/2007 [13].
- Contractar i abonar els peatges de l'empresa distribuïdora o transportista per subministrar l'energia a les seves xarxes elèctriques.

Per tant, l'activitat de producció d'energia destinada a la venda en les xarxes elèctriques de transport i distribució es bonifica mitjançant el règim retributiu, descrit seguidament. Però també cal fer front a una sèrie de peatges, també detallats en els següents apartats.

3.4.1. Règim retributiu de l'energia alliberada a la xarxa de transport i distribució

Segons l'article 14 de l'actual Llei del Sector Elèctric 23/2014, la retribució per l'activitat de producció d'energia, és a dir, la venda de l'electricitat excedentària a la xarxa elèctrica de transport i distribució, incorpora els següents conceptes:

- Participació en el Mercat Elèctric; mitjançant l'energia elèctrica transmesa a la xarxa elèctrica de transport i distribució, negociada a través de:

- Mercats diaris i intradiaris; retribuïda sobre la base del preu resultant de l'equilibri entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica.
- Mercats de contractació bilateral, físics o a termini; retribuïda sobre la base del preu de les operacions contractades en aquests.

Tenint en consideració que, segons l'article 26 de la Llei 24/2013, l'energia elèctrica procedent d'instal·lacions amb fonts d'energia renovable tindran prioritat de cassació en el mercat d'ofertes econòmiques.

Ara bé, el sistema plantejat es pot acollir en aquest concepte de retribució, estant inscrit en el registre administratiu d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica, com s'esmenta en l'article 21, de la Llei 24/2013.

- Retribució per la participació en els mercats associats als serveis d'ajust del sistema; segons l'article 10 del Real Decret 413/2014 [22] pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energies renovables, cogeneració i residus, a grans trets es requereix:
 - L'habilitació prèvia del operador del sistema.
 - Un valor mínim en les ofertes de 10MW.

Per tant, caldria disposar d'un subsistema de producció d'energia pròpia de dimensions força considerables per acollir-se en aquest concepte retributiu. I per tant, no seria el cas de la microxarxa plantejada.

- Retribució pel mecanisme de capacitat; el qual permet dotar al sistema d'un marge de cobertura adequat incentivant la disponibilitat de potència gestionable. Ara bé, segons l'Ordre ITC/3127/2011 [26], el servei serà d'aplicació únicament a les instal·lacions tèrmiques i hidràuliques de producció d'energia elèctrica.
- Retribució específica per la producció d'energia elèctrica mitjançant fonts d'energia renovables; pot ser addicionalment percebuda a la retribució per la participació en els mercats de producció d'energia elèctrica. Ara bé, segons l'article 12 del Real Decret 413/2014, aquest règim retributiu s'estableix mitjançant procediments de concurrència competitiva, a través d'un real decret que encara no s'ha promulgat. Per tant, actualment, no es contempla la possibilitat de percebre aquest règim retributiu en les noves instal·lacions de producció d'energia elèctrica mitjançant fonts d'energia renovables.

Tanmateix, segons la Disposició Addicional Segona del mateix RD413/2014 i en cas que la instal·lació de producció fos existent, aquesta podria percebre la retribució específica si en l'entrada en vigor del Real Decret-Llei 9/2013 del 12 de juliol [19], fos reconegut el seu règim econòmic primat sota el marc normatiu del Real Decret 1578/2008, del 26 de setembre [14].

Per tant, caldrà analitzar el tamany i el tipus d'instal·lació de producció d'energia elèctrica per conèixer en quin dels conceptes retributius, sintetitzats anteriorment, es pot acollir. Sempre i quant, el sistema de gestió particular del local en concret contempli la possibilitat de vendre energia a la xarxa elèctrica.

3.4.2. Peatge per l'energia alliberada a la xarxa elèctrica

En l'article 9 del RD900/2015 s'especifica que l'energia excedentària alliberada a la xarxa elèctrica de transport i distribució ha de fer front als peatges d'accés establerts en el Real Decret 1544/2011 del 31 d'octubre [16], que actualment ascendeix a un valor de 0,5€/MWh, segons la Disposició Transitòria Única d'aquest mateix real decret.

A més, en el article 4, s'indica que l'equip ubicat en el punt de connexió amb la xarxa de transport i distribució, serà l'encarregat de mesurar i facturar el peatge d'accés de l'alliberament d'energia excedentària a la xarxa elèctrica.

D'aquesta manera, a l'hora de vendre energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució cal tenir present tant la retribució obtinguda i descrita en l'apartat anterior, com els següents costos:

- Directes; del peatge per l'energia alliberada de 0,5€/MWh, descrit en l'anterior paràgraf.
- Indirectes; dels càrrecs fixos en funció de la potència autoconsumida, descrits en els anteriors apartats 3.3.3. i 3.3.4.. Aquests en funció dels fluxos energètics realitzats, en cada instant de temps, assoleixen el determinat percentatge de potència alliberada a la xarxa elèctrica de transport i distribució, restant així la proporció de potència produïda destinada a altres usos.

CAPÍTOL 4: CRITERIS DE DIMENSIONAMENT, OPERACIÓ I GESTIÓ

Partint del propi sistema de gestió energètica òptima i de les modalitats d'operació, descrites en l'anterior capítol, en aquest, es descriuen els criteris de dimensionament, operació i gestió, dels principals elements de la microxarxa, en concordança amb les prioritats bàsiques del sistema plantejat.

Més concretament, els criteris d'anàlisi de les corresponents necessitats energètiques dels locals de pública concurrència, els criteris de dimensionament i operació del subsistema fotovoltaic i d'emmagatzematge i, finalment, la determinació de l'energia perduda en cadascun dels fluxos de potència.

4.1. Criteris d'anàlisi de les necessitats energètiques de la instal·lació

Per satisfer les prioritats bàsiques del sistema de gestió, descrites en l'anterior apartat 3.1.1., tot seguit, es detallen els criteris d'anàlisi dels consums en condicions de funcionament normal de la xarxa elèctrica de transport i distribució i en cas de produir-se un tall en el subministrament.

4.1.1. Consum de la instal·lació en condicions de funcionament normal de la xarxa elèctrica

Les necessitats energètiques del local de pública concurrència d'estudi, en les condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, s'han d'analitzar considerant els consums instantanis paral·lelament amb les condicions tècniques i econòmiques de la modalitat de contracte d'accés a la xarxa aollida. Per tal d'aconseguir reduir la despesa energètica, aplanant la corba de demanda de la instal·lació, mitjançant les diferents estratègies de "Peak-Shaving".

4.1.1.1. Variabilitat de la demanda energètica

Pel que fa als consums instantanis del local d'estudi, cal tenir en consideració la variabilitat de la demanda energètica de la instal·lació en cada instant de temps.

A grans trets i en la majoria dels locals de pública concurrència, aquesta variació es provocada, principalment, pels següents factors:

- Funcionalitats específiques, en relació a les tasques i activitats desenvolupades en el propi local.
- Influències climàtiques concretes de l'emplaçament, tant a nivell d'irregularitats puntuals com en cadascuna de les diferents estacions meteorològiques de l'any.
- Període del dia diürn o nocturn.
- Entre d'altres particularitats a tenir en compte de la pròpia instal·lació.

Els factors anteriors repercuteixen directa i indirectament en la posada en marxa i/o aturada de les corresponents càrregues elèctriques de la instal·lació. Que en el cas dels locals de pública concurrència, principalment es poden dividir en:

- Consums de calefacció i/o refrigeració.
- Consums d'il·luminació.
- Consums específics d'altres dispositius en funció del tipus de local.

Així, en l'esquema següent s'identifica clarament la repercussió dels diferents factors de variabilitat de la demanda energètica sobre les principals càrregues de la instal·lació.

I per tant, caldrà tenir present aquesta variabilitat en el consum energètic del local tant en les diferents franges horàries d'un mateix dia com en els diversos dies que formen els respectius mesos de l'any.

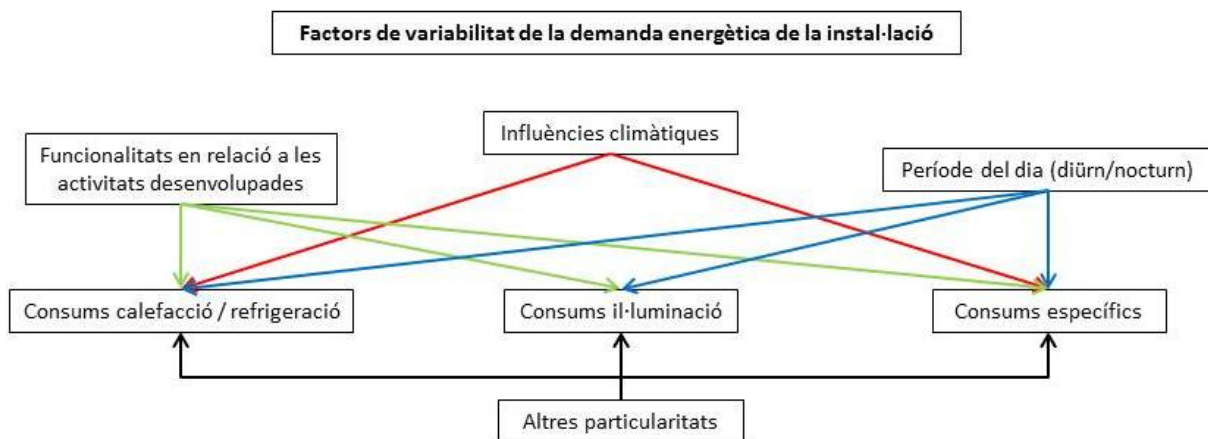


Figura 54. Repercussió de diferents factors de variabilitat de la demanda energètica sobre les principals càrregues elèctriques de la instal·lació. Font pròpia [41].

Un altre factor que provocarà un canvi substancial en la demanda energètica de la instal·lació vindrà produït pel nombre de punts de càrrega de vehicles elèctrics instal·lats i el tipus de recàrrega d'aquests (ultra-ràpida, ràpida, semi-ràpida, lenta...). Ja que es tracta de càrregues elèctriques amb una alta demanda energètica.

Ahora, la simultaneïtat d'utilització d'aquests també provocarà una important variabilitat, de la corba de consum de la instal·lació en el temps. I per tant, esdevé, un factor important, a tenir en consideració pel sistema de gestió, alhora de satisfer la prioritat bàsica d'aplanament de la corba de demanda energètica de la instal·lació.

4.1.1.2. Conceptes tarifaris de les modalitats dels contractes d'accés

Els locals de pública concurrència s'acullen en alguna de les diferents modalitats de contractes d'accés de la xarxa elèctrica de transport i distribució amb les respectives companyies comercialitzadores, descrites legislativament en el Real Decret 1164/2001 [10].

Indiferentment de la modalitat acollida, caldrà analitzar el consum de la instal·lació en els diferents períodes tarifaris, ja que en cadascun d'ells s'estableix:

- El valor límit màxim de la potència que es pot arribar a adquirir a la xarxa, sense penalització econòmica i que coincideix amb la potència contractada del període tarifari en concret.
- L'aplicació d'un determinat cost del terme de facturació de potència, del d'energia activa i del de reactiva, el qual pot arribar a variar notablement en funció del període tarifari.

Conceptes imprescindibles pels criteris de gestió del sistema plantejat.

Tot i que el subjecte de la instal·lació pugui esdevenir gestor de càrregues del sistema, és a dir, rebí l'habilitació per la venda d'energia elèctrica a tercers a través dels punts de càrrega de vehicles elèctrics instal·lats, no es bonificarà de cap descompte en la compra d'electricitat en la xarxa elèctrica ni es podrà acollir a cap tarifa especial.

En aquest cas, segons el Real Decret 647/2011 del 9 de maig el qual regula l'activitat del gestor de cargues del sistema per la realització de serveis de recàrrega energètica [15], únicament contempla una tarifa especial pels subministraments amb tensions no superiors a 1kV i amb una potencia contractada major de 10kW, però menor o igual a 15kW. Límit superior molt per sota al consum habitual dels locals de pública concurrència pel qual es planteja aquest projecte.

4.1.2. Consum de la instal·lació en un tall a la xarxa elèctrica

En cas que es produeixi un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució que alimenta el local, el sistema garanteix l'abastiment energètic dels consums mínims requerits legislativament i de les càrregues crítiques de la instal·lació. Mitjançant i prioritzant l'energia procedent del subsistema fotovoltaic i el d'emmagatzematge d'energia.

En cas necessari, també es podria utilitzar el corresponent grup electrogen, actualment present en la majoria d'aquest tipus de locals. Però s'evitarà el màxim la seva posada en funcionament degut al seu alt poder contaminant.

4.1.2.1. Abastiment energètic dels mínims requerits legislativament

La Instrucció Tècnica Complementària de Baixa Tensió número 28 [11], juntament amb la seva Guia Tècnica d'Aplicació regulen la correcta instal·lació i funcionament dels serveis de seguretat, especialment l'enllumenat d'evacuació segura i l'abastiment energètic dels consums vitals del local, en cas de produir-se un tall en la xarxa elèctrica que alimenta el local.

La mateixa Guia Tècnica d'Aplicació, també recomana l'entrada en funcionament d'aquests dispositius de seguretat, en cas que la tensió normal estigui compresa entre el 80 i el 70% del seu valor nominal. Dispositius de seguretat que es divideixen, principalment, en l'enllumenat d'emergència i el subministrament energètic complementari. Necessaris segons el tipus de local de pública concurrència que es tracti la instal·lació en qüestió.

D'aquesta manera, la Instrucció Tècnica Complementària defineix els criteris de classificació d'un establiment com a local de pública concurrència, mitjançant la taula 6 de la pàgina següent.

Com es pot observar, els diferents locals de pública concurrència es classifiquen segons l'ocupació prevista. Així, en la mateixa instrucció tècnica es preveu una ocupació d'1 persona per cada 0,8m² de superfície útil. Entenent aquest últim concepte, com tota la superfície del local, excloent passadissos, repartidors, serveis, magatzems, oficines privades, zones exclusives de personal, banys, arxius, aparadors, sales de calderes o de màquines i en general tots aquells espais que no estiguin ocupats per públic aliè al local.

Ara bé, la mateixa Instrucció Tècnica Complementària recomana utilitzar els valors de densitat d'ocupació estipulats per cada tipus d'activitat de la NBE-CPI96 [8] i del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) [12], per ajustar millor la previsió d'ocupació en funció de l'activitat desenvolupada al local.

Taula 6. Classificació dels diferents tipus de locals de pública concurrència. Font [12].

Tipus de local		Exemples	Considerat de pública concurrència
1. Espectacles i activitats recreatives		Cinemes, teatres, auditoris, pavellons d'esports, places de toros, hipòdroms, parcs d'atraccions, fires, sales de festa, discoteques, sales de jocs d'atzar.	Sempre
2. Locals de reunió, treball i usos sanitaris	2.1. Locals de reunió	Temples, sales de conferències i congressos, bars, cafeteries, restaurants, museus, casinos, hotels, hostals, zones comunes de centres comercials, aeroports, estacions de viatgers, pàrquings d'ús públic tancats de més de 5 vehicles, geriàtrics, guarderies.	Sempre
		Centres d'ensenyament, biblioteques, establiments comercials, residències d'estudiants, gimnasos, sales d'exposicions, centres culturals, clubs socials i esportius.	Ocupació > 50 persones alienes al local
	2.2. Locals de treball	Oficines amb presència de públic.	Ocupació > 50 persones alienes al local
	2.3. Locals d'ús sanitari	Hospitals , ambulatoris, sanitaris.	Sempre
Consultories mèdiques, clíniques.		Ocupació > 50 persones alienes al local	
3. Segons dificultat d'evacuació de qualsevol local	3.1. BD2 (Baixa densitat d'ocupació, difícil evacuació)	Edificis de gran alçada, soterranis.	Sempre
	3.2. BD3 (Alta densitat d'ocupació, fàcil evacuació)	Locals oberts al públic: grans magatzems	
	3.3. BD4 (Alta densitat d'ocupació, difícil evacuació)	Edificis de gran alçada oberts al públic. Locals en soterranis, oberts al públic.	
4. Altres locals		Qualsevol local no inclòs als altres epígrafs amb una capacitat superior a 100 persones alienes al local.	Sempre
<p>Nota 1: Quan un local pugui estar considerat sota dos epígrafs, un d'ells "sempre obligatori" i l'altre "depenent de la ocupació", es prendrà la condició "sempre obligatori".</p> <p>Nota 2: Quan en un local sigui difícil avaluar el número de persones alienes o la dificultat d'evacuació en cas d'emergència, es considerarà el local de pública concurrència.</p>			

Un cop identificat l'establiment com un determinat tipus de local de pública concurrència, en la taula de la pàgina següent, extreta de la mateixa Guia Tècnica d'Aplicació, s'estableixen els dispositius de seguretat que haurà de disposar el local en qüestió.

Taula 7. Identificació del dispositius de seguretat necessaris, segons el tipus de locals de pública concurrència. Font [12].

Enllumenat d'emergència	Grups de locals	Subministrament d'emergència	Locals específics	Subministrament de reserva
Sempre	Espectacles	Sempre	Estadis i pavellons esportius	Sempre
	Activitats recreatives		---	---
	Reunió	Ocupació major de 300 persones alienes al centre	Estacions - aeroports	Sempre
			Pàrquings subterranis d'ús públic	Més de 100 vehicles
			Comerços i centres comercials	Més de 2000m ² de superfície
	Treball		---	---
Ús sanitari	Hospitals, clíniques, sanitaris i centres de salut		Sempre	

Com s'observa en la taula anterior, el subministrament complementari requerit varia en funció del tipus de local de pública concurrència i, d'aquesta manera, en la mateixa Instrucció Tècnica Complementària, es defineixen els següents:

- Subministrament d'emergència: limitat a una potència receptora al menys del 15% del total contractat en el subministrament normal.
- Subministrament de reserva: limitat a una potència receptora al menys del 25% del total contractat en el subministrament normal.

La mateixa Instrucció Tècnica Complementària indica que en cas de produir-se un tall en la xarxa elèctrica de transport i distribució que alimenta el local, cal garantir aquest percentatge d'abastiment energètic mitjançant una font complementària, durant un temps apropiat i, més concretament:

- Un temps mínim de funcionament d'1h per assegurar l'adequada evacuació del local.
- El necessari per permetre acabar els treballs amb seguretat, amb una duració mínima de 2h en les sales d'intervenció, tractament intensiu, cures i/o urgències.

La mateixa Instrucció Tècnica Complementària ITC-BT-28, esmenta les condicions tècniques de les fonts d'energia complementàries, contemplant la possibilitat que s'utilitzin per altres usos, sempre hi quan es disposi de més d'una font, com es el cas de la microxarxa plantejada.

4.1.2.2. Abastiment energètic de les càrregues crítiques del local

Qualsevol local de pública concurrència disposa d'una sèrie de càrregues crítiques imprescindibles que requereixen l'assegurament del seu abastiment energètic, per motius tècnics, econòmics i/o funcionals, en cas que es produeixi un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica. D'aquesta manera, cal analitzar en deteniment els consums energètics d'aquestes càrregues crítiques, en els següents aspectes:

- Tipus de demanda; en l'establiment poden existir càrregues crítiques amb un determinat consum constant i fix en el temps, un consum que apareix en determinats instants mínimament previsibles i/o un consum en moments totalment impredecibles, tal i com es mostra en la figura següent. Aquest fet, provoca una variació significativa de l'energia necessària per abastir la instal·lació, durant un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica.

Per tant, es dimensionarà la potència a instal·lar en el subsistema fotovoltaic i en el d'emmagatzematge perquè els consums mínims i les càrregues crítiques que es desitgin alimentar, en cap cas, siguin superiors a la capacitat màxima d'aportació dels recursos distribuïts, tal i com s'observa en la figura següent.

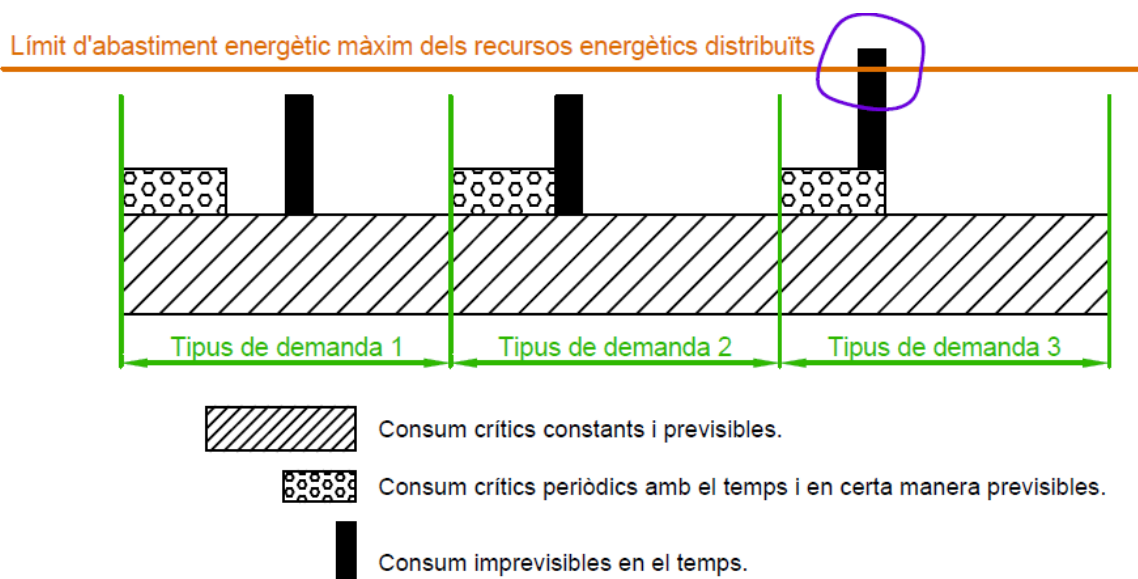


Figura 55. Variació de la corba d'energia requerida per abastir les càrregues crítiques, en funció del tipus de demanda de cadascuna d'elles. Font pròpia [41].

- Duració de l'abastiment energètic; la duració de l'abastiment de les respectives càrregues crítiques de la instal·lació no pot ésser pas infinita.

Per una banda, cal valorar la duració màxima d'aquest abastiment energètic en funció de la probabilitat de duració d'un tall en el subministrament elèctric del local a l'hora de dimensionar els respectius sistemes d'aportació energètica complementària.

Per altra banda, cal classificar les càrregues crítiques en funció del grau de les conseqüències que poden provocar en cas que es deixin d'alimentar. Així, en un tall de duració considerable, el sistema hauria de deixar d'abastir les càrregues amb unes conseqüències menys perjudicials, per seguir alimentant, el màxim de temps possible, únicament aquelles amb unes conseqüències pitjors.

Així a tret d'exemple, en un tall de duració catalogat de normal, segons la figura següent, es garanteix l'abastiment d'aquelles càrregues més imprescindibles, gràcies a l'energia reservada deixant d'alimentar les altres càrregues amb conseqüències menys perjudicials.

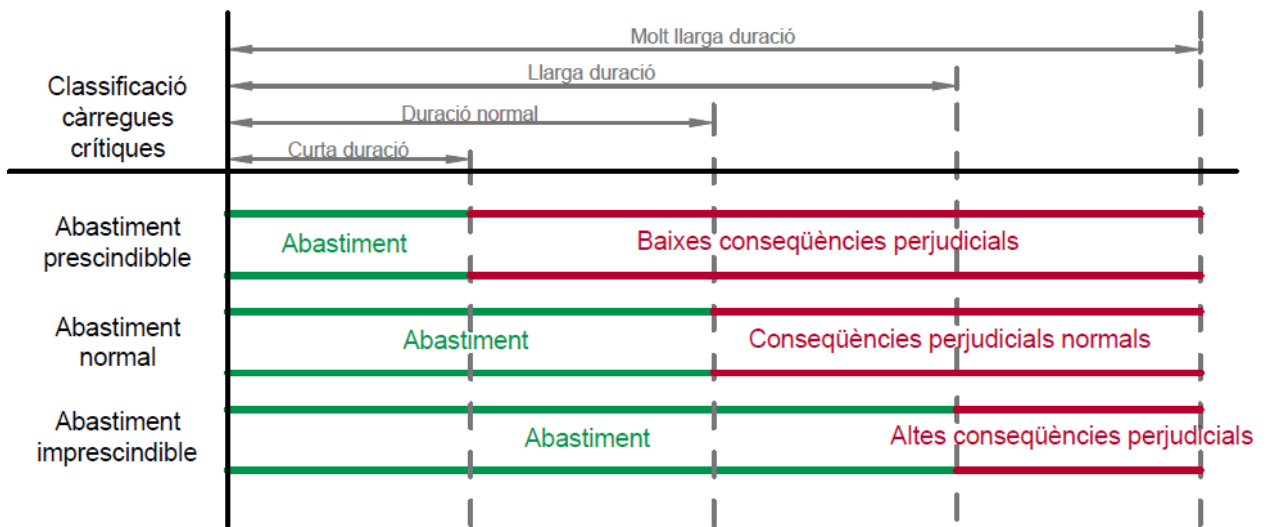


Figura 56. Classificació de les càrregues crítiques i abastiment en funció del grau de conseqüències i perjudicis, en cas que es deixin d'alimentar. Font pròpia [41].

4.2. Criteris pel dimensionament del camp fotovoltaic

4.2.1. Determinació de la potència nominal a instal·lar en el subsistema fotovoltaic

El criteri d'operació del subsistema fotovoltaic consisteix en produir la màxima energia, en tot moment, en funció de la radiació incident i treballant en el punt de màxima potència. D'aquesta manera, l'energia generada s'utilitza directament per abastir, una part percentual de la demanda energètica de la instal·lació.

En aquest apartat, s'especifica el criteri de determinació de la potència nominal a instal·lar en el subsistema fotovoltaic, perquè satisfaci les prioritats bàsiques del sistema de gestió energètic òptim, tenint en compte les següents consideracions. Garantint-les alhora, però sense sumar potències nominals.

- Potència nominal instal·lada lleugerament superior a la demanda energètica de la instal·lació en cas d'un tall en el subministrament elèctric.

Per poder abastir quasi la totalitat dels consums mínims requerits legislativament i de les càrregues crítiques, fins i tot en els mesos de l'any amb menor radiació incident.

Reduint al màxim la dependència del subsistema d'emmagatzematge, com a font d'aportació energètica complementària. Tot i així, en moltes franges horàries nocturnes i/o amb menor radiació incident es requerirà la descàrrega de les bateries.

- Potència nominal instal·lada proporcional a l'aplanament de la corba de demanda energètica del local, desitjada en les hores centrals del dia, en condicions normals de subministrament elèctric.

Per fer front als alts pics de consum de les franges centrals del dia, que acostumen a produir-se en la majoria de locals de pública concurrència, coincidint amb elevats costos dels peatges d'accés per l'energia adquirida en la xarxa elèctrica. Així, la potència nominal instal·lada serà lleugerament superior a la diferència entre el major pic de consum, de les hores centrals d'un dia d'un més amb baixa radiació solar, i el valor de potència contractada.

D'aquesta manera, s'evitarà al màxim la descàrrega del subsistema d'emmagatzematge en les hores centrals del dia. Reservant capacitat energètica pels pics de consum en hores amb nul·la producció fotovoltaica i, també, pel possible "Back-up" en cas d'un tall en el subministrament elèctric.

Per tant, el consum de la instal·lació, tant en condicions de subministrament elèctric normal, com en un tall, esdevé la variable de decisió i anàlisi per determinar la potència nominal a instal·lar en el subsistema fotovoltaic.

4.2.2. Anàlisi de la radiació de l'emplaçament

L'estimació de la radiació solar que poden percebre els panells fotovoltaics depèn de la ubicació del subsistema fotovoltaic i de la inclinació dels seus mòduls. Mitjançant aquests dos factors, es pot tendir a una configuració del camp fotovoltaic que permeti produir energia en concordança amb les necessitats energètiques del sistema de gestió, tal i com es descriu seguidament.

4.2.2.1. Anàlisi de la ubicació del camp fotovoltaic

Cal analitzar les possibilitats i inconvenients de la ubicació dels diferents panells en l'espai que disposi el local de pública concurrència en qüestió, en funció dels següents paràmetres:

- Superfície útil disponible; sent la necessària per instal·lar els panells fotovoltaics requerits, en la configuració establerta i deixant les pertinents separacions entre ells, per evitar que es facin ombra.
- Orientació de l'espai; l'azimut solar dels panells fotovoltaics instal·lats influència, directament, tant amb els valors dels màxims de radiació que s'obtidran, com en els instants de temps en que es produiran.

Es recomana que l'orientació o azimut solar dels panells fotovoltaics tendeixi al sud, per aprofitar al màxim la radiació solar disponible en l'emplaçament en cada instant de temps. Ara bé, tenint en consideració que la producció fotovoltaica abasteix directament les necessitats energètiques de la instal·lació, sense emmagatzemar-se, es determina l'orientació dels panells en relació al sistema de gestió. I així, si es dona el cas, es pot tendir a desplaçar la producció fotovoltaica a les hores no centrals del dia, encara que es desaprofiti part de la radiació de l'emplaçament.

- Inclinació de l'espai; cal analitzar la inclinació que ofereix l'espai destinat a instal·lar el camp fotovoltaic, per comprovar si s'escau amb la descrita en el subapartat següent 4.2.2.2. o si s'ha de dotar d'un sistema de suport dels panells perquè tinguin la inclinació desitjada.

Val a dir que, segons la configuració establerta de mòduls en sèrie i en paral·lel, descrita en el següent apartat 4.2.3., l'elecció de l'orientació dels panells, també, influencia directament amb la superfície necessària per instal·lar-los.

4.2.2.2. Anàlisi de la inclinació òptima dels panells fotovoltaics

Existeixen dos criteris de determinació de la inclinació òptima dels mòduls fotovoltaics, que es descriuen seguidament:

- El criteri del mes crític; el qual optimitza la relació entre el consum de la instal·lació i la radiació obtinguda en els mòduls fotovoltaics, quedant-se amb els valors del mes més desfavorable.
- El criteri de la màxima captació energètica anual; el qual optimitza la relació entre el consum de la instal·lació i la radiació obtinguda en els mòduls fotovoltaics, al llarg de tot l'any.

Tot seguit, es detalla la metodologia per determinar la inclinació òptima dels mòduls fotovoltaics en cadascun dels criteris comentats anteriorment, segons [32]. Així i en primer lloc, s'ha de disposar d'una matriu amb els valors de la radiació solar global de l'emplaçament per cadascuna de les diferents inclinacions. Consegüentment es determina el quocient entre el consum mitjà i els anteriors valors de radiació solar citats, obtenint una matriu del mateix tamany que la inicial. Ara bé, els següents passos per determinar l'angle òptim varien en funció del criteri seguit, tal i com s'especifica a continuació:

- Criteri del mes crític; es parteix d'una matriu amb els quocients entre els consums mitjans mensuals i els valors de la radiació solar de l'emplaçament, per cadascun dels mesos de l'any també. Tot seguit, es realitzen els següents passos:
 - 1. Per cada inclinació, es recopila el màxim quocient, obtenint així el mes crític per cada inclinació estudiada.
 - 2. Dels valors recopilats s'elegeix el menor, maximitzant, així, la captació energètica solar del mes crític i obtenint la corresponent inclinació òptima, d'aquest criteri.
- Criteri de la màxima captació energètica anual; es parteix d'una matriu amb els quocients entre el consum mitjà anual i cadascun dels valors de la radiació solar de l'emplaçament. I així, el menor dels quocients equival a l'angle òptim, per aquest criteri.

Un cop comparats els valors de radiació solar obtinguts, en cadascun dels anteriors criteris, cal analitzar-los en relació al sistema de gestió, per escollir el criteri que satisfaci millor les necessitats energètiques.

4.2.3. Dimensionament del camp fotovoltaic

Pel dimensionament de la configuració del camp fotovoltaic, és a dir, la determinació del nombre de panells a instal·lar en sèrie i en paral·lel, que es descriu en aquest apartat, s'ha seguit la metodologia extreta de [42].

4.2.3.1. Estimació del nombre de mòduls del camp fotovoltaic

En la referència citada [42], el primer pas per dimensionar el camp fotovoltaic consisteix en obtenir una aproximació del número de panells a instal·lar, per generar la potència desitjada. En aquest sentit, apareix el concepte del factor de dimensionament o escalat, que equival a la relació entre la potència nominal del inversor i la nominal pic produïda pel camp fotovoltaic:

$$F_{\text{dim.}} = \frac{P_{\text{Inv.nom.}}}{P_{\text{CFV,nom.}}} \quad (1)$$

On;

$F_{\text{dim.}}$: Factor de dimensionament final de la configuració establerta.

$P_{\text{Inv.nom.}}$: Potència nominal del inversor (kW).

$P_{\text{CFV,nom.}}$: Potència nominal pic del camp fotovoltaic (kW).

El factor de dimensionament òptim depèn principalment de les condicions de radiació solar disponible, de forma que com més s'aproximi als valors estàndards de mesura (*STC*), més proper a la unitat serà. En menor mesura, altres variables com la temperatura ambient i el període d'utilització de l'energia produïda, també condicionen el valor d'aquest factor. Per tant, es convenient realitzar un estudi previ del valor més apropiat, segons les condicions de la instal·lació, perquè l'inversor treballi dins el rang de potències pel qual ha estat optimitzat.

A partir d'aquest petit estudi, es fixa un rang de valors acceptables del factor de dimensionament i es determina el límit màxim i mínim del número de panells a instal·lar en el camp fotovoltaic, mitjançant les següents expressions:

$$N_{PV,m\grave{a}x.} = \frac{P_{Inv.nom.}}{F_{dim.,m\grave{i}n.} \cdot P_{m\grave{o}d.}} \quad (2)$$

$$N_{PV,m\grave{i}n.} = \frac{P_{Inv.nom.}}{F_{dim.,m\grave{a}x.} \cdot P_{m\grave{o}d.}} \quad (3)$$

On;

$N_{PV,m\grave{a}x.}$: Número màxim de panells possibles al camp fotovoltaic.

$F_{dim.,m\grave{i}n.}$: Factor de dimensionament mínim de la instal·lació fotovoltaica.

$P_{m\grave{o}d.}$: Potència nominal d'un mòdul fotovoltaic (kW).

$N_{PV,m\grave{i}n.}$: Número mínim de panells possibles al camp fotovoltaic.

$F_{dim.,m\grave{a}x.}$: Factor de dimensionament mínim de la instal·lació fotovoltaica.

Ara bé, a continuació cal verificar que la potència que pot arribar a produir el camp fotovoltaic, no superi la potència màxima de funcionament del inversor, mitjançant la següent condició:

$$N_{PV,m\grave{a}x.} \cdot P_{m\grave{o}d.} < P_{Inv.,m\grave{a}x.} \leftrightarrow \frac{P_{Inv.nom.}}{F_{dim.,m\grave{i}n.}} < P_{Inv.,m\grave{a}x.} \quad (4)$$

On;

$P_{Inv.,m\grave{a}x.}$: Potència màxima de funcionament del inversor (kW).

En cas que no es compleixi l'anterior condició, es calcula el nou factor de dimensionament mínim de la instal·lació i conseqüentment el nou nombre màxim de panells que pot disposar el camp fotovoltaic, a través de les expressions següents:

$$F'_{dim.,m\grave{i}n.} = \frac{P_{Inv.nom.}}{P_{Inv.,m\grave{a}x.}} \quad (5)$$

$$N'_{PV,m\grave{a}x.} = \frac{P_{Inv.nom.}}{F'_{dim.,m\grave{i}n.} \cdot P_{m\grave{o}d.}} \quad (6)$$

On;

$F'_{dim.,m\grave{i}n.}$: Nou factor de dimensionament mínim de la instal·lació fotovoltaica.

$N'_{PV,m\grave{a}x.}$: Nou número mínim de panells possibles al camp fotovoltaic.

D'aquesta manera, s'obté una estimació del rang de possibles panells a instal·lar en el camp fotovoltaic. Amb un valor mínim, en funció del factor de dimensionament màxim considerat i un valor màxim en funció del factor de dimensionament mínim, establerts per l'estudi previ i per la potència màxima permesa per l'inversor.

4.2.3.2. Dimensionament de la distribució dels panells fotovoltaics

Un cop determinat el rang acceptable de panells a instal·lar, es dimensiona la seva distribució mitjançant el càlcul dels límits de mòduls en sèrie i en paral·lel. Que es poden arribar a connectar perquè el inversor treballi adequadament dins els rangs de tensió i corrent fixats pel fabricant.

Així i segons la referència citada [26], el número màxim de mòduls en sèrie que formen una cadena de panells ve determinat pel límit superior de tensió del inversor, considerant les condicions de temperatura més baixes:

$$N_{PV,màx.sèrie} = \frac{V_{Inv. ,màx.}}{V_{OC (mòd. ,T_{mín.})}} \quad (7)$$

On;

$N_{PV,màx.sèrie}$: Número màxim de mòduls en sèrie.

$V_{Inv. ,màx.}$: Límit superior de tensió del inversor (V).

$V_{OC (mòd. ,T_{mín.})}$: Tensió de circuit obert del mòdul a la temperatura més baixa considerada (V), calculada mitjançant la següent expressió:

$$V_{OC (mòd. ,T_{mín.})} = \left(1 + (T_{mín.} - T_{STC}) \frac{\Delta V}{100}\right) \cdot V_{OC,STC} \quad (8)$$

On;

$T_{mín.}$: Temperatura mínima considerada (°C).

T_{STC} : Temperatura en condicions estàndards (STC), la qual equival a 25°C.

ΔV : Coeficient de correcció de la tensió del mòdul en funció de la temperatura (%/°C).

$V_{OC,STC}$: Tensió de circuit obert del mòdul a la temperatura estàndard (V).

En canvi, el número mínim de mòduls en sèrie d'una cadena s'obté del límit inferior de tensió del inversor, però considerant les condicions de temperatura més elevades:

$$N_{PV,mín.sèrie} = \frac{V_{MPP, (Inv. ,mín)}}{V_{MPP (mòd. ,T_{màx.})}} \quad (9)$$

On;

$N_{PV,mín.sèrie}$: Número mínim de mòduls en sèrie.

$V_{MPP, (Inv. ,mín)}$: Límit inferior de tensió del punt de màxima potència del inversor (V).

$V_{MPP (mòd. ,T_{màx.})}$: Tensió en el punt de màxima potència a la temperatura més alta considerada (V), calculada mitjançant la següent expressió:

$$V_{MPP (m\grave{o}d. ,T_{m\grave{a}x.})} = \left(1 + (T_{m\grave{a}x.} - T_{STC}) \frac{\Delta V}{100}\right) \cdot V_{MPP,STC} \quad (10)$$

On;

$T_{m\grave{a}x.}$: Temperatura màxima considerada ($^{\circ}C$).

T_{STC} : Temperatura en condicions estàndards (STC), la qual equival a $25^{\circ}C$.

ΔV : Coeficient de correcció de la tensió del mòdul en funció de la temperatura ($\%/^{\circ}C$).

$V_{MPP,STC}$: Tensió en el punt de màxima potència a temperatura estàndard (V).

Per altra banda, el número màxim de mòduls en paral·lel, que formaran les diverses cadenes del camp fotovoltaic, ve determinat pel corrent màxima permès en el punt de màxima potència del inversor i pel corrent de curtcircuit:

$$N_{PV,m\grave{a}x, \text{ paral·lel}} = \frac{I_{Inv. ,m\grave{a}x.}}{I_{SC, \text{ cadena}}} \quad (11)$$

On;

$N_{PV,m\grave{a}x, \text{ paral·lel}}$: Número màxim de mòduls en paral·lel.

$I_{Inv. ,m\grave{a}x.}$: Corrent màxima permesa en el punt de màxima potència del inversor (A).

$I_{SC, \text{ cadena}}$: Corrent de curtcircuit d'una cadena (A).

D'aquesta manera, s'obtenen els valors límits del nombre de panells en sèrie i en paral·lel que pot disposar la configuració del camp fotovoltaic, perquè l'inversor treballi adequadament dins els seu rang de tensió i corrent.

4.2.3.3. Selecció i comprovació de la distribució final plantejada

Un cop determinat el rang acceptable de panells a instal·lar i els límits distributius en sèrie i paral·lel, seleccionant un determinat nombre de panells dels respectius intervals possibles, s'obté el nombre total de mòduls fotovoltaics mitjançant l'equació següent. Val a dir que el valor obtingut també ha de pertànyer dins el rang possible de mòduls del camp fotovoltaic.

$$N_{PV,total} = N_{PV,s\grave{e}rie} \cdot N_{PV,paral·lel} \quad (12)$$

On;

$N_{PV,total}$: Nombre total de mòduls del camp fotovoltaic.

$N_{PV,s\grave{e}rie}$: Nombre de mòduls en sèrie que formen cadascuna de les cadenes del camp fotovoltaic.

$N_{PV,paral·lel}$: Nombre de cadenes del camp fotovoltaic.

Amb la pertinent configuració escollida es pot calcular la potència nominal pic del camp fotovoltaic i el factor de dimensionament associat, mitjançant les següents expressions:

$$P_{CFV,nom.} = P_{mòd.} \cdot N_{PV,total} \quad (13)$$

$$F_{dim.} = \frac{P_{Inv,nom.}}{P_{CFV,nom.}} \quad (14)$$

On;

$P_{CFV,nom.}$: Potència nominal pic del camp fotovoltaic (kW).

$P_{mòd.}$: Potència nominal d'un mòdul fotovoltaic (kW).

$F_{dim.}$: Factor de dimensionament final de la configuració establerta.

$P_{Inv,nom.}$: Potència nominal del inversor (kW).

Finalment segons la referència citada [26], cal comprovar que la distribució final plantejada operi dins el rangs de potència, tensió i intensitat admissible pel inversor, mitjançant els criteris següents:

- Comprovació del rang de potència màxima del inversor; consisteix en verificar que el interval de valors de la potència nominal pic que pot prendre el camp fotovoltaic siguin inferiors al valor límit que pot suportar el inversor, mitjançant les següents condicions:

$$P_{CFV,nom.} < P_{Inv.,màx} \quad (15)$$

$$N_{PV,total} \cdot P_{MPP,mín.} < P_{Inv.,màx} \quad (16)$$

$$N_{PV,total} \cdot P_{MPP,màx.} < P_{Inv.,màx} \quad (17)$$

On;

$P_{Inv.,màx}$: Potència màxima de funcionament del inversor (kW).

$P_{MPP,mín.}$: Valor inferior obtingut pel camp fotovoltaic en el seguiment del punt de màxima potència (kW).

$P_{MPP,màx.}$: Valor màxim obtingut pel camp fotovoltaic en el seguiment del punt de màxima potència (kW).

- Comprovació dels valors màxims i mínims de tensió del inversor; consisteix en verificar que els valors de tensió d'operació de les diferents cadenes del camp fotovoltaic no sobrepassin els límits de treball permesos pel inversor, tal i com es reflecteix en les següents condicions:

$$V_{Inv.,mín} < N_{PV,sèrie} \cdot V_{OC(mòd., T)} \quad (18)$$

$$N_{PV,sèrie} \cdot V_{OC(mòd., T)} < V_{Inv.,màx} \quad (19)$$

$$V_{Inv.,mín} < N_{PV,sèrie} \cdot V_{MPP(mòd., T)} \quad (20)$$

$$N_{PV,sèrie} \cdot V_{MPP(mòd., T)} < V_{Inv.,màx} \quad (21)$$

On;

$V_{Inv, \text{mín}}$: Límit inferior de tensió del inversor (V).

$V_{OC(mòd., T)}$: Tensió de circuit obert del mòdul a una concreta temperatura en (V).

$V_{MPP(mòd., T)}$: Tensió en el punt de màxima potència del mòdul a una determinada temperatura (T) en (V).

- Comprovació de la intensitat màxima del inversor; consisteix en verificar que la intensitat màxima de sortida del camp fotovoltaic, és a dir, el sumatori del corrent de curtcircuit de cadascuna de les cadenes de panells, no sobrepassi el límit permès pel inversor, mitjançant la següent condició:

$$N_{PV, \text{paral·lel}} \cdot I_{SC, \text{cadena}} < I_{Inv, \text{màx}} \quad (22)$$

Per tant, en cas que es compleixin totes i cadascuna de les condicions anteriors, la configuració escollida de mòduls fotovoltaics en sèrie i en paral·lel, pot operar correctament dins els límits permesos pel inversor.

4.2.4. Estimació de l'energia produïda

Un cop determinats el nombre total de panells del camp fotovoltaic segons els criteris de dimensionament descrits en l'apartat anterior, en aquest punt, es procedeix a l'estimació de l'energia produïda i a l'avaluació de la davallada del rendiment amb el pas del temps.

4.2.4.1. Estimació de l'energia produïda pel camp fotovoltaic

Per poder estimar la capacitat productiva del camp fotovoltaic, en cadascun dels dies dels pertinents mesos de l'any, cal partir i disposar dels següents paràmetres:

- Radiació solar incident de l'emplaçament en funció de l'orientació i la inclinació establerta en cadascun dels panells fotovoltaics. Dades recomanablement mensuals i mitjanes, per tenir en consideració la variació en el recurs solar mitjà disponible de cadascun dels mesos de l'any, extretes de [50].
- Dades tècniques del model concret de panell fotovoltaic escollit.
- Temperatures mitjanes de l'emplaçament del camp fotovoltaic, també desglossades mensualment, extretes de [50].

D'aquesta manera, es pot estimar l'energia mitjana produïda pel camp fotovoltaic, en les diferents franges horàries d'un dia tipus d'un determinat mes de l'any, mitjançant la següent equació:

$$E_{G \text{ hora, mes}} = \frac{I_{E \text{ hora, mes}}}{I_{STC}} \cdot P_{màx_{STC}} \cdot \left(1 + \left(T_{PV \text{ hora, mes}} - T_{PV_{STC}}\right) \cdot \frac{\alpha}{100}\right) \cdot N_{PV, \text{total}} \quad (23)$$

On;

$E_{G_{hora, mes}}$: Energia generada en una franja horària d'un mes, en (kWh).

$I_{E_{hora, mes}}$: Irradiància de l'emplaçament en una franja horària d'un mes, en (W/m^2).

I_{STC} : Irradiància en condicions de test estàndard (STC), en (W/m^2), prenent $1000W/m^2$.

$P_{màx_{STC}}$: Potència màxima nominal del panell en condicions de test estàndard, en (kW).

$T_{PV_{STC}}$: Temperatura del panell en condicions de test estàndard, en ($^{\circ}C$), prenent $25^{\circ}C$.

α : Coeficient propi del model del panell fotovoltaic que relaciona la potència amb la temperatura, en ($\%/^{\circ}C$).

$N_{PV_{total}}$: Nombre total de mòduls del camp fotovoltaic.

$T_{PV_{hora, mes}}$: Temperatura que pot assolir el panell en una franja horària d'un mes, en ($^{\circ}C$), calculada a través de la següent expressió:

$$T_{PV_{hora, mes}} = T_{Amb. hora, mes} + I_{E_{hora, mes}} \cdot \frac{T_{PV_{NOCT}} - T_{Amb. NOCT}}{I_{NOCT}} \quad (24)$$

On;

$T_{Amb. hora, mes}$: Temperatura ambient de l'emplaçament en una hora d'un mes, en ($^{\circ}C$).

$T_{PV_{NOCT}}$: Temperatura nominal d'operació de la cèl·lula fotovoltaica (NOCT), en ($^{\circ}C$), prenent $20^{\circ}C$.

I_{NOCT} : Irradiància en condicions nominals d'operació de la cèl·lula fotovoltaica (NOCT), en (W/m^2), prenent $800W/m^2$.

$T_{Amb. NOCT}$: Temperatura ambient de l'emplaçament en les condicions d'operació nominals de la cèl·lula fotovoltaica i que pren un valor de $20^{\circ}C$.

4.2.4.2. Pèrdua de rendiment dels panells fotovoltaics

Amb el pas del temps els panells fotovoltaics disminueixen el valor de la potència màxima nominal que poden arribar a generar, principalment a causa dels factors següents:

- L'exposició a la intempèrie, degut a les pertinents inclemències meteorològiques i mediambientals.
- La mateixa radiació incident, principalment degut al component d'ultraviolada.
- Falta del corresponent manteniment.

Aquesta disminució en la capacitat productiva màxima nominal, es tradueix en una davallada progressiva del rendiment de la instal·lació amb el pas del temps, coneguda com el factor de degradació dels mòduls fotovoltaics. El valor d'aquest factor es difícil de quantificar cautelosament, però la majoria de fabricants n'ofereixen una estimació a nivell de garantia. Per tant, es considera oportú prendre el valor del factor de degradació màxim garantit pel fabricant, a l'hora d'estimar la pèrdua de rendiment dels panells fotovoltaics.

D'aquesta manera, es pot estimar en detall la producció del subsistema fotovoltaic i així coordinar els pertinents fluxos d'energia del sistema de gestió.

4.3. Criteris pel dimensionament del sistema d'emmagatzematge

4.3.1. *Determinació de la capacitat energètica del subsistema d'emmagatzematge a instal·lar*

En aquest apartat s'especifica el criteri de determinació de la capacitat energètica a instal·lar en el subsistema d'emmagatzematge, perquè satisfaci les prioritats bàsiques del sistema de gestió energètic òptim, tenint en compte les següents consideracions. Garantint-les alhora, però sense sumar capacitats energètiques.

- Capacitat energètica suficient per garantir l'abastiment de la demanda fragmentada de la instal·lació, en cas d'un tall en el subministrament elèctric, durant les hores centrals del dia.

És a dir, per l'abastiment dels consums mínims requerits legislativament i les càrregues crítiques, de la forma escalonada descrita en l'anterior subapartat 4.1.2.2.. Durant totes les hores d'activitat en que l'establiment obri al públic aliè.

La major contribució energètica, per fer front al consum crític de la instal·lació, procedeix de la producció fotovoltaica. Per aquest motiu, es determinarà la capacitat energètica requerida en el subsistema d'emmagatzematge, com la diferència entre la previsió del consum de la instal·lació en un tall i la producció fotovoltaica prevista en els pitjors mesos.

- Capacitat energètica proporcional a l'aplanament de la corba de demanda energètica del local, desitjada en les últimes hores del dia, en condicions normals de subministrament elèctric.

Per fer front als alts pics de consum de les últimes hores del dia, que acostumen a produir-se en la majoria de locals de pública concurrència, coincidint amb elevats costos dels peatges d'accés per l'energia adquirida en la xarxa elèctrica. I en aquest cas, amb nul·la aportació energètica del camp fotovoltaic.

Per tant, la capacitat energètica del subsistema d'emmagatzematge haurà de ser lleugerament superior a l'àrea compresa entre la corba de demanda energètica de la instal·lació i la potencia contractada, en les últimes hores del dia. Per evitar que el sistema de gestió adquireixi energia a la xarxa elèctrica de transport i distribució per damunt del llindar de potència contractada.

Seguint els criteris de determinació de la potencia nominal a instal·lar en el camp fotovoltaic, descrits en l'apartat 4.2.1., el consum de la instal·lació també esdevé la variable de decisió i anàlisi per determinar la capacitat energètica del subsistema d'emmagatzematge.

4.3.2. Dimensionament del subsistema d'emmagatzematge

El primer pas per dimensionar el subsistema d'emmagatzematge consisteix en obtenir una aproximació del nombre de bateries a instal·lar, per satisfer les necessitats energètiques de la instal·lació, en funció dels rangs d'operació permessos per l'inversor híbrid escollit.

Tot seguit, es descriu la metodologia d'estimació del nombre de bateries i els criteris de comprovació de la configuració establerta, per l'adequada operació segons les limitacions tècniques del inversor.

4.3.2.1. Estimació del nombre de bateries del subsistema, segons el rang de tensió permès per l'inversor

El nombre de bateries en sèrie del subsistema d'emmagatzematge es condicionat pel rang de tensió d'operació permès en l'inversor híbrid. D'aquesta manera, es desenvolupa una primera estimació del nombre màxim i mínim de bateries en sèrie, mitjançant la relació entre els valors límits de tensió d'operació del inversor i la tensió nominal d'una bateria, tal i com s'observa en les següents expressions:

$$N_{\text{BAT. sèrie màx.}} = \frac{V_{\text{INV. BAT. màx.}}}{V_{\text{BAT. nom.}}} \quad (25)$$

$$N_{\text{BAT. sèrie mín.}} = \frac{V_{\text{INV. BAT. mín.}}}{V_{\text{BAT. nom.}}} \quad (26)$$

On;

$N_{\text{BAT. sèrie màx.}}$: Número màxim possible de bateries del sistema d'emmagatzematge en sèrie.

$V_{\text{INV. BAT. màx.}}$: Límit superior de tensió del inversor híbrid(V).

$V_{\text{BAT. nom.}}$: Tensió nominal d'una bateria (V).

$N_{\text{BAT. sèrie mín.}}$: Número mínim possible de bateries del sistema d'emmagatzematge en sèrie.

$V_{\text{INV. BAT. mín.}}$: Límit inferior de tensió del inversor híbrid (V).

Tot seguit, es desenvolupa una estimació més concreta del nombre màxim i mínim de bateries en sèrie, segons els règims de càrrega i descàrrega previstos en el sistema. Mitjançant la relació entre les tensions suportades per l'inversor híbrid i les assumides per cadascuna de les cèl·lules que formen les bateries en els respectius processos de càrrega o descàrrega, tal i com s'expressa a continuació:

$$N_{\text{BAT. serie DESC. màx.}} = \frac{V_{\text{INV. BAT. màx.}}}{N_{\text{BAT. Cel.}} \cdot V_{\text{BAT. DESC. Cel. mín.}}} \quad (27)$$

$$N_{\text{BAT. serie DESC. mín.}} = \frac{V_{\text{INV. BAT. mín.}}}{N_{\text{BAT. Cel.}} \cdot V_{\text{BAT. DESC. Cel. màx.}}} \quad (28)$$

On;

$N_{\text{BAT. sèrie DESC. màx.}}$: Número màxim de bateries en sèrie segons el règim de descàrrega.

$N_{\text{BAT. Cel.}}$: Número de cèl·lules d'una bateria.

$V_{\text{BAT. DESC. Cel. mín.}}$: Tensió de descàrrega mínima segons els règims contemplats.

$N_{\text{BAT. sèrie DESC. mín.}}$: Número mínim possible de bateries en sèrie del sistema segons el règim de descàrrega.

$V_{\text{BAT. DESC. Cel. màx.}}$: Tensió de descàrrega màxima segons els règims contemplats.

Finalment, s'acota més acuradament el número límit màxim i mínim de bateries possibles instal·lades en sèrie, a través dels respectius valors obtinguts, de la següent manera:

- Límit màxim possible de bateries instal·lades en sèrie: escollint el menor valor dels màxims calculats en els tres casos anteriors.
- Límit mínim possible de bateries instal·lades en sèrie: escollint, en aquest cas, el major valor dels mínims calculats en els tres casos anteriors.

4.3.2.2. *Estimació del nombre de bateries del subsistema, segons el rang de capacitat de descàrrega permès per l'inversor*

Per altra banda, el nombre de cadenes de bateries en paral·lel del sistema d'emmagatzematge, es condicionat pel rang de capacitat de descàrrega permès per l'inversor híbrid. Així, es pot desenvolupar una estimació del nombre màxim i mínim de bateries, que es poden instal·lar en paral·lel. Mitjançant la relació entre les capacitats de descàrrega permeses per l'inversor i els límits en la capacitat de descàrrega de cadascuna de les bateries, tal i com s'expressa matemàticament en les següents expressions:

$$N_{\text{BAT. paral·lel màx.}} = \frac{C_{\text{INV. BAT. màx.}}}{C_{\text{BAT. mín.}}} \quad (29)$$

$$N_{\text{BAT. paral·lel mín.}} = \frac{C_{\text{INV. BAT. mín.}}}{C_{\text{BAT. màx.}}} \quad (30)$$

On;

$N_{\text{BAT. paral·lel màx.}}$: Número màxim possible de bateries en paral·lel del sistema.

$C_{\text{INV. BAT. màx.}}$: Capacitat màxima de descàrrega permesa per l'inversor híbrid (Ah).

$C_{\text{BAT. mín.}}$: Capacitat mínima de descàrrega d'una bateria (Ah).

$N_{\text{BAT. paral·lel mín.}}$: Número mínim possible de bateries en paral·lel del sistema.

$C_{\text{INV. BAT. mín.}}$: Capacitat màxima de descàrrega permesa per l'inversor híbrid (Ah).

$C_{\text{BAT. màx.}}$: Capacitat màxima de descàrrega d'una bateria (Ah).

D'aquesta manera, s'obté el valor del nombre de fileres de bateries que es poden connectar en paral·lel, dins els límits de treball adequats pel inversor híbrid escollit.

4.3.2.3. Selecció i comprovació de la distribució final plantejada

Un cop determinat els rangs acceptables de bateries instal·lades en sèrie i en paral·lel, segons els límits d'operació del inversor híbrid, seleccionant un determinat nombre en sèrie i en paral·lel, dels respectius intervals possibles, s'obté el nombre total de bateries del subsistema d'emmagatzematge:

$$N_{\text{BAT total}} = N_{\text{BAT sèrie}} \cdot N_{\text{BAT paral·lel}} \quad (31)$$

On;

$N_{\text{BAT total}}$: Nombre total de bateries del sistema d'emmagatzematge.

$N_{\text{BAT sèrie}}$: Nombre total de bateries connectades en sèrie.

$N_{\text{BAT paral·lel}}$: Nombre total de cadenes de bateries.

Ara bé, cal comprovar que la distribució final plantejada del subsistema d'emmagatzematge operi dins els rangs de tensió, capacitat de descàrrega i intensitat de càrrega, admissibles per l'inversor, mitjançant els criteris següents:

- Comprovació dels valors màxims i mínims de tensió del inversor; consisteix en verificar que els diferents valors de tensió que poden prendre les cadenes del subsistema, no sobrepassin els límits de treball permesos per l'inversor, en cap dels diferents règims d'operació. Així, s'utilitzen les condicions següents per validar el nombre de bateries en sèrie.

$$V_{\text{INV. BAT. mín.}} < N_{\text{BAT sèrie}} \cdot V_{\text{BAT. nom.}} \quad (32)$$

$$N_{\text{BAT sèrie}} \cdot V_{\text{BAT. nom.}} < V_{\text{INV. BAT. màx.}} \quad (33)$$

Més particularment, pel que fa al règim de càrrega:

$$V_{\text{INV. BAT. mín.}} < N_{\text{BAT sèrie}} \cdot N_{\text{BAT. Cel.}} \cdot V_{\text{BAT_CÀR_Cel règim lent}} \quad (34)$$

$$N_{\text{BAT sèrie}} \cdot N_{\text{BAT. Cel.}} \cdot V_{\text{BAT_CÀR_Cel règim ràpid}} < V_{\text{INV. BAT. màx.}} \quad (35)$$

On;

$V_{\text{BAT_CÀR_Cel règim lent}}$: Valor de tensió requerit per cadascuna de les cèl·lules que formen una bateria segons el règim de descàrrega lent detallat en el següent subapartat 4.3.3.1. , en (V).

$V_{\text{BAT_CÀR_Cel règim ràpid}}$: Valor de tensió requerit per cadascuna de les cèl·lules que formen una bateria segons el règim de descàrrega ràpid detallat en el següent subapartat 4.3.3.1. , en (V).

I, finalment pel que fa al règim de descàrrega:

$$V_{\text{INV. BAT. mín.}} < N_{\text{BAT sèrie}} \cdot N_{\text{BAT. Cel.}} \cdot V_{\text{BAT. DESC. Cel. mín.}} \quad (36)$$

$$N_{\text{BAT sèrie}} \cdot N_{\text{BAT. Cel.}} \cdot V_{\text{BAT. DESC. Cel. màx.}} < V_{\text{INV. BAT. màx.}} \quad (37)$$

On;

$V_{BAT. DESC. Cel. mín.}$: Rang de tensió mínim d'una cèl·lula de la bateria en el procés de descàrrega més ràpid contemplat, tal i com es descriu en el següent subapartat 4.3.3.2..

$V_{BAT. DESC. Cel. màx.}$: Rang de tensió màxima d'una cèl·lula de la bateria en el procés de descàrrega més lent contemplat, tal i com es descriu en el següent subapartat 4.3.3.2..

- Comprovació del valor màxim d'intensitat de càrrega del inversor; consisteix en verificar que els valors de tensió i intensitat requerits per les bateries, en els corresponents processos de càrrega, descrits en el següent apartat, estiguin compresos entre els intervals de treball possibles pel inversor híbrid.

$$I_{INV. BAT. CÀR.màx.} > X_{règim ràpid} \cdot I_{BAT. DESC. C10} \quad (38)$$

On;

$I_{INV. BAT. CÀR.màx.}$: Intensitat màxima de càrrega del subsistema d'emmagatzematge suportada per l'inversor híbrid, en (A).

$X_{règim}$: Valor del coeficient d'intensitat, variant segons la duració del règim de càrrega escollit, tal i com s'observa també en les figures número 52 i 53, del següent subapartat 4.3.3.1..

$I_{BAT. DESC. C10}$: Valor de la intensitat de descàrrega amb una capacitat de 10h, en (A).

- Comprovació dels valors màxims i mínims de capacitat de descàrrega del inversor; consisteix en verificar que el sumatori dels diferents valors de capacitat energètica que pot prendre cadascuna de les cadenes del subsistema, segons la respectiva modalitat de descàrrega, no sobrepassi els límits de treball permesos pel inversor. Així, s'utilitzen les següents dos condicions per validar el nombre de bateries en paral·lel:

$$C_{INV. BAT. mín.} < N_{BAT \text{ paral·lel}} \cdot C_{BAT. mín.cont.} \quad (39)$$

$$N_{BAT \text{ paral·lel}} \cdot C_{BAT. màx.cont.} < C_{INV. BAT. màx.} \quad (40)$$

On;

$C_{BAT. mín.cont.}$: Capacitat de descàrrega mínim contemplada en el sistema de gestió energètic per l'operació del subsistema d'emmagatzematge, en (Ah).

$C_{BAT. màx.cont.}$: Capacitat de descàrrega màxima contemplada en el sistema de gestió energètic per l'operació del subsistema d'emmagatzematge, en (Ah).

D'aquesta manera, la configuració escollida seleccionant un determinat nombre de bateries en sèrie i en paral·lel, podrà operar correctament dins els límits permesos pel inversor, en cas que es compleixin totes i cadascuna de les condicions anteriors.

4.3.3. Criteris del règim de càrrega i descàrrega de les bateries

4.3.3.1. Règims de càrrega

En la microxarxa plantejada, el sistema de gestió ha de coordinar adequadament els fluxos de potència destinats a la càrrega del subsistema d'emmagatzematge, en les condicions i especificacions que requereixen les bateries de plom àcid seleccionades. D'aquesta manera, el sistema de gestió contempla la metodologia de càrrega de "corrent constant – tensió constant", recomanada tant per [7] com pel propi catàleg del fabricant de les bateries escollides [34], ja que es el règim de càrrega menys agressiu. I així, es garanteix aquesta metodologia de càrrega, mitjançant el control dels fluxos de potència a través del inversor híbrid escollit, que contempla aquesta opció tal i com es justifica en el seu catàleg [38].

Segons [4], la metodologia de càrrega a corrent i tensió constants es divideix en tres règims diferenciats i escalats, tal i com es pot observar en la següent figura i es sintetitza seguidament:

- Procés de càrrega a corrent constant; consisteix en subministrar corrent constant a les bateries incrementant de forma progressiva la tensió de cadascuna de les seves cèl·lules, fins que s'arriba a un estat de càrrega al voltant del 80%.
- Procés de càrrega a tensió constant; en aquest altre cas, consisteix en subministrar una tensió constant a les cèl·lules de la bateria disminuint de forma progressiva la corrent, fins que s'arriba a un estat de càrrega molt pròxim al 100%.
- Procés de càrrega de flotació; evita l'autodescàrrega de les bateries, mentre no es desenvolupi cap règim de descàrrega. Subministrant una tensió constant d'un determinat valor, indicada per cada fabricant.

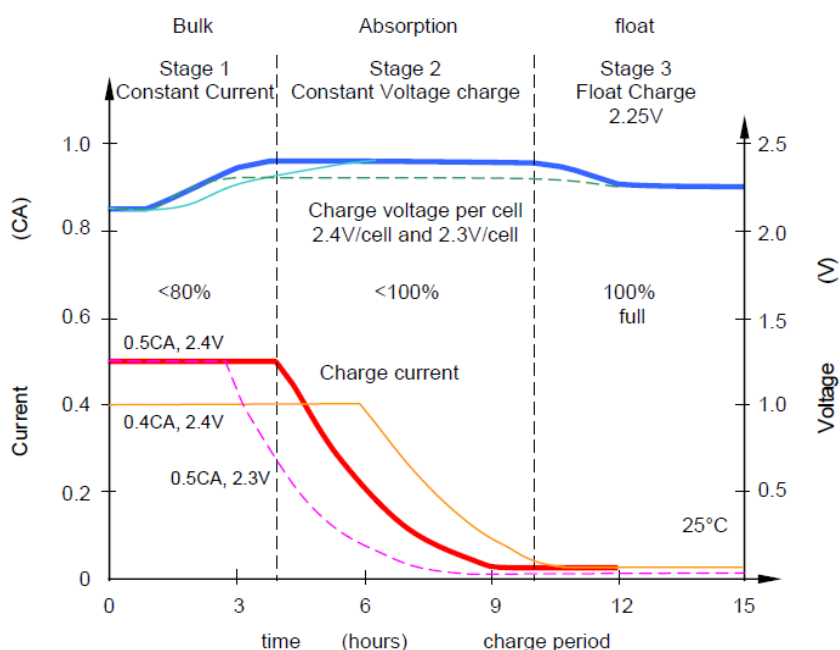


Figura 57. Processos del règim de càrrega a corrent i tensió constant d'una bateria plom àcid. Font [7].

D'aquesta manera, la duració dels dos primers processos de càrrega depèn directament del valor d'intensitat i tensió subministrat en cadascuna de les bateries. Ara bé, en el còmput del total de bateries del subsistema, aquests valors, estan condicionats pels límits de tensió i corrent d'operació del inversor híbrid, tal i com s'ha descrit en l'anterior subapartat 4.3.2.3..

Per aquest motiu, el sistema de gestió contempla dues modalitats diferents en relació a la duració del règim de càrrega:

- Règim de càrrega ràpid; subministrant electricitat a cadascuna de les bateries amb uns valors d'intensitat i tensió més elevats per, així, reduir la duració del procés.

D'aquesta manera, s'escullen les condicions d'intensitat i tensió del règim de càrrega més ràpid, entre les possibilitats que ofereix el model comercial de bateria instal·lada i que encaixin adequadament amb les limitacions tècniques del inversor híbrid. Així, en la figura de la pàgina següent, s'evidencia la duració del règim de càrrega, en funció de l'estat de càrrega inicial en què es trobaven al iniciar el procés.

Aquest règim de càrrega s'aplica en funció de les variables de decisió, descrites en l'anterior subapartat 3.1.2.3.. I val a dir, que s'aplica en la gran majoria d'instants de temps en què el sistema de gestió requereix la càrrega del subsistema d'emmagatzematge.

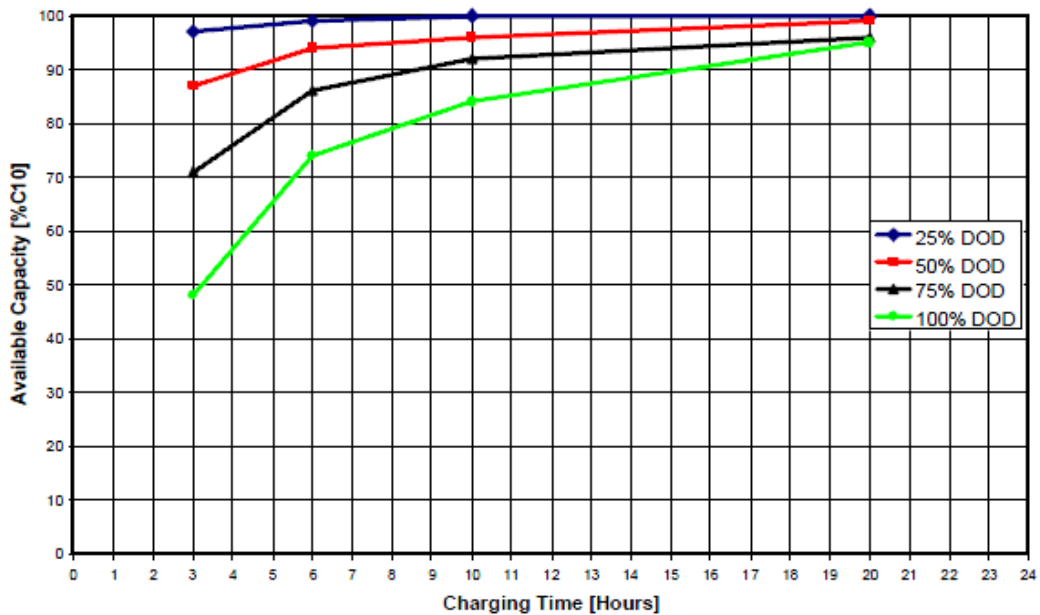


Fig. 29: Re-charging at 2.30 Vpc and $2 * I_{10}$

Figura 58. Règim de càrrega ràpida de les bateries instal·lades. Font [34].

- Règim de càrrega lent; en aquest altre cas, es subministra electricitat a cadascuna de les bateries amb uns valors d'intensitat i tensió inferiors, però també dins els límits permesos per l'inversor híbrid. D'aquesta manera, en la figura següent s'evidencia els valors inferiors d'intensitat i tensió escollits i, conseqüentment, el increment de la duració del règim de càrrega, en comparació amb el cas anterior.

L'aplicació d'aquest règim de càrrega lent, també ve determinat per les variables de decisió, descrites en l'anterior subapartat 3.1.2.3..

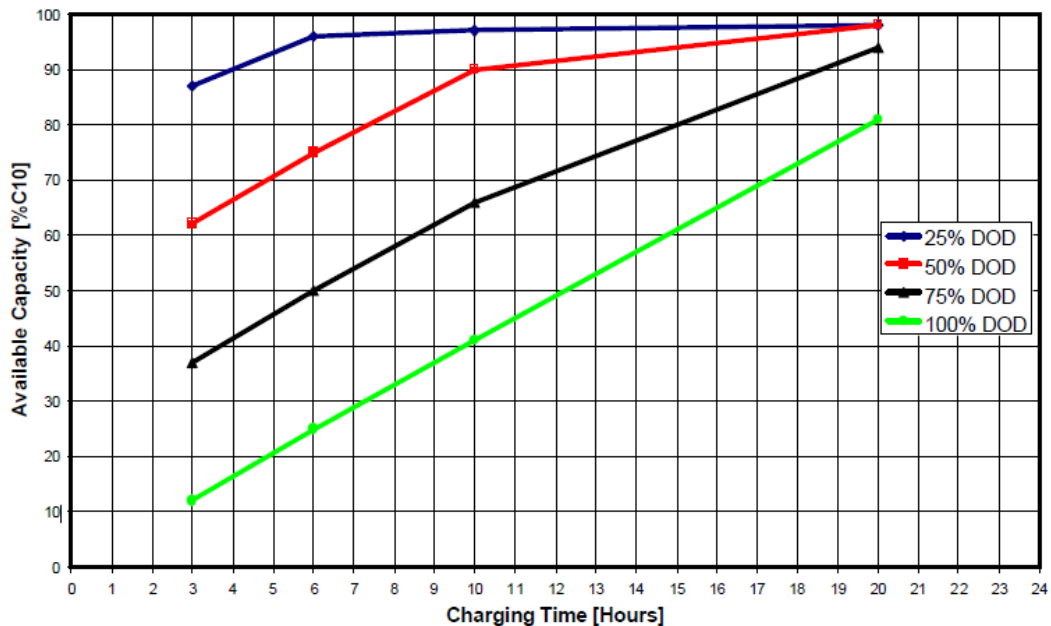


Fig. 26: Re-charging at 2.30 Vpc and $0.5 * I_{10}$

Figura 59. Règim de càrrega lenta de les bateries instal·lades. Font [34].

4.3.3.2. Règims de descàrrega

El sistema de gestió i, més concretament, l'inversor híbrid, també s'encarrega de coordinar adequadament la descàrrega del subsistema en les condicions energètiques i especificacions tècniques requerides per les bateries.

Des d'una perspectiva més tècnica, segons [7], les bateries de plom àcid es caracteritzen per desenvolupar un procés de descàrrega a intensitat constant, juntament amb una petita davallada progressiva del valor de tensió en les respectives cèl·lules de cada bateria. Així, les cèl·lules passen del valor de tensió màxim, en l'estat de flotació, al valor mínim, quan es consideren pràcticament descarregades. Procés que varia notablement amb el temps, és a dir, segons la intensitat en que treballi el règim de descàrrega, tal i com s'evidencia en la figura següent.

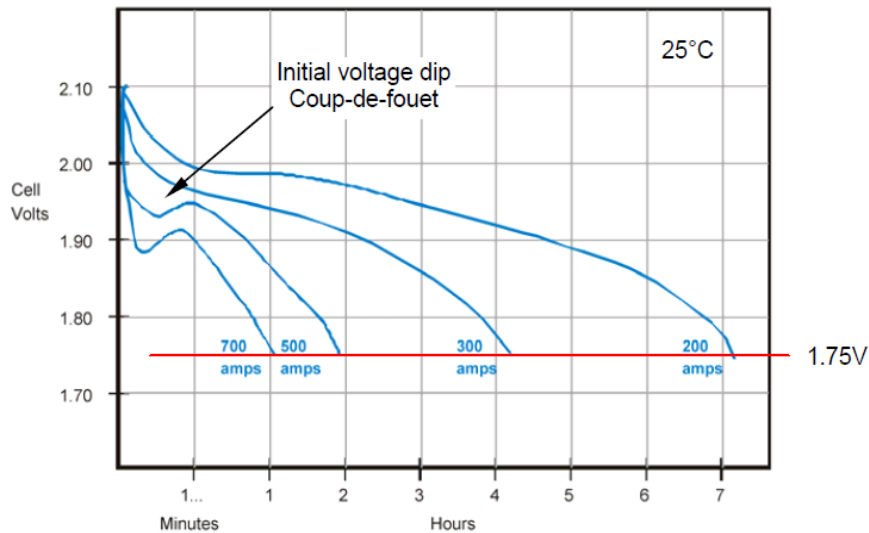


Figura 60. Davallada de la tensió d'una cèl·lula en les bateries de plom àcid, en funció del règim de descàrrega utilitzat. Font [7].

La intensitat constant de descàrrega varia en funció de la capacitat energètica de la bateria, en un determinat temps de descàrrega i, del valor final de tensió assolit per cada cèl·lula, tal i com s'observa en la figura de la pàgina següent.

A tret d'exemple, en un règim de descàrrega d'una hora de duració, s'obté una intensitat de descàrrega de 70A, amb un nivell de tensió a les cèl·lules que disminueix d'1,89V a 1,75V. Ara bé, en un hora també de duració del règim de descàrrega, però assolint un nivell de tensió final de 1,80V, ja només s'obté una intensitat de descàrrega al voltant dels 60A.

Per tant, l'inversor híbrid ha de ser capaç de regular tots i cadascun dels paràmetres comentats i recollits en la figura de la pàgina següent, en funció de la descàrrega que sol·liciti el sistema de gestió. I així, es comprova que l'inversor híbrid escollit permet regular adequadament aquests paràmetres, tal i com es pot observar en la seva fitxa tècnica [38].

Per altra banda, remarcar que el dimensionament del nombre de bateries en sèrie del subsistema, té en consideració aquesta variació en els nivells de tensió de cadascuna de les cèl·lules de les bateries instal·lades, perquè figurin dins dels rangs de tensió permesos per l'inversor híbrid.

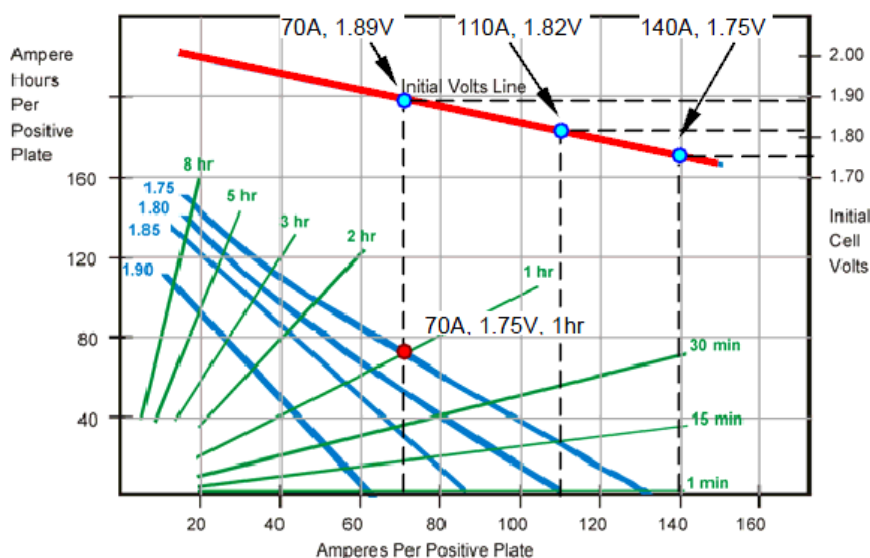


Figura 61. Processos del règim de descàrrega a corrent i tensió constant, d'una bateria plom àcid. Font [7].

La capacitat de descàrrega varia, significativament, segons la duració del règim, entre els diferents models de bateries plom àcid del mercat. Tot seguit, en la figura següent, es mostren les capacitats dels règim de descàrrega possibles per la bateria escollida, model "SOLAR BLOCK SB12/185".

8.2 Sonnenschein SOLAR BLOCK					
Tiempo de descarga	1 h	5 h	10 h	20 h	100 h
Capacidad	C_1 [Ah]	C_5 [Ah]	C_{10} [Ah]	C_{20} [Ah]	C_{100} [Ah]
SB 12 / 60	34,0	45,0	52,0	56,0	60,0
SB 12 / 75	48,0	60,0	66,0	70,0	75,0
SB 12 / 100	57,0	84,0	89,0	90,0	100
SB 12 / 130	78,0	101	105	116	130
SB 12 / 185	103	150	155	165	185
SB 06 / 200	104	153	162	180	200
SB 06 / 330	150	235	260	280	330
U_s (celda)	1,7 V/celda	1,7 V/celda	1,7 V/celda	1,75 V/celda	1,80 V/celda

Figura 62. Capacitats de descàrrega de les bateries recomanades per la instal·lació "SOLAR BLOCK SB12/185". Font [34].

Tot i que en la figura anterior únicament es mostren cinc règims de descàrrega, el sistema de gestió contempla la possibilitat d'operar en d'altres règims de descàrrega, segons les necessitats energètiques requerides en l'abastiment dels consums de la instal·lació. D'aquesta manera, s'interpola linealment entre els valors anteriors, en funció de les necessitats energètiques requerides.

Per altra banda, la duració del règim de descàrrega i, sobretot, la seva profunditat, influencien proporcionalment en la vida útil d'aquest tipus de bateries. D'aquesta manera i segons [7], el nombre de cicles de càrrega/descàrrega d'una bateria de plom àcid depèn, principalment, de la duració del règim i de la profunditat de descàrrega. Així en la figura següent, s'observa com en profunditats de descàrrega baixes i règims de lenta duració, s'incrementa, notablement, el nombre de cicles de càrrega/descàrrega possibles.

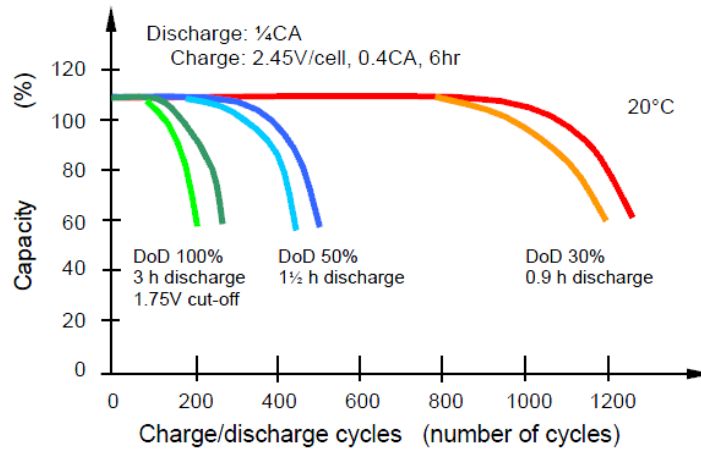


Figura 63. Variació dels cicles de càrrega/descàrrega estimats, en una bateria plom àcid, en funció de la profunditat de descàrrega i la duració del règim. Font [7].

Ara bé, aquesta variació dels cicles de càrrega/descàrrega possibles segons les condicions descrites anteriorment, també varia notablement entre les diferents marques existents. D'aquesta manera, en la figura següent s'observa el nombre de cicles de càrrega/descàrrega suportats, en les bateries recomanades, segons la profunditat de descàrrega del seus règims d'operació.

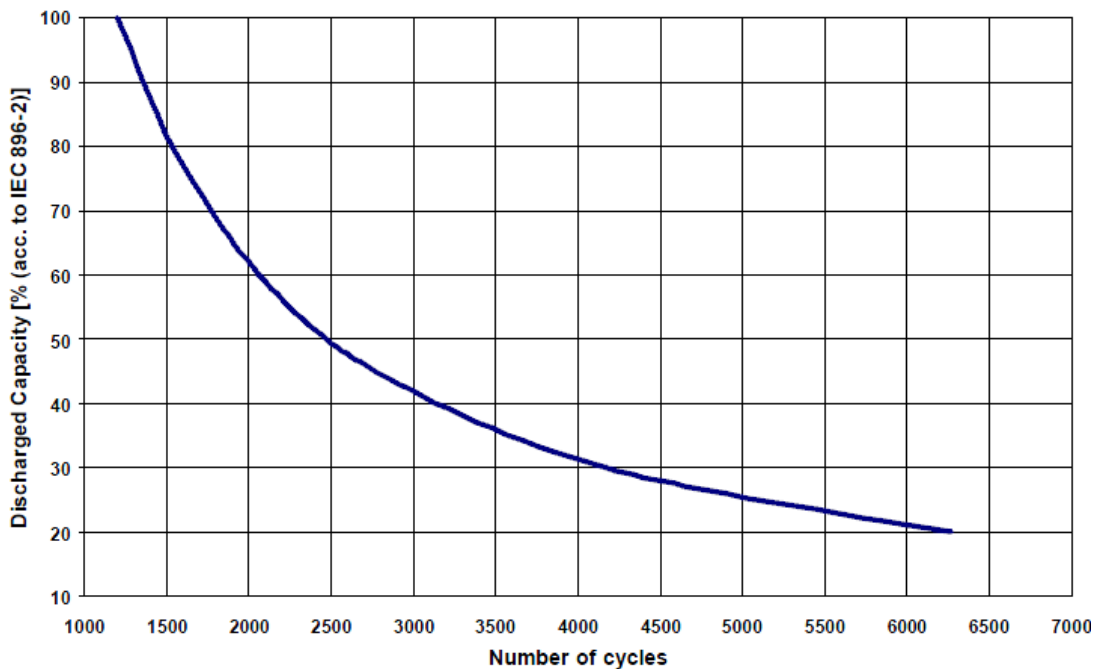


Figura 64. Variació dels cicles de càrrega/descàrrega suportats, de la bateria recomanada, en funció de la profunditat de descàrrega i la duració del règim. Font [34].

Tal i com s'ha descrit en l'anterior apartat 4.3.1., la descàrrega de les bateries s'efectuarà:

- Molt ocasionalment; desenvolupant estratègies de "Back-up", durant un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica. Amb una profunditat de descàrrega que dependrà de la duració del tall, tot i l'alta contribució energètica de la producció fotovoltaica en les hores centrals del dia.

- De tant en tant; desenvolupant estratègies de "Peak-Shaving", per evitar adquirir energia per damunt del límit de potencia contractada. En aquest cas, la profunditat de descàrrega pot ser més profunda, sobretot, en els instants de temps amb majors pics en el consum de la instal·lació.

Així, s'evidencia que, majoritàriament, operaran desenvolupant estratègies de "Peak-Shaving" amb profunditats de descàrrega considerables. Per tant, el nombre de cicles de càrrega/descàrrega permesos no serà gaire elevat. Tot i així, es podrà garantir una llarga vida útil del subsistema, ja que aquestes necessitats de "Peak-Shaving" succeiran molt poques vegades al llarg d'un mes. I, fins i tot, hi hauran mesos de l'any que no es requeriran.

4.3.3.3. Autodescàrrega

El sistema de gestió també ha de tenir en consideració l'autodescàrrega de les bateries, durant els períodes de temps en que el subsistema d'emmagatzematge no desenvolupa cap dels règim de càrrega o descàrrega, anteriorment comentats. D'aquesta manera i segons [4], aquest procés de pèrdua progressiva de la capacitat energètica emmagatzemada, varia proporcionalment amb la temperatura i el temps d'inactivitat, tal i com es pot observar en la figura següent:

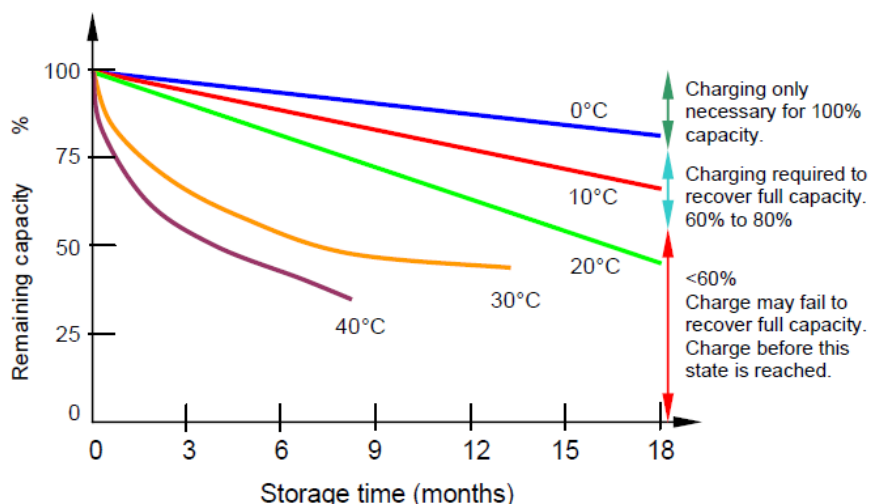


Figura 65. Autodescàrrega de les bateries plom àcid, en relació a la temperatura ambient i el temps d'inactivitat. Font [7].

Ara bé, el valor percentual de l'autodescàrrega també varia significativament entre els diferents models comercials existents. Així, en la següent figura s'evidencia la pèrdua de capacitat energètica del model de bateria seleccionat. Davallada energètica que ha de tenir en consideració el sistema de gestió a l'hora de governar els respectius règims de càrrega o descàrrega de les bateries.

En el sistema de gestió plantejat, l'autodescàrrega només es produirà quan l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge sigui el denominat **[SOC_màx.]** i no es requereixin necessitats de "Peak-Shaving", tal i com s'ha descrit en el subapartat 3.1.2.3..

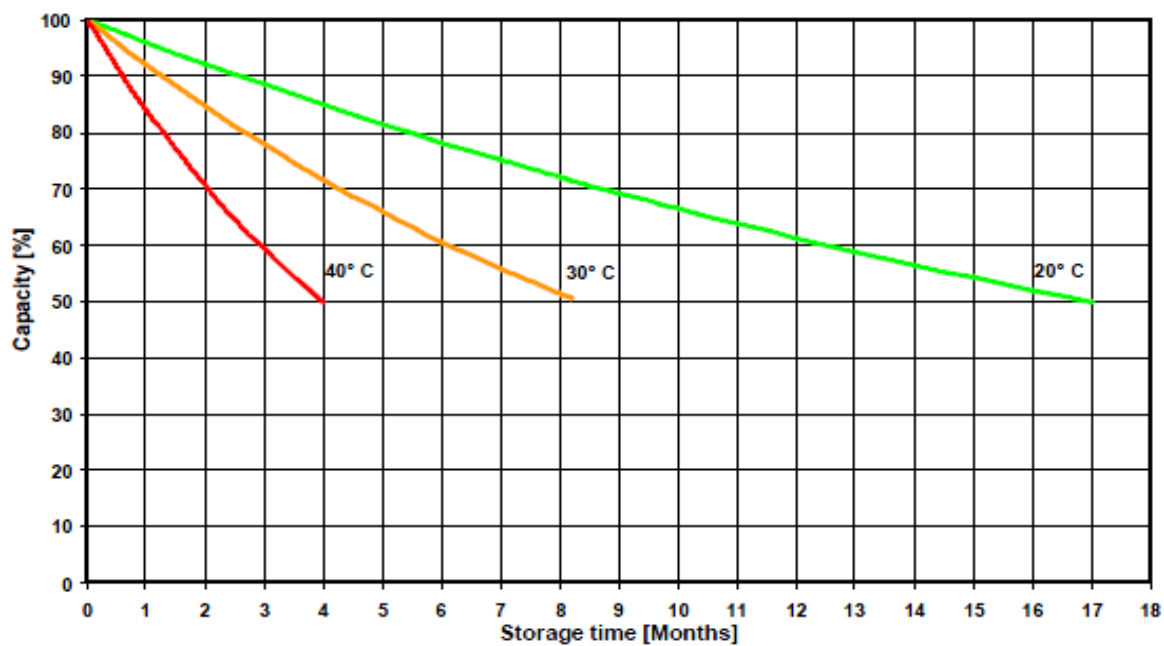


Figura 66. Autodescàrrega de les bateries recomanades per la instal·lació, en funció de la temperatura ambient i el temps d'inactivitat. Font [34].

4.4. Estimació de l'energia perduda en els diferents elements de la microxarxa

El sistema de gestió té en consideració l'energia perduda en cadascun dels respectius fluxos de potència de la instal·lació, sobretot per l'elevat rang dels valors de potència que treballa.

Així, aquest malbaratament energètic principalment es produeix degut als rendiments dels diferents elements de la instal·lació, com ara els rendiments de: l'inversor híbrid, l'inversor fotovoltaic, el subsistema d'emmagatzematge i el subsistema fotovoltaic. Al mateix temps, aquests rendiments disminueixen progressivament al llarg del temps, com es el cas del factor de degradació dels panells fotovoltaics i/o la pèrdua de capacitat energètica de les bateries del subsistema d'emmagatzematge.

Per tant, en cadascun dels fluxos de potència de la microxarxa, el sistema de gestió considera la pèrdua d'energia en relació als corresponents rendiments i en funció del temps d'operació, tal i com es sintetitza en les següents figures.

- Pèrdues en l'energia produïda pel subsistema fotovoltaic i destinada a l'abastiment percentual dels consums de la instal·lació;

El sistema de gestió energètic considera els rendiments de cadascun dels panells fotovoltaics a l'hora de convertir la radiació solar incident en energia elèctrica. Juntament amb la pèrdua de capacitat productiva de la instal·lació al llarg del temps, degut al factor de degradació, descrit en l'anterior subapartat 4.2.4.2..

I, per altra banda, el rendiment del inversor fotovoltaic en el processament estàtic d'energia, també pot experimentar una petita davallada en el pas del temps, segons el catàleg del fabricant [25].

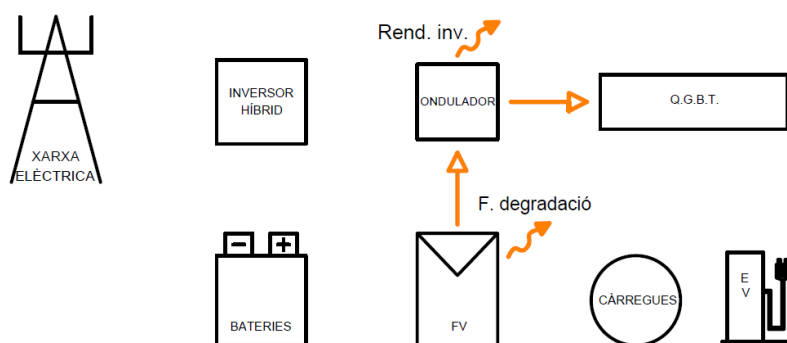


Figura 67. Pèrdues en l'energia produïda pel subsistema fotovoltaic i destinada a l'abastiment percentual dels consums de la instal·lació. Font pròpia.

- Pèrdues en l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge;

El sistema de gestió, com el cas anterior, considera un rendiment degeneratiu al llarg del temps en la capacitat dels diferents règims de descàrrega del subsistema d'emmagatzematge. Juntament amb la pèrdua d'energia pel processament estàtic, en l'inversor híbrid, també degenerativa al llarg del temps.

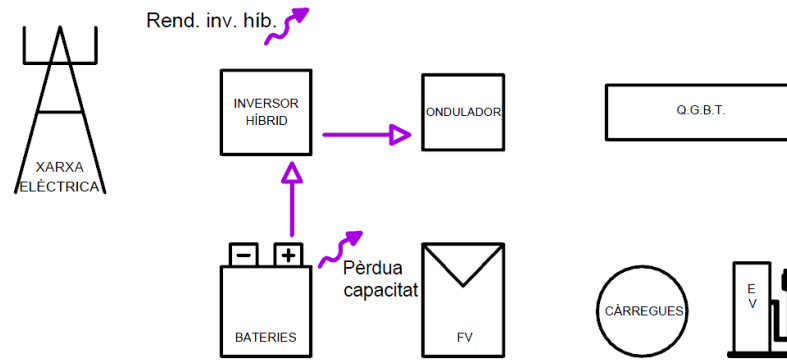


Figura 68. Pèrdues en l'energia descarregada pel subsistema d'emmagatzematge. Font pròpia.

- Pèrdues en l'energia adquirida en la xarxa elèctrica i destinada a la càrrega del subsistema d'emmagatzematge;

En aquest cas, el sistema de gestió únicament considera la pèrdua del processament estàtic d'energia del inversor híbrid al subsistema d'emmagatzematge, perquè la pèrdua particular de capacitat de les bateries ja es considera en el cas anterior.

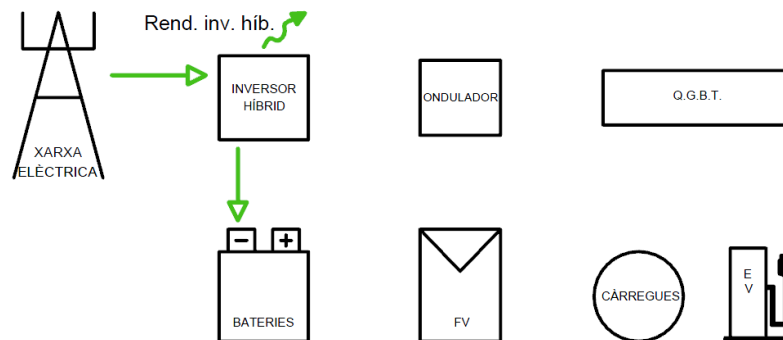


Figura 69. Pèrdues en l'energia adquirida de la xarxa elèctrica i destinada a la càrrega del subsistema d'emmagatzematge. Font pròpia.

- Pèrdues en l'energia adquirida en la xarxa elèctrica i destinada a l'abastiment percentual dels consums de la instal·lació;

El sistema de gestió també considera les pèrdues del rendiment degeneratiu al llarg del temps, del inversor híbrid, en l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució destinada a l'abastiment percentual dels pertinents consums de la instal·lació.

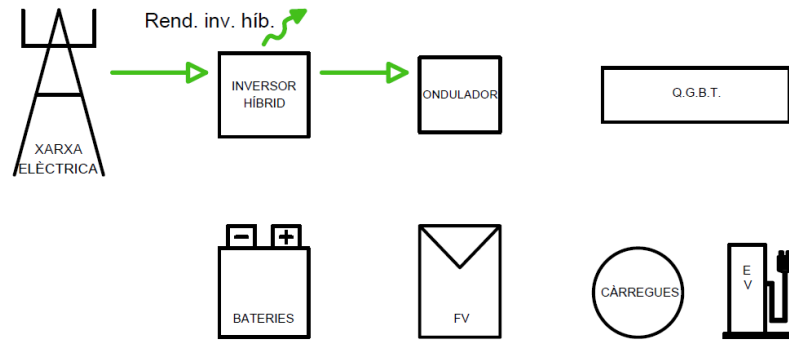


Figura 70. Pèrdues en l'energia adquirida en la xarxa elèctrica i destinada a l'abastiment percentual dels consums de la instal·lació. Font pròpia.

- Pèrdues en l'energia adquirida en la xarxa elèctrica i/o en la descarregada pel subsistema d'emmagatzematge per l'abastiment percentual dels consums de la instal·lació;

Com el cas de l'energia produïda pel subsistema fotovoltaic, la contribució percentual procedent de la xarxa elèctrica de transport i distribució i/o de la descàrrega del subsistema d'emmagatzematge, també es veu afectada pel rendiment del inversor fotovoltaic, tal i com s'esquematitza en la figura següent.

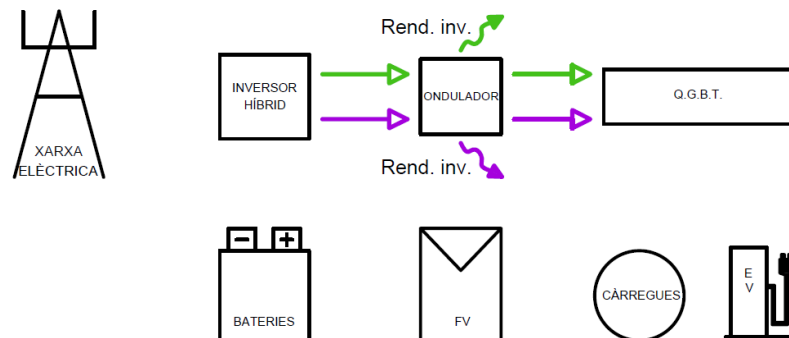


Figura 71. Pèrdues en l'energia adquirida en la xarxa elèctrica i/o la descarregada del subsistema d'emmagatzematge, destinada a l'abastiment percentual dels consums de la instal·lació. Font pròpia.

CAPÍTOL 5: DESCRIPCIÓ, DIMENSIONAMENT, GESTIÓ I RESULTATS DEL CAS PRÀCTIC D'APLICACIÓ

Aquest capítol recull totes les consideracions tècniques i energètiques dels anteriors capítols per aplicar-les en un determinat cas pràctic d'aplicació, més concretament, en el centre comercial "bonÀrea" de Torrefarrera.

D'aquesta manera, segueix la mateixa línia que els anteriors capítols, però enfocada a les particularitats de l'establiment en qüestió. Així s'identifiquen les problemàtiques de la instal·lació derivades de la forta dependència amb el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, justificant amb la necessitat d'instaurar un sistema en configuració de microxarxa intel·ligent i, consegüentment, dimensionant els principals elements.

Per altra banda, s'enfoquen els criteris de gestió energètica òptima genèrics a l'establiment i, mitjançant dos fulls de càlcul, s'analitza la viabilitat tècnica i econòmica del sistema plantejat, en diferents escenaris hipotètics d'estudi.

5.1. Establiment comercial "bonÀrea" de Torrefarrera

5.1.1. Descripció de l'establiment comercial "bonÀrea" de Torrefarrera

La "Corporació Alimentària Guissona" disposa d'un local a la població lleidatana de Torrefarrera amb un supermercat, un bufet-restaurant i una gasolinera. Més concretament, situat al carrer de la Marinada, s/n, de Torrefarrera (25123), tal i com es mostra en la següent figura.



Figura 72. Emplaçament del cas pràctic d'aplicació, local comercial "bonÀrea" de Torrefarrera. Font pròpia.

Aquest establiment es caracteritza per disposar dels equipaments següents:

- Supermercat de 500m²; de tot tipus de productes comercials, obert matí i tarda, de dilluns a divendres en l'horari habitual i, fins i tot els dissabtes fins al migdia.
- Bufet-restaurant; amb capacitat fins a 450 persones i, normalment, amb una alta afluència de clients. Obert tots els dies de la setmana des de mig matí fins després de sopar, oferint així dinars i sopars. Val a dir que els diumenges també s'obre per oferir esmorzars.
- Gasolinera i rentacotxes.
- Pàrquing subterrani de fins a 100 vehicles.

Així, aquest local de pública concurrència, amb una inversió inicial de 7,2 milions d'euros, 36 persones contractades i, amb tots els serveis que ofereix, esdevé un punt de referència al territori.

5.1.2. *Problemàtiques energètiques i econòmiques del local*

En l'establiment s'abasteix la demanda energètica, únicament mitjançant l'energia adquirida en el subministrament de la xarxa elèctrica. Aquesta forta dependència energètica afecta directament la instal·lació del propi local, amb les problemàtiques energètiques i econòmiques descrites en l'anterior punt 2.1..

Així, en aquest apartat s'identifiquen les diferents problemàtiques del cas d'estudi, per justificar la necessitat d'instaurar el sistema en microxarxa intel·ligent, descrit en els anteriors capítols. Millorant la qualitat i la fiabilitat en l'alimentació de les càrregues elèctriques del local, aconseguint un estalvi econòmic en la seva despesa energètica associada, afavorint la integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics i encaixant amb l'actual sistema elèctric espanyol.

5.1.2.1. *Problemàtiques amb la qualitat i la fiabilitat del subministrament de la xarxa elèctrica*

Les anomalies en la qualitat del subministrament de la xarxa elèctrica i els possibles talls en l'alimentació del local, esdevenen els principals problemes tècnics que afecten el local, tal i com s'ha descrit en el subapartat 2.1.1.1..

En aquest sentit, el local disposa d'un grup electrogen dièsel i d'un Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (SAI), per contrarestar aquestes possibles afectacions, tal i com es pot observar en els esquemes elèctrics unifilars de la instal·lació recollits en l'Annex IX del volum III.

- Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (SAI); garanteix l'abastiment energètic qualitatiu i continu dels dispositius de la instal·lació més sensibles tècnicament i imprescindibles funcionalment, com ara: dispositius de seguretat i control, caixers, ordenadors, autòmats, etc.
- Generador dièsel; aporta l'energia necessària durant un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica, per abastir els següents consums:
 - Consums mínims requerits legislativament;
Al tractar-se d'un local de reunió, segons la classificació de la taula número 6, del subpartat 4.1.2.1., l'establiment es considera un local de pública concurrència. Per tant, requereix els dispositius de seguretat recollits en la taula número 7, l'enllumenat d'emergència i el corresponent subministrament elèctric complementari. Subministrament d'emergència, és a dir del 15% del total contractat en la instal·lació, ja que el pàrquing subterrani d'ús públic no supera la capacitat límit de 100 vehicles.

- Càrregues crítiques de la instal·lació;
En un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica, es requereix l'abastiment dels següents consums mínims, pels interessos tècnics, econòmics i funcionals del propi local:
 - Il·luminació i dispositius de l'aparcament subterrani.
 - Il·luminació del bufet, supermercat, gasolinera, zones comunes i interiors.
 - Cambres frigorífiques dels productes del supermercat i bufet.
 - Subquadres ascensors.
 - Altres dispositius específics del diferents espais: supermercat, bufet i gasolinera.

Consums agrupats per tipologies, però que es poden observar en més detall en els esquemes unifilars de la instal·lació, recollits en l'Annex VIII del volum III.

Per tant, el generador dièsel, abasteix energèticament l'enllumenat d'emergència, per l'evacuació segura del local i, subministra el percentatge d'energia complementaria respecte el total contractat. Per altra banda, també abasteix el consum de les càrregues crítiques de la instal·lació. I finalment, també subministra l'energia al Sistema d'Alimentació Ininterrompuda, tal i com s'observa en la figura de la pàgina següent.

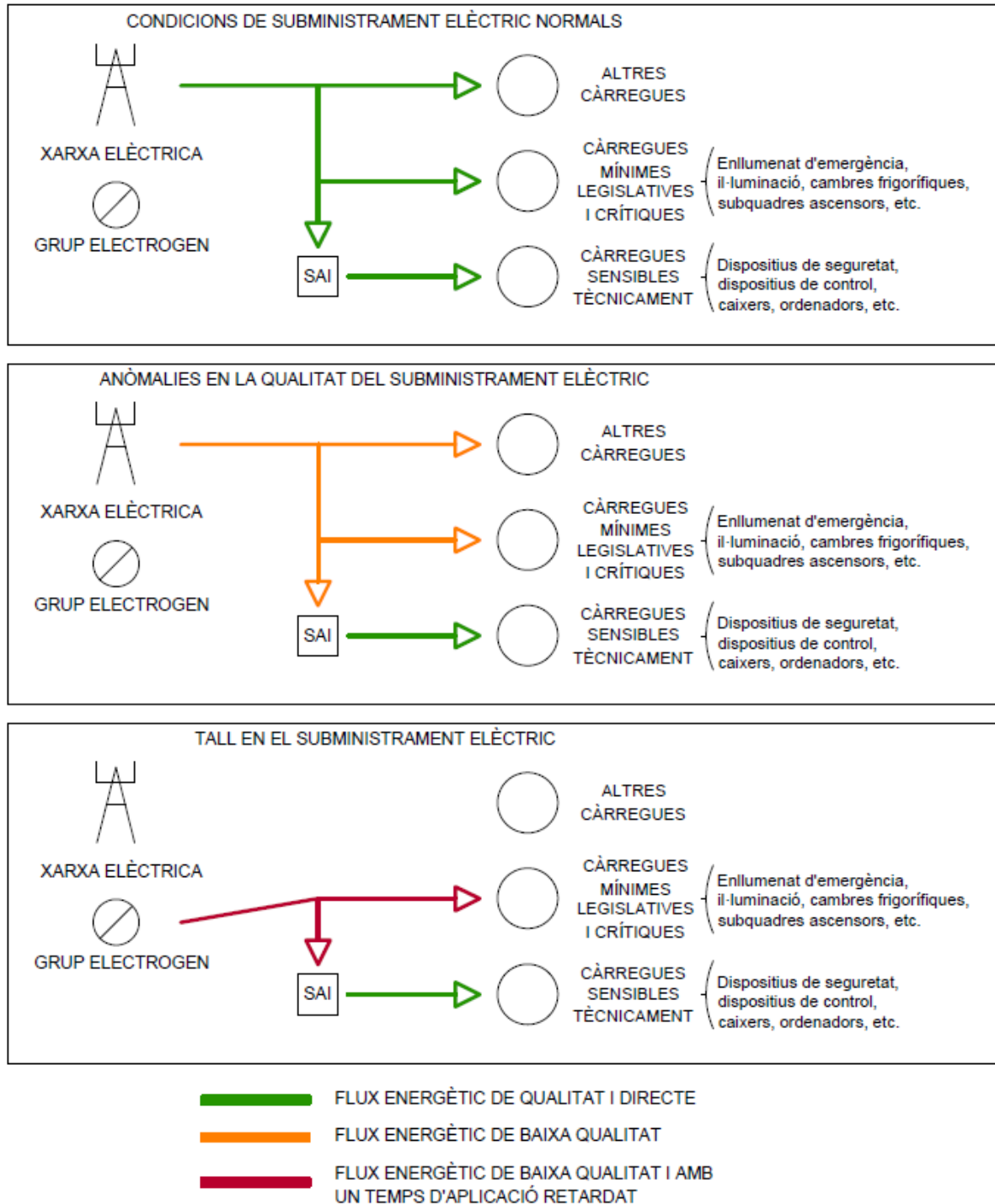


Figura 73. Modalitat d'operació del generador dièsel i del Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (SAI), existents en la instal·lació del propi local, en: Condicions adequades del subministrament elèctric, anomalies en la qualitat del subministrament i en un tall elèctric. Font pròpia [41].

Ara bé, aquesta combinació de les dues tecnologies, presenta els inconvenients descrits en l'anterior subapartat 2.1.1.1.. Així, es justifica la necessitat d'instaurar el sistema en configuració de microxarxa intel·ligent, descrit en els anteriors capítols. Perquè garanteixi un abastiment qualitatiu de tots els consums de la instal·lació i, continu en els consums mínims requerits legislativament i les càrregues crítiques de l'establiment, tal i com s'esquematitza en les anteriors figures 4 i 5.

5.1.2.2. *Alts costos econòmics en la despesa energètica*

La dependència energètica del local en l'abastiment del consum de la instal·lació es penalitza amb un alt cost en la pròpia factura elèctrica. Principalment, perquè la variació dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució és molt proporcional als consums habituals de l'establiment. Ja que, el local acostuma a adquirir la major part d'energia coincidint amb els períodes tarifaris més cars i, així, conseqüentment es disparen els costos de les seves factures elèctriques.

Les factures citades, s'adjunten en l'Annex VIII del Volum III. En aquestes, s'observa com l'establiment s'acull a un contracte tarifari d'accés modalitat 6.1A, que es caracteritza amb les següents condicions, segons el Real Decret 1164/2001 [10]:

- Subministrament a un nivell de tensió $\geq 1\text{kV}$ i $< 30\text{kV}$.
- Potència contractada en un determinat període tarifari major o igual que el període tarifari anterior. Amb la particularitat, que una d'aquestes potències en algun dels sis períodes ha de ser superior a 450kW. En aquest cas durant el període més econòmic, és a dir, el sisè.
- Períodes tarifaris classificats segons els mesos, dies i franges horàries de l'any, tal i com es recull en la taula 9.
- Alta penalització econòmica en cas que l'energia adquirida sobrepassi en alguna franja horària la potència contractada, tal i com s'especifica en la metodologia de càlcul de l'article número 9 del mateix Real Decret 1164/2001 [10]. Així s'evidencia que la penalització es estrictament més elevada que en les altres modalitats tarifaries.

Per altra banda, les factures elèctriques, recollides en l'Annex VIII del Volum III, permeten visualitzar la variabilitat de la demanda energètica de la instal·lació en funció dels diferents dies de l'any, descrita en el subapartat 4.1.1.1.. Obligant el local a disposar d'unes potències contractades, en els pertinents períodes tarifaris, molt per damunt la potència habitualment sol·licitada per la instal·lació, però necessària per cobrir determinats pics de consums en instants puntuals.

Així, es justifica la necessitat d'instaurar el sistema plantejat, en configuració de microxarxa intel·ligent, descrit en els anteriors capítols. Reduint econòmicament la despesa energètica, a través de l'aplanament de la corba d'energia adquirida en la xarxa elèctrica, gràcies a l'aportació complementària dels diferents recursos distribuïts. I, conseqüentment, permet disminuir els valors de potència contractats en la instal·lació, tal i com s'observa en la taula següent número 8. Garantint l'abastiment dels majors pics de potencia registrats en la instal·lació i, fins i tot, deixant un marge de seguretat considerable per afrontar-ne possibles majors.

Taula 8. Valors de potència contractada i consumida en l'establiment, per cadascun dels períodes tarifaris, i proposta de reducció. Font pròpia.

	<i>Pot. Contractades actualment</i>	<i>Pot. Consumida habitualment</i>	<i>Pot. Màx. Consumida</i>	<i>Pot. Proposada de reducció</i>
<i>Període tarifari 1</i>	250 kW	144 kW	204 kW	180 kW
<i>Període tarifari 2</i>	250 kW	161 kW	228 kW	185 kW
<i>Període tarifari 3</i>	250 kW	141 kW	200 kW	185 kW
<i>Període tarifari 4</i>	250 kW	144 kW	204 kW	185 kW
<i>Període tarifari 5</i>	250 kW	155 kW	228 kW	185 kW
<i>Període tarifari 6</i>	451 kW	216 kW	256 kW	451 kW

Taula 9. Períodes tarifaris per la modalitat tarifaria d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució 6.1A, segons [10]. Font pròpia.

		JUNY																											
		GENER		FEBRER		MARÇ		ABRIL		MAIG		1a qui.		2a qui.		JULIOL		AGOST		SETEMBRE		OCTUBRE		NOVEMBRE		DESEMBRE			
h		Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	Lab.	Fest.	h
1		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
2		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2
3		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3
4		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4
5		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
8		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8
9		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	4	2	6	2	6	6	6	4	6	5	6	4	6	2	6	6	9	
10		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	3	2	6	2	6	6	6	3	6	5	6	4	6	2	6	6	10	
11		1	6	1	6	4	6	5	6	5	6	3	2	6	2	6	6	6	3	6	5	6	4	6	1	6	6	11	
12		1	6	1	6	4	6	5	6	5	6	3	1	6	1	6	6	6	3	6	5	6	4	6	1	6	6	12	
13		1	6	1	6	4	6	5	6	5	6	3	1	6	1	6	6	6	3	6	5	6	4	6	1	6	6	13	
14		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	3	1	6	1	6	6	6	3	6	5	6	4	6	2	6	6	14	
15		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	3	1	6	1	6	6	6	3	6	5	6	4	6	2	6	6	15	
16		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	4	1	6	1	6	6	6	4	6	5	6	4	6	2	6	6	16	
17		2	6	2	6	3	6	5	6	5	6	4	1	6	1	6	6	6	4	6	5	6	3	6	2	6	6	17	
18		2	6	2	6	3	6	5	6	5	6	4	1	6	1	6	6	6	4	6	5	6	3	6	2	6	6	18	
19		1	6	1	6	3	6	5	6	5	6	4	1	6	1	6	6	6	4	6	5	6	3	6	1	6	6	19	
20		1	6	1	6	3	6	5	6	5	6	4	2	6	2	6	6	6	4	6	5	6	3	6	1	6	6	20	
21		1	6	1	6	3	6	5	6	5	6	4	2	6	2	6	6	6	4	6	5	6	3	6	1	6	6	21	
22		2	6	2	6	3	6	5	6	5	6	4	2	6	2	6	6	6	4	6	5	6	3	6	2	6	6	22	
23		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	4	2	6	2	6	6	6	4	6	5	6	4	6	2	6	6	23	
24		2	6	2	6	4	6	5	6	5	6	4	2	6	2	6	6	6	4	6	5	6	4	6	2	6	6	24	

5.1.2.3. Integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics

Segons la disposició addicional primera del Real Decret 1053/2014, l'establiment en qüestió no requereix dotació de punts de recàrrega de vehicles elèctrics, ja que l'edifici no es de nova construcció.

Tot i així, com un servei més pels clients del local, s'instal·laran les següents estacions de càrrega, descrites en major detall en l'anterior apartat 2.3.3.1.:

- Un punt de recàrrega semi-ràpida de "Circuitor" model "Urban M22"; amb dos punts de càrrega simultània de 7,2kW cadascun.
- Un punt de recàrrega ràpida de "Circuitor" model "Raption Trio"; amb un punt de càrrega de 22,0kW.

La implantació d'aquestes estacions incrementa notablement la demanda energètica de la instal·lació, més concretament, en 36,4kW. I, conseqüentment, suposa un augment de la potència contractada, per seguir abastint els propis consums del local, juntament amb les noves estacions de recàrrega.

Per tant, s'evidencia l'oportunitat de dotar el local amb el sistema en configuració de microxarxa, descrit en els anteriors capítols, per minimitzar el increment substancial del consum de la instal·lació. Per seguir aplanant la corba de demanda energètica de la instal·lació i aconseguir, novament, una reducció en la potència contractada de la instal·lació, tal i com s'observa en la taula següent.

Taula 10. *Valors de potència contractada i consumida en l'establiment amb les estacions de recàrrega, per cadascun dels períodes tarifaris, i nova proposta de reducció de la potència contractada. Font pròpia.*

	Pot. Contractades actualment	Pot. Consumida habitualment	Pot. Màx. Consumida	Pot. Proposada de reducció
Període tarifari 1	250 + 37 = 287 kW*	144 + 37 = 181 kW	204 + 37 = 241 kW	180 kW → 215 kW
Període tarifari 2	250 + 37 = 287 kW*	161 + 37 = 198 kW	228 + 37 = 265 kW	185 kW → 220 kW
Període tarifari 3	250 + 37 = 287 kW*	141 + 37 = 178 kW	200 + 37 = 237 kW	185 kW → 220 kW
Període tarifari 4	250 + 37 = 287 kW*	144 + 37 = 181 kW	204 + 37 = 241 kW	185 kW → 220 kW
Període tarifari 5	250 + 37 = 287 kW*	155 + 37 = 192 kW	228 + 37 = 265 kW	185 kW → 220 kW
Període tarifari 6	451 kW	216 + 37 = 253 kW	256 + 37 = 293 kW	451 kW

(*) A incrementar, respectant el marge de seguretat en la potència contractada que posseïa l'establiment.

5.2. Dimensionament dels principals elements de la microxarxa intel·ligent plantejada

Tal i com s'ha descrit en els anteriors capítols i, més concretament, en l'anterior punt 2.3., la microxarxa plantejada es compon dels següents elements principals: processament estàtic d'energia, mitjançant l'inversor híbrid i el fotovoltaic; subsistema d'emmagatzematge d'energia, mitjançant bateries de tipus plom àcid; subsistema de producció fotovoltaic i, càrregues flexibles.

5.2.1. Càrregues flexibles

Es requereix un anàlisi exhaustiu de les càrregues elèctriques de l'establiment, per classificar-les segons la seva capacitat de gestió. Així, no s'identifiquen càrregues amb capacitat de desplaçament en el temps en el local.

Però existeixen consums mínims requerits legislativament i càrregues crítiques, que han de ser gestionades segons les necessitats del sistema, figurant en línies elèctriques independents amb els corresponents contactors a cadascuna d'elles per poder-les governar.

Per tant, es modificarà l'esquema unifilar de la instal·lació segons les consideracions comentades en l'anterior apartat 2.3.3.. Per una banda, garantint l'abastiment de l'enllumenat d'emergència, tal com s'ha descrit amb més detall en el subapartat 4.1.2.1.. I per l'altra banda, garantint també el funcionament de les càrregues crítiques, enumerades i descrites en l'anterior subapartat 5.1.2.1..

Aquestes darreres es classifiquen segons el grau de perjudicis i conseqüències que poden comportar, en cas que es deixin d'alimentar, segons els criteris definits en l'anterior subapartat 4.1.2.2.. D'aquesta manera, es garanteix l'abastiment continu de totes les càrregues crítiques en talls de curta duració i, es reserva energia per prolongar al màxim l'abastiment dels consums de les càrregues més imprescindibles, tal i com es representa en la figura següent.

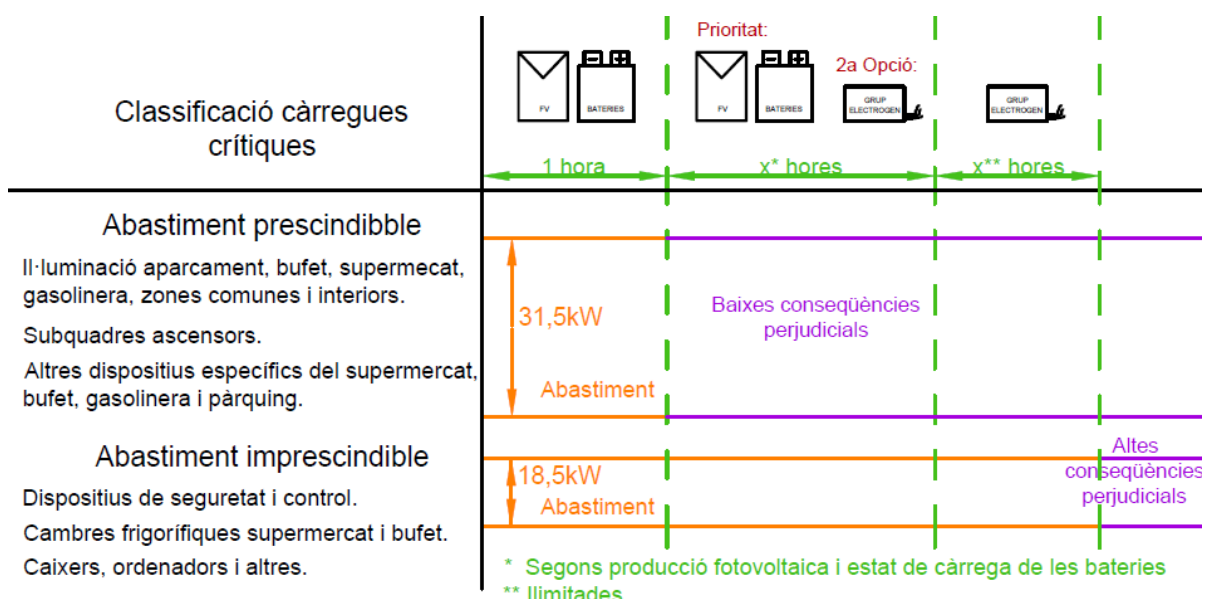


Figura 74. Abastiment de les càrregues crítiques de l'establiment en relació a la duració del tall. Font pròpia.

Com es pot observar en la figura anterior, es garanteix l'abastiment dels consums mínims requerits legislativament i de totes les càrregues crítiques en un tall, menor d'una hora de duració. Mitjançant l'aportació d'energia complementària dels recursos distribuïts en la microxarxa.

Després de la primera hora, s'abastirà únicament les càrregues més imprescindibles. Prioritzant, el màxim d'hores, que l'energia complementària vingui de la producció fotovoltaica i/o del subsistema d'emmagatzematge, fins que no n'hi hagi suficient i s'arranqui el grup electrogen. Ara bé, respectant l'objectiu mediambiental, s'evitarà i es retardarà el màxim la posada en funcionament del grup electrogen, ja existent en l'establiment.

Per altra banda, les dos estacions de recàrrega instal·lades i descrites en l'anterior subapartat 5.1.2.3., no s'alimentaran en cas d'un tall en el subministrament elèctric.

5.2.2. Subsistema de producció fotovoltaic

El subsistema de producció fotovoltaic, tal i com s'ha descrit en l'anterior subapartat 2.3.2.1., aprofita l'alt recurs solar de la província de Lleida per subministrar energia a la instal·lació, coincidint amb les franges horàries amb major demanda de l'establiment i elevats costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica per l'energia adquirida. Mitjançant els panells fotovoltaics de la marca comercial "EURENER", model "TURBO 320" [49], tal i com s'ha justificat la seva elecció en l'anterior subapartat 2.3.2.1.

5.2.2.1. Potència nominal i dimensionament del subsistema fotovoltaic

Es determina la potència nominal a instal·lar en el subsistema de producció fotovoltaica respectant el criteri descrit en l'anterior apartat 4.2.1., garantint les consideracions següents:

- Lleugerament superior a la demanda energètica de la instal·lació en cas d'un tall en el subministrament elèctric; és a dir, superior als 50 kW corresponents als consums mínims requerits legislativament i a les càrregues crítiques. Perquè s'abasteixi quasi la totalitat d'aquests consums, fins i tot en els mesos de l'any amb menor radiació incident, reduint al màxim la possible aportació energètica complementària procedent de les bateries.

Observat en la figura 91, en què plantejant l'escenari amb un tall en el subministrament durant les hores centrals d'un dia amb baixa radiació, es disposa de suficient producció fotovoltaica per abastir els consums mínims.

- Superior a la diferència entre el major pic de consum i el valor reduït de potència contractada, en les hores centrals d'un dia, amb elevats consums i d'un més amb baixa radiació solar. El qual ronda al voltant dels 22 kW. Per evitar, també, la descàrrega del de les bateries, en les hores centrals del dia, reservant capacitat energètica pels pics de consum de les hores amb nul·la producció fotovoltaica i/o pel possible "Back-up" en un tall en el subministrament elèctric.

Observat en la figura 83, en què plantejant l'escenari d'un dia amb elevats consums i baixa radiació, hi ha suficient contribució fotovoltaica per abastir els consums, sense adquirir electricitat per damunt del límit de potència contractada i evitant la descàrrega del subsistema d'emmagatzematge. Solament es produeix una petita contribució a les 14:00h.

Per altra banda, la potència nominal també ve determinada per la configuració del camp fotovoltaic, respectant que treballi dins els rangs de potència, tensió i intensitat permesos per l'ondulador, descrits en l'anterior apartat 4.2.3.. D'aquesta manera, s'estima la configuració del nombre de panells fotovoltaics en sèrie i en paral·lel, comprovant que la distribució final plantejada operi dins els límits tècnics del ondulador i, que compleixi amb les necessitats energètiques requerides.

Així, es considera oportú instal·lar un camp fotovoltaic de 76,8 kWp, format per 240 mòduls, distribuïts en 20 cadenes de 12 panells cadascuna, controlat a partir del inversor fotovoltaic de la marca comercial "Zigor", model "SOLAR TL3 75". Que garanteix les consideracions de potència nominal instal·lada, tal i com es pot observar en el proper punt 5.4..

Val a dir que els diferents valors dels càlculs, es recullen en el full de càlcul de l'Annex X, del Volum III, anomenat "Eina d'anàlisi energètic i econòmic ". I, més concretament, en la pestanya "SP.PV".

Per altra banda, en l'Annex XII del Volum III, es representa la connexió d'aquest subsistema amb els altres elements de la microxarxa. I fins i tot, les seccions dels cablejats i les proteccions elèctriques, extretes dels càlculs reflectits en l'Annex XI.

5.2.2.2. Anàlisi de la radiació de l'emplaçament

Mitjançant l'anàlisi de l'orientació i la inclinació dels panells fotovoltaics es pot tendir a una instal·lació dels panells que permeti produir energia en concordança amb les necessitats del sistema de gestió, tal i com es descriu en l'anterior apartat 4.2.2.. És a dir, intentant maximitzar la producció en les franges horàries i/o els mesos amb majors consums i més elevats costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució.

- Orientació; la coberta del edifici, limita les possibles orientacions dels panells perquè es puguin instal·lar amb la corresponent separació, evitant ombres, a la superfície de coberta disponible. Així, únicament es poden instal·lar amb un azimut solar de +26° o de -64°.

Per aquest motiu, s'han analitzat els valors estimats de producció obtinguts en cada cas i cada mes. Visualitzant l'orientació de +26° com la més convenient, ja que el pic de la corba de producció es desplaça lleugerament cap a les primeres hores de la tarda, coincidint amb les franges horàries, amb major consum de la instal·lació i costos elevats dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica. Per altra banda, les pèrdues en la radiació incident pel desviament de l'orientació respecte al sud, també són menors que en l'angle azimut de -64°.

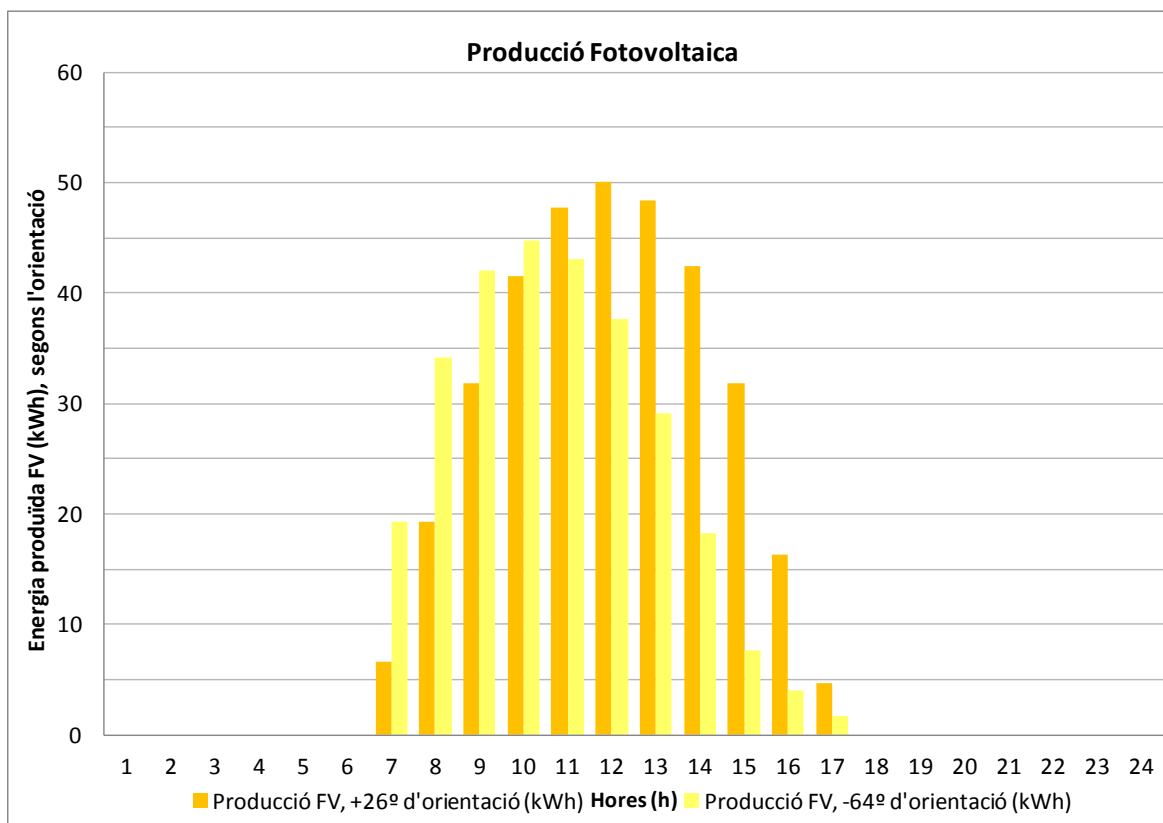


Figura 75. Comparativa de la producció fotovoltaica, al mes de febrer, en funció de l'orientació dels panells. Font pròpia, full de càlcul "Eina d'anàlisi del sistema de gestió energètica òptima del cas pràctic d'aplicació".

- **Inclinació;** en aquest cas, la determinació de la inclinació òptima dels panells no ha pogut seguir cap dels criteris del mes crític o de la màxima captació anual, descrits en l'anterior subapartat 4.2.2.2.. Tot i que, la inclinació idònia rondaria els 65°, del criteri del mes crític, en que es maximitza la producció en els mesos amb menor radiació incident. Mesos, que en aquest local, coincideixen amb les majors necessitats energètiques per l'aplanament de la corba d'energia adquirida en la xarxa elèctrica.

D'aquesta manera, per l'elevat nombre de panells a instal·lar en la superfície de coberta existent i, sobretot, per respectar la distància lliure d'ombres entre ells, s'acaben inclinant 30°. Reduïda inclinació que permet disposar d'un sistema de subjecció molt senzill i, sobretot, més econòmic.

5.2.3. Subsistema d'emmagatzematge d'energia

En aquest apartat es descriuen les característiques del camp de bateries, requerit per satisfer les necessitats del sistema de gestió, tenint en consideració les prestacions de les bateries escollides de la marca comercial "Sonnenschein" model "SOLAR BLOCK SB12/185" [34], segons la justificació del subapartat 2.3.2.2..

5.2.3.1. Capacitat energètica nominal del subsistema d'emmagatzematge

Es determina la capacitat energètica nominal a instal·lar en el subsistema d'emmagatzematge respectant el criteri descrit en l'anterior apartat 4.3.1., garantint les consideracions següents:

- Suficient per garantir l'abastiment de la demanda fragmentada de la instal·lació, en cas d'un tall en el subministrament elèctric, descrita en els anteriors apartats 5.2.1. i 4.1.2.2..

Observat en la figura 87, en què plantejant l'escenari amb un tall en el subministrament durant les primeres hores sense producció fotovoltaica, hi ha suficient capacitat energètica per abastir els consums mínims un bon nombre d'hores. Fins i tot, també es comprova mitjançant l'altre escenari, en la figura 94.

- Superior al sumatori dels pics de consum per damunt del valor reduït de potència contractada, en les últimes franges horàries sense producció fotovoltaica. Evitant que el sistema de gestió adquireixi energia a la xarxa elèctrica per damunt del límit de potència contractada.

Observat en la figura 83, en què plantejant l'escenari d'un dia amb elevats consums i major reducció del límit de potència contractada, es disposa de suficient capacitat energètica per contribuir en l'abastiment dels consums, adquirint electricitat per sota el límit de potència contractada.

5.2.3.2. Dimensionament del subsistema d'emmagatzematge

Es segueix la metodologia descrita en l'anterior apartat 4.3.2., pel dimensionament del nombre de bateries a instal·lar en sèrie i en paral·lel. I així, partint de la capacitat energètica requerida, s'analitza que l'inversor híbrid escollit admeti el rang de paràmetres elèctrics d'operació del subsistema.

D'aquesta manera, es considera oportú instal·lar un subsistema d'emmagatzematge, format per 114 bateries, distribuïdes en 2 cadenes de 57 bateries cadascuna, controlat a partir del inversor híbrid de la marca comercial "Zigor", model "HITD 300kW". Que garanteix les consideracions de capacitat energètica instal·lada, tal i com es pot observar en el proper punt 5.4..

Val a dir que els diferents valors dels càlculs, es recullen en el full de càlcul de l'Annex X, del Volum III, anomenat "Eina d'anàlisi energètic i econòmic ". I, més concretament, en la pestanya "SE.Bateries".

Per altra banda, en l'Annex XII del Volum III, es representa la connexió d'aquest subsistema amb els altres elements de la microxarxa. I fins i tot, les seccions dels cablejats i les proteccions elèctriques, extretes dels càlculs reflectits en l'Annex XI.

5.2.4. Processament estàtic d'energia

En la figura següent, es sintetitzen el model d'inversor híbrid i d'ondulador escollits, segons les consideracions del apartat 2.3.1.. Perquè permetin l'abastiment fiable i qualitatiu de la demanda de la instal·lació, mitjançant el control dels fluxos de potència procedents dels diferents recursos distribuïts i de la xarxa elèctrica, en funció dels criteris de gestió energètica de la instal·lació.

Per altra banda, en la figura següent també es recullen els altres elements de la microxarxa.

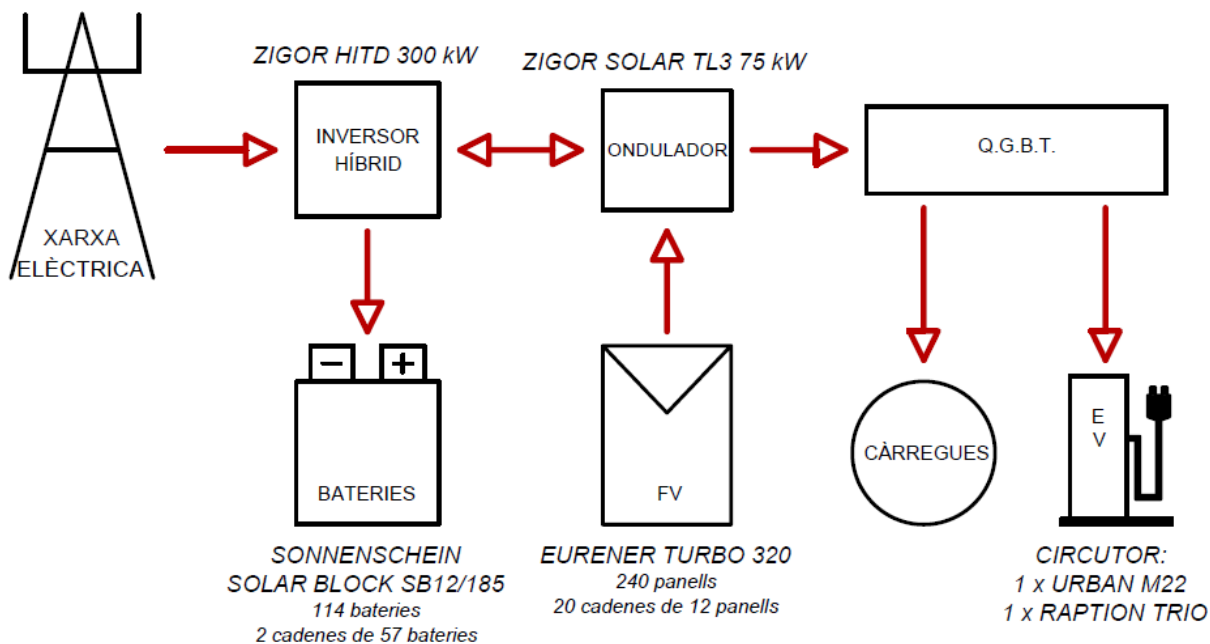


Figura 76. Recull dels elements de la microxarxa plantejada pel cas pràctic d'aplicació.
Font pròpia.

En l'Annex XII del Volum III, es representa, de forma més àmplia, la connexió dels nous elements de la microxarxa i l'adequació de la instal·lació existent en l'establiment en qüestió. Mitjançant els càlculs elèctrics de les seccions dels cablejats i de les proteccions elèctriques desglossats en l'Annex XI.

5.3. Sistema de gestió del cas pràctic d'aplicació

5.3.1. Criteris d'operació bàsics del sistema de gestió

Tal i com s'ha comentat en l'anterior apartat 3.1.1., el sistema de gestió energètic òptim està format pel conjunt de funcions i criteris que permeten governar els diferents controladors de la microxarxa, satisfent les seves necessitats bàsiques. Així, seguidament es descriuen les prioritats bàsiques del sistema de gestió energètic òptim enfocat al cas pràctic d'aplicació:

- Abastiment qualitatiu de totes les càrregues de la instal·lació;
Evitant danys als dispositius que no s'abasteixen directament del Sistema d'Alimentació Ininterrompuda (SAI) existent, produïts per possibles anomalies en el subministrament de la xarxa elèctrica. Prioritat garantida per l'inversor híbrid i l'ondulador fotovoltaic escollits per la microxarxa, tal i com s'ha descrit en l'anterior apartat 2.3.1..
- Abastiment continu i fiable dels consums mínims requerits legislativament i de les càrregues crítiques;
Garantint la seguretat en l'evacuació del local, juntament amb l'abastiment de les càrregues crítiques, identificades en l'anterior subapartat 5.1.2.1.. Mitjançant la forma esglaonada descrita en l'apartat 5.2.1..
- Aplanament de la corba d'energia adquirida en la xarxa elèctrica;
Disminuint, així, la compra d'electricitat en les hores punta amb majors costos i incrementant-la en els períodes amb costos més baixos. Permeten, una notable reducció econòmica de la despesa energètica i, sobretot, de la potència contractada en els diferents períodes tarifaris, tal i com es recull en les anteriors taules número 8 i 9.
- Integració d'estacions de recàrrega de vehicles elèctrics causant el mínim o nul augment del terme de potencia contractada de la instal·lació;
Mitjançant els recursos energètics distribuïts plantejats per la microxarxa es disposa de capacitat energètica complementària suficient per seguir reduint el terme de potencia contractada, tal i com es recull en l'anterior taula número 10.

Així, la microxarxa plantejada disposa de capacitat operativa tant en les condicions habituals de subministrament elèctric de la xarxa de transport i distribució, com en un tall. I per tant, s'evidencien els dos modes bàsics i diferenciats d'operació, comentats en major detall en l'anterior apartat 3.1.1.:

- Metodologia d'operació en un tall en el subministrament elèctric que alimenta el local;
S'abasteix els consums mínims requerits legislativament i les càrregues crítiques, de la forma esglaonada comentada en l'anterior apartat 5.2.1.. Prioritzant la combinació de l'energia fotovoltaica generada i la descàrrega del subsistema d'emmagatzematge. Com a mesura de seguretat i major capacitat energètica de "Back-up", es manté el grup electrogen existent en la instal·lació. Ara bé, s'evitarà i es retardarà el màxim la seva arrancada.

- Metodologia d'operació en condicions de subministrament normal per part de la xarxa elèctrica de transport i distribució;

Consisteix en l'abastiment qualitatiu de les càrregues del local, aplanant la corba de demanda energètica i aconseguint la consegüent reducció en la potència contractada dels diferents períodes tarifaris.

Val a dir, que en aquest cas pràctic d'aplicació, no es contempla la possibilitat de vendre energia excedentària a la xarxa elèctrica de transport i distribució. Principalment perquè les franges horàries més ben retribuïdes en la participació al mercat elèctric de venda d'electricitat, segons [48], coincideixen amb els majors consums de la instal·lació, sense disponibilitat d'energia excedentària per la venda.

5.3.2. Criteris particulars d'aplicació de les respectives modalitats d'operació

Per cadascuna de les diferents metodologies d'operació, descrites en l'apartat anterior, en aquest, es descriuen els criteris d'aplicació de les diferents modalitats contemplades en el sistema de gestió energètic òptim, particular del cas pràctic d'aplicació. Seguint la línia dels criteris descrits en l'anterior apartat 3.1.2., però enfocant-los en l'establiment en qüestió.

5.3.2.1. Criteris particulars d'aplicació de les modalitats d'operació amb un tall en el subministrament elèctric

Seguint la línia descrita en els subapartats 3.1.2.1. i 3.1.2.2., el sistema de gestió energètic òptim particular també contempla l'abastiment esglaonat dels corresponents consums de la instal·lació, en funció de l'energia generada pel subsistema fotovoltaic, mitjançant els criteris de la pàgina següent:

Tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució

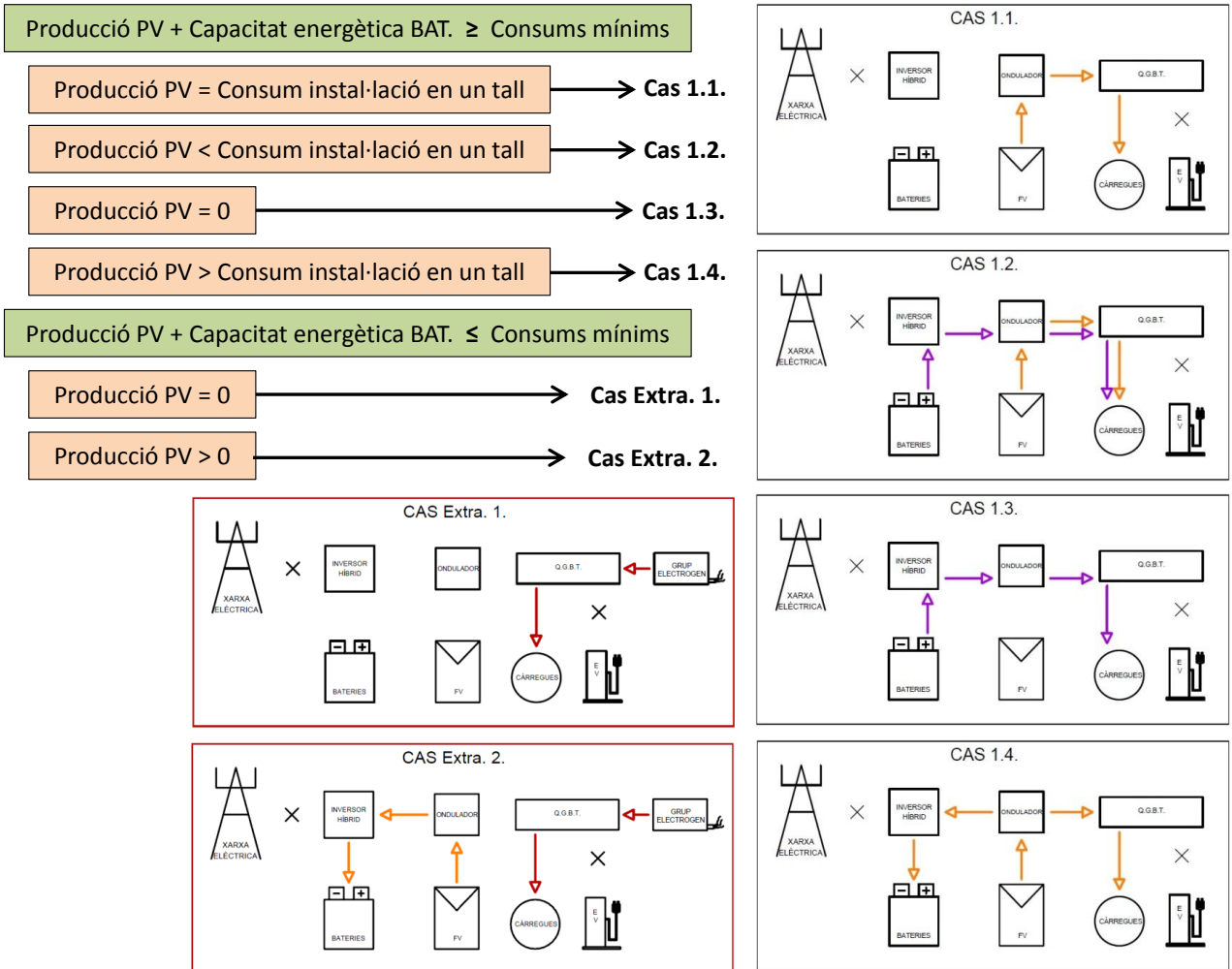


Figura 77. Criteris d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, del cas pràctic d'aplicació, en cas d'un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució. Font pròpia.

Tal i com s'observa en la figura anterior, el sistema de gestió d'aquest cas d'aplicació contempla dues modalitats d'operació extraordinàries. Per l'abastiment del pertinent consum de la instal·lació mitjançant el grup electrogen existent, en cas que la combinació percentual de les dues fonts complementàries proposades no aportin suficient energia.

- **Cas Extra. 1.** Abastiment del pertinent consum de la instal·lació mitjançant l'energia generada pel grup electrogen existent; En els instants de temps amb nul·la producció fotovoltaica.
- **Cas Extra. 2.** Abastiment del pertinent consum de la instal·lació amb l'energia del grup electrogen i càrrega del subsistema d'emmagatzematge energètic, mitjançant la producció fotovoltaica.

5.3.2.2. Criteris particulars d'aplicació de les modalitats d'operació amb condicions de subministrament elèctric normal

En aquesta altra metodologia d'operació, el sistema de gestió energètic òptim particular també segueix la línia base descrita en els subapartats 3.1.2.3. i 3.1.2.4..

En primer lloc, analitza els costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució per l'energia adquirida, en funció del període tarifari comprés, recollit per tots els dies, laborables i festius, de l'any en la taula 9.

- Costos baixos dels peatges d'accés per l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució; És a dir, durant les franges horàries compreses en el **període tarifari 6**.
- Costos normals dels peatges d'accés per l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució; És a dir, durant les franges horàries compreses en els **períodes tarifaris 3, 4 i 5**.
- Costos alts dels peatges d'accés per l'energia adquirida a la xarxa elèctrica de transport i distribució; És a dir, durant les franges horàries compreses en els **períodes tarifaris 1 i 2**.

En segon lloc, el sistema de gestió vetlla per evitar que s'adquireixi energia de la xarxa elèctrica per damunt del límit de potencia contractada en cadascun dels períodes tarifaris. Restricció energètica que pot provocar la descarregar de les bateries per abastir la demanda de la instal·lació i/o limitar l'energia destinada a la seva càrrega. Seguidament s'indiquen els límits d'energia adquirida, segons el període tarifari, corresponents al valors reduïts de potencia contractada de l'anterior taula 10.

- **≤215kW** en el període tarifari 1.
- **≤220kW** en els períodes tarifaris 2, 3, 4 i 5.
- **≤451kW** en el període tarifari 6.

Finalment, el sistema de gestió analitza l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge, identificant dos rangs d'estats de càrrega del camp de bateries:

- **[SOC ≥ 97,5%]** Rang tendint a la seva capacitat màxima; en què s'atura un possible règim de càrrega de les bateries i no s'efectua cap operació amb l'energia emmagatzemada, fins que es requereixi la pertinent descàrrega.
- **[SOC < 97,5%]** Rang inferior a la seva capacitat màxima; on es poden produir varies modalitats d'operació diferenciades:
 - Abastiment del consum de la instal·lació amb l'energia adquirida a la xarxa i/o amb la pertinent contribució fotovoltaica.
 - Descàrrega de les bateries com a contribució percentual energètica per evitar adquirir energia de la xarxa elèctrica, per damunt del límit de potència contractada.
 - Procés de càrrega profunda de les bateries, iniciat amb un règim de càrrega ràpida durant el període tarifari 6. I, prolongat amb un règim més lent, durant els altres períodes tarifaris, fins que:

- L'estat tendeixi a la seva capacitat màxima [SOC \geq 97,5%].
- Calgui descarregar les bateries, com a contribució percentual energètica per abastir el consum de la instal·lació.
- Es limiti l'energia adquirida en la xarxa elèctrica, per la restricció del límit de potencia contractada.

Per tant, el valor dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució, la restricció de l'energia adquirida per sota la potencia contractada i, l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge, esdevenen les variables de decisió pel sistema de gestió particular. Requerides a l'hora d'escollir la modalitat d'operació adient en cada instant de temps. I, sintetitzades en els esquemes en blocs de les pàgines següents.

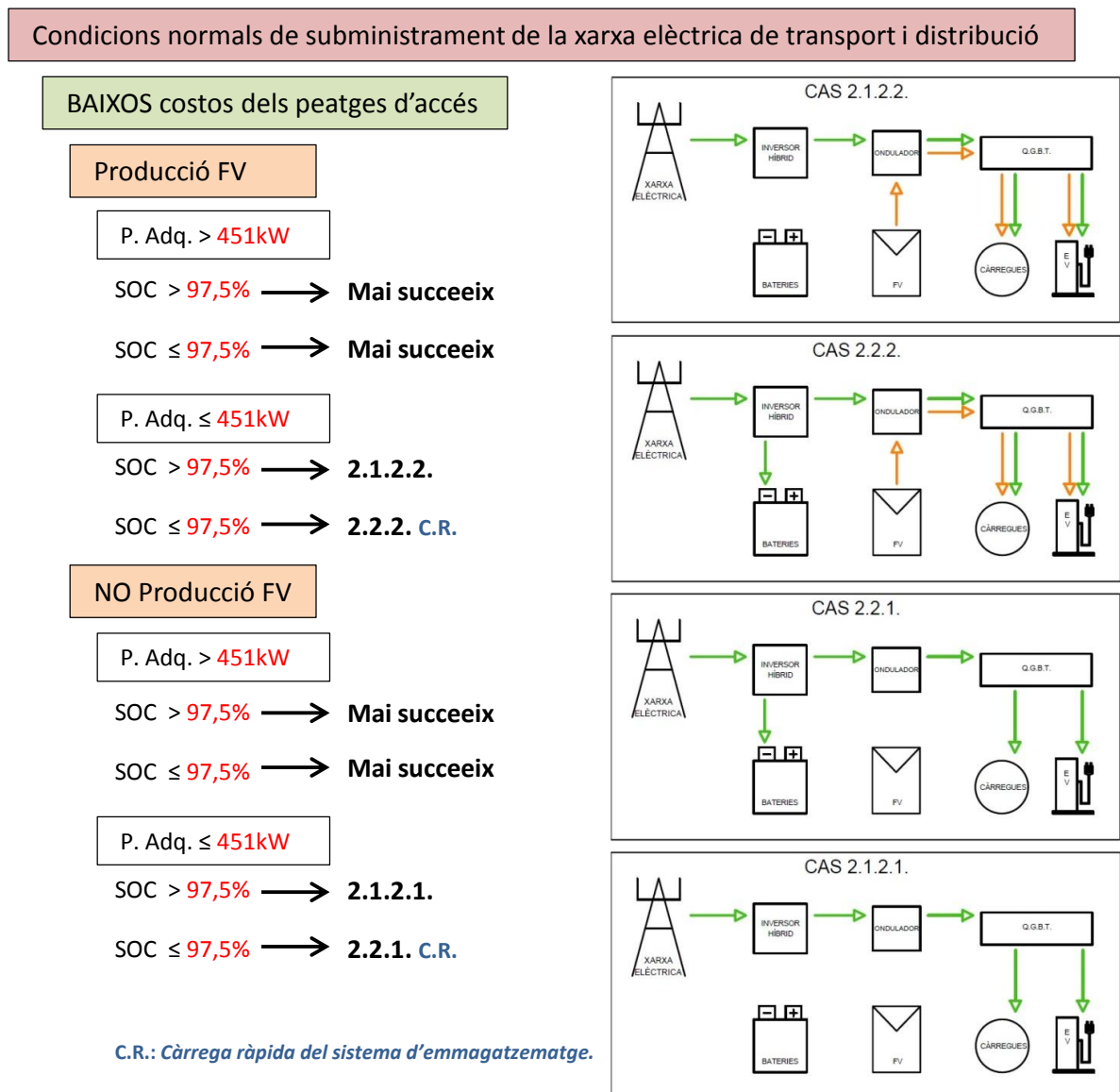


Figura 78. Criteris particulars d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos baixos dels peatges d'accés. Font pròpia.

Condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució

Costos NORMALS i ALTS dels peatges d'accés

Producció FV

P. Adq. > 215/220kW

SOC > 97,5% → 2.1.2.4.

SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.4.

P. Adq. ≤ 215/220kW

SOC > 97,5% → 2.1.2.2.

SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.L.

NO Producció FV

P. Adq. > 215/220kW

SOC > 97,5% → 2.1.2.3.

SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.3.

P. Adq. ≤ 215/220kW

SOC > 97,5% → 2.1.2.1.

SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.L.

C.L.: Càrrega lenta del sistema d'emmagatzematge.

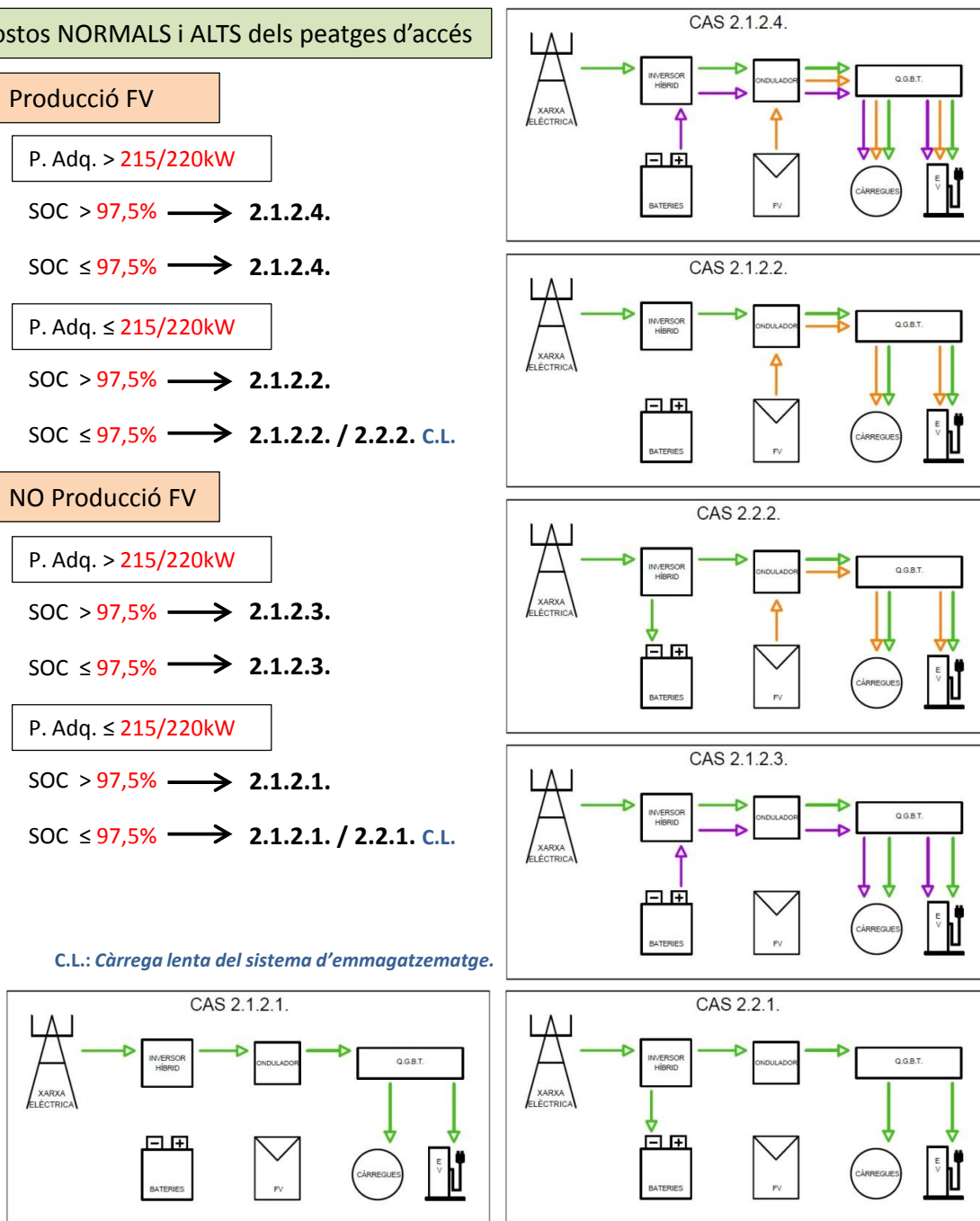


Figura 79. Criteris particulars d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos alts i/o normals dels peatges d'accés. Font pròpia.

Ara bé, en cas que es produeixi un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica es modificaran de forma transitòria les variables particulars de decisió del sistema de gestió, recollides en les figures anteriors. Fins que l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge torni a ser alt [SOC ≥ 85%].

En aquest cas, el valor dels costos dels peatges d'accés i la restricció de l'energia adquirida en la xarxa elèctrica, segueixen com a variables de decisió particulars a l'hora d'escollir la modalitat d'operació adient. Únicament canvien els rangs d'estat de càrrega de les bateries, subdividint el rang **[SOC < 97,5%]**, en els següents:

- **[SOC ≤ 40%]** Rang que reserva una mínima capacitat energètica per;
 - Abastir els consums mínims i crítics previstos, durant la primera hora, d'un tall en el subministrament elèctric sense aportació complementària del subsistema fotovoltaic.
 - O per abastir percentualment el major pic de consum de la instal·lació, sense sobrepassar el límit de potencia contractada. I, també sense contribució percentual fotovoltaica.

En aquest rang, s'abasteix la demanda del local i alhora s'efectua un règim de càrrega ràpida del camp de bateries:

- Indiferentment dels valors dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica de transport i distribució.
 - Indiferentment que l'energia adquirida en la xarxa elèctrica sobrepassi el límit de potencia contractada. I, conseqüentment assumint la corresponent penalització econòmica, descrita en l'apartat 3.3.2.
 - Prolongat fins que l'estat torni a ser alt **[SOC ≥ 85%]**.
- **[40% < SOC ≤ 85%]** Rang en què les modalitats d'operació variaran segons l'estat de càrrega del subsistema, en l'instant que es restableix el subministrament de la xarxa elèctrica:
 - Restabliment, dins l'anterior rang **[SOC ≤ 40%]**:
 - Es seguirà amb el règim de càrrega ràpida iniciat, exactament amb les mateixes característiques descrites en l'anterior rang **[SOC ≤ 40%]**.
 - Restabliment, dins l'actual rang **[40% < SOC ≤ 85%]**, sense efectuar cap tipus de règim de càrrega, únicament:
 - Abastiment dels consums de la instal·lació amb l'energia adquirida en el subministrament elèctric i/o amb la contribució fotovoltaica.
 - Descàrrega del subsistema d'emmagatzematge, per evitar sobrepassar el límit d'energia adquirida en la xarxa elèctrica, per damunt del valor de potencia contractada.
- **[85% < SOC ≤ 97,5%]** Rang que finalitza les variables de decisió transitòries del sistema de gestió particular, després d'un tall en el subministrament elèctric. Perquè es disposa de suficient capacitat energètica en el subsistema, per abastir els pitjors pics de consum previstos en la instal·lació, sense sobrepassar el límit de potencia contractada. I, així, es podran desenvolupar les següents modalitats:
 - Abastiment dels consums de la instal·lació amb l'energia adquirida en el subministrament elèctrica i/o amb la contribució fotovoltaica.
 - Descàrrega del subsistema d'emmagatzematge, evitant sobrepassar el límit de potencia contractada amb l'energia adquirida en la xarxa elèctrica, pels consums de la instal·lació.
 - Seguir carregant les bateries per arribar al estat **[SOC ≥ 97,5%]**

Per tant, el valor dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica, la restricció i/o possible penalització econòmica per l'excés d'energia adquirida en subministrament elèctric i, els nous rangs d'estat de càrrega del camp de bateries, esdevenen les variables de decisió transitòries, en les primeres franges horàries després d'un tall en el subministrament elèctric del local.

TRANSICIÓ al subministrament normal de la xarxa elèctrica de transport i distribució

BAIXOS costos dels peatges d'accés

Producció FV

P. Adq. > 451kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.2.2. C.R.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.2.2. C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.2. C.R.

P. Adq. ≤ 451kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.2.2. C.R.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.2.2. C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.2. C.R.

NO Producció FV

P. Adq. > 451kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.2.1. C.R.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.2.1. C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.1. C.R.

P. Adq. ≤ 451kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.2.1. C.R.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.2.1. C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.1. C.R.

C.R.: Càrrega ràpida del sistema d'emmagatzematge.

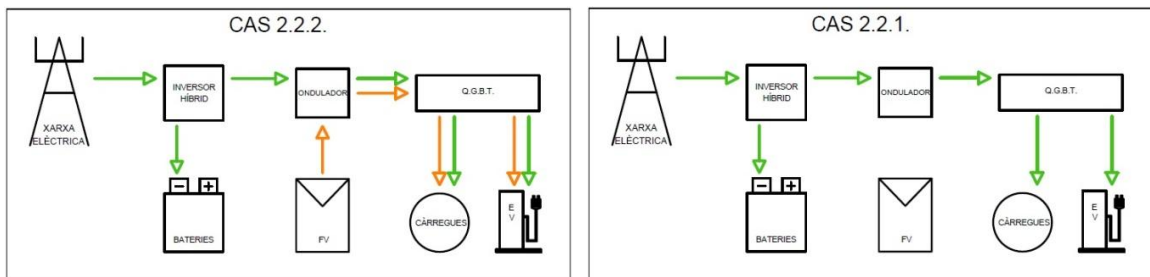


Figura 80. Criteris, transitoris i particulars, d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos baixos dels peatges d'accés. Font pròpia.

TRANSICIÓ al subministrament normal de la xarxa elèctrica de transport i distribució

Costos NORMALS i ALTS dels peatges d'accés

Producció FV

P. Adq. > 215/220kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.4. / 2.1.2.2.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.1.2.4. / 2.1.2.2. / 2.2.2. P.C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.2. P.C.R.

P. Adq. ≤ 215/220kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.4. / 2.1.2.2. / 2.2.2. C.L.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.1.2.2. / 2.2.2. C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.2. C.R.

NO Producció FV

P. Adq. > 215/220kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.3. / 2.1.2.1.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.1.2.3. / 2.1.2.1. / 2.2.1. P.C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.1. P.C.R.

P. Adq. ≤ 215/220kW

- 85% < SOC ≤ 97,5% → 2.1.2.3. / 2.1.2.1. / 2.2.1. C.L.
- 40% < SOC ≤ 85% → 2.1.2.1. / 2.2.1. C.R.
- 40% ≤ SOC → 2.2.1. C.R.

P.: Penalització econòmica per compra d'energia a la xarxa per damunt del llindar de potència contractada.
C.R.: Càrrega ràpida del sistema d'emmagatzematge.
C.L.: Càrrega lenta del sistema d'emmagatzematge.

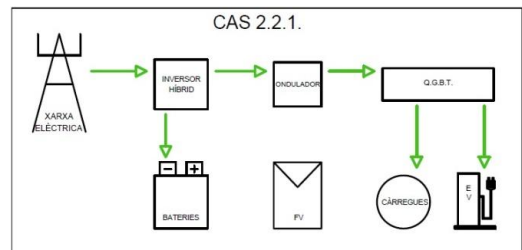
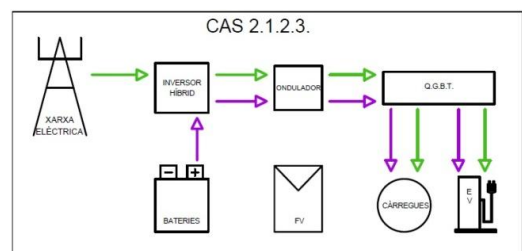
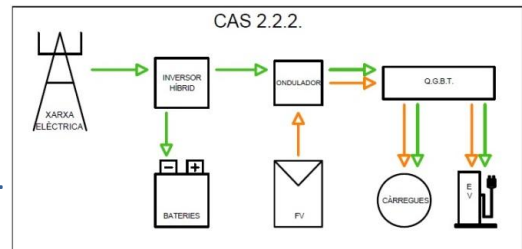
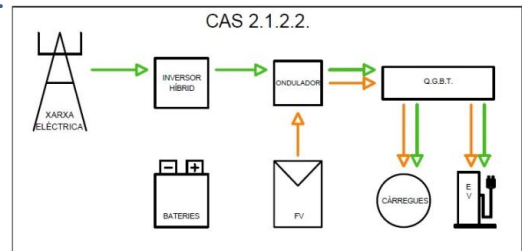
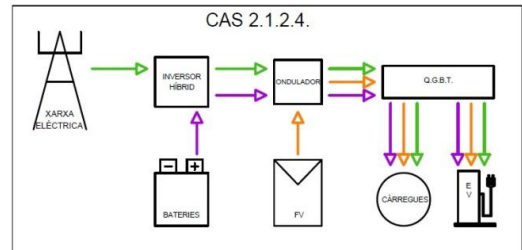
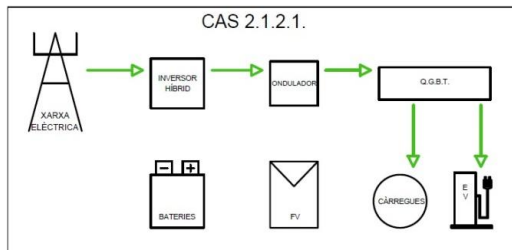


Figura 81. Criteris, transitoris i particulars, d'aplicació de les modalitats d'operació contemplades en el sistema de gestió energètica òptima, en condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica, amb costos alts i/o normals dels peatges d'accés. Font pròpia.

5.4. Resultats tècnics dels criteris particulars de gestió

Seguidament, es visualitza la metodologia d'operació de la microxarxa, per satisfer les prioritats bàsiques del sistema particular de gestió energètica òptima, descrit en l'anterior punt.

D'aquesta manera, s'incentiva a sotmetre els criteris particulars de gestió a diferents escenaris, per validar-ne la seva viabilitat tècnica, mitjançant la utilització del full de càlcul de l'Annex VIII, del volum III, anomenat "Eina d'anàlisi del sistema de gestió energètica òptima del cas pràctic d'aplicació". Per aquest motiu, en el següent apartat 5.4.4., es descriu el funcionament i les prestacions que ofereix aquesta eina.

Ara bé, en els següents apartats es sintetitza gràficament la resposta de la microxarxa als escenaris més exigents, tècnica i energèticament parlant. I així, es parteix d'un dia laborable del mes de febrer amb consums per damunt la mitjana mensual, d'aquest dia tipus. Val a dir, que s'escull aquest mes, pels motius següents:

- Mes, en que es produeixen consums molt elevats en determinats dies laborables i, que coincideixen amb els períodes tarifaris més cars dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica.
- Mes, on la restricció del límit d'energia adquirida en el subministrament elèctric és més exigent, degut a la major reducció de la potència contractada en el període 1, tal i com es recull en la taula 10.

Fins i tot, per incrementar més l'exigència energètica es contempla que durant tot el dia estaran en ple funcionament les dues estacions de recàrrega de vehicles elèctrics, descrites en l'anterior subapartat 5.1.2.3..

Anunciar, que els consums mitjans de la instal·lació s'han obtingut a partir de les factures elèctriques, recollides en l'Annex VIII, del Volum III.

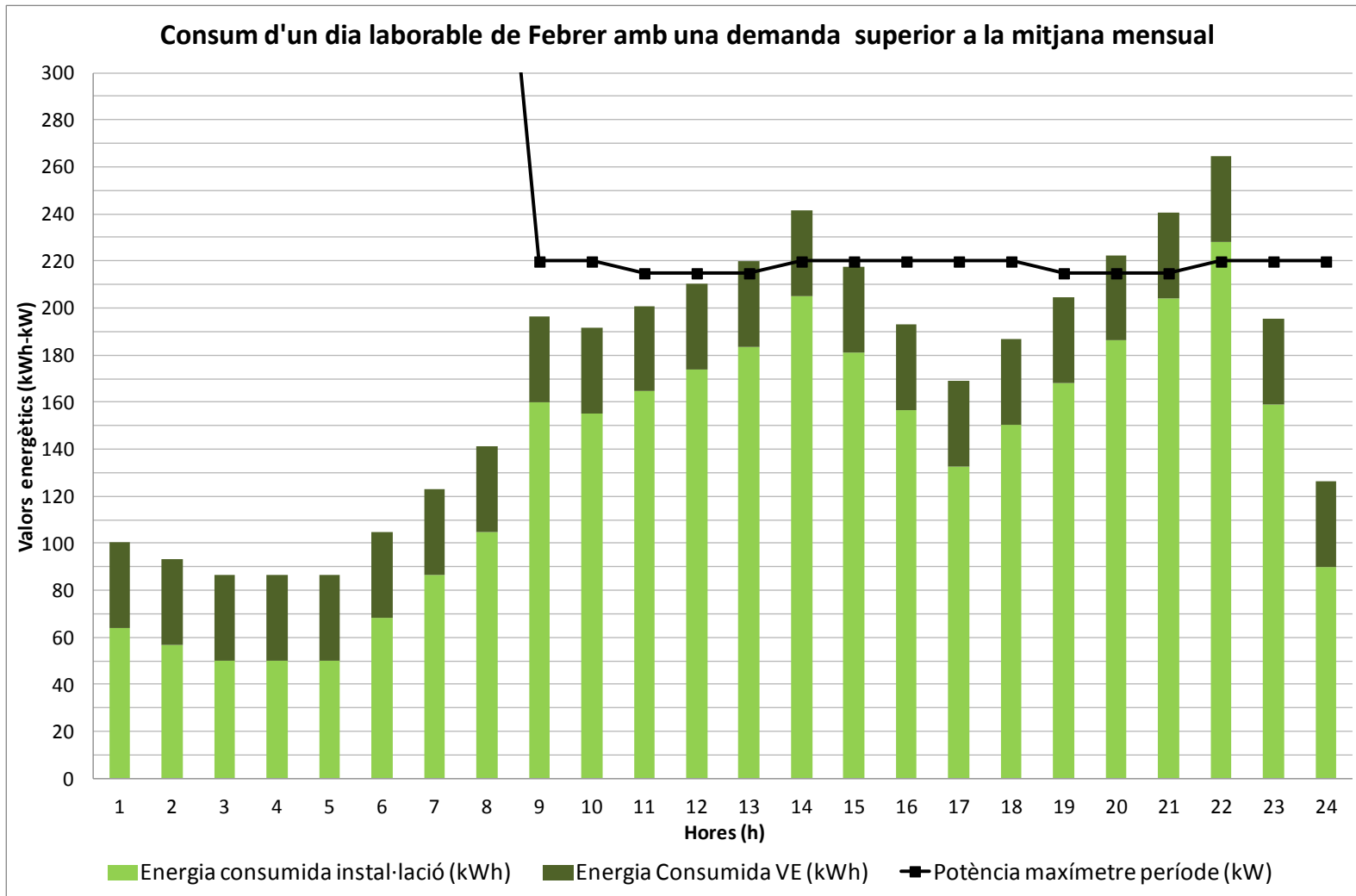


Figura 82. Demanda energètica de la instal·lació d'un dia laborable del mes de febrer, amb una demanda superior a la mitjana mensual. Base de partida dels diferents anàlisis posteriors. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.4.1. Resultats de la metodologia d'operació amb condicions normals en el subministrament elèctric

En aquest apartat s'observa la resposta de la microxarxa a l'escenari de demanda energètica de la instal·lació, representat en l'anterior figura 82. És a dir, en un dia laborable del mes de febrer, amb una demanda superior a la mitjana mensual i amb condicions normals de subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució.

Així, en la següent figura 83, es visualitzen els diferents fluxos de potència de la microxarxa, en cada franja horària, per abastir la demanda comentada. Fent referència a cadascuna de les diferents modalitats d'operació desenvolupades i, descrites en l'anterior apartat 5.3.2.2..

S'evidencia clarament, com la contribució fotovoltaica en les hores centrals i les bateries al final del dia, garanteixen l'abastiment, sense sobrepassar en cap moment el límit de potencia contractada en l'energia adquirida de la xarxa elèctrica. I així, també es comprova l'ajust d'ambdós recursos distribuïts, segons els criteris de determinació de la potencia nominal i capacitat energètica a instal·lar, descrits respectivament en els apartats 5.2.2. i 5.2.3..

Per altra banda, en la figura 84, s'observa la càrrega ràpida del subsistema d'emmagatzematge durant les 8 primeres hores, del següent dia, amb baixos costos dels peatges d'accés per l'energia adquirida. I fins i tot, el canvi a un règim més lent per acabar de càrrega el subsistema, durant les hores posteriors amb majors costos tarifaris.

Tant en el dia d'estudi com en el següent, idèntic a l'inicial, es pot visualitzar l'estat del subsistema d'emmagatzematge en les gràfiques de la figura 85.

Per tant, en aquest escenari més exigent, energèticament parlant, ja es pot justificar la viabilitat tècnica en la metodologia d'operació de la microxarxa, en condicions normals de subministrament elèctric.

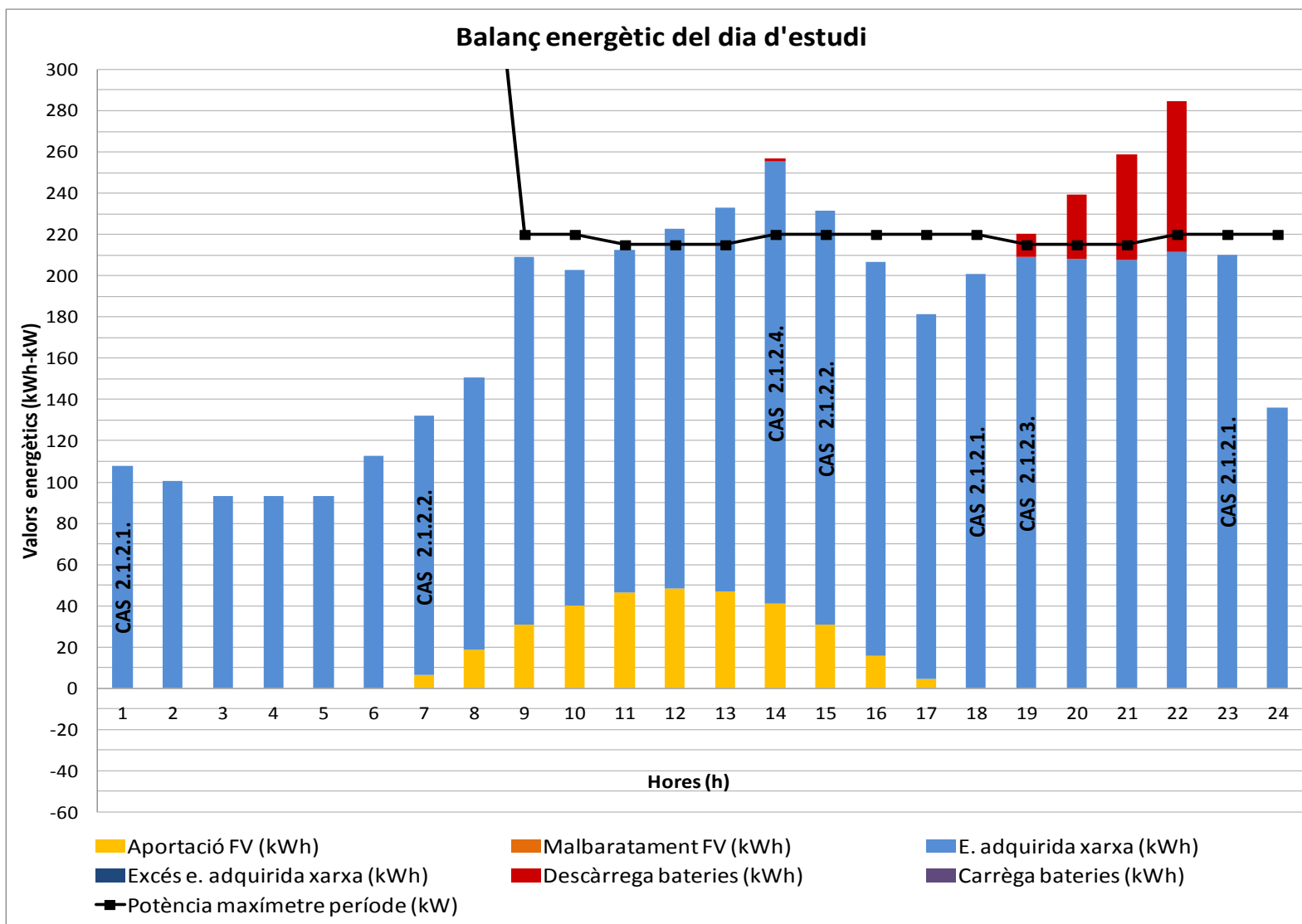


Figura 83. Balanç energètic dels fluxos de potència d'un dia tipus del mes de febrer, amb una demanda superior a la mitjana mensual. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

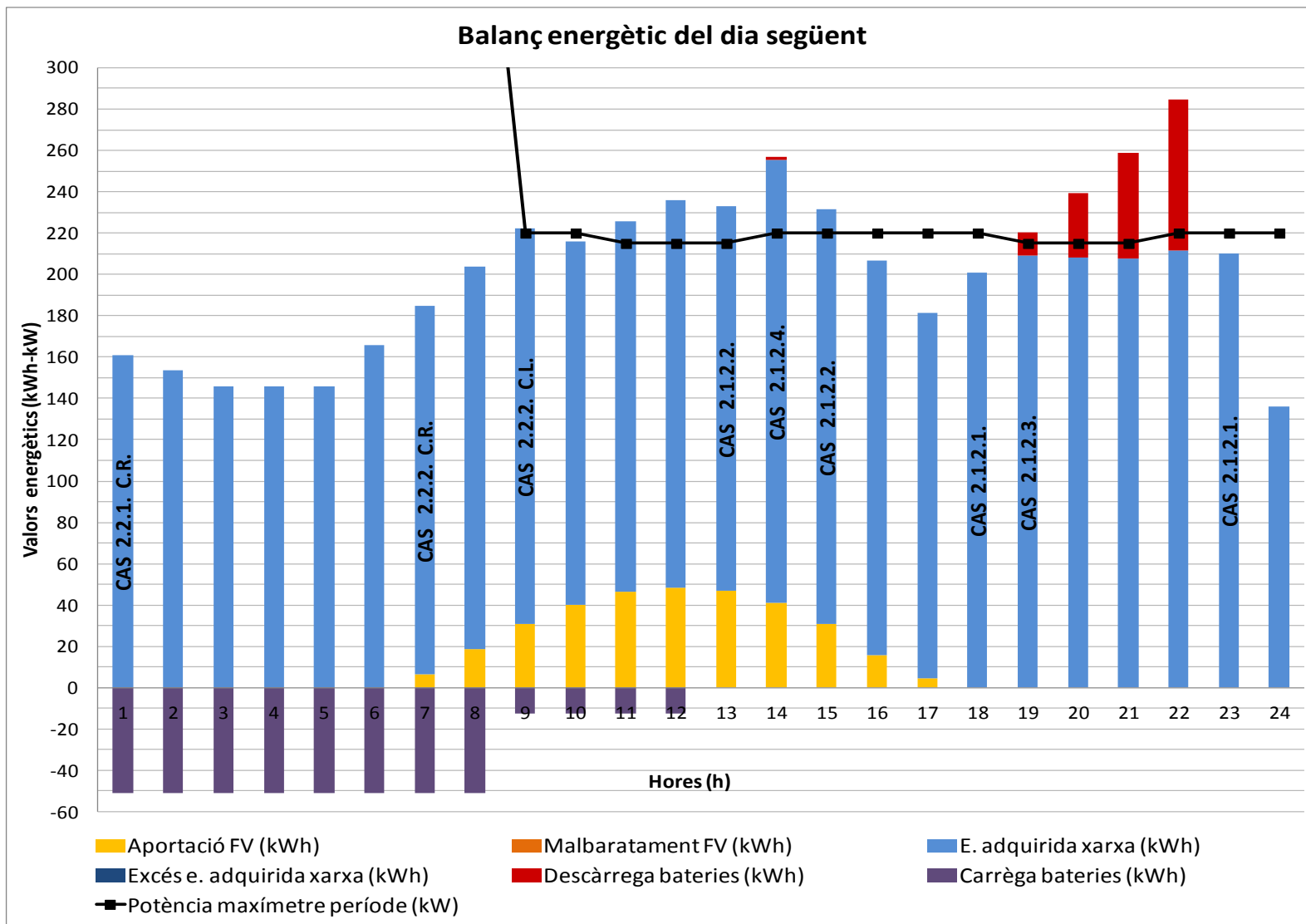


Figura 84. Balanç energètic dels fluxos de potència del dia següent estudiat, amb una demanda superior a la mitjana mensual. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

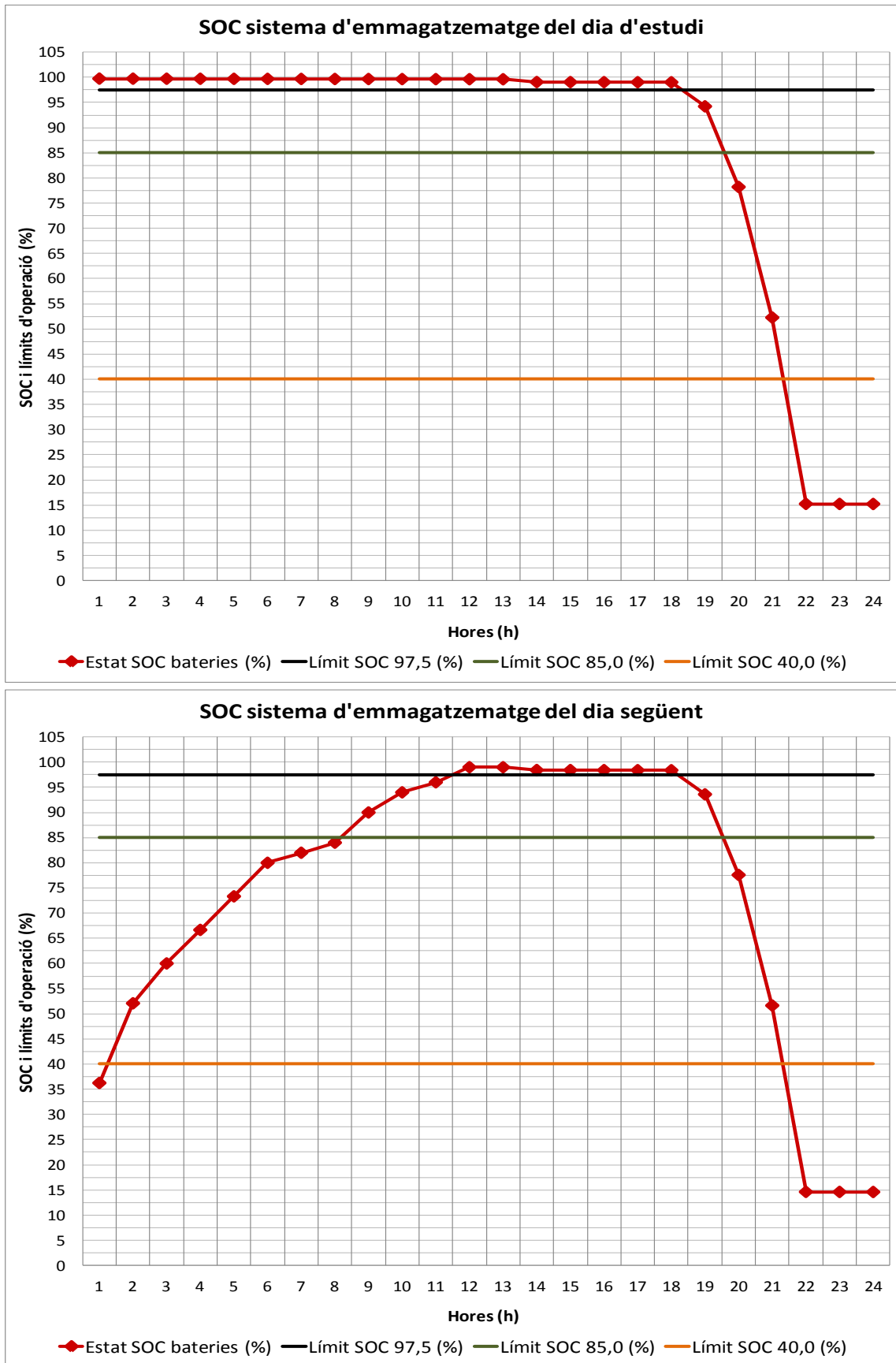


Figura 85. Evolució de l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'un dia tipus del mes de febrer, amb una demanda superior a la mitjana mensual. I evolució també del dia següent. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.4.2. Resultats de la metodologia d'operació amb un tall en el subministrament elèctric

En aquest apartat, es mostra la resposta de la microxarxa en un tall en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, mitjançant tres escenaris diferenciats. Justificant, així, la viabilitat tècnica en la metodologia d'operació de la microxarxa, amb un tall en el subministrament elèctric.

5.4.2.1. Escenari 1: tall en les primeres hores

Partint de la demanda energètica d'un dia laborable del mes de febrer amb consums per damunt la mitjana mensual, es simula un tall en el subministrament elèctric durant les primeres hores del dia. Més concretament, de les 0:00h a les 7:59h, tal i com es pot observar en la següent figura 86. Amb una demanda energètica esglaonada durant el tall, com s'ha descrit en l'apartat 5.2.1.1.

Així, en l'altra figura número 87, es visualitzen els diferents fluxos de potència per abastir, tant els consums crítics durant el tall com la posterior demanda energètica normal de la instal·lació. També, es fa referència a cadascuna de les diferents modalitats d'operació desenvolupades i, descrites en els anteriors apartats 5.3.2.1. i 5.3.2.2..

Per una banda, s'evidencia suficient capacitat energètica per abastir els consums crítics durant el tall, mitjançant l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge representat en la figura 89.

Per altra banda, s'observa com es desenvolupa un règim de càrrega ràpida, iniciat just després del tall, per restablir l'estat del subsistema d'emmagatzematge que garanteix l'abastiment percentual del pic de consum en les últimes hores del dia. Règim de càrrega, que provoca haver d'assumir la corresponent penalització econòmica, ja que s'adquireix electricitat per damunt del límit de potència contractada.

I finalment, en la figura 88, s'observa la càrrega profunda del subsistema d'emmagatzematge en el dia següent, de la mateixa forma descrita i representada, en l'anterior apartat 5.4.1..

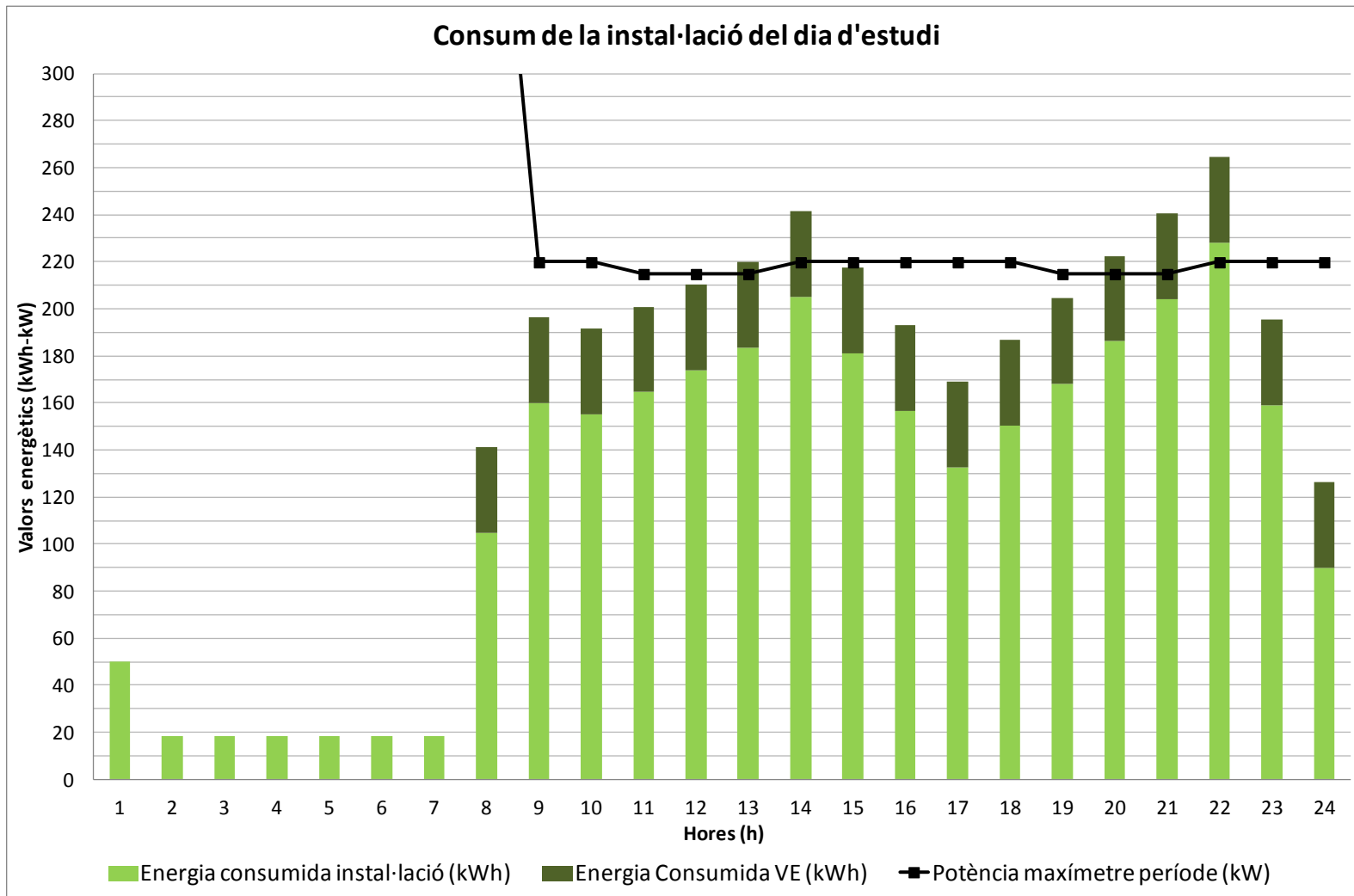


Figura 86. Demanda energètica de la instal·lació d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 0:00h a les 7:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

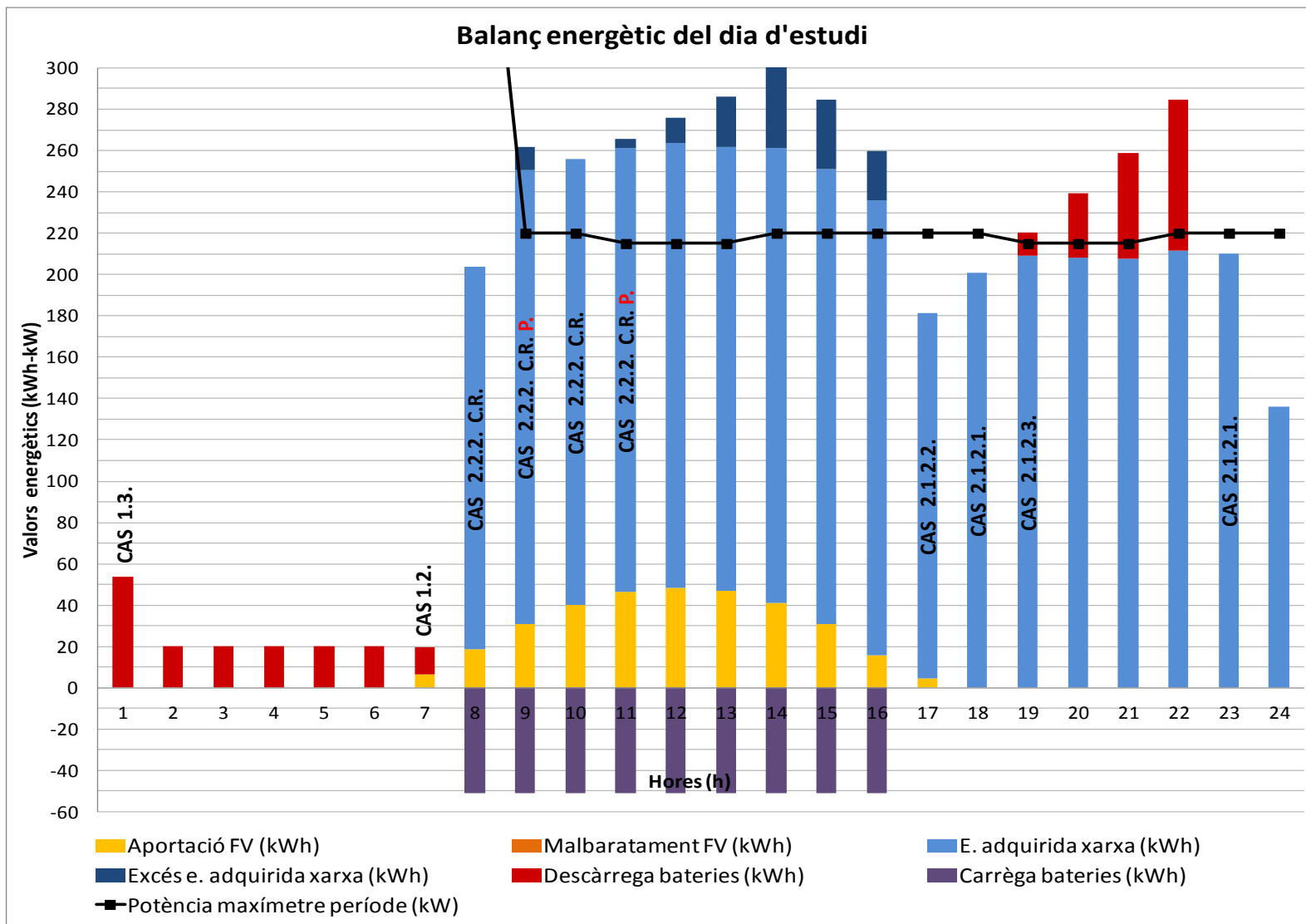


Figura 87. Balanç energètic dels fluxos de potència d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 0:00h a les 7:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

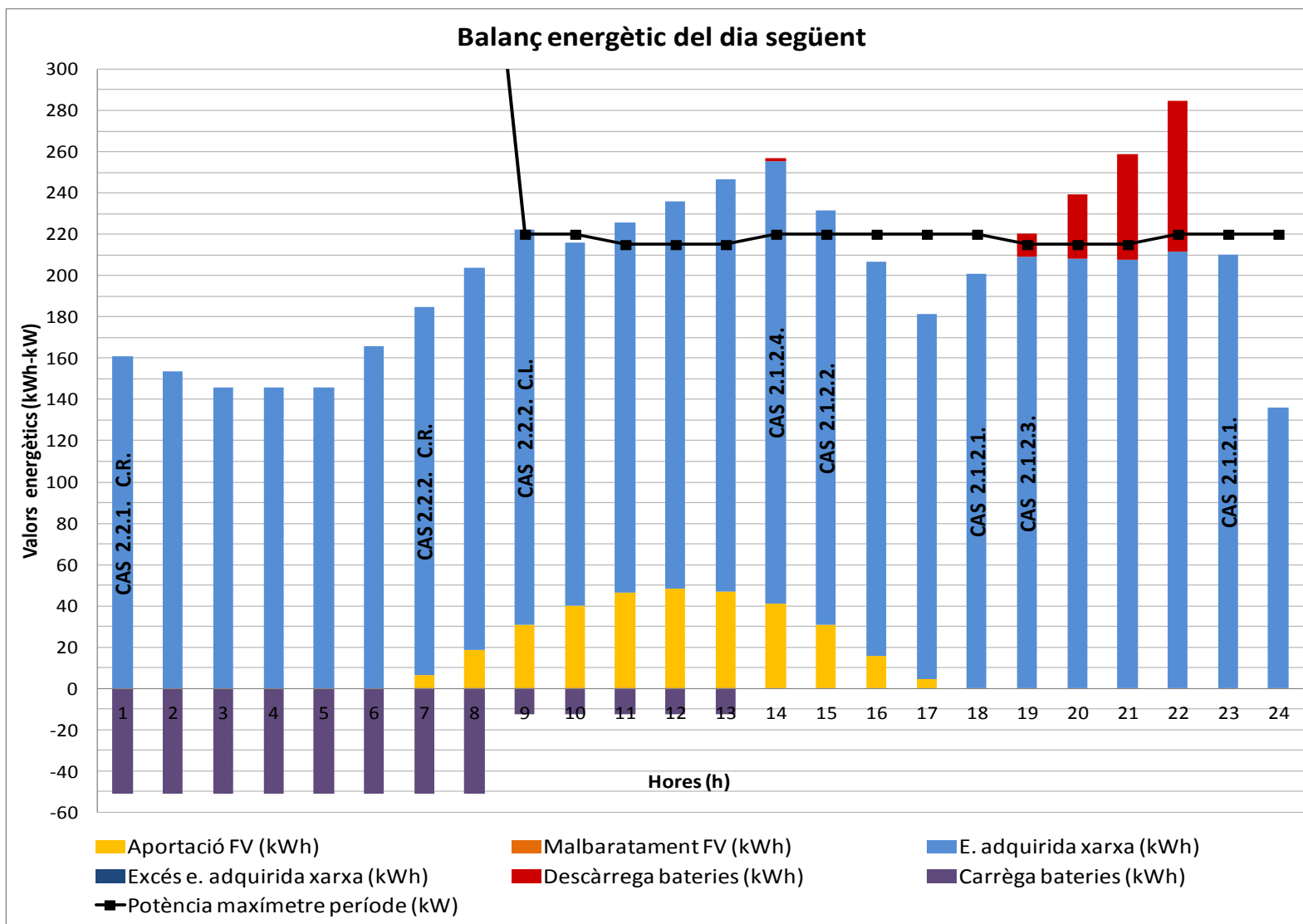


Figura 88. Balanç energètic dels fluxos de potència del dia següent estudiat, amb un tall en el subministrament elèctric de les 0:00h a les 7:59h.. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

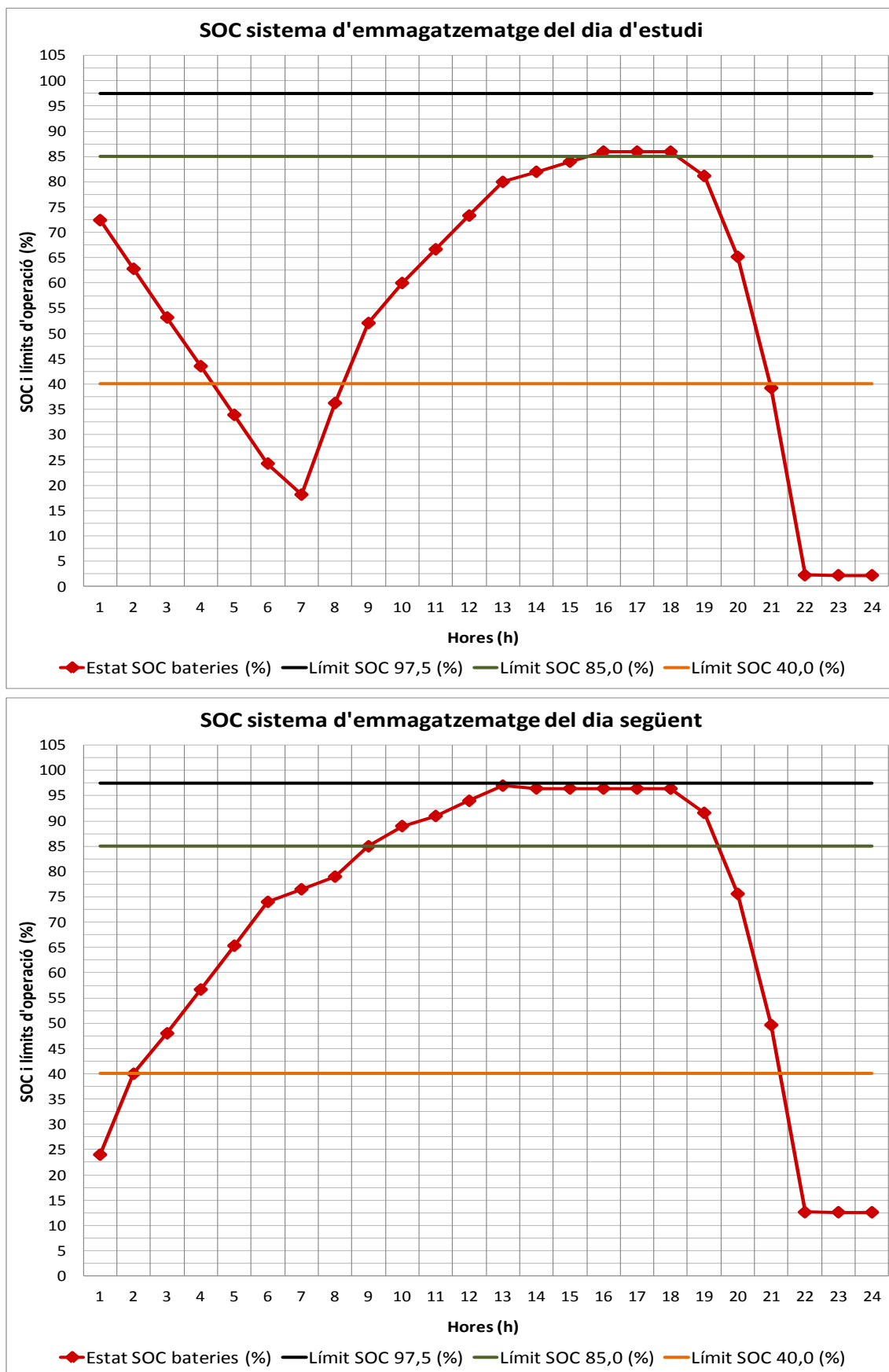


Figura 89. Evolució de l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 0:00h a les 7:59h. I evolució també del dia següent. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.4.2.2. *Escenari 2: tall en les hores centrals del dia*

Tornant a partir de la mateixa demanda energètica, d'un dia laborable del mes de febrer amb consums per damunt la mitjana mensual. En aquest escenari, es simula un tall en el subministrament elèctric en les hores centrals del dia, més concretament, de les 6:00h a les 15:59h, tal i com es pot observar en la següent figura 90.

Seguidament, en l'altra figura número 91, es visualitza com la producció fotovoltaica permet abastir els consums crítics durant el tall i, fins i tot, destinar energia per desenvolupar un règim de càrrega lent de les bateries. Tot i aquests dos processos, malauradament, segueix existint un petit excedent d'energia fotovoltaica que es malbaratarà.

Finalment, en la figura 92, s'observa clarament l'evolució de l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge, segons els fluxos de potència comentats.

Val a dir que tant en aquest escenari com en el posterior, ja no es representa la gràfica dels fluxos de potència i l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge del dia següent al d'estudi. Perquè, són molt similars als casos anteriors.

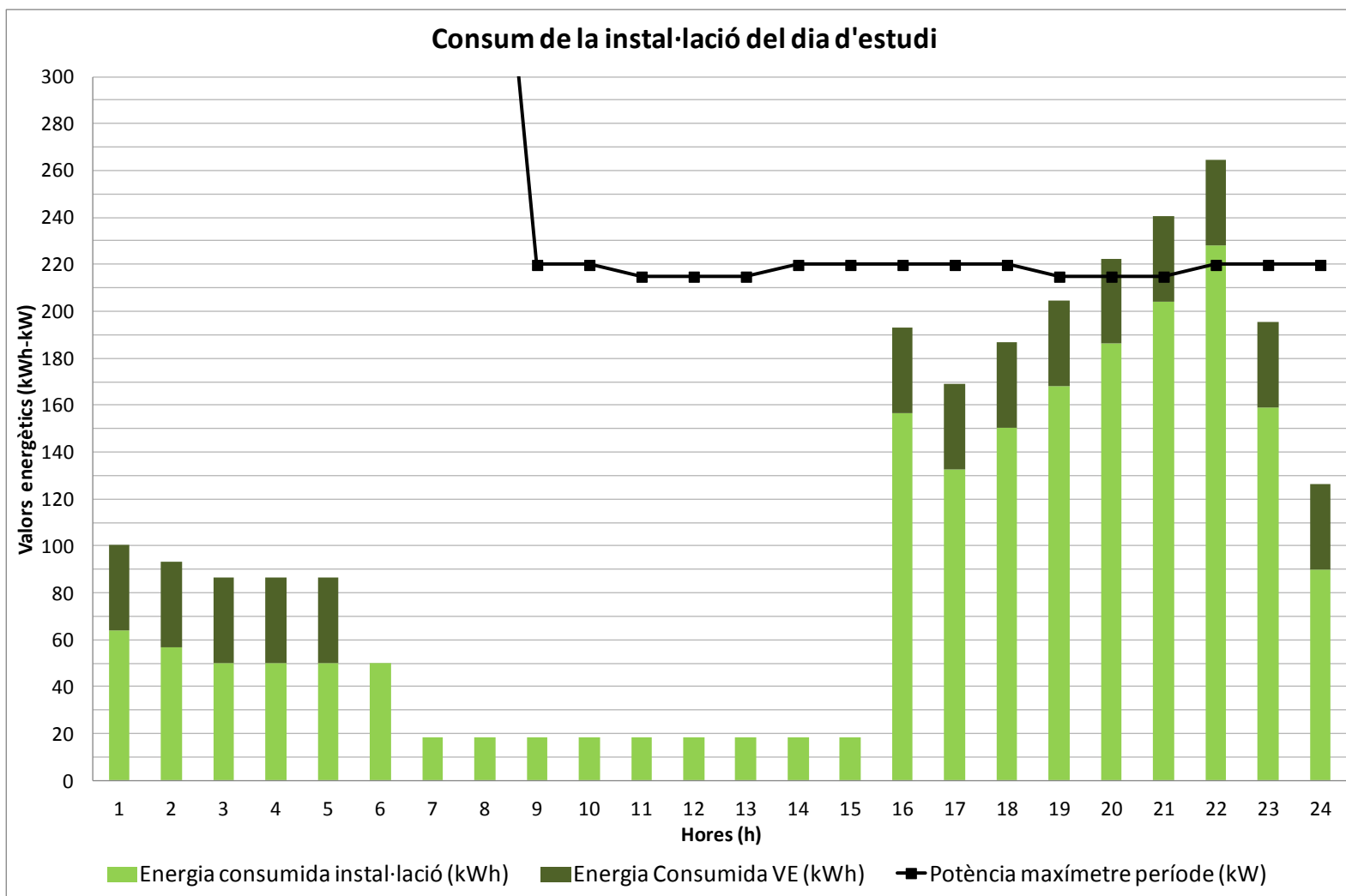


Figura 90. Demanda energètica de la instal·lació d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 6:00h a les 15:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

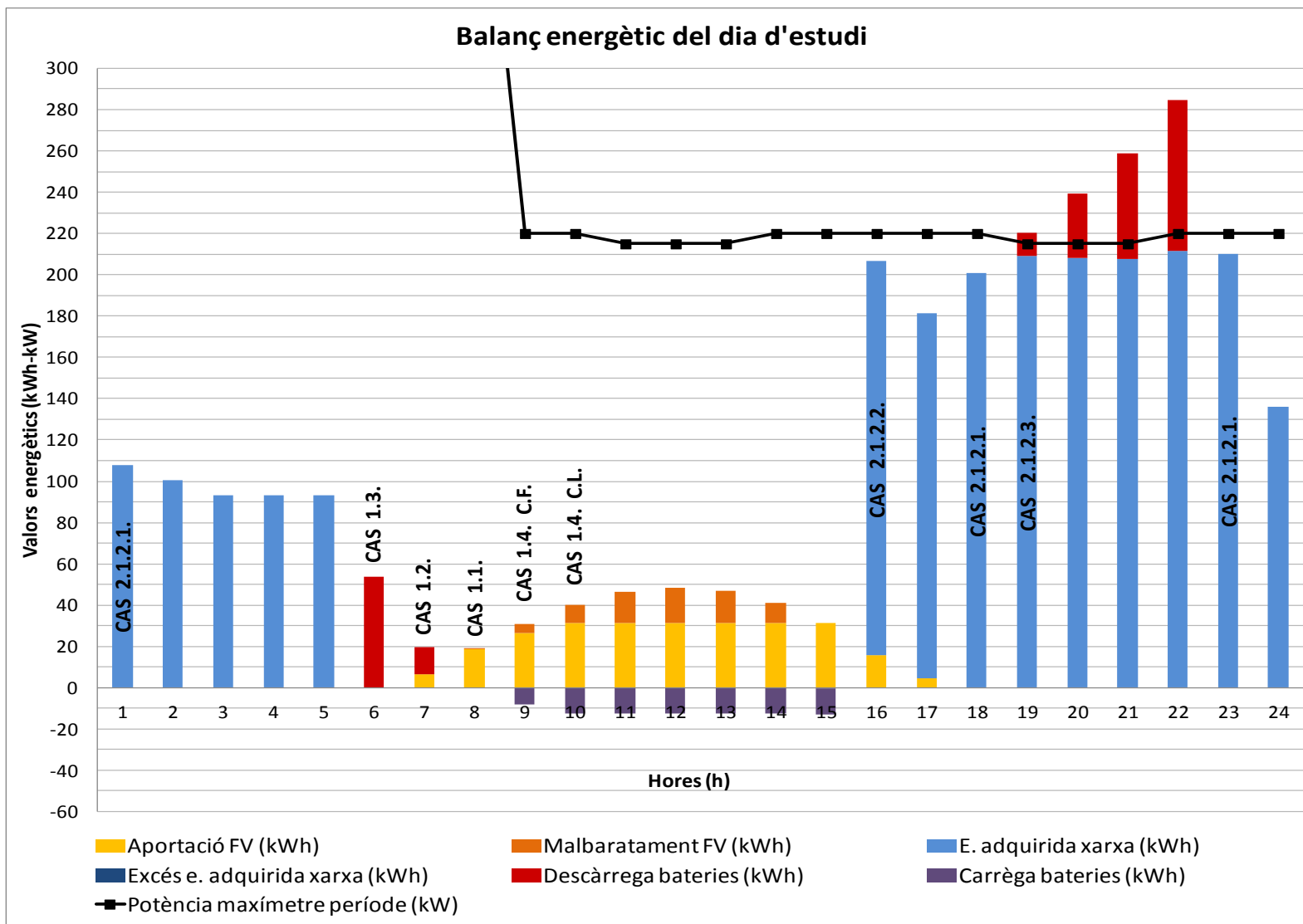


Figura 91. Balanz energètic dels fluxos de potència d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 6:00h a les 15:59h.. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

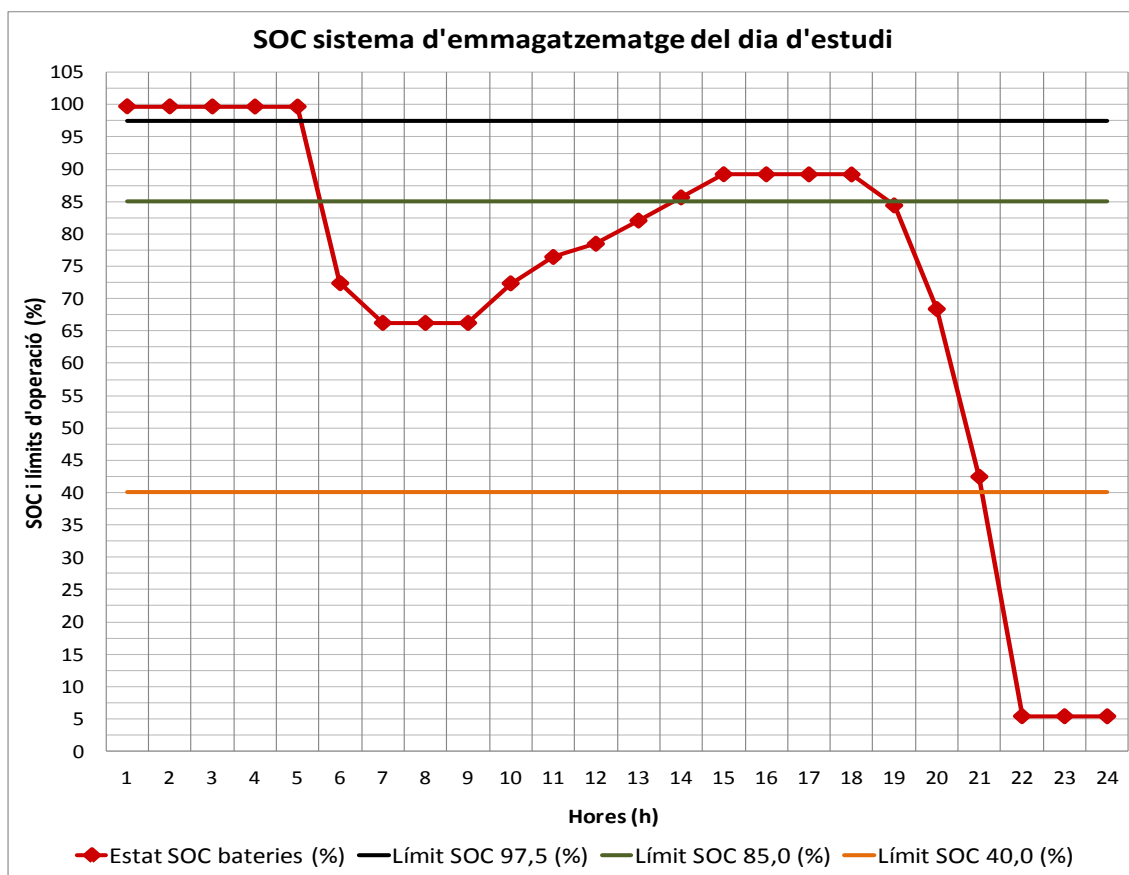


Figura 92. Evolució de l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 6:00h a les 15:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.4.2.3. Escenari 3: tall en les últimes hores del dia

De la mateixa demanda energètica, d'un dia laborable del mes de febrer amb consums per damunt la mitjana mensual, es simula un tall en el subministrament elèctric en les últimes hores del dia. Més concretament, de les 18:00h a les 20:59h, tal i com s'observa en la següent figura 93.

S'evidencia com el subsistema d'emmagatzematge abasteix els consums mínims durant el tall i, contribueix al primer pic de consum per damunt del límit de potència contractada, just després de restablir-se les condicions de la xarxa elèctrica. Però, es queda amb un estat de càrrega per sota el mínim de capacitat energètica, descrit en l'anterior subapartat 5.3.2.2..

I per tant, el sistema de gestió obliga a desenvolupar un règim de càrrega ràpida indiferentment de la restricció energètica pel límit de potència contractada ja que no es podria contribuir en l'abastiment del segon pic de consum.

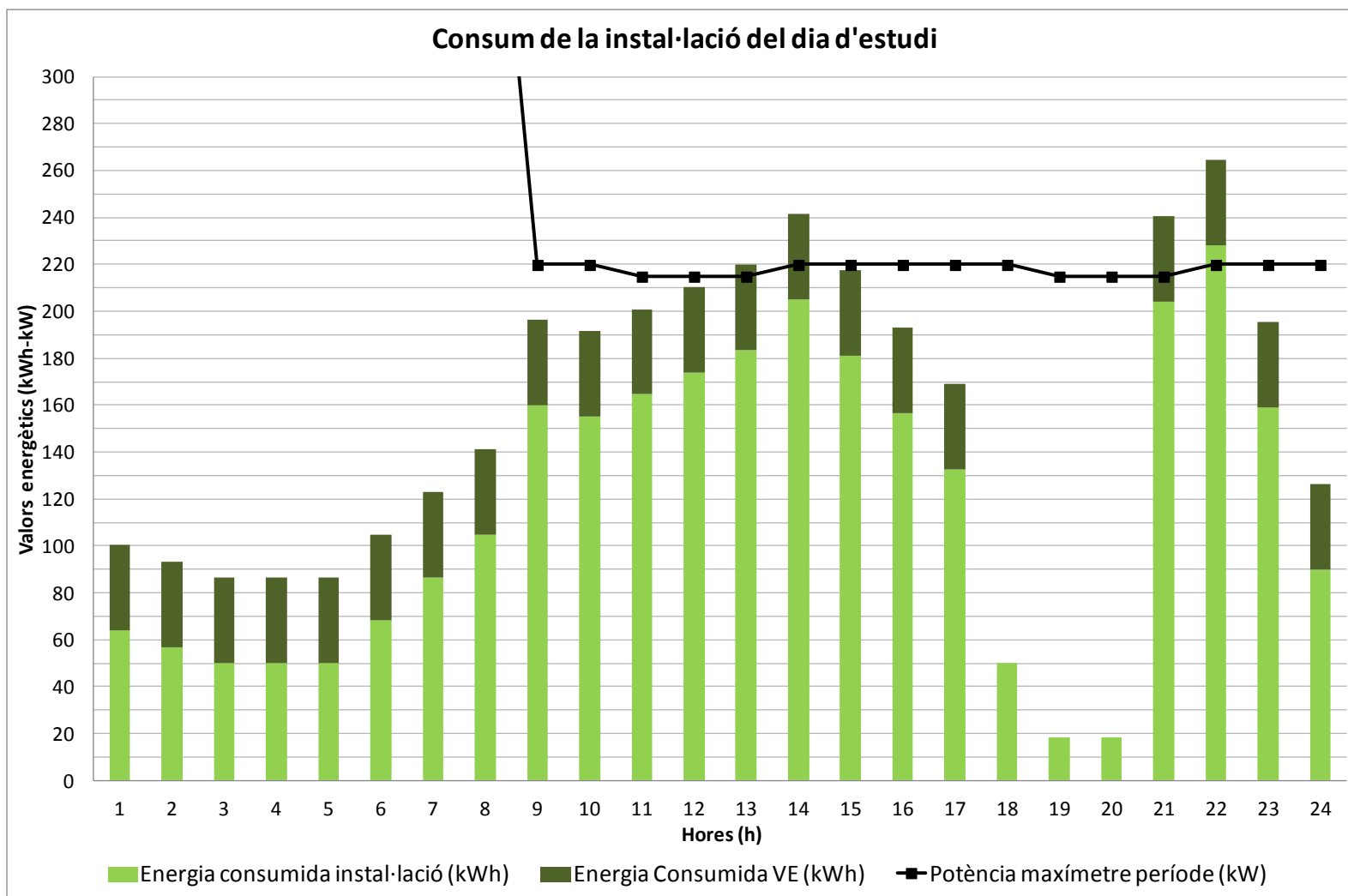


Figura 93. Demanda energètica de la instal·lació d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 18:00h a les 20:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic"

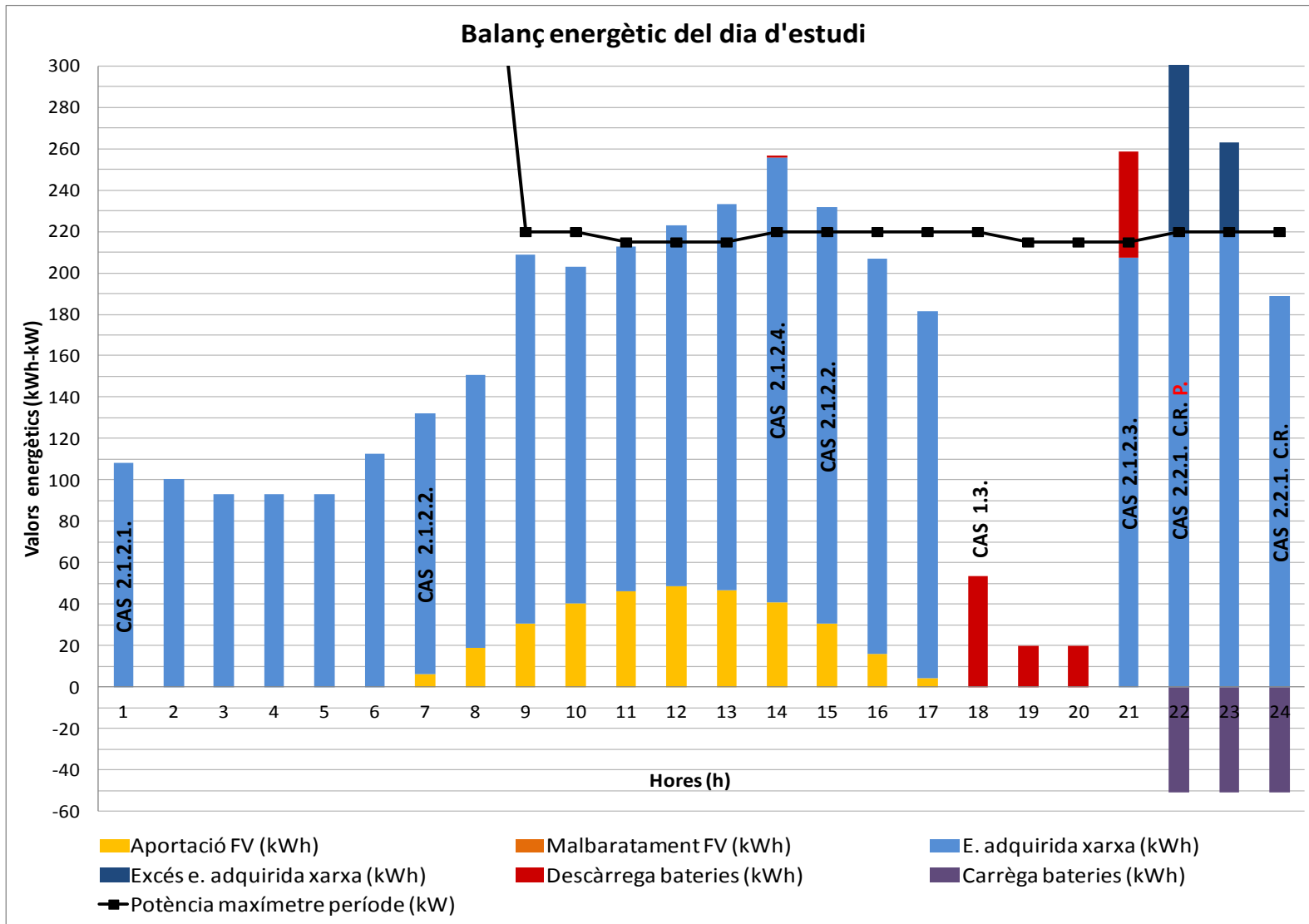


Figura 94. Balanç energètic dels fluxos de potència d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 18:00h a les 20:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

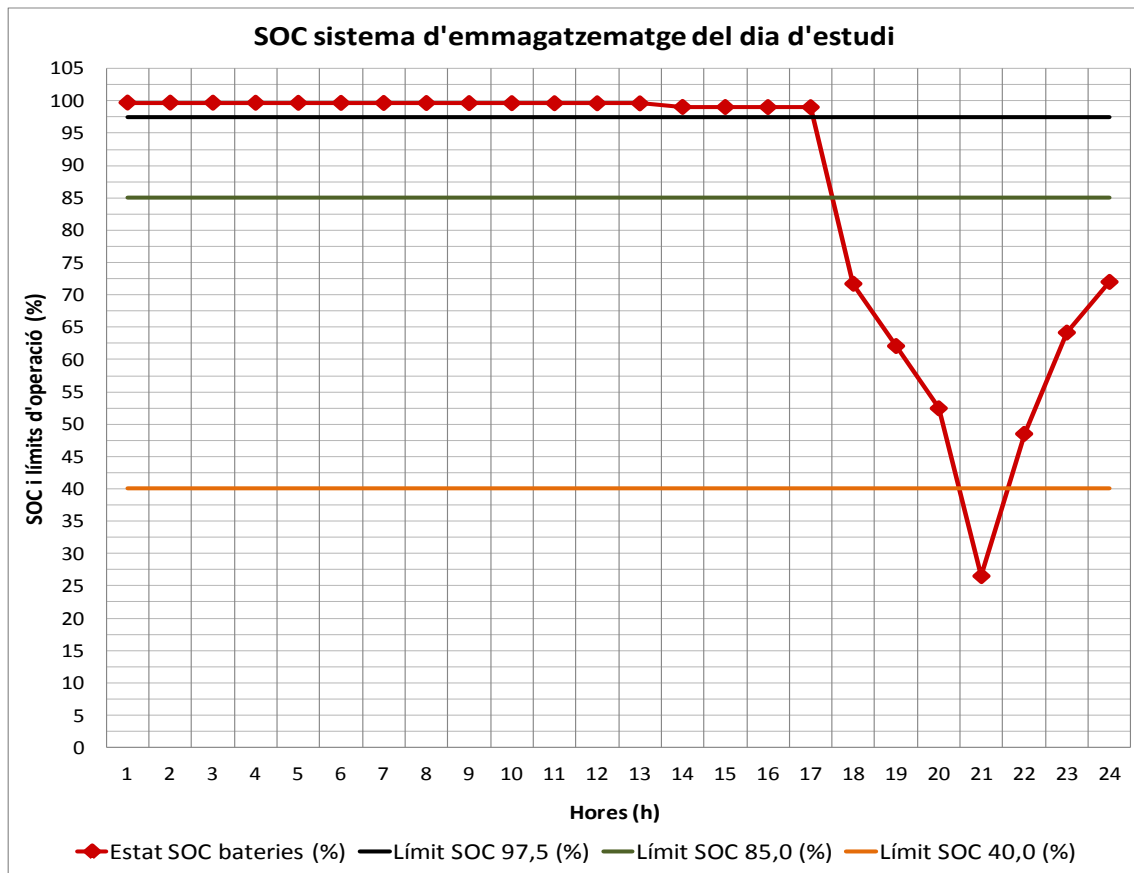


Figura 95. Evolució de l'estat de càrrega del subsistema d'emmagatzematge d'un dia tipus del mes de febrer, amb un tall en el subministrament elèctric de les 18:00h a les 20:59h. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.4.3. Anàlisi d'altres escenaris mitjançant el full de càlcul

El full de càlcul de l'Annex X, del Volum III, anomenat "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic", permet sotmetre els particulars criteris de gestió energètica, descrits en l'anterior apartat 5.3.1., a diferents escenaris. Per tant, es una eina d'anàlisi de la viabilitat tècnica de la microxarxa, és a dir, de la capacitat de satisfer les prioritats bàsiques del sistema de gestió plantejat pel cas pràctic.

El full de càlcul s'enfoca a analitzar els criteris del sistema de gestió en cadascun dels dotze mesos de l'any. Amb la particularitat que el mes de juny s'analitza en cadascuna de les dues quinzenes, per la diferència en els períodes tarifaris, recollits en l'anterior taula 9 del subapartat 5.1.2.2.. Així, per cadascun dels mesos de l'any es contempen set dies, és a dir, una setmana, amb els cinc primers dies laborals (de dilluns a divendres) i els dos darrers sent festius (dissabte i diumenge). I amb una precisió horària per cadascun dels dies de la setmana.

Taula 11. Equivalències entre els valors numèrics utilitzats en el full de càlcul i els instants temporals. Font pròpia.

Mesos de l'any		Dies de la setmana		
Mes 1	<i>Gener</i>	Dia 1	<i>Dilluns</i>	<i>Laborables</i>
Mes 2	<i>Febrer</i>	Dia 2	<i>Dimarts</i>	
Mes 3	<i>Març</i>	Dia 3	<i>Dimecres</i>	
Mes 4	<i>Abril</i>	Dia 4	<i>Dijous</i>	
Mes 5	<i>Maig</i>	Dia 5	<i>Divendres</i>	
Mes 6,1	<i>1a quinzena juny</i>	Dia 6	<i>Dissabte</i>	<i>Festius</i>
Mes 6,2	<i>2a quinzena juny</i>	Dia 7	<i>Diumenge</i>	
Mes 7	<i>Juliol</i>			
Mes 8	<i>Agost</i>			
Mes 9	<i>Setembre</i>			
Mes 10	<i>Octubre</i>			
Mes 11	<i>Novembre</i>			
Mes 12	<i>Desembre</i>			

Per altra banda, val a dir, que s'emmarquen de color vermell les caselles que permeten introduir valors diferents per analitzar d'altres escenaris, tal i com es descriu seguidament. En verd, els comentaris d'ajuda per la utilització del full de càlcul i, en groc els corresponents resultats obtinguts.

5.4.3.1. Creació d'escenaris variats d'anàlisi de la microxarxa

Seguidament, es descriu la metodologia per modificar els paràmetres de l'eina d'anàlisi per desenvolupar diferents escenaris:

- Modificació dels valors de potència contractada reduïts; A la part superior de la pestanya "Escenaris" i emmarcat de color vermell, tal i com es mostra en la següent captura de pantalla del full de càlcul.

Valors potència contractada segons període tarifari		
	ANTIGA	NOVA
P1 (kW)	320	215
P2 (kW)	320	220
P3 (kW)	320	220
P4 (kW)	320	220
P5 (kW)	320	220
P6 (kW)	451	451

Figura 96. Modificació dels valors de potència reduïts. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

- Introducció dels talls en el subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució; A la part central de la pestanya "Escenaris", del full de càlcul i també emmarcat de color vermell, tal i com es mostra en la següent captura de pantalla. Amb la possibilitat d'introduir un tall en qualsevol franja horària d'un dia d'un determinat mes de l'any. Però amb la particularitat que els valors numèrics s'han d'introduir de forma creixent tal i com s'observa en l'exemple subratllat de color verd.

Assignar els talls en el subministrament elèctric introduint les corresponents hores de la primera "1" a l'última "10" o menys. Tal i com s'emmarca marcat de color verd el dia tipus 1 de març.

TALL XARXA ELÈCTRICA: Assignar de 1h a 10h //1h-60hW i 2h-12h=18,5hW//																							
Dis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Mes 1																							
Mes 2																							
Mes 3																							
Mes 4																							
Mes 5																							
Mes 6,1																							
Mes 6,2																							
Mes 7																							
Mes 8																							
Mes 9																							
Mes 10																							
Mes 11																							
Mes 12																							

Figura 97. Introducció de les franges horàries amb talls en el subministrament elèctric. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

- Introducció de la posada en funcionament de les diferents estacions de càrrega de vehicles elèctrics; com també es mostra en la següent captura de pantalla. Introduint els valors numèrics de la taula de la pestanya "Consum i períodes", sintetitzats seguidament:
 - 1; funcionament del punt de recàrrega ràpida i els dos semi-ràpids.
 - 2; funcionament del punt de recàrrega ràpida i un de semi-ràpida.
 - 3; funcionament dels dos punts de recàrrega semi-ràpida.
 - 4; funcionament del punt de recàrrega ràpida.
 - 5; funcionament d'un punt de recàrrega semi-ràpida.

Assignar les diferents estacions de recàrrega en funcionament que es desitja, introduint el valor numèric corresponent a cada punt de càrrega, segons la taula de la pestanya "Consum i períodes".

PUNT RECÀRGA VE: 1= (R) + (2+SR) // 2= (R) + (SR) // 3= 2 + (SR) // 4= (R) // 5= (S)																							
Dis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Mes 1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 6,1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 6,2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mes 12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Figura 98. Introducció de la posada en funcionament de les diferents estacions de càrrega de vehicles elèctrics. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

- Introducció d'escenaris diferents en les pertinents demandes energètiques de la instal·lació; A la part central de la pestanya "Escenaris", del full de càlcul i també emmarcat de color vermell, tal i com es mostra en la següent captura de pantalla. Amb la possibilitat d'introduir els següents escenaris, per cadascun dels dies de la setmana:
 - Demanda energètica de la instal·lació mitjana (L.Mig); és a dir, la mitjana dels consums, extrets de les factures elèctriques, recollides en l'Annex VIII del Volum III, i diferenciant per mesos i per dies laborables/festius.
 - Demanda energètica de la instal·lació del pitjor dia del mes (L.Pitjor mes); és a dir, la demanda energètica del pitjor dia del corresponent mes, diferenciant, també, per mesos i per dies laborables/festius.

ESCENARI TIPUS DE CONSUM DE LA INSTAL·LACIÓ							
Dia:	1	2	3	4	5	6	7
Escenari consum	L.Mig	L.Pitjor_mes	L.Pitjor_mes	L.Mig	L.Mig	F.Mig	F.Pitjor_mes

Figura 99. Introducció d'escenaris amb diferent demanda energètica de la instal·lació. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

- Introducció de l'any d'anàlisi, dels rendiments i dels factors de degradació en el temps dels diferents elements de la microxarxa; A la part més inferior de la pestanya "Escenaris", del full de càlcul i també emmarcat de color vermell, tal i com es mostra en la següent captura de pantalla. Val a dir que els valors introduïts coincideixen amb els catàlegs de cadascun dels models comercials instal·lats en la microxarxa.

	Valor
Any d'estudi:	2016
	Valor (%)
Rendiments:	
Rend. Inversor híbrid:	96
Rend. Inversor FV:	96,8
Factors de degradació:	
Fact. Degr. Inversor híbrid:	0,05
Fact. Degr. Inversor FV:	0,025
Fact. Degr. Panells FV:	0,25
Fact. Degr. Bateries:	0

Figura 100. Introducció de l'any d'anàlisi i dels pertinents valors dels rendiments i factors de degradació progressius en el temps. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.4.3.2. Observació dels resultats energètics de l'escenari creat

La variació dels respectius paràmetres, descrits anteriorment, permet analitzar i visualitzar el comportament de la microxarxa en l'escenari creat, a partir de la pestanya "R_Energètics" del full de càlcul. Introduint, en primer lloc, el corresponent dia del determinat mes que es vol analitzar, mitjançant els valors numèrics sintetitzats en l'anterior taula número 11, tal i com s'observa en la figura següent.

The image shows a screenshot of a software interface with a grid background. There are two red rectangular input boxes. The top box contains the text 'MES' followed by a small table with '6,1' in the right cell. The bottom box contains the text 'DIA' followed by a small table with '3' in the right cell.

Figura 101. Introducció del corresponent dia d'un determinat mes que es desitja analitzar els pertinents fluxos energètics. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

D'aquesta manera, en aquesta pestanya es visualitzen els resultats enumerats, tal i com també s'observa en la captura de pantalla de la pàgina següent.

- Demanda energètica de la instal·lació.
- Energia adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució.
- Energia produïda pel subsistema fotovoltaic.
- Balanç energètic dels diferents fluxos de potència entre els diferents elements de la instal·lació.
- Balanç energètic del subsistema d'emmagatzematge.
- Energia pèrdua en cadascun dels fluxos energètics, segons les especificacions descrites en l'anterior punt 4.4.

Val a dir que tots i cadascun d'aquests resultats s'observen gràfica i detalladament pel dia d'estudi i, de forma més sintetitzada en el corresponent dia anterior i posterior del d'anàlisi. D'aquesta manera, s'obté una visió més àmplia de l'evolució operativa de la microxarxa en el temps.

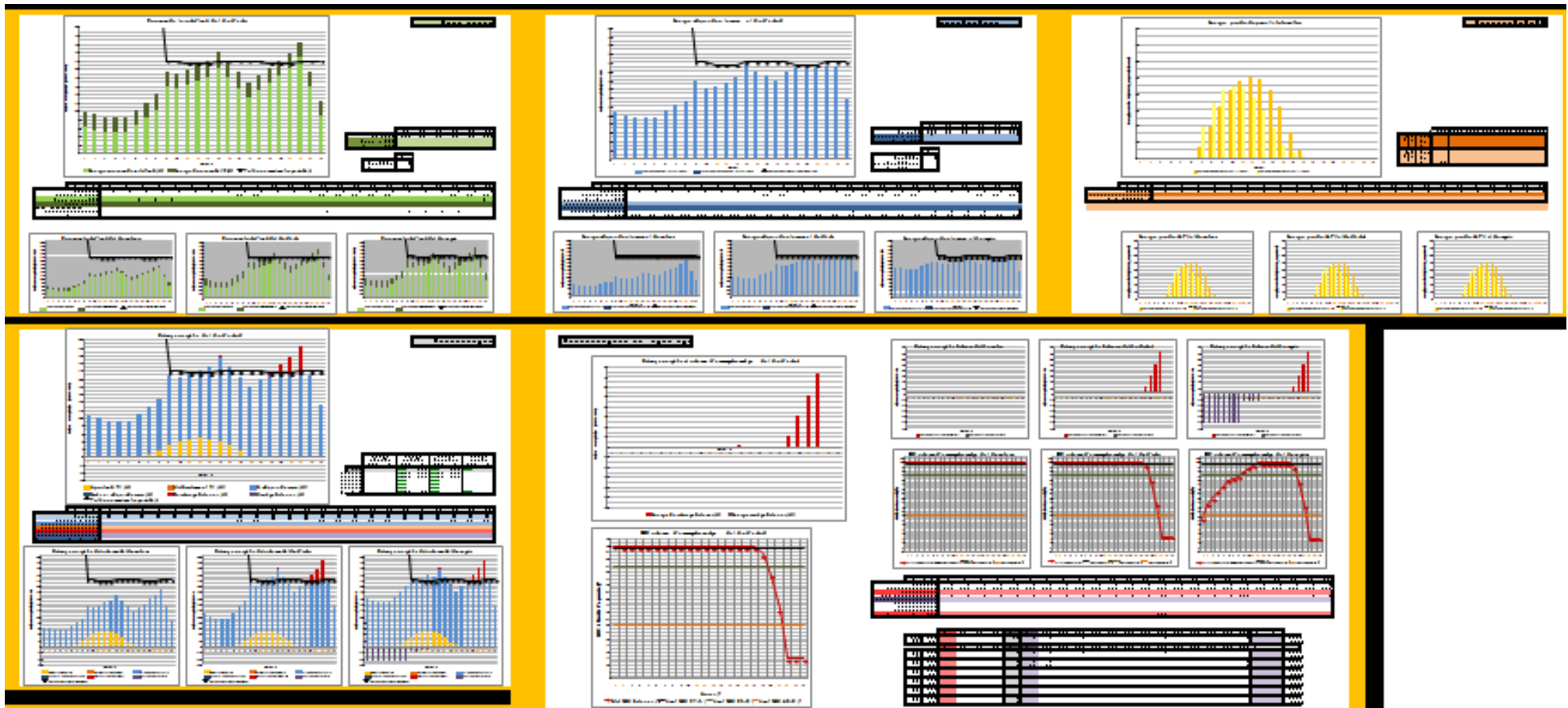


Figura 102. Pestanya d'observació dels resultats d'operació en funció de l'escenari desenvolupat. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.5. Resultats econòmics del sistema plantejat

En aquest punt, s'analitza la viabilitat econòmica del sistema particular de gestió energètica òptima de la microxarxa plantejada pel local en qüestió. D'aquesta manera, partint del pressupost de implantació del sistema plantejat, s'analitzen diferents escenaris econòmics per analitzar, en cada cas, el corresponent període de retorn de la inversió.

5.5.1. Estalvi econòmic en la despesa energètica de la instal·lació

L'aplanament de la corba d'energia adquirida en el subministrament de la xarxa elèctrica, juntament amb la reducció de la potència contractada, en cadascun dels diferents períodes tarifaris, permet aconseguir una notable reducció econòmica en la factura elèctrica mensual.

Ara bé, la nova instal·lació autoprodutora s'ha d'acollir a la corresponent modalitat d'autoconsum, modificant l'actual contracte d'accés, tal i com s'ha descrit en l'anterior apartat 3.2.1.. I més concretament, acollir-se a la modalitat d'autoconsum tipus 2 de caràcter general, ja que la potència contractada en tots els períodes tarifaris es superior a 100kW.

Per una banda, la instal·lació segueix sotmesa a l'aplicació dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica per l'energia adquirida, tal i com es descriu en els anteriors apartats 3.3.1. i 3.3.2.. I per l'altra banda, als pertinents costos dels càrrecs de la modalitat d'autoconsum, descrits en els anteriors apartats 3.3.3. i 3.3.4..

Fins i tot, l'establiment haurà d'assumir la corresponent penalització econòmica, comentada en l'apartat 3.3.1., quan adquireixi energia per damunt del límit de potència contractada. Fet, que com s'ha comentat en el subapartat 5.3.2.2., pot produir-se després d'un tall en el subministrament elèctric del local, per carregar el subsistema d'emmagatzematge.

D'aquesta manera, per l'anàlisi econòmic anual, es parteix d'un escenari base amb una demanda energètica de la instal·lació similar als consums recollits en les factures de l'Annex VIII, del Volum III. Escenari, dividit en cadascun dels mesos de l'any: en dies amb uns consums segons la mitjana de demanda energètica de la instal·lació i, en alguns d'ells amb pics més elevats.

I així, s'obtenen els resultats de la següent figura, on s'observa la comparativa anual entre la instal·lació existent en l'establiment i, la nova configuració plantejada. Diferències representades en cadascun dels corresponents costos: pel terme de facturació de potència activa, d'energia activa, els càrrecs fixos en funció de la potència autoconsumida i, també, els variables per l'energia autoconsumida.

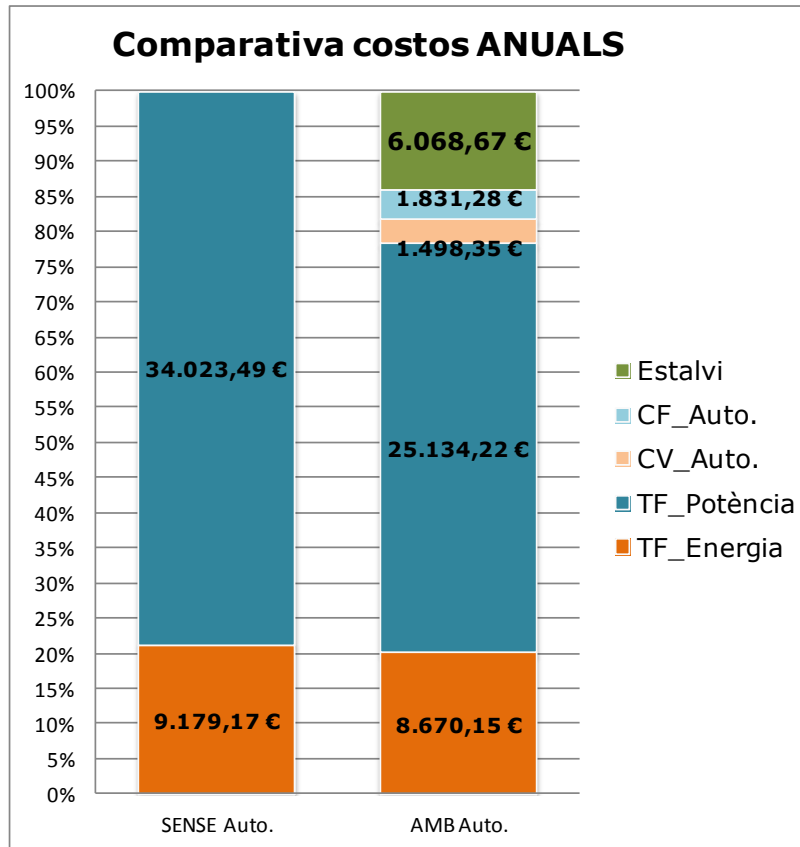


Figura 103. Costos energètics segons el marc normatiu actual, comparativa entre els costos la instal·lació existent en l'establiment i la nova configuració plantejada. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

Seguidament, en la figura 104, es desglossen individualment cadascun dels termes recollits en l'anterior gràfic, obtenint una visió més àmplia i detallada, dels termes en que s'aconsegueix una major reducció econòmica.

Val a dir que en la pestanya "R_Econòmics" del full de càlcul de l'Annex X, del Volum III, anomenat "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic", es pot visualitzar les mateixes comparatives de les figures 103 i 104, per cadascun dels respectius mesos de l'any.

D'aquesta manera, s'aconsegueix un estalvi econòmic major de 6.000€ amb la reducció de la potencia contractada en la instal·lació, efectuada mitjançant la implantació del sistema plantejat. I, actualment, aquest estalvi rondaria als 9.400€, ja que encara no s'apliquen els càrrecs fixos i variables de la modalitat d'autoconsum, tal i com s'ha descrit en l'apartat 3.3.3..

		TOTAL ANUAL					
		Inst. SENSE Autoconsum		Inst. AMB Autoconsum		Estalvi	
		(EUR)	(%)	(EUR)	(%)	(EUR)	(%)
Peatge d'accès a les xarxes	Terme facturació energia:	9.179,17 €	21,25	8.670,15 €	23,35	509,03 €	8,39
	Terme facturació energia, P1:	3.066,38 €	7,10	2.791,22 €	7,52	275,16 €	4,53
	Terme facturació energia, P2:	2.891,47 €	6,69	2.809,24 €	7,57	82,23 €	1,36
	Terme facturació energia, P3:	783,97 €	1,81	694,34 €	1,87	89,63 €	1,48
	Terme facturació energia, P4:	625,86 €	1,45	566,35 €	1,53	59,50 €	0,98
	Terme facturació energia, P5:	548,74 €	1,27	471,37 €	1,27	77,38 €	1,28
	Terme facturació energia, P6:	1.262,76 €	2,92	1.337,63 €	3,60	-74,87 €	-1,23
Càrrecs associats als costos del sistema elèctric	Càrrec variable autoconsum FV:			1.423,24 €	3,83	-1.423,24 €	-23,45
	Càrrec variable autoconsum FV, P1:			221,82 €	0,60	-221,82 €	-3,66
	Càrrec variable autoconsum FV, P2:			169,43 €	0,46	-169,43 €	-2,79
	Càrrec variable autoconsum FV, P3:			95,02 €	0,26	-95,02 €	-1,57
	Càrrec variable autoconsum FV, P4:			174,60 €	0,47	-174,60 €	-2,88
	Càrrec variable autoconsum FV, P5:			277,12 €	0,75	-277,12 €	-4,57
	Càrrec variable autoconsum FV, P6:			485,24 €	1,31	-485,24 €	-8,00
	Càrrec variable autoconsum BAT:			75,11 €	0,20	-75,11 €	-1,24
	Càrrec variable autoconsum BAT, P1:			22,65 €	0,06	-22,65 €	-0,37
	Càrrec variable autoconsum BAT, P2:			25,67 €	0,07	-25,67 €	-0,42
	Càrrec variable autoconsum BAT, P3:			12,90 €	0,03	-12,90 €	-0,21
	Càrrec variable autoconsum BAT, P4:			7,75 €	0,02	-7,75 €	-0,13
	Càrrec variable autoconsum BAT, P5:			6,13 €	0,02	-6,13 €	-0,10
	Càrrec variable autoconsum BAT, P6:			0,00 €	0,00	0,00 €	0,00
Càrrec variable autoconsum FV i BAT:			1.498,35 €	4,03	-1.498,35 €	-24,69	
Costos relacionats amb l'energia consumida:		9.179,17 €	21,25	10.168,49 €	27,38	-989,32 €	-16,30
Peatge d'accès a les xarxes	Terme facturació potència:	34.023,49 €	78,75	25.134,22 €	67,69	8.889,28 €	146,48
	Terme facturació potència, P1:	12.002,76 €	27,78	8.414,98 €	22,66	3.587,78 €	59,12
	Terme facturació potència, P2:	6.006,57 €	13,90	4.309,06 €	11,60	1.697,51 €	27,97
	Terme facturació potència, P3:	4.395,81 €	10,17	3.153,52 €	8,49	1.242,30 €	20,47
	Terme facturació potència, P4:	4.395,81 €	10,17	3.153,52 €	8,49	1.242,30 €	20,47
	Terme facturació potència, P5:	4.395,81 €	10,17	3.153,52 €	8,49	1.242,30 €	20,47
	Terme facturació potència, P6:	2.826,72 €	6,54	2.949,62 €	7,94	-122,90 €	-2,03
Facturació excessos potència:				0,00 €	0,00		
Càrrecs associats als costos del sistema elèctric	Càrrec fix autoconsum FV:			1.333,57 €	3,59	-1.333,57 €	-21,97
	Càrrec fix autoconsum FV, P1:			450,97 €	1,21	-450,97 €	-7,43
	Càrrec fix autoconsum FV, P2:			144,62 €	0,39	-144,62 €	-2,38
	Càrrec fix autoconsum FV, P3:			104,33 €	0,28	-104,33 €	-1,72
	Càrrec fix autoconsum FV, P4:			182,40 €	0,49	-182,40 €	-3,01
	Càrrec fix autoconsum FV, P5:			195,34 €	0,53	-195,34 €	-3,22
	Càrrec fix autoconsum FV, P6:			255,89 €	0,69	-255,89 €	-4,22
	Càrrec fix autoconsum BAT:			497,72 €	1,34	-497,72 €	-8,20
	Càrrec fix autoconsum BAT, P1:			220,64 €	0,59	-220,64 €	-3,64
	Càrrec fix autoconsum BAT, P2:			133,46 €	0,36	-133,46 €	-2,20
	Càrrec fix autoconsum BAT, P3:			60,99 €	0,16	-60,99 €	-1,01
	Càrrec fix autoconsum BAT, P4:			41,45 €	0,11	-41,45 €	-0,68
	Càrrec fix autoconsum BAT, P5:			41,17 €	0,11	-41,17 €	-0,68
	Càrrec fix autoconsum BAT, P6:			0,00 €	0,00	0,00 €	0,00
Càrrec fix autoconsum FV i BAT:			1.831,28 €	4,93	-1.831,28 €	-30,18	
Costos relacionats amb la potència sol·licitada:		34.023,49 €	78,75	26.965,50 €	72,62	7.057,99 €	116,30
Costos totals energia i potència:		43.202,67 €	100,00	37.133,99 €	100,00	6.068,67 €	100,00
Peatges d'accès a la xarxa:		43.202,67 €	100,00	33.804,37 €	91,03	9.398,30 €	154,87
Càrrecs associats als costos del sistema elèctric:			0,00	3.329,63 €	8,97	-3.329,63 €	-54,87

Figura 104. Costos energètics desglossats segons el marc normatiu actual, comparativa entre els costos la instal·lació existent en l'establiment i la nova configuració plantejada. Font pròpia, full de càlcul "V3.A10. Eina d'anàlisi energètic i econòmic".

5.5.2. Estimació del pressupost d'implantació de la microxarxa

S'ha desenvolupat una aproximació del pressupost d'implantació del sistema plantejat pel cas pràctic d'aplicació, per posteriorment valorar-ne la seva viabilitat econòmica.

Per una banda, s'han buscat els preus unitaris dels principals elements del sistema, descrits en l'anterior apartat 5.2. i recollits en l'anterior figura número 76. Obtenint el corresponent preu de venda al públic i, per tant, disminuint-lo per reflectir el descompte que acostumen a disposar els instal·ladors.

Per altra banda, s'ha pressupostat la longitud del tipus de cablejat requerit en els diferents subsistemes de la microxarxa, segons els càlculs detallats en l'Annex XI del Volum III i representats en l'esquema de l'Annex XII. I de la mateixa manera, s'ha prosseguit amb la partida de modificació, adequació i instal·lació de quadres elèctrics. I fins i tot, també, s'ha considerat incorporar una partida amb d'altres elements necessaris.

Finalment, també s'han comptabilitzat el costos per les mesures de seguretat i salut en la instal·lació i muntatge del sistema i, els costos en l'elaboració del projecte d'enginyeria enfocat a l'establiment en qüestió. Aquests darrers es descriuen més àmpliament en el Volum II.

Taula 12. *Estimació del pressupost d'implantació de la microxarxa plantejada en el cas pràctic d'aplicació, de l'establiment "bonÀrea". Font pròpia.*

ESTIMACIÓ DEL PRESSUPOST D'IMPLANTACIÓ DE LA MICROXARXA PLANTEJADA EN EL CAS PRÀCTIC D'APLICACIÓ DE L'ESTABLIMENT "BONÀREA"				
Codi	Resum partides	Preu unitari	Quantitat	Preu partida
1. ELEMENTS PRINCIPALS:				
1.1.	INVERSOR HÍBRID ZIGOR HITD 300KW: <i>Subministrament i instal·lació.</i>	28.750,00 €	1 p.a.	28.750,00 €
1.2.	ONDULADOR ZIGOR SOLAR TL3 75KW: <i>Subministrament i instal·lació.</i>	2.750,00 €	1 p.a.	2.750,00 €
1.3.	PANELLS FV EURENER TURBO 320: <i>Subministrament i instal·lació.</i>	172,90 €	240 u.	41.496,00 €
1.4.	BATERIES SONNENSCHN SOLAR BLOCK12/185: <i>Subministrament i instal·lació.</i>	325,50 €	114 u.	37.107,00 €
1.5.	PUNT RECÀRREGA VE CIRCUTOR URBAN M22: <i>Subministrament i instal·lació.</i>	3.356,25 €	1 u.	3.356,25 €
1.6.	PUNT RECÀRREGA VE CIRCUTOR RAPTION TRIO: <i>Subministrament i instal·lació.</i>	22.428,75 €	1 u.	22.428,75 €
COST ELEMENTS PRINCIPALS:				135.888,00 €

2. CABLEJAT ELÈCTRIC:				
2.1. DERIVACIÓ INDIVIDUAL:				
2.1.1.	CONDUCTOR 0,6/1KV 3x240mm ² :	96,38 €	30 m.	2.891,52 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per connexió inversor híbrid - Q.G.B.T.</i>				
2.1.2.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x120mm ² :	14,40 €	30 m.	432,00 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat del terra del inversor híbrid - Q.G.B.T.</i>				
2.2. SUBSISTEMA FOTOVOLTAIC:				
2.2.1.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x16mm ² :	2,75 €	2400 m.	6.595,20 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat pels mòduls-strings-caixa protecció CC.</i>				
2.2.2.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x25mm ² :	3,94 €	150 m.	590,40 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per caixa protecció CC-inversor FV.</i>				
2.2.3.	CONDUCTOR 0,6/1KV 4x95mm ² :	46,80 €	60 m.	2.808,00 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per inversor FV-quadre FV-Q.G.B.T.</i>				
2.2.4.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x50mm ² :	6,95 €	60 m.	416,88 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat de terra per inversor FV-quadre FV-Q.G.B.T.</i>				
2.3. SUBSISTEMA D'EMMAGATZEMATGE:				
2.3.1.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x50mm ² :	6,95 €	320 m.	2.223,36 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per les bateries-caixa protecció CC-inversor híbrid.</i>				
2.4. PUNTS DE RECÀRREGA VEs:				
2.4.1.	CONDUCTOR 0,6/1KV 4x35mm ² :	20,83 €	50 m.	1.041,60 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per quadre P.VEs.</i>				
2.4.2.	CONDUCTOR 0,6/1KV 4x25mm ² :	15,74 €	20 m.	314,88 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per punt RAPTION TRIO.</i>				
2.4.3.	CONDUCTOR 0,6/1KV 4x10mm ² :	8,26 €	20 m.	165,12 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per punt URBAN M22.</i>				
2.4.4.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x25mm ² :	3,94 €	50 m.	196,80 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat pel terra del quadre P.VEs.</i>				
2.4.5.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x16mm ² :	2,75 €	20 m.	54,96 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat per terra del punt RAPTION TRIO.</i>				
2.4.6.	CONDUCTOR 0,6/1KV 1x10mm ² :	2,06 €	20 m.	41,28 €
<i>Subministrament i instal·lació de cablejat pel terra del punt URBAN M22.</i>				
COST CABLEJAT ELÈCTRIC:				17.772,00 €
3. QUADRES ELÈCTRICS:				
3.1.	MODIFICACIÓ Q.G.B.T.	3.750,00 €	1 p.a.	3.750,00 €
<i>Modificació i adequació del Quadre General de Baixa Tensió, segons plànol adjunt.</i>				
3.2.	Caixa protecció CC FV	750,00 €	1 p.a.	750,00 €
<i>Subministrament d'envolvent i instal·lació de les corresponents proteccions.</i>				
3.3.	Quadre FV	1.450,00 €	1 p.a.	1.450,00 €
<i>Subministrament d'envolvent i instal·lació de les corresponents proteccions.</i>				
3.4.	Caixa protecció CC Bateries	600,00 €	1 p.a.	600,00 €
<i>Subministrament d'envolvent i instal·lació de les corresponents proteccions.</i>				
3.5.	Quadre P.VEs	1.250,00 €	1 p.a.	1.250,00 €
<i>Subministrament d'envolvent i instal·lació de les corresponents proteccions.</i>				
COST QUADRES ELÈCTRICS:				7.800,00 €

4. ALTRES ELEMENTS:					
4.1.	Suportació panells fotovoltaics coberta	2.400,00 €	1	p.a.	2.400,00 €
	<i>Subministrament i instal·lació d'estructura metàl·lica per suportar els panells a 30º d'inclinació.</i>				
4.2.	Safates elèctriques	1.200,00 €	1	p.a.	1.200,00 €
	<i>Subministrament i instal·lació de safates elèctriques estanques i també de perforades.</i>				
4.3.	Adequació de la xarxa de terra de la instal·lació	700,00 €	1	p.a.	700,00 €
	<i>Adquació de la xarxa de terra de la instal·lació, la partida inclou el muntatge i el material necessari.</i>				
COST ALTRES ELEMENTS:					4.300,00 €
5. SEGURETAT I SALUT:					
5.1.	Seguretat i salut:	1.500,00 €	1	p.a.	1.500,00 €
	<i>Conjunt de mesures i proteccions requerides</i>				
COST SEGURETAT I SALUT:					1.500,00 €
6. COST D'ENGINYERIA					
6.1.	Elaboració del projecte d'enginyeria:	12.400,00 €	1	u.	12.400,00 €
	<i>Conjunt de costos d'enginyeria per l'elaboració projecte enfocat al cas pràctic d'aplicació</i>				
COSTOS D'ENGINYERIA					12.400,00 €
COST TOTAL:					179.660,00 €

5.5.3. Valoració econòmica de la implantació de la microxarxa

5.5.3.1. Escenaris econòmics analitzats

Mitjançant l'estalvi econòmic anual i el pressupost d'implantació de la microxarxa, descrits en els anteriors apartats, s'analitza la viabilitat econòmica del sistema a través dels escenaris següents:

- Escenari 1; representatiu de l'actual marc legislatiu espanyol i caracteritzat pels següents inputs:
 - Aplicació dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica per l'energia adquirida, incrementats anualment un 1,75%. Taxa mitjana d'evolució del increment del preu de compra d'electricitat a la xarxa elèctrica de transport i distribució, des del 2007 fins a l'actualitat, al territori espanyol, segons l'estimació del portal europeu d'estadístiques "Eurostat", [28].
 - Aplicació dels càrrecs variables de la modalitat d'autoconsum, també incrementats anualment un 1,75%.
 - Capital propi invertit coincidint amb el pressupost d'implantació del sistema, és a dir, sense necessitat de sol·licitar cap préstec financer.
- Escenari 2.A i 2.B; escenari representatiu sense les restriccions imposades per l'actual Real Decret 900/2015 d'autoconsum [24] i, caracteritzat pels inputs següents:
 - Aplicació dels costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica per l'energia adquirida, incrementats en aquest cas un 1,53%. És a dir,

amb la taxa mitjana europea d'evolució del preu en la compra d'electricitat, des del 2007 fins a l'actualitat, també segons [28].

- Nul·la aplicació dels càrrecs variables de la modalitat d'autoconsum.
- Capital propi invertit: en aquest input es diferencien els dos subescenaris:
 - 2.A; coincidint amb el pressupost d'implantació del sistema, és a dir, sense sol·licitar cap préstec financer.
 - 2.B; necessitat de sol·licitar un préstec financer del 30% del cost d'implantació de la microxarxa.

En tots tres escenaris es considera la pèrdua de rendiment al llarg del temps de tots els elements que formen la microxarxa, tal i com s'ha comentat en l'anterior punt 4.4., a l'hora d'obtenir l'estalvi econòmic de l'establiment en els anys posteriors. Estimant una vida útil de la instal·lació d'uns 20 anys, mitjançant les següents consideracions:

- Vida útil de l'inversor híbrid i l'ondulador fotovoltaic; el fabricant garanteix duracions al voltant dels 25 anys, tant en els models escollits com en d'altres que disposa la mateixa marca comercial. Això sí, duració, influenciada per la davallada progressiva del rendiment en el temps.
- Vida útil dels panells fotovoltaics; el fabricant estipula una garantia de 15 anys i un rendiment adequat de 25 anys, en el catàleg tècnic adjunt en l'Annex III, del Volum III.
- Vida útil bateries plom-àcid; esdevé un dels elements principal de la microxarxa amb menor previsió de vida útil. En aquest cas, el fabricant garanteix un determinat nombre de cicles de càrrega/descàrrega suportats, en funció de la profunditat de descàrrega, recollits en l'anterior figura número 64.

Així, preveient una profunditat mitjana dels cicles de descàrrega del 70%, segons els criteris de gestió descrits en els apartats anteriors 5.3.1. i 5.3.2., les bateries instal·lades podran suportar al voltant d'uns 1.800 cicles de càrrega/descàrrega.

Nombre de cicles possibles que equival a quasi 20 anys de vida útil, segons la previsió de nombre de cicles de descàrrega que es realitzaran. Més concretament, uns 90 cicles cada any, corresponents als dos dies setmanals previstos amb consums per damunt la mitjana, durant 11 mesos de l'any, ja que l'agost és període tarifari 6.

Tot i així, es requerirà un exhaustiu manteniment.

5.5.3.2. Viabilitat econòmica de cadascun dels escenaris analitzats

En el full de càlcul de l'Annex XIII, anomenat "V3.A13. Eina d'anàlisi econòmic de la implantació", es recull una estimació del compte de resultats, la previsió de tresoreria i l'anàlisi del Valor Actualitzat Net (VAN) de la inversió, per cadascun dels escenaris anteriorment comentats.

Pel que fa a l'índex econòmic més representatiu, el Valor Actualitzat Net (VAN), es compon, per l'evolució de l'estalvi econòmic en la factura elèctrica de l'establiment. I, per l'altra banda, per les següents despeses previstes:

- Costos d'operació i manteniment; estimats amb un valor anual de 750€.
- Costos extraordinaris; estimats amb un 0,1% del valor del pressupost total d'implantació de la microxarxa.
- Impostos retributius; d'un 25% dels beneficis abans d'impostos (*EBT, Earnings Before Taxes*), a partir dels primers anys en que aquest pren valors positius.
- Interessos del deute financer; aquests costos únicament s'apliquen al escenari 2.B.. On s'estima un préstec financer del 30% del capital total, amb un temps de retorn del préstec de 15 anys i un interès lineal del 5,01%, segons les línies "ICO Empreses i Emprenedors 2016" [46].

Val a dir, que s'ha considerat una taxa d'actualització baixa, més concretament, d'un 1,75%, contemplant, així, poques variacions en els estalvis i costos anuals del sistema.

D'aquesta manera, en la següent figura número 105, es representen els períodes d'amortització de la microxarxa, en cadascun dels escenaris analitzats. I així, comparant el temps de retorn de la inversió amb la vida útil, estimada en l'anterior subapartat, es mesura i determina el grau de viabilitat econòmica.

A primer cop d'ull, s'observa clarament la nul·la viabilitat del escenari número 1 i com els escenaris 2 freqüen la viabilitat econòmica. Per tant, s'evidencia l'afectació econòmica en la possible aplicació dels càrrecs del Real Decret 900/2015 d'autoconsum [24], ja que es l'única diferència entre els dos casos.

Tal i com s'ha comentat en l'apartat 3.3.3., actualment encara no s'ha materialitzat l'aplicació d'aquests càrrecs d'autoconsum. Ara bé, en cas de materialitzar-se es podria cobrar des de la seva entrada en vigor o des de la posada en marxa de la instal·lació. I sens dubte, indiferentment del inici dels càrrecs, influenciarà negativament en la viabilitat econòmica de la instal·lació.

Per tant, es descarta la implantació d'aquest sistema en el marc legislatiu espanyol, però s'obre la porta a seguir treballant i investigant un criteri de gestió energètica millorat, per implantar-ho en d'altres països europeus, obtenint la corresponent viabilitat econòmica.

Per altra banda, comparant els resultats dels dos escenaris número 2, s'evidencia com la capacitat de liquiditat del inversor per assumir els costos d'implantació de la microxarxa influeix, proporcionalment, en la variació del període de retorn de la inversió.

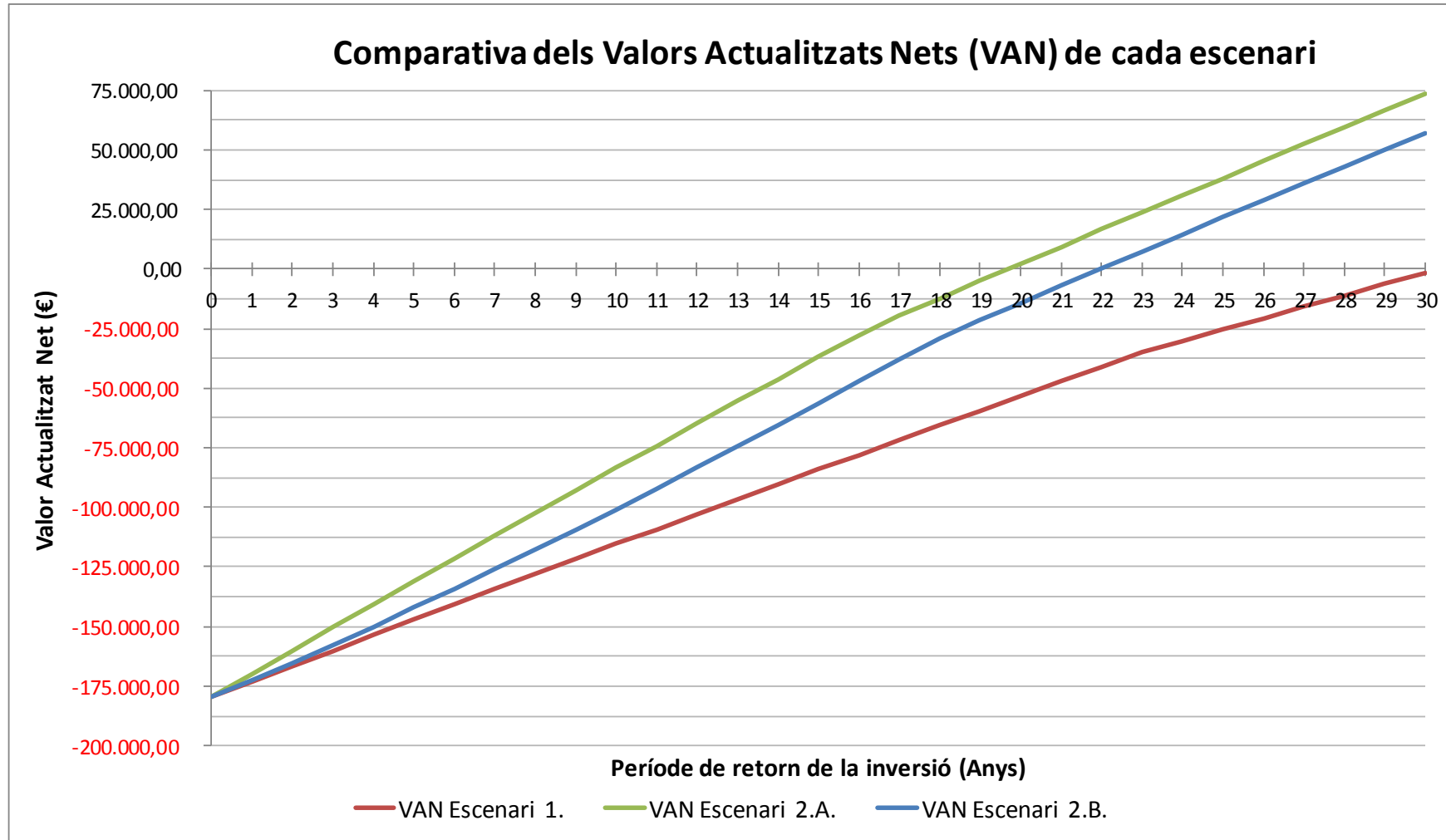


Figura 105. Comparativa dels períodes de retorn de la inversió, obtinguts de cadascun dels escenaris econòmics analitzats. *Font pròpia, full de càlcul "V3.A13. Eina d'anàlisi econòmic de la implantació".*

CAPÍTOL 6: CONCLUSIONS

6.1. Conclusions del projecte

La majoria dels locals de pública concurrència abasteixen la seva demanda únicament mitjançant l'energia adquirida de la xarxa elèctrica de transport i distribució. Aquesta forta dependència energètica exposa els locals a greus problemes tècnics, derivats dels talls i/o de les anomalies en la qualitat del subministrament. Actualment, es contraresten instal·lant grups electrògens o Sistemes d'Alimentació Ininterrompuda (SAI), que malauradament tenen certes limitacions tècniques i, sobretot, un alt impacte mediambiental.

Per altra banda, la forta dependència provoca elevats costos en la despesa energètica del local, perquè acostuma a coincidir la major demanda amb els períodes tarifaris més cars. I així, els locals es veuen obligats a assumir uns desproporcionats costos de potencia contractada, només com a marge de

seguretat, per abastir els pics de consum esporàdics de la instal·lació. Problema, que s'agreuja si es desitgen incorporar punts de recàrrega de vehicles elèctrics, perquè caldrà sol·licitar un considerable augment de potència. Accentuant, encara més, la diferència entre el valor de potència contractat i el consumit, en la majoria del temps.

Per tant, s'evidencia l'oportunitat d'instaurar un sistema que garanteixi l'abastiment qualitatiu i, en certa forma, continu de les diferents càrregues de la instal·lació. Redueixi el cost de les factures elèctriques, mitjançant l'aplanament de la corba d'energia adquirida en la xarxa. I finalment, afavoreixi la integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics amb el mínim o nul augment del terme de potència contractada.

Així, s'aposta per un sistema en configuració de microxarxa intel·ligent, que permeti la integració de recursos energètics renovables i distribuïts, la gestió activa de les diverses càrregues de la instal·lació i el control eficient dels diferents fluxos de potència possibles, mitjançant uns criteris propis de gestió energètica. Sistema que, evidentment, encaixi adequadament amb les condicions de l'actual marc legislatiu espanyol.

Seguidament, es conceptualitza teòricament la solució plantejada i s'analitza profundament l'estat de l'art dels components requerits, per escollir el tipus i el model comercial, que s'ajusti millor a les necessitats de la instal·lació. D'aquesta manera, es desenvolupen uns criteris, genèrics, per adequar la instal·lació existent del local de pública concurrència i, pel dimensionament dels nous elements que formaran la microxarxa.

Per altra banda, també es desenvolupen uns criteris, propis i genèrics, de gestió energètica òptima, per solucionar les problemàtiques tècniques i econòmiques d'aquests locals mitjançant la microxarxa plantejada. Criteris, que permeten governar adequadament els diferents elements del sistema en funció de paràmetres com ara: les condicions del subministrament de la xarxa elèctrica de transport i distribució, la corresponent demanda energètica de l'establiment, els pertinents costos dels peatges d'accés a la xarxa elèctrica, l'estat dels recursos energètics instal·lats, entre d'altres. Això sí, sempre sota els principis de sostenibilitat tècnica, econòmica i mediambiental.

La descripció de forma genèrica, dels criteris de dimensionament i de gestió energètica de la microxarxa, dota al projecte de capacitat d'integració en diferents casos pràctics d'aplicació. D'aquesta manera, s'ha implementat en un local de pública concurrència de l'empresa "BonÀrea", amb la possibilitat d'analitzar la viabilitat tècnica, econòmica i mediambiental, des d'una perspectiva més concreta i real.

L'eina desenvolupada, en format de full de càlcul, permet analitzar els resultats energètics i econòmics de la microxarxa, plantejant diferents escenaris d'estudi, a través de la modificació de paràmetres de forma clara i ràpida. Aquesta eina s'ha enfocat a l'establiment del cas pràctic d'aplicació, però també posseeix la ràpida capacitat d'adaptar-se a un altre local. D'aquesta manera, l'anàlisi de la metodologia d'operació de la microxarxa en diferents escenaris extrems, plantejats mitjançant aquesta eina, justifica i evidencia clarament la viabilitat

tècnica del sistema. És a dir, la capacitat d'abastiment qualitatiu i, en certa manera, continu de la demanda energètica de la instal·lació, reduint econòmicament la despesa energètica i, fins i tot, afavorint la integració de punts de recàrrega de vehicles elèctrics.

A nivell mediambiental, la pròpia producció fotovoltaica ajuda a reduir notablement la petjada de carboni de l'establiment, associada al seu propi consum. Alhora, la instal·lació d'aquest subsistema juntament amb el camp de bateries, retarda o, fins i tot, anul·la l'arrencada del grup electrogen en cas d'un tall en el subministrament elèctric. I finalment, la instal·lació de punts de recàrrega de vehicles elèctrics, en l'establiment també contribueix a la reducció d'emissions del sector automobilístic.

Pel que fa a nivell econòmic, el famós Real Decret 900/2015 descarta la recuperació de la inversió efectuada en aquest sistema, el dia en què es comencin a aplicar els càrrecs d'autoconsum. Tant si es cobren des de la posada en marxa de la instal·lació com en uns anys posteriors. Ara bé, en cas que no s'arribessin a aplicar mai, el projecte fregaria la viabilitat econòmica. Per tant, a nivell econòmic s'observa la incertesa del marc legislatiu espanyol, però s'evidencia com en d'altres països europeus també s'aconseguiria la viabilitat econòmica.

Per tant, es considera satisfet l'objectiu primordial d'acreditació de la formació adquirida, en aquest cas, en el Grau en Enginyeria Elèctrica, tancant l'etapa acadèmica de simultaneïtat d'estudis. Perquè en el desenvolupament d'aquest treball, s'han tornat a treballar i ampliar coneixements tècnics adquirits en les assignatures cursades, juntament amb capacitats transversals del llarg de la carrera. I finalment, l'esforç també ha permès seguir treballant les diferents competències genèriques: emprenedoria i innovació, sostenibilitat i compromís social, ús solvent dels recursos de la informació, aprenentatge autònom, entre d'altres.

6.2. Feina futura

Seguint la metodologia de treball de la normativa estàndard internacional "ISO-50001:2011" [1], en la recta final del projecte s'avalua i es revisa, evidenciant i anotant una sèrie de mesures a desenvolupar per seguir millorant el sistema plantejat.

Per una banda, l'anàlisi dels nous resultats tècnics i econòmics en la implementació de la microxarxa al mateix cas pràctic d'aplicació, substituint les bateries de tipus plom àcid per unes de tecnologia ió liti. Per comprovar si l'alt cost d'aquesta tecnologia es podria contrarestar amb l'elevat nombre de cicles de càrrega i descàrrega permesos, que sens dubte suposarien un increment notable en la vida útil de la instal·lació i, per tant, major marge per recuperar la inversió.

Per altra banda, la possibilitat que el propietari de la instal·lació s'aculli a la modalitat de gestor de cargues del sistema. En què segons la Llei del Sector Elèctric 24/2013 [20], estaria habilitat per revendre electricitat mitjançant els punts de recàrrega de vehicles elèctrics instal·lats. D'aquesta manera, caldria realitzar un estudi de mercat estimant la utilització d'aquest punts i, així, s'obtindria la corresponent previsió d'ingressos. Que en cas de ser majors que els càrrecs per acollir-se a aquesta modalitat, fins i tot podrien ajudar a reduir el període de retorn de la inversió de la microxarxa.

També es podrien enfocar els criteris de gestió energètica a les restriccions tècniques, econòmiques i legislatives d'altres països europeus, en busca d'aconseguir millors resultats econòmics del sistema plantejat.

I fins i tot, traduir l'eina desenvolupada d'estudi energètic i econòmic en un model d'optimització per cercar la millor solució.

CAPÍTOL 7:

BIBLIOGRAFIA

7.1. Referències bibliogràfiques

- [1] AENOR. Certificación del Sistema de Gestión Energética. UNE-EN ISO 50001:2011. Madrid: AENOR, 2002.
- [2] AENOR. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos. Sección 523: Insensidades admisibles en sistema de conducción de cables. UNE 20460-5-523:2004. Madrid: AENOR, 2004.
- [3] Circutor: Juliol 2017.
<http://circutor.es/es>
- [4] Cheah-Mane, M. Prieto, E.R., Villafafila-Robles, R., Sudria, A., Gomis-Bellmunt, O., 2013. Microgrids and emulation of distribution energy resources. Congreso Iberoamericano sobre Microrredes con Generación Distribuida de Renovables, 1-10.
- [5] Chowdhury, S., Chowdhury, S.P., Crossley, P., 2009. Microgrids and Active Distribution Networks. London. (United Kingdom : The Institution of Engineering and Technology), 321pp.
- [6] Coches eléctricos – Electromaps, 2017. Tabla conectores.
<https://www.electromaps.com/coches-electricos/tipos-de-conectores>
- [7] Energy Sources and Storage – Secondary Sources. Chapter 28, 108pp.
- [8] España. Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre 1996, Norma Básica de la Edificación. NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios en los edificios. BOE, 29 de octubre de 1996, núm. 261, p. 32378-32422.

- [9] España. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre de 2000. Electricidad. Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. BOE, 27 de diciembre de 2000, núm. 310, p. 45988-46040
- [10] España. Real Decreto 1164/2001 de 26 de octubre de 2001. Electricidad. Tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. BOE, 2001, núm. 268, 22pp.
- [11] España. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE, 18 de septiembre, núm. 224, p. 33084-33086.
- [12] España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE, 28 de marzo, núm 74. p. 11816-11831.
- [13] España. Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto de 2007, Reglamento de Puntos de Medida del Sistema Eléctrico 2007. BOE, 18 de septiembre de 2007, núm. 224, p. 37860-37875.
- [14] España. Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre de 2008. Retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica. BOE, 27 de septiembre de 2008, núm. 234, p. 39117-39125
- [15] España. Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética. BOE, 23 de mayo, núm. 122, p. 51098-51113.
- [16] España. Real Decreto 1544/2011 de 31 de octubre de 2011. Peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica. BOE, 16 de noviembre de 2011, núm. 276, Referencia: BOE-A-2011-17891, 8pp.
- [17] España. Real Decreto 3127/2011 de 17 de noviembre de 2011. Energía eléctrica. Orden ITC/3127/2011 por la que se regula el servicio de disponibilidad de potencia de los pagos por capacidad y se modifica el incentivo a la inversión. BOE, 18 de noviembre de 2011, núm. 278, Referencia: BOE-A-2011-18064, 9pp.
- [18] España. Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre de 2011. Electricidad. Regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. BOE, 8 de diciembre de 2011, núm. 295, p. 130033-130064.
- [19] España. Real Decreto 9/2013, de 12 de julio de 2013. Electricidad. Adopta medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. BOE, 13 de julio de 2013, núm. 167, p. 52106-52147.
- [20] España. Real Decreto 24/2013, de 26 de diciembre de 2013. Electricidad. Ley del Sector Eléctrico Establece la regulación del sector eléctrico garantizando el suministro eléctrico con niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible, asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema y permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico. BOE, 27 de diciembre de 2013, núm. 310, p. 105198-105294.
- [21] España. Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo. BOE, 31 de diciembre, núm. 316, p. 107446-107481.

- [22] España. Real Decreto 413/2014, de 6 de junio de 2014, Energía. Regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. BOE, 10 de junio de 2014, núm. 140, p. 43876-43978.
- [23] España. Real Decreto 2444/2014 de 19 de diciembre de 2014. Orden IET/2444/2014 por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015. BOE, 26 de diciembre de 2014, núm. 312, p. 105486-105504.
- [24] España. Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015. Electricidad. Regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. BOE, 10 de octubre de 2015, núm. 243, p. 94874-94917.
- [25] España. Real Decreto 617/2017, de 16 de junio, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas, y para la implantación de puntos de recarga de vehículos eléctricos en 2017 (Plan MOVEA 2017). BOE, 23 de junio, núm. 149, p. 51631-51660.
- [26] España. Orden ITC/3127/2011, de 17 de noviembre. Por la que se regula el servicio de disponibilidad de potencia de los pagos por capacidad y se modifica el incentivo a la inversión a que hace referencia el anexo III de la Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007, núm. 278, p. 119533-119541.
- [27] España. Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre. Por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2017, núm. 314, p. 91089-91103.
- [28] Eurostat, Electricity prices for industrial consumers: Agost 2017.
<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do>
- [29] Fronius: Juliol 2017.
http://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_espana
- [30] Fundación Sanvalero – Acceso a Servicio de Información a Alumnos. Tema 7: Sistemas de alimentación ininterrumpida, 16pp.
<http://profesores.sanvalero.net/~w0320/TEMA%207%20SAI.pdf>
- [31] GNB Industrial Power A Division of Exide Technologies - Solar Solar Block, 32pp.
<http://www2.exide.com/es/es/product-solutions/network-power/product/sonnenschein-solar.aspx>
- [32] Guía de Diseño Mejorado en el Dimensionado de una Instalación de ESF. Graus d'Enginyeria de l'EN & Enginyeria d'EIA – Departament d'Enginyeria Electrònica. DIES-820258 & IEEN 820327, 29pp.
- [33] Hatziaargyriou, N., 2014. Microgrids: Architectures and Control. Wiley IEEE-Press, ISBN: 978-1-118-72068-4, 340pp.
- [34] Industrial Energy, 2003. Handbook for Gel-VRLA-Batteries. Part 2: Installation, Commissioning and Operation, 73pp.
- [35] Información técnica - +ENERGIA mobilitat elèctrica, 2017. Recarga para coches eléctricos
<http://www.puntosderecargabarcelona.com/PBCPPlayer.asp?ID=1617585>

- [36] Informes – Movilidadeléctrica.com, 2017. Ventas de vehículos eléctricos en diciembre de 2016.
<http://movilidadelectrica.com/ventas-de-vehiculos-electricos-diciembre-2016/>
- [37] Ingeteam: Juliol 2017.
<http://www.ingeteam.com>
- [38] Inversores Híbridos - ZIGOR, 2016. Sistema inversor híbrido trifásico HITD 300kW, 6pp.
http://www.zigor.com/ar/documents/es/HITD_es.pdf
- [39] Gamma de inversores trifásicos – Zigor. Inversor trifàsico mural 2pp.
http://www.zigor.com/eu/documents/es/zigor_xtr3_es.pdf
- [40] Kostal: Juliol 2017.
<http://www.kostal-solar-electric.com/es-ES>
- [41] Joan Puig Casteràs. Sistema per la gestió òptima energètica en instal·lacions de pública concurrència amb suport fotovoltaic. TFG. Universitat Politècnica de Catalunya, 166pp.
- [42] Jordi de la Hoz. Guía de diseño de centrales eléctricas. UPC, 174pp.
- [43] La Recarga – Electromovilidad, 2017. Connectores.
<http://electromovilidad.net/conectores-para-la-recarga-del-vehiculo-electrico/>
- [44] MEDSolar Training Course. Module 1: Microgrids with PV support, 52pp.
http://news.secartys.org/doc/Victor/MEDSolar%20Training%20Course%20-%20Module%201%20V%202.0%5Bshort%5D_FG.pdf
- [45] MEDSolar Training Course. Module 2: Microgrids Elements: EES, 52pp.
<http://news.secartys.org/doc/Victor/MEDSolar%20Training%20Course%20-%20Module%202%20%5BShort%20Version%5D.pdf>
- [46] Ministerio de Economía y Competitividad, data de consulta: Agost 2017.
<https://www.ico.es/web/ico/ico-empresas-y-emprendedores/-/lineasICO/view?tab=tipoInteres>
- [47] Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, 2011. Smart grids y la evolución de la red eléctrica, 82pp.
- [48] OMI-Polo Español S.A. (OMIE), data de consulta: Febrer 2017.
<http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>
- [49] Paneles fotovoltaicos – EURENER, 2017. Producto - Turbo.
<http://eurenergroupp.com/es/turbo/>
- [50] Photovoltaic Geographical Information System: Febrer 2017.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [51] Piqué, R. and Ballester, E., 2011. Generación descentralizada de energía eléctrica. Concepto de Micro-Red Inteligente. Universitat Politècnica de Catalunya – Departament d'Enginyeria Electrònica. UniCan - Cursos de Verano 2011, 24pp.

- [52] SMA: Juliol 2017.
<https://www.sma-iberica.com/>
- [53] Zigor: Juliol 2017.
<http://www.zigor.com/eu/>

7.2. Bibliografia de Consulta

- (a) Bevrani, H., Fançois, B., Ise, T., 2017. Microgrid Dynamics and Control, 720pp. ISBN 978-1-119-26367-8
- (b) Energy Sources and Storage – Primary Sources. Chapter 27, 66pp.
- (c) García Naveda, G., 2014. Almacenamiento energético en las Smart Grids. III WORKSHOP SMART GRIDS, Centro Nacional de Energías Renovables, Madrid.
- (d) Georg Fuchs, M. Sc., Leuthold, M., 2012. Technology Overview on Electricity Storage - Overview on the potential and on the deployment perspectives of electricity storage technologies, 66pp.
- (e) Rafi qul Islam Sheikh, Md., 2010. Energy Storage. SCIYO, 152pp. ISBN 978-953-307-119-0
- (f) Rekioua, D., Matagne, E., 2012. Optimization of Photovoltaic Power Systems, 287pp. ISBN 978-1-4471-2348-4
- (g) The Hong Kong Electronic Industries Association (HKEIA) and CO, 2013. Guidebook for ISO 50001 Energy Management System., 91pp.