

Col·lectiu CMES per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible:

“L’anella energètica”

(Aportacions del vehicle elèctric endollat a la transició energètica)

Antoni Sudrià, Marc Pagès: teknoCEA

Daniel Heredero, Crístian Chillón, Daniel Montesinos: CITCEA-UPC

3 de febrer 2020, Editorial Octaedro, Bailén 5 baixos, 08010 Barcelona

CITCEA-UPC i teknoCEA

Qui som?



ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona
 Av. Diagonal, 647. Planta 2
 08028 Barcelona
 Tel. +34 93 401 67 27
 citcea@citcea.upc.edu
 www.citcea.upc.edu

Fundat en 2001

Membre de la xarxa TECNIO de transferència de tecnologia (ACC1Ó)

Grup de recerca consolidat (AGAUR)

Som 12 doctors professors/investigadors, 15 enginyers contractats, 8 doctorands, 3 administradors i un total 15 becaris.

Una spin-off (teknoCEA)

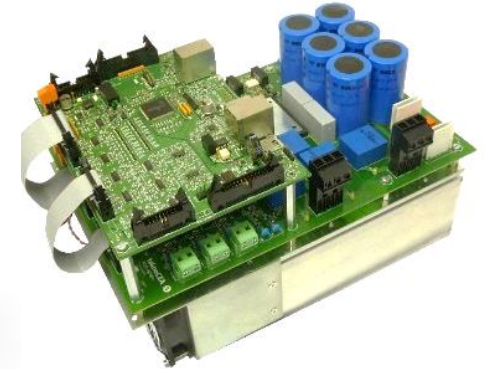


www.teknocea.cat
teknocea@teknocea.cat

Què fem?



- Mecatrònica
- Enertrònica
- Formació

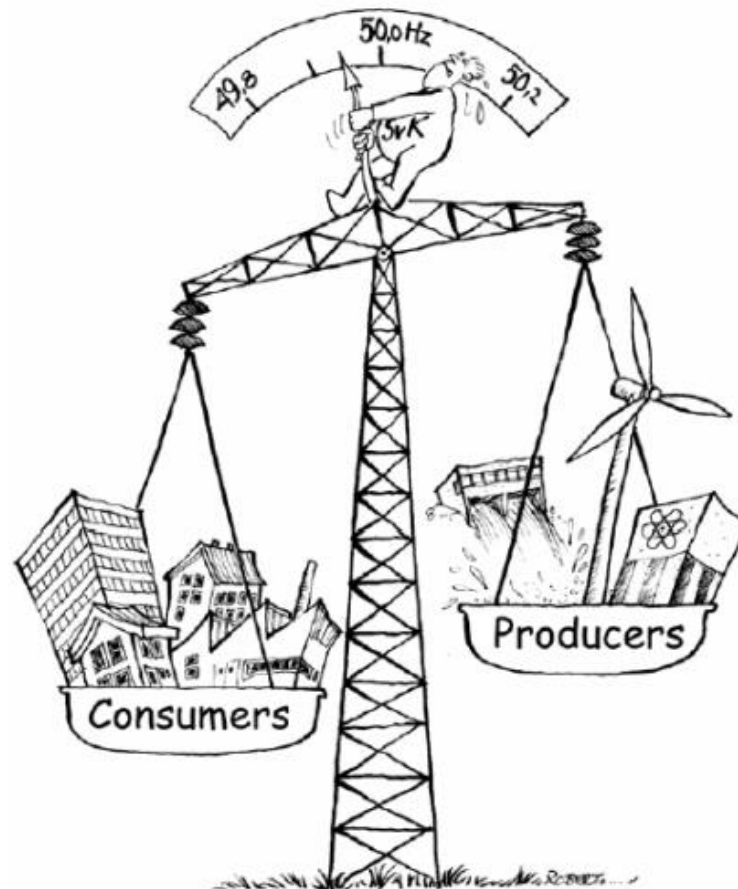


Introducció:

El sistema elèctric de potència

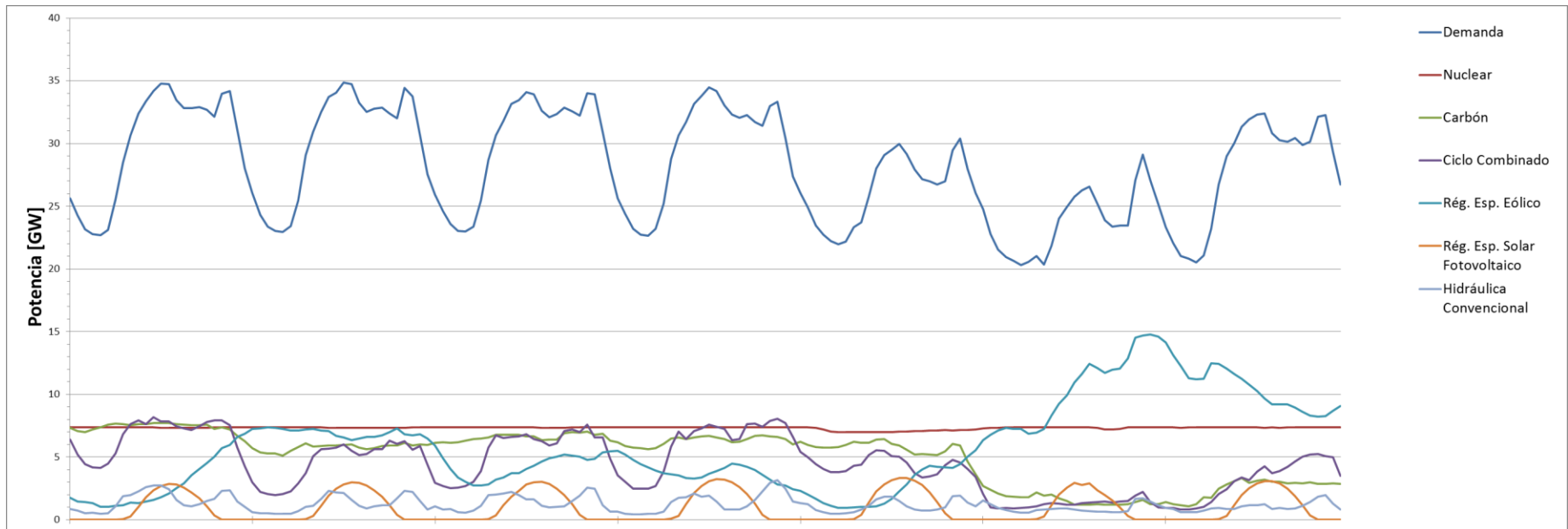
L'energia elèctrica és un producte industrial que es fabrica a les Centrals Elèctriques i que no es pot emmagatzemar

$$P(t)_{\text{Generació}} = P(t)_{\text{Demanda}} + P(t)_{\text{Pèrdues}}$$



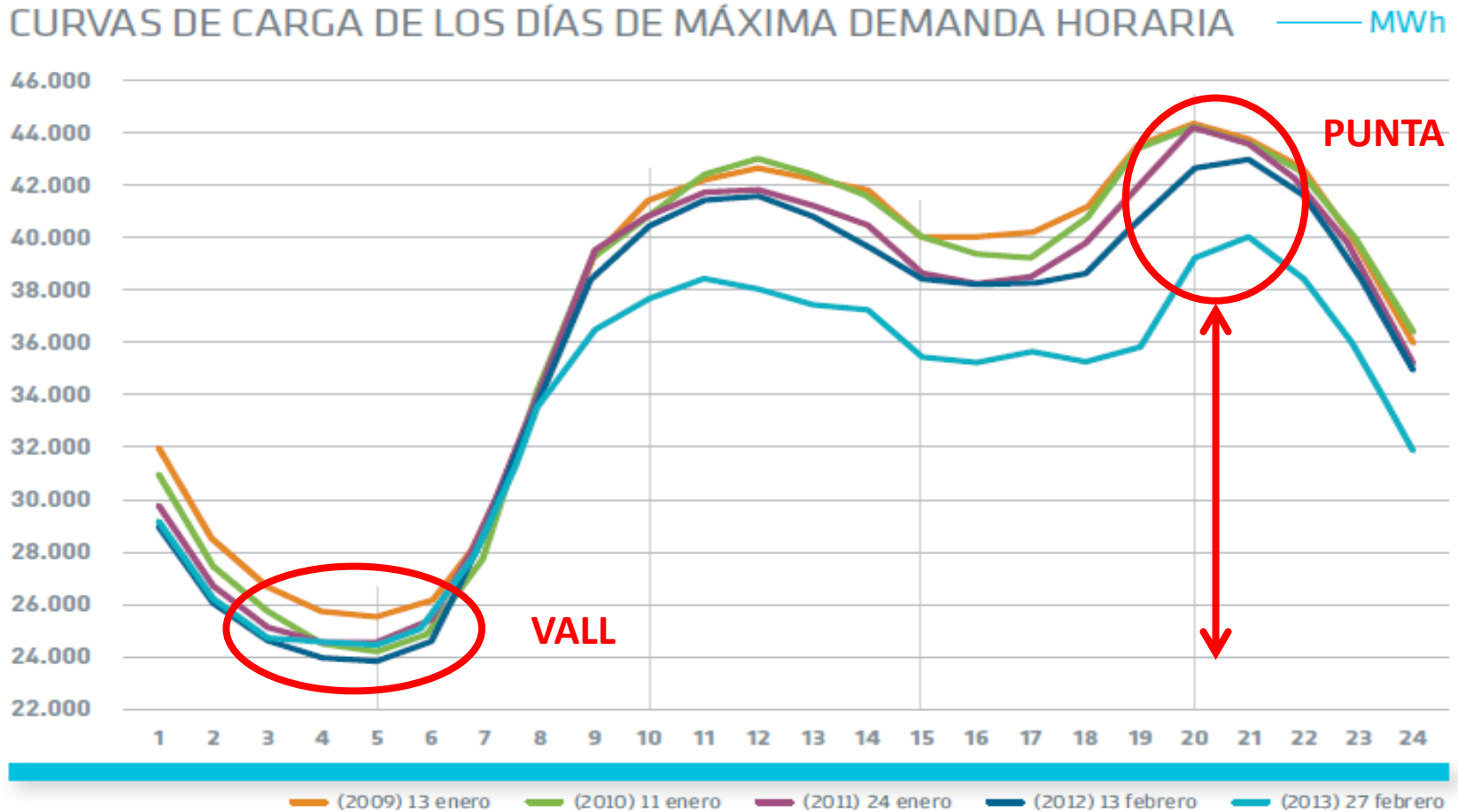
Demanda i generació

- La generació tradicional segueix la demanda
- La generació basada en fonts renovables depèn de la disponibilitat del recurs



Font: www.e-sios.es
(18 -24 Abril 2012)

Evolució diària de la demanda d'energia elèctrica

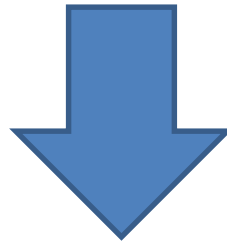


Font: REE, 2013

Una nova oportunitat: el vehicle elèctric.

Què pot fer?

- ✓ Descarbonitzar la mobilitat per carretera
- ✓ Usar renovables per descarbonitzar la generació elèctrica
- ✓ Facilitar la penetració de generació amb fonts renovables. Necessiten emmagatzematge



Calen nous mecanismes de gestió de la generació, demanda i operació del sistema elèctric

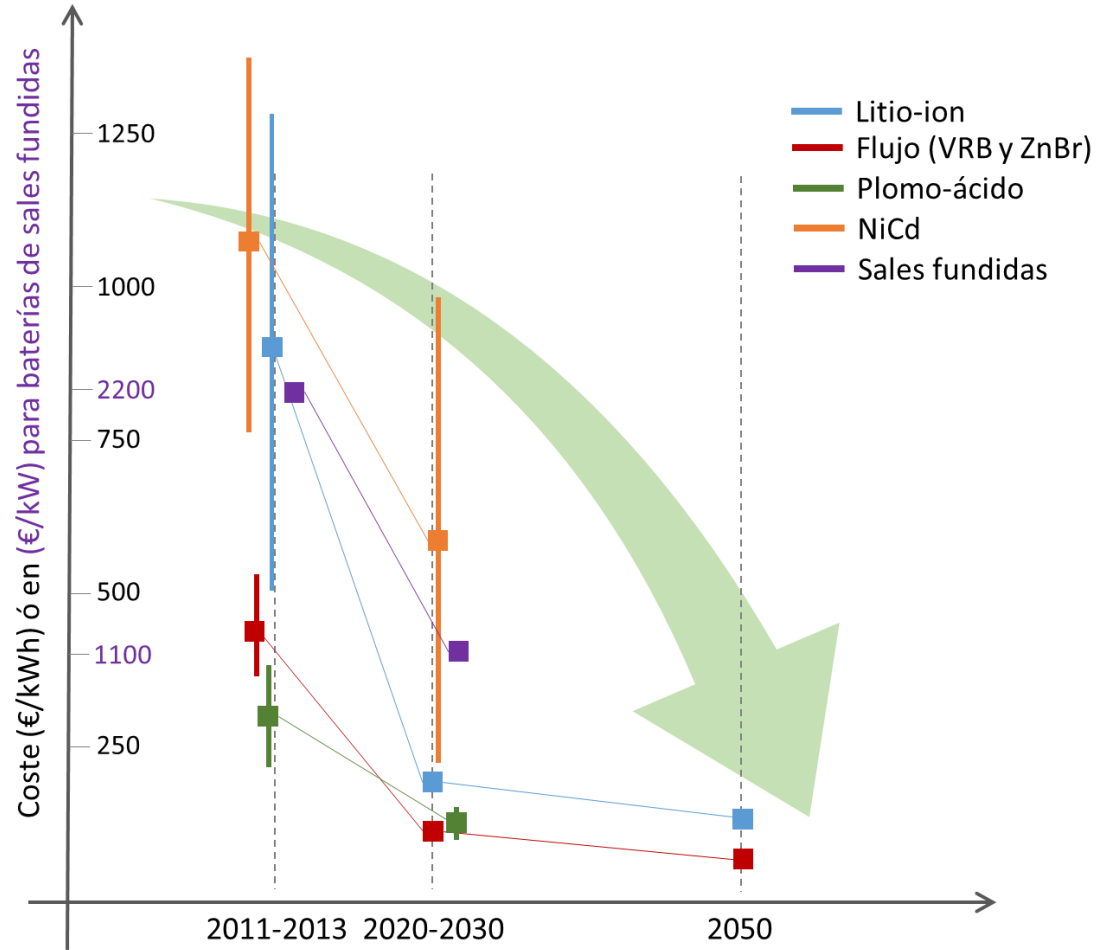
Vehicle elèctric

- ✓ Tren motriu: motor elèctric
- ✓ Font d'energia: bateries electroquímiques, piles de combustible, catenària
- ✓ Absència d'emissions
- ✓ Operació silenciosa i suau

- ✓ Tren
- ✓ Cotxe
- ✓ Moto
- ✓ Camions



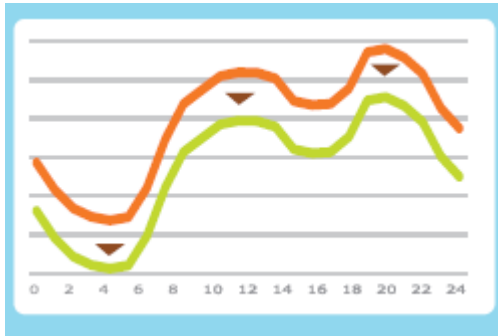
Bateries recarregables



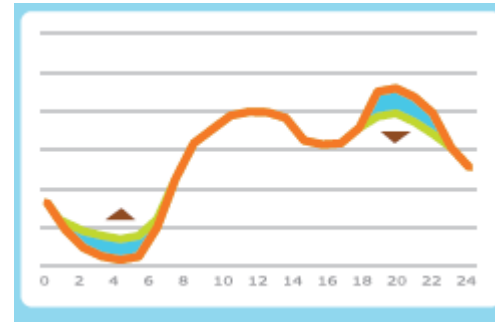
Font: Elaboració pròpia en base a dades de EERA-EASE i la Comissió Europea

Estratègies de gestió de la demanda

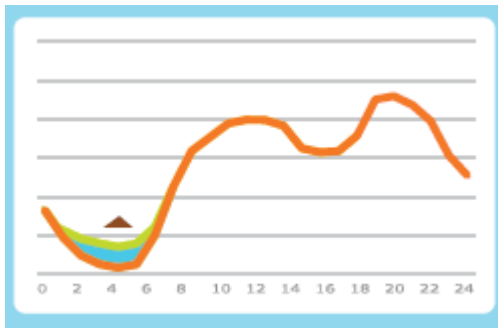
- Reducció del consum



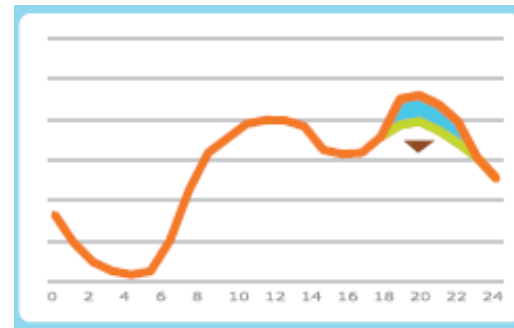
- Desplaçament del consum



- Omplir les valls



- Reducció del consum de les hores punta del sistema



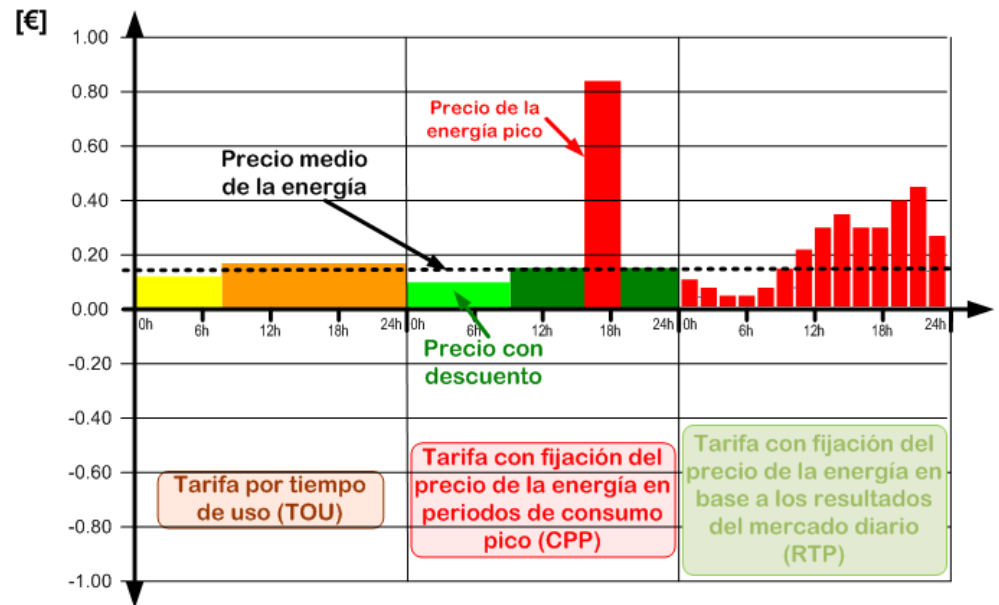
Font: GT FLEXIWATTS

Mecanismes de gestió de la demanda

INDIVIDUALS

- Indirectes (senyals de preu)
 - Basats en tarifes – tarifa nocturna i *supervall*
 - Basats en reducció de la demanda – retribució per desconnexió/penalització per consum en pic

- Directes (senyals de quantitat):
 - Limitació potencia consumida

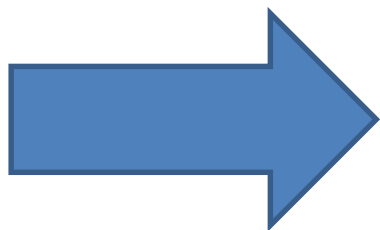


Mecanismes de gestió de la demanda

AGREGATS

- Participació en els diferents mercats d'operació del sistema a través d'un agregador
 - Només càrrega del vehicle elèctric
 - Vehicle elèctric com emmagatzemament distribuït
- Mercats**

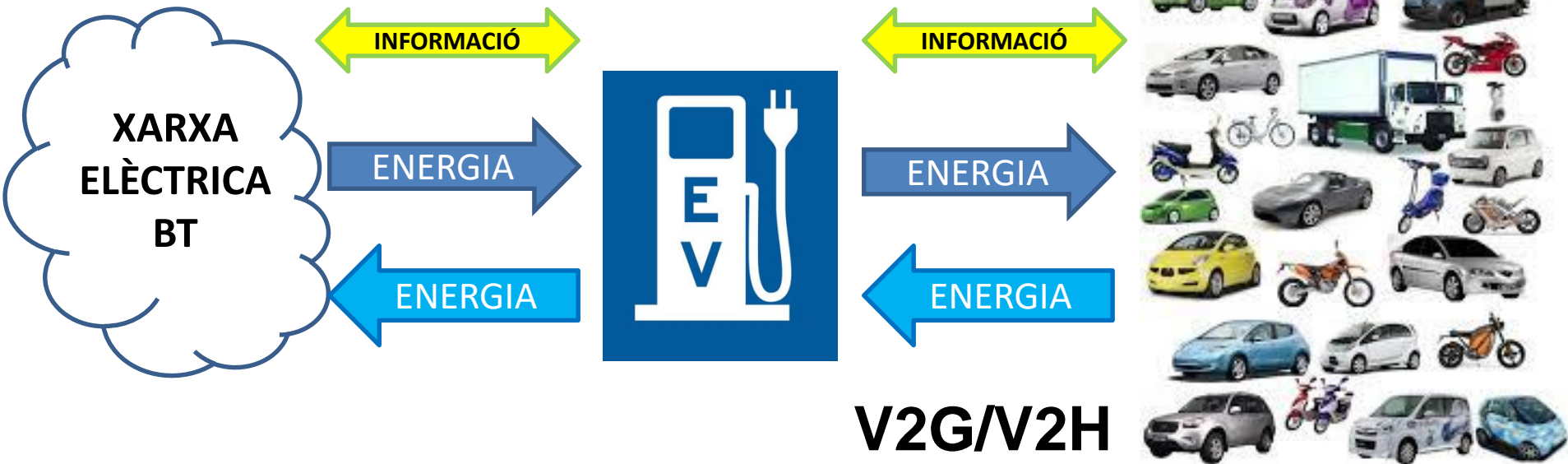
 - Regulació secundària
 - Regulació terciària
 - Desviacions
 - Restriccions en temps real



Vehicle-to-Grid (V2G)
Càrrega/descàrrega de la bateria
Battery-to-Grid (B2G)

Oportunitats del B2G i V2G

Vehicle-to-grid: V2G



Perspectiva mecanismes de gestió de la demanda pels vehicles elèctrics



Curt termini

- Individuals indirectes  **tarifa supervall**

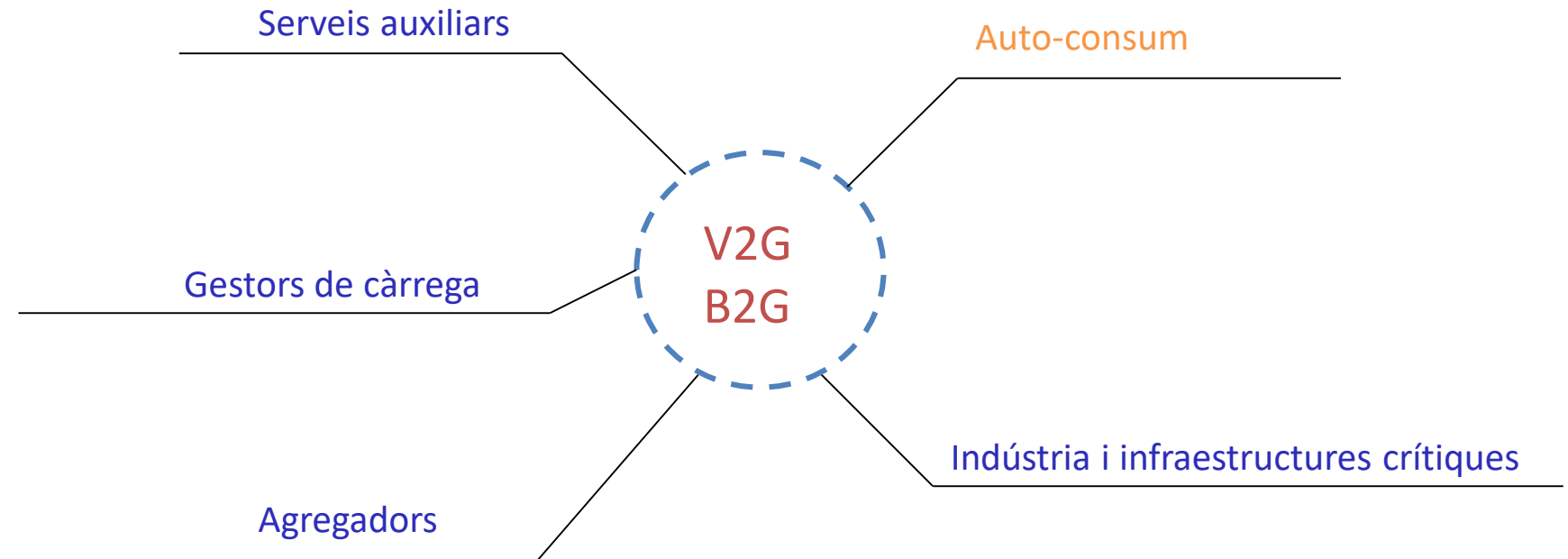
Mig termini

- Agregats només per la càrrega  **Gestor de Càrrega**

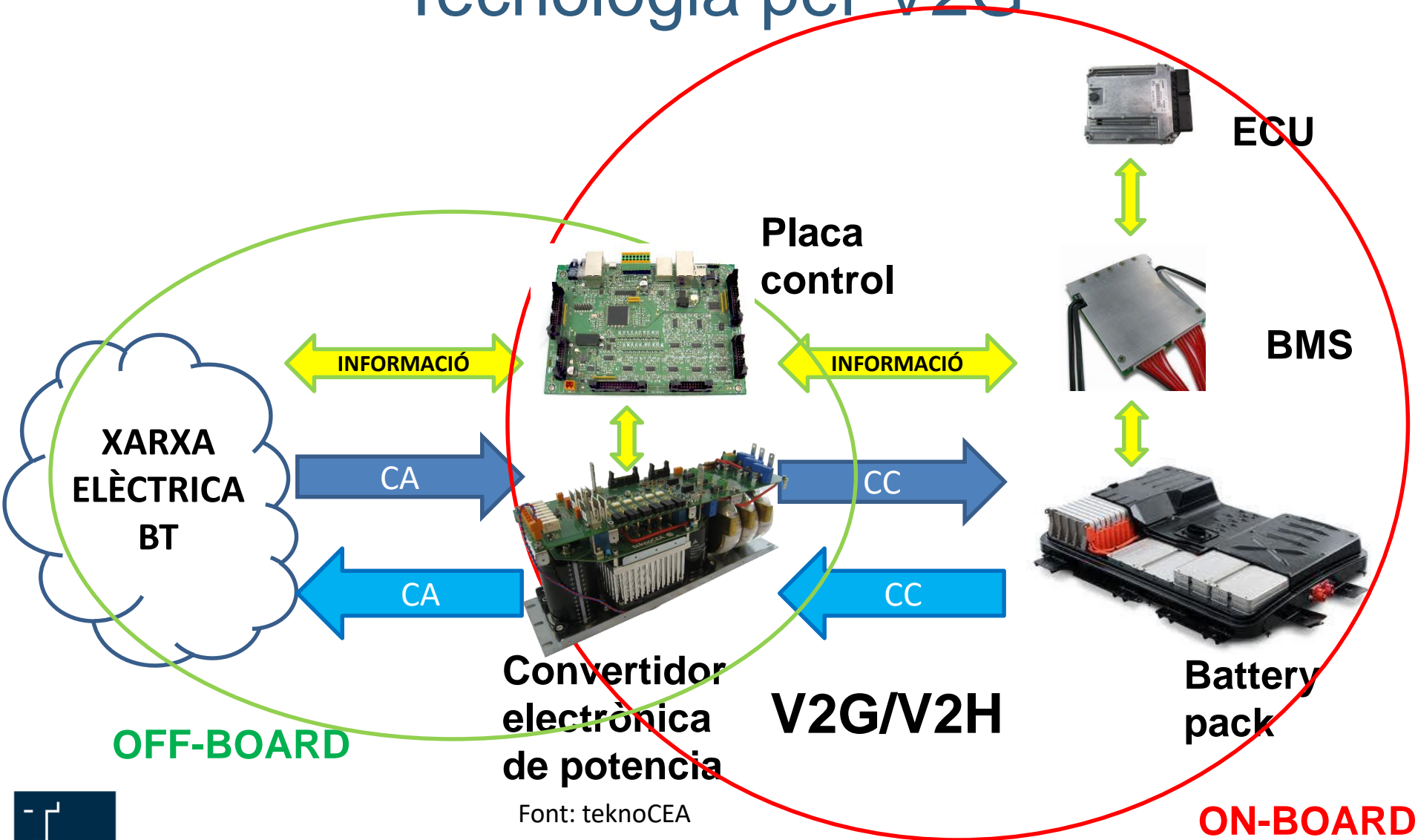
Llarg termini

- Agregats amb el vehicle elèctric con emmagatzemament distribuït  **V2G**
- Participació en els mercats d'operació  **V2G**

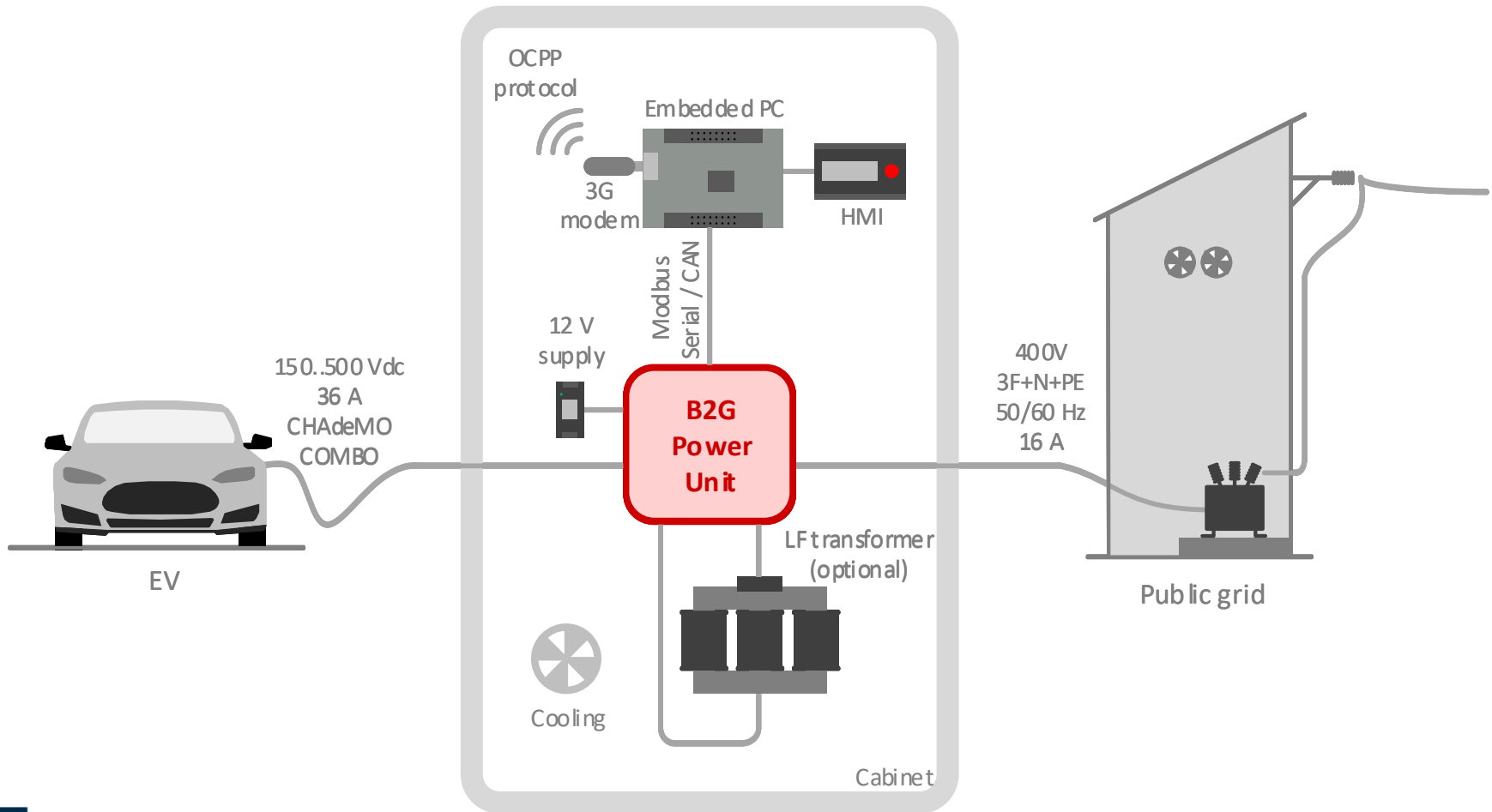
V2G, B2G: noves oportunitats, nous reptes



Tecnologia per V2G



Concepte



V2G

Experiències demostratives en marxa:

- Grid On Wheels
- EDISON Project
- Project Plug-IN
- U.S. DOD V2G Demonstrations
- SPIDERS2.8.6 MeRegio Mobil
- Zem2All Málaga
- Chrysler V2G Demonstrations
- Green Crossover Town
- Maui Smart Grid Demonstration Project
- ENEL i Nissan ha fet darrerament algunes experiències: UK, Dinamarca

Font: “ Vehicle to Grid Technologies”, Navigant Research, October 2013. Market issues.



Font: Zem2All

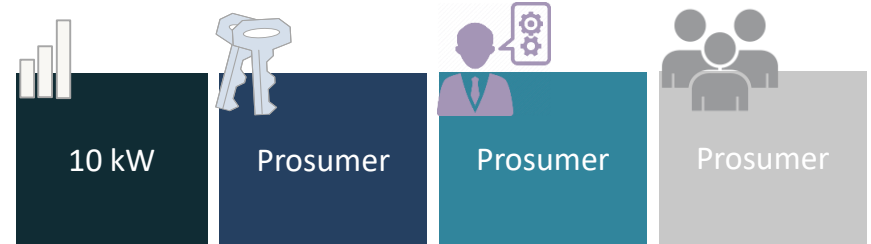


Font: Mitsubishi Motors 2012



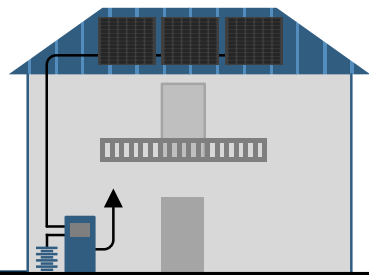
Font: Nissan Motor 2012

Auto-consum

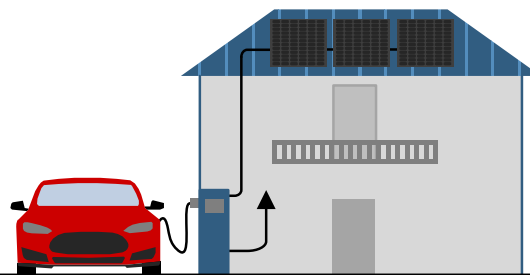


- ✓ Injecció zero de potencia i balanç net d'energia
- ✓ **Estalvi** economic directe per l'usuari
- ✓ Integració de bateries de **2a vida**
- ✓ **Fàcilment escalable** en una unitat **portàtil**

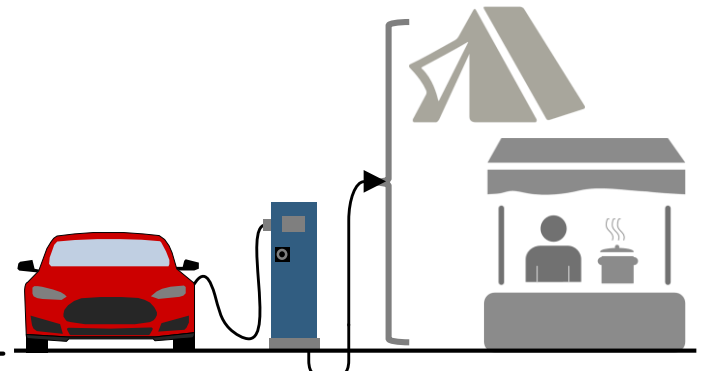
Microxarxes domèstiques
Bateries 2a vida



Recarrega fotovoltaica i us de
la bateria del VE



Campings, fires,...



Auto-consum

- Europa està conduint esforços per reformar totalment el sector energètic. → Millorar el funcionament dels mercats elèctrics permetent que l'electricitat es mogui lliurement allà on i quan sigui necessària en el territori.
- La idea és reduir barreres legislatives i **afavorir l'apoderament dels consumidors per la seva participació activa en matèria energètica**: << *els consumidors han de ser lliures per generar i consumir la seva energia aplicant condicions legislatives justes per a que puguin estalviar diners, ajudar al medi ambient i afavorir la seguretat de subministrament.*¹ >> → **AUTOCONSUM**

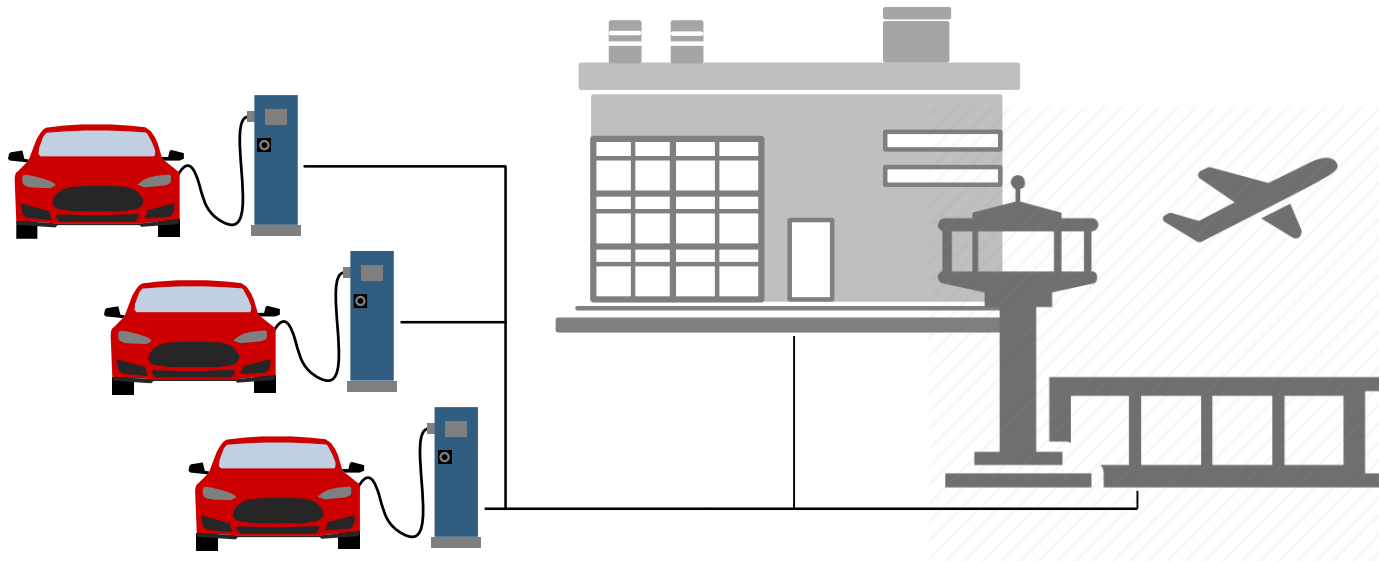
Carregadors unidireccionals		Carregadors bidireccionals	
×	Només poden desplaçar en el temps la recàrrega del VE segons el preu de l'energia.	✓	Poden fer servir l'energia emmagatzemada al VE per reduir els pics de consum de l'autoconsumidor → estalvis en la factura elèctrica.
×	La unidireccionalitat dels carregadors fa que els vehicles en qualsevol cas siguin sempre una càrrega pels edificis.	✓	El carregador gestiona els fluxos energètics entre la generació, consum local i VE per minimitzar la factura elèctrica i assegurar el subministrament en instal·lacions d'autoconsum (aïllades o no).

¹ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/market-legislation>

Indústria i infraestructures crítiques



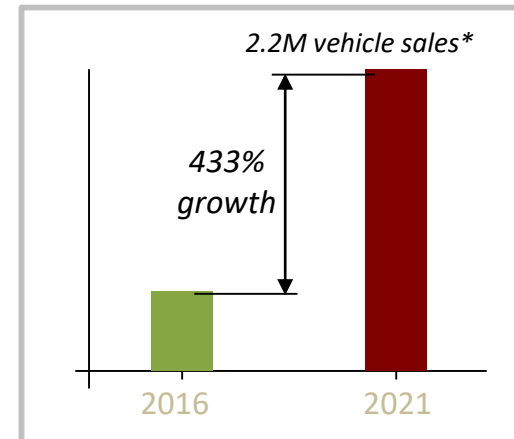
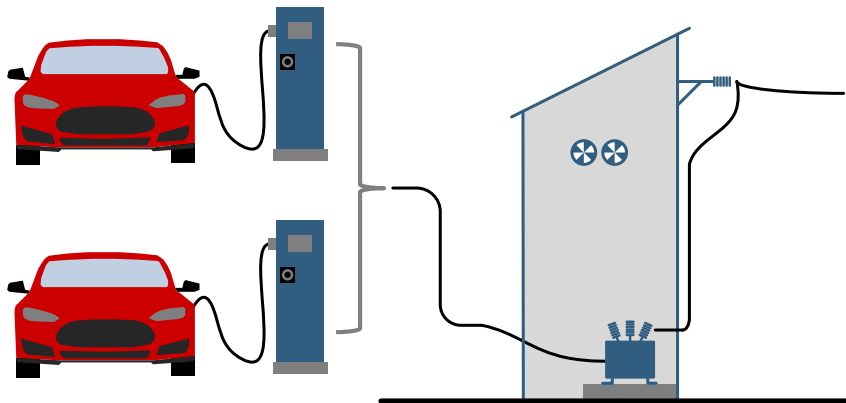
- ✓ Industria, data centers, hospitals, aeroports,...
- ✓ Aparcaments d'aquestes instal·lacions: peak shaving, seguretat de subministrament



Gestors de càrrega

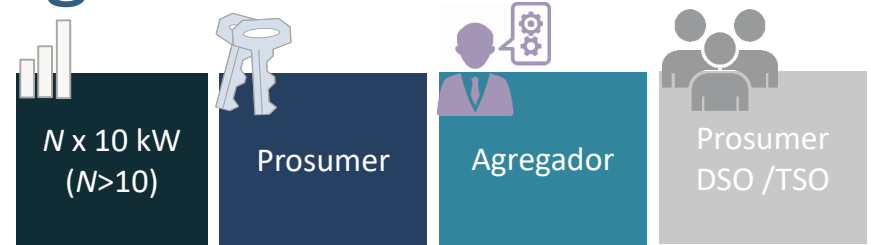


- ▼ El Gestor de Càrrega és un agent regulat: IBIL, SAMPOL, ESTABANELL I PAHISA,...
- ▼ Clara oportunitat de negoci

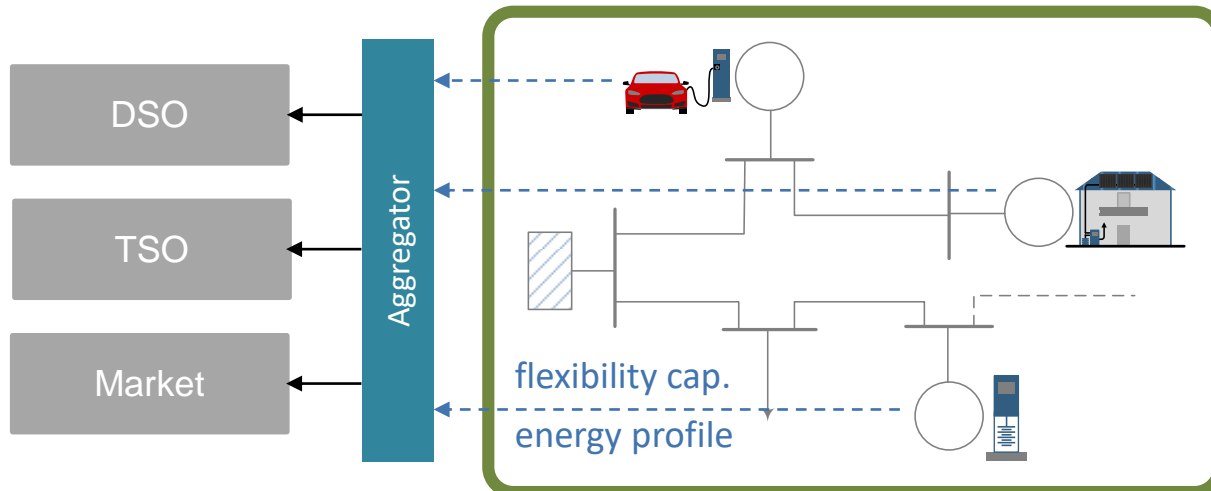


* European Automobile Manufacturer's Association

Agregadors




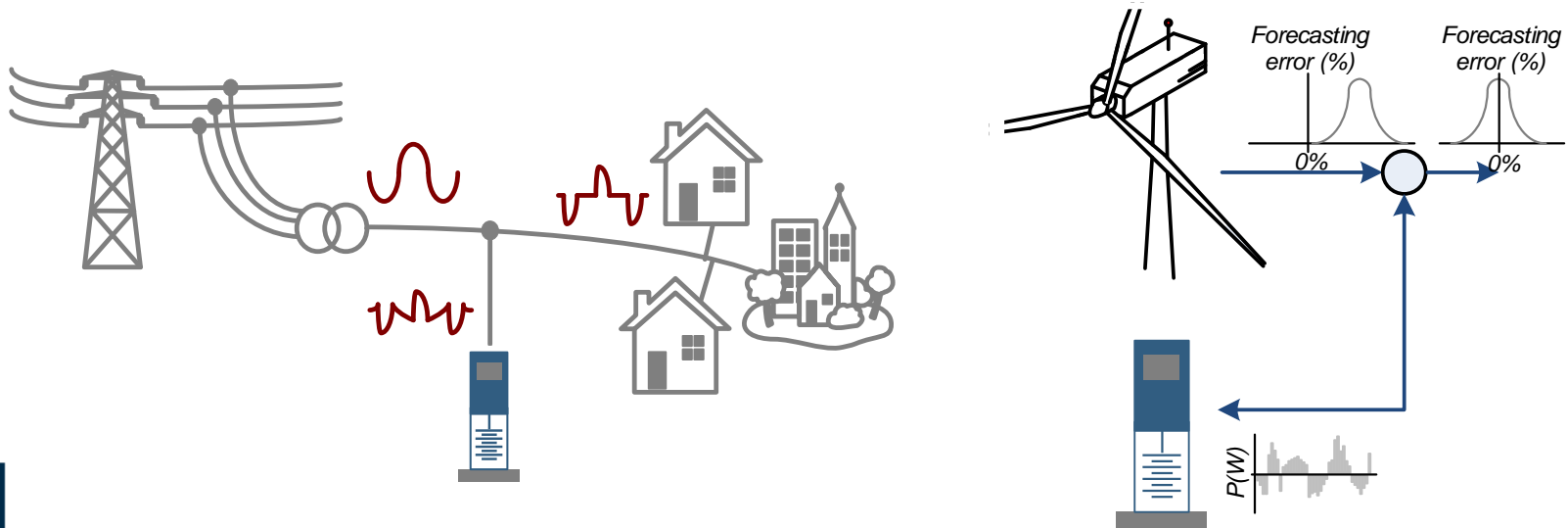
- ✓ Optimització dels mercats energètics i tècnics



Serveis auxiliars

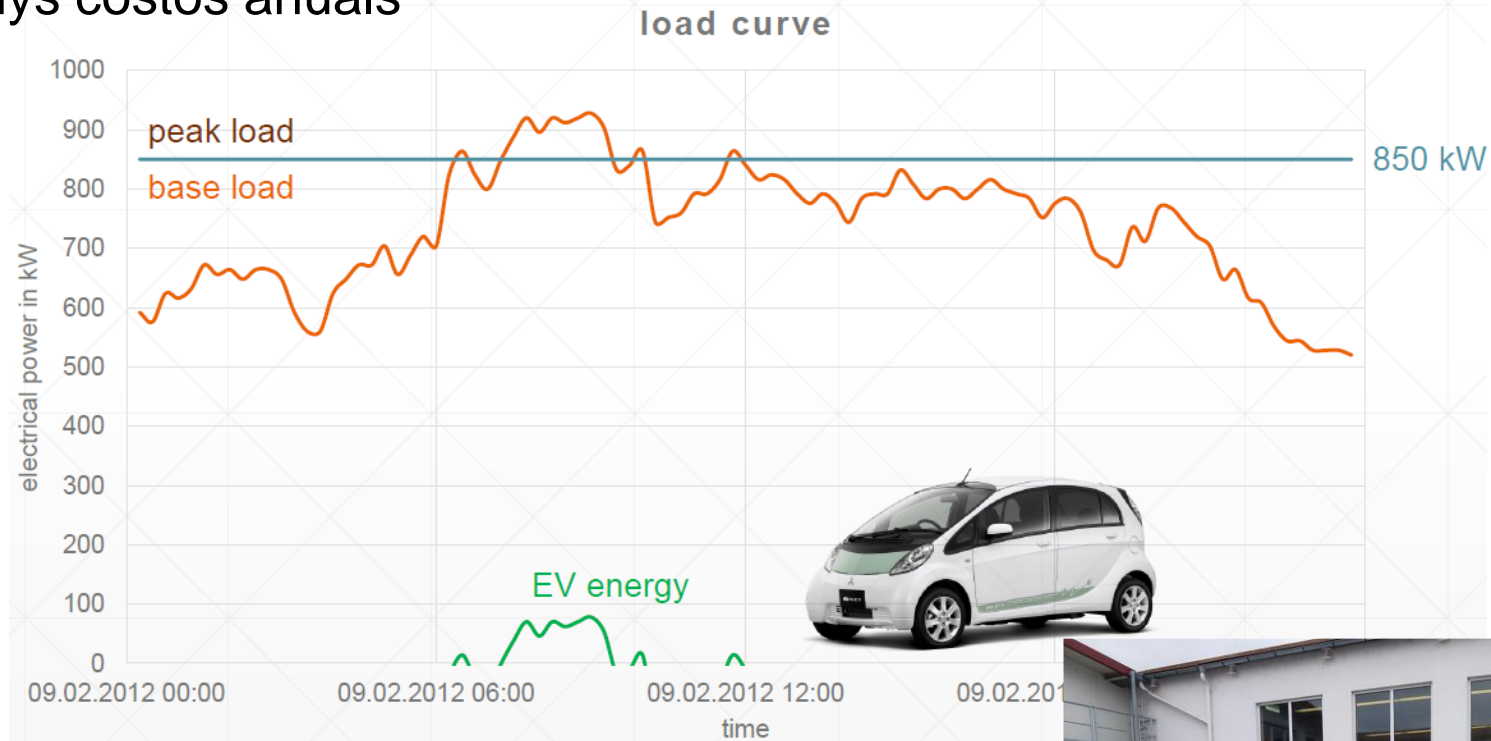


- ✓ DSOs: Compensació desequilibris, harmònics, potencia reactiva, seguretat de subministrament, peak shaving  retard en renovar infraestructures
- ✓ Renovables: compensació dels errors de previsió, qualitat de subministrament



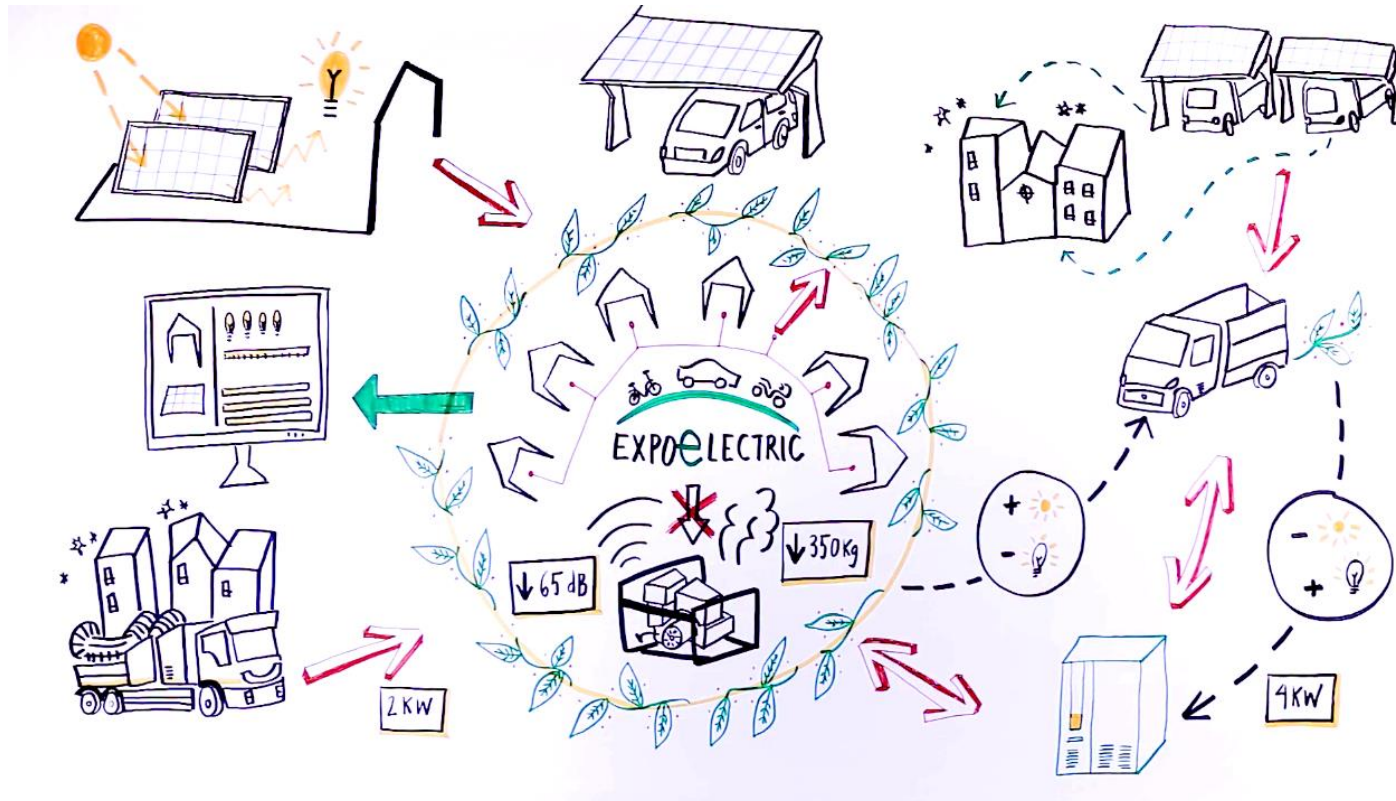
Projecte demostrador: Reducció pic de consum a la indústria (JOPP Holding GmbH)

Estalvis de 100 €/kW anuals (potència contractada). Entre 5 i 10 VE carregats amb carregadors bidireccionals (20 kW cadascú) → 15% menys costos anuals



Projecte demostrador: Anella Energètica Expoelèctric

L'experiència de gestionar una anella energètica aïllada a Expoelectric, integrant energies renovables i vehicles elèctrics



Expoelectric



6-7 D'OCTUBRE 2018

ARC DE TRIOMF - BARCELONA

BENVINGUTS!



Expoelectric és la fira en vehicles elèctrics més rellevant en el sud-est d'Europa i, enguany, va celebrar la seva 8à edició la setmana del 6 d'Octubre.



- Expotest
- e-Col·loquis
- e-Casa
- e-Concert
- e-Jornades
- Activitats infantils

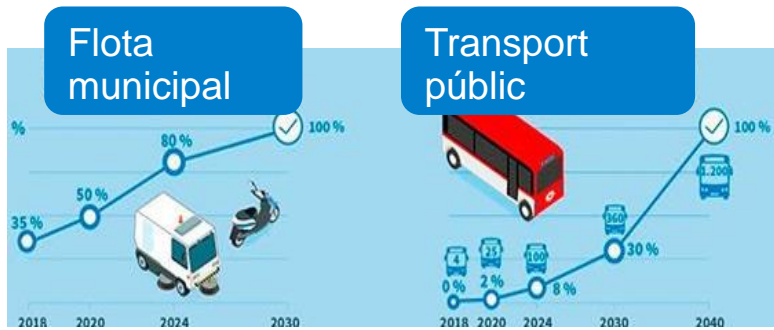


La primera fira del sud d'Europa que practica l'autoconsum i el V2G

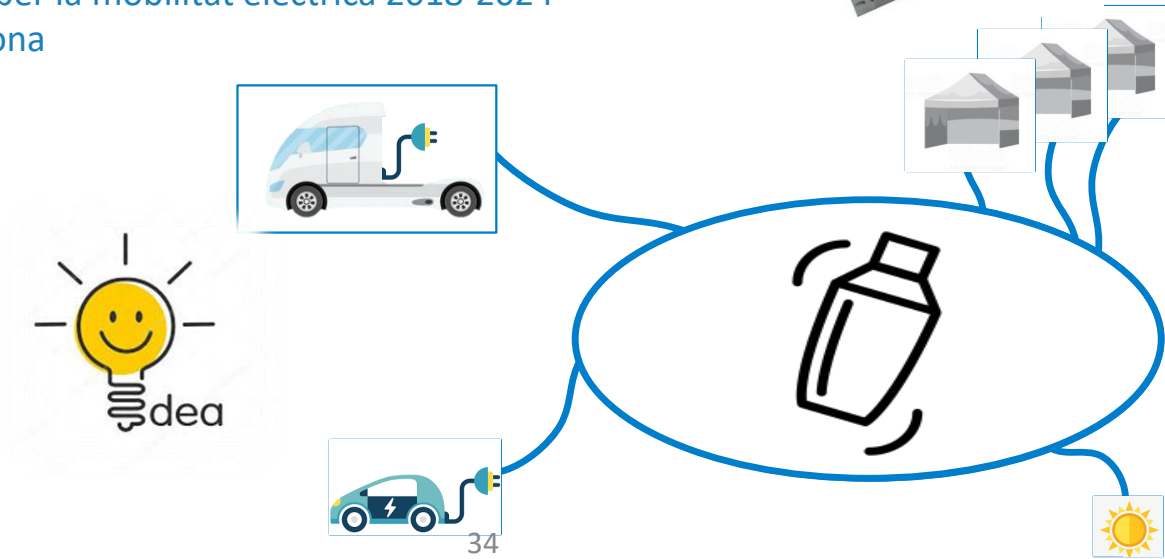
El repte del autoconsum en fires

Objectiu
Ser parcialment auto-suficient
Eliminar grups dièsel

Com afrontar l'autoconsum en Expoelectric?

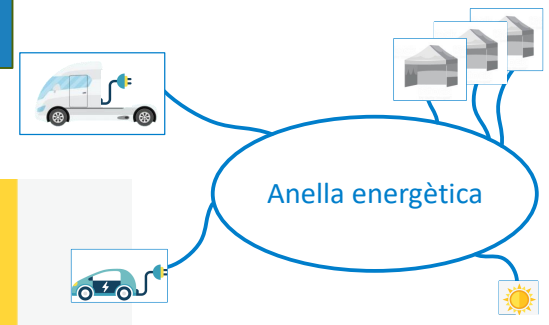
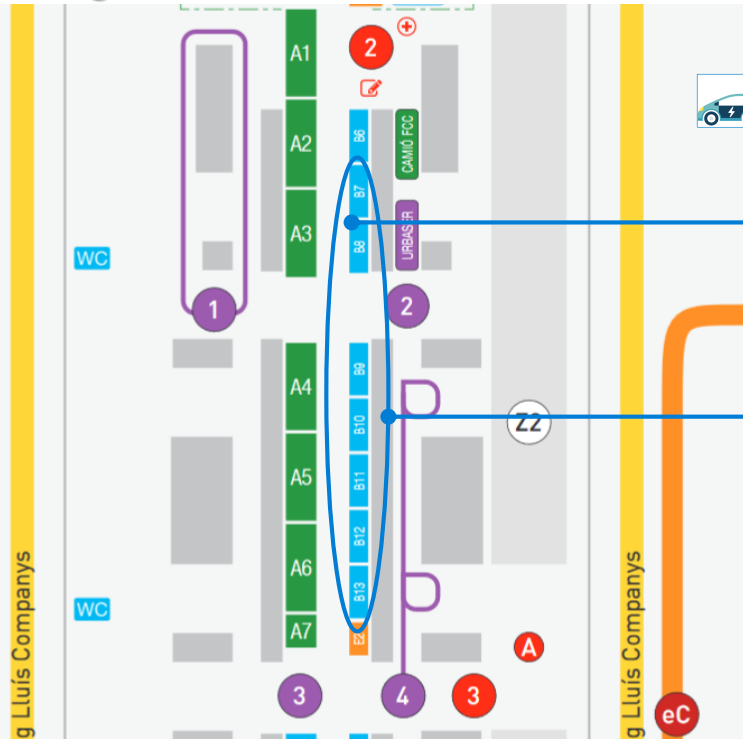
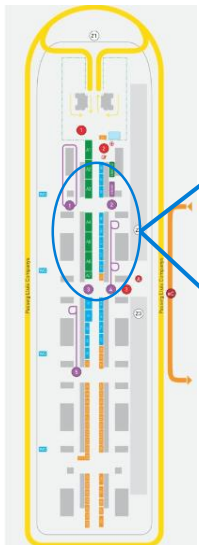


Previsió per la mobilitat elèctrica 2018-2024 a Barcelona



L'anella energètica (I/VIII): Abast

Proposta pionera: primera experiència
Alimentar 7 estands amb l'anella energètica



Origen de l'anella

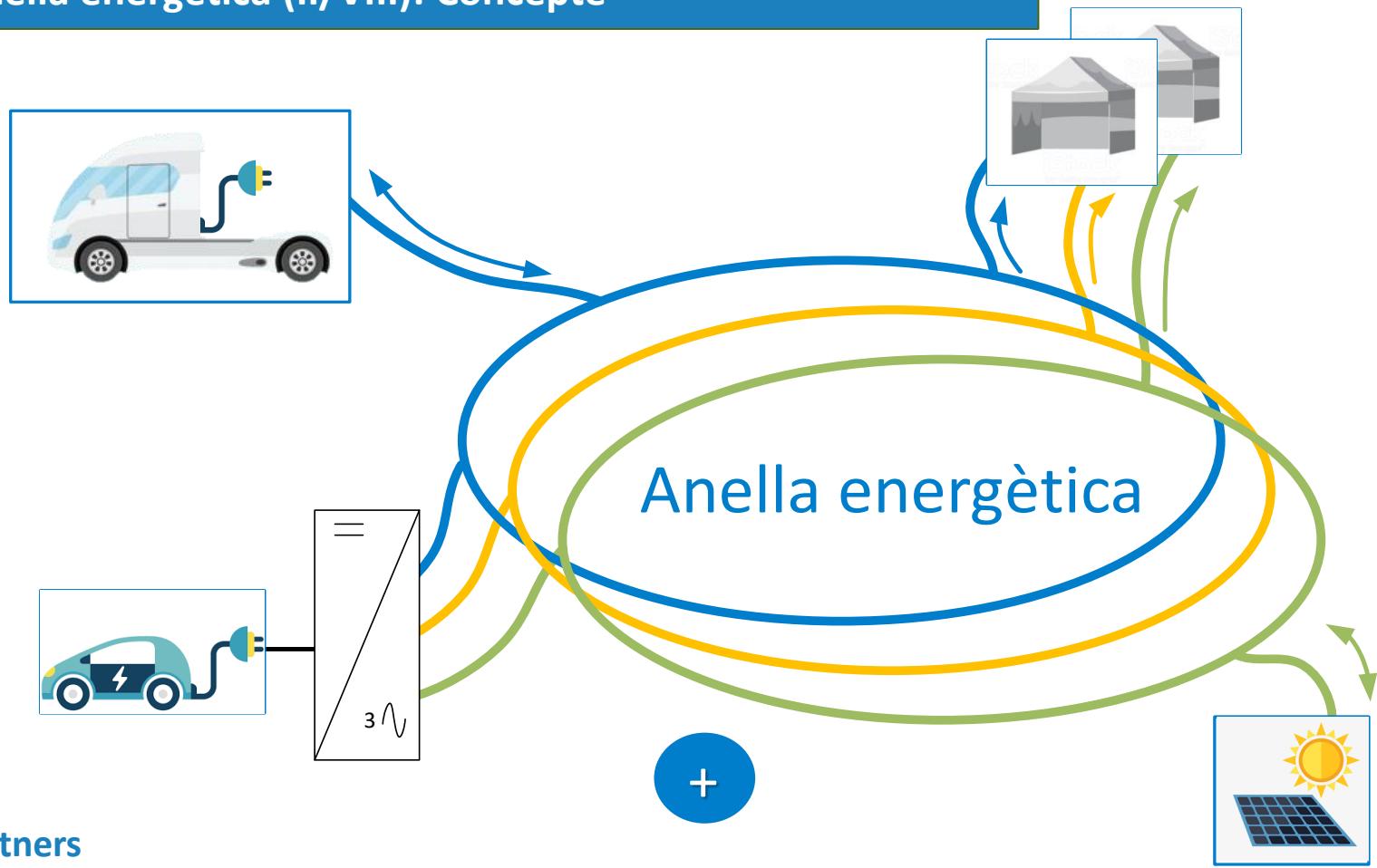
Anella
3 línies
≈ fins a 1,5 kW/línia



Això és tot? Tant simple?



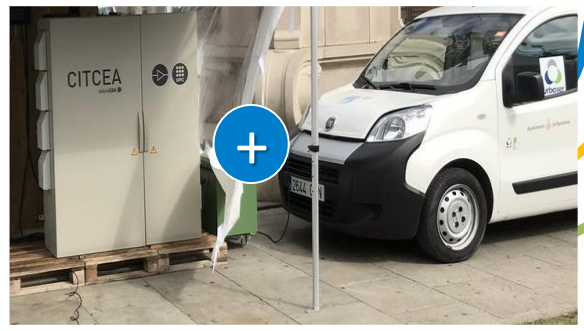
L'anella energètica (II/VIII): Concepte



Partners



L'anella energètica (III/VIII): Actors



Alguna cosa més a considerar?



- Rols?
- Coordinació?
- Tests?
- Nivells de tensió?
- Proteccions?

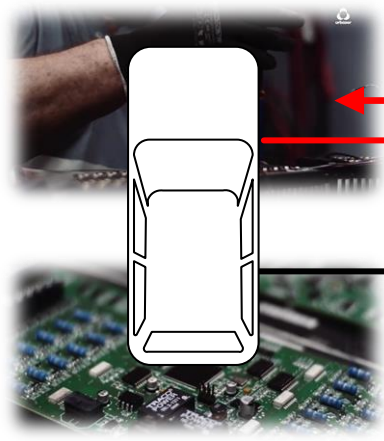


L'anella energètica (IV/VIII): Proposta



L'anella energètica (V/VIII): Rols (I/II)

Font d'energia principal & Generador digital + monitorització anella



Bateries de 2° vida de Li-ió 240 ~
295 V
30 kWh

Inversor 3-fases 4-fils
40 kVA // 50 A
DC/DC + DC/AC
ERG (Electric Ring Generator)

Transformador YNyn
16 kVA // 23 A

3x AC
400 V / 50Hz



Fixar esquema de neutre → TT

L'anella energètica (VI/VIII): Rols (II/II)

Grid feeders (Font de corrent)

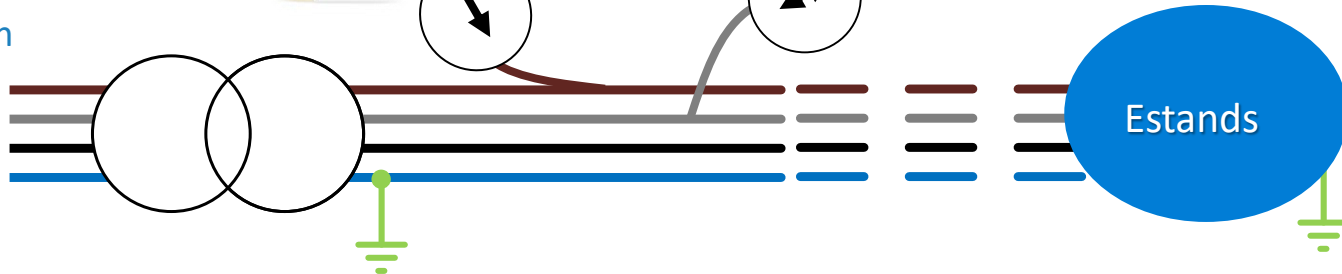


Bateria de Li-
ió 500 V
400 kWh



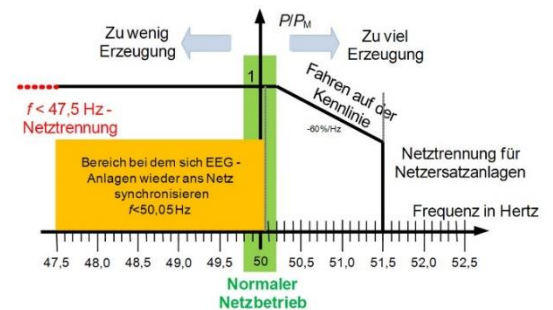
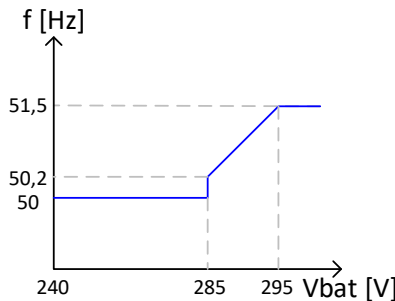
2 kW

Fins 1.6 kW



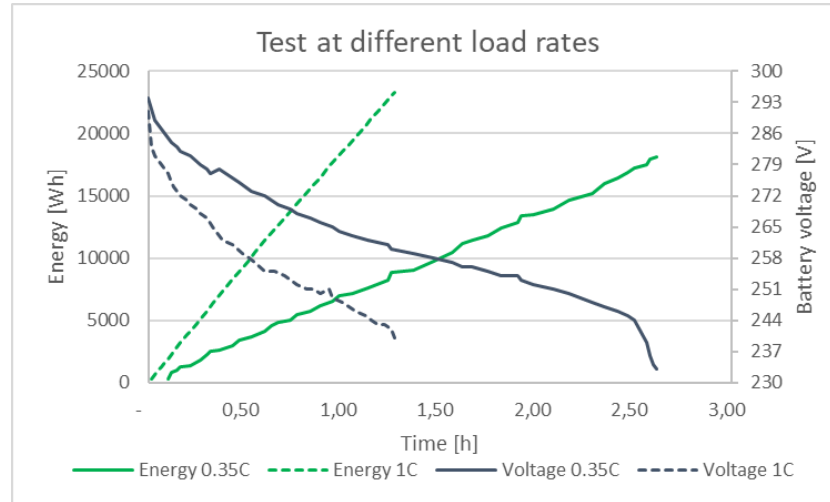
Com coordinar tants actors?

Regulació de potencia basada en estàndards sense comunicacions
VDE 4105



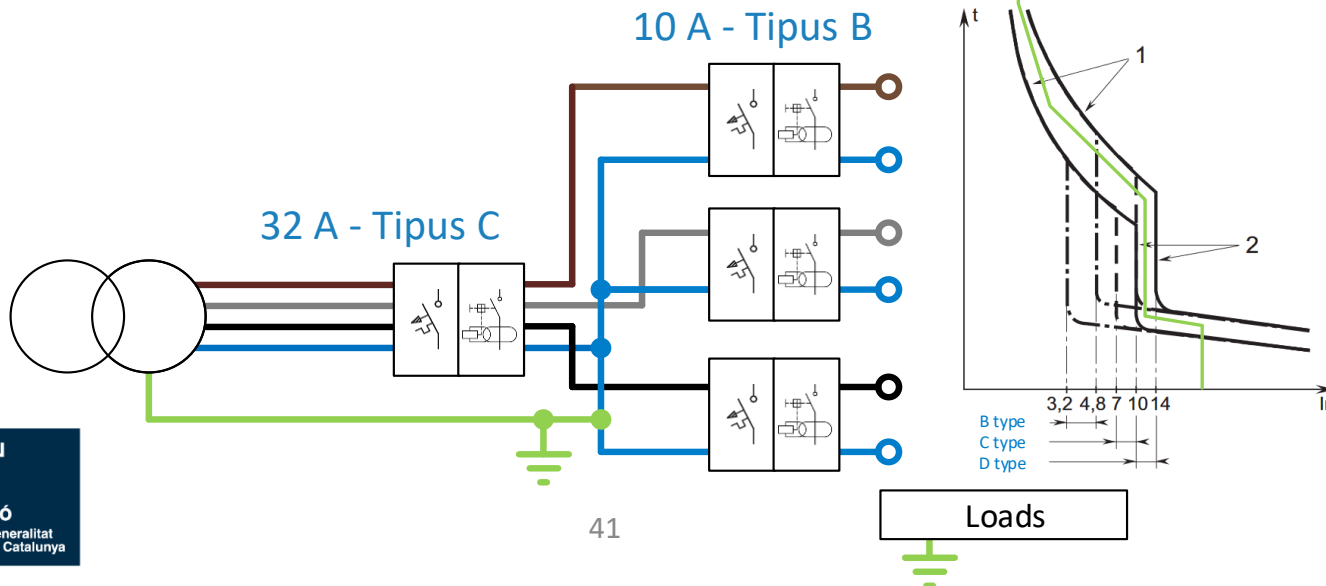
L'anella energètica (VII/VIII): Tests

Evaluació de les bateries de 2a vida



Molt sensibles al rati de descàrrega

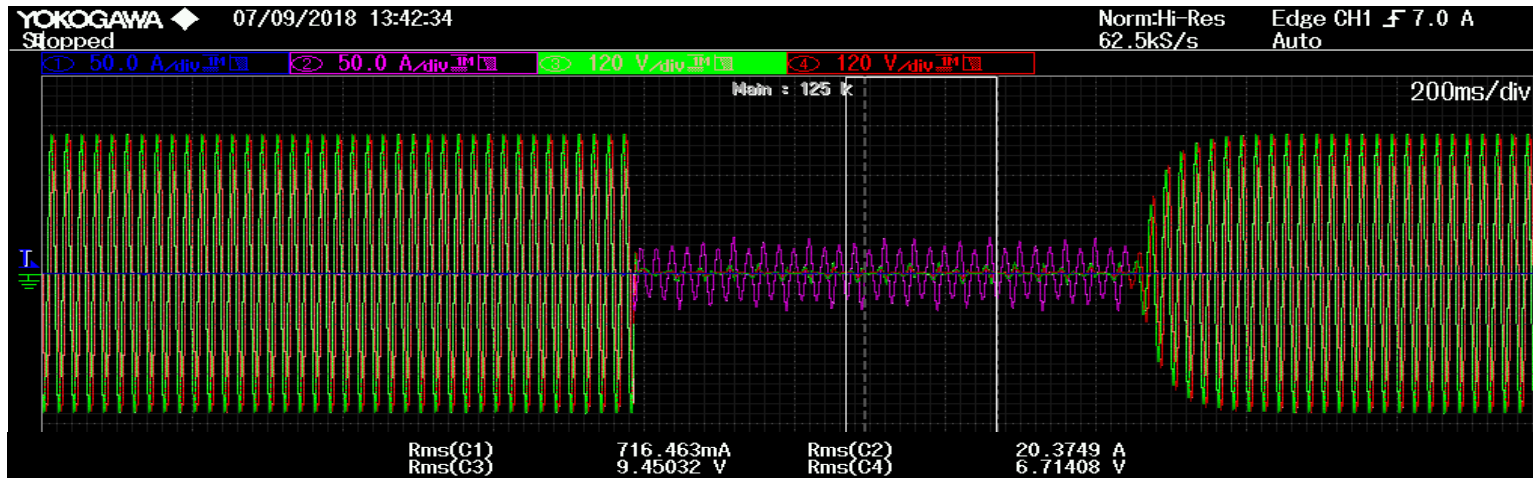
Comportament actiu front sobrecàrregues



Curtcircuits
Protecció activa via
validats en
software
laboratori

L'anella energètica (VIII/VIII): Tests

Comportament actiu davant curtcircuits (Ejemple fase-fase)

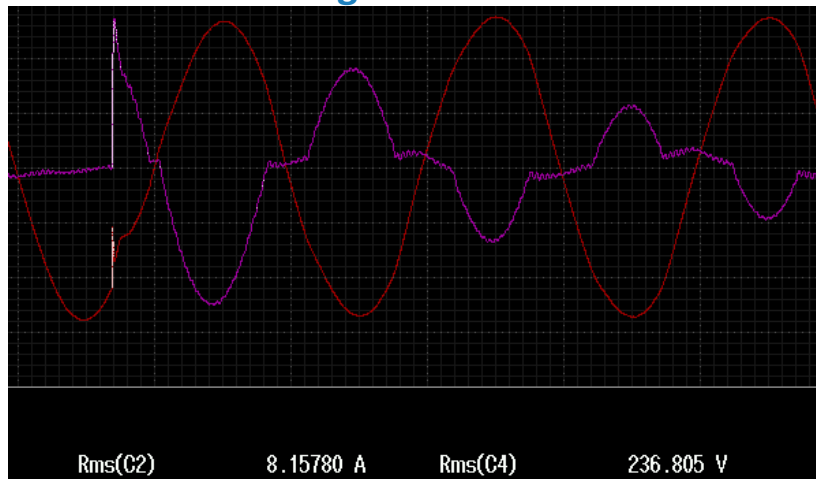


Operació normal

Sota falta

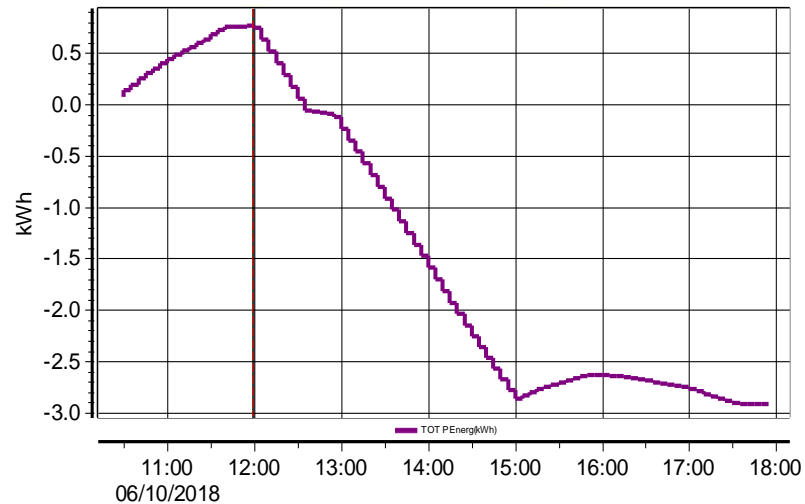
Aixecament falta

Regulació de tensió activa davant càrregues altament no lineals

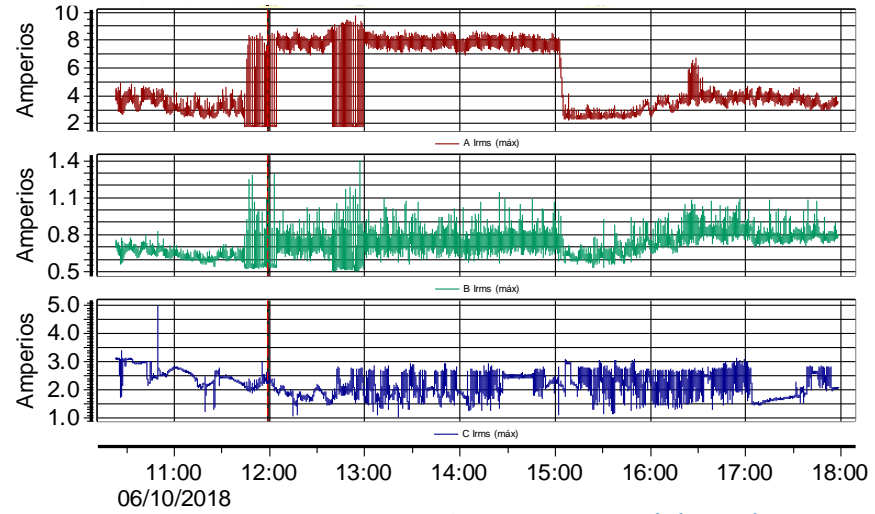


Experiencia a Expoelectric Dissabte 6 d'Octubre

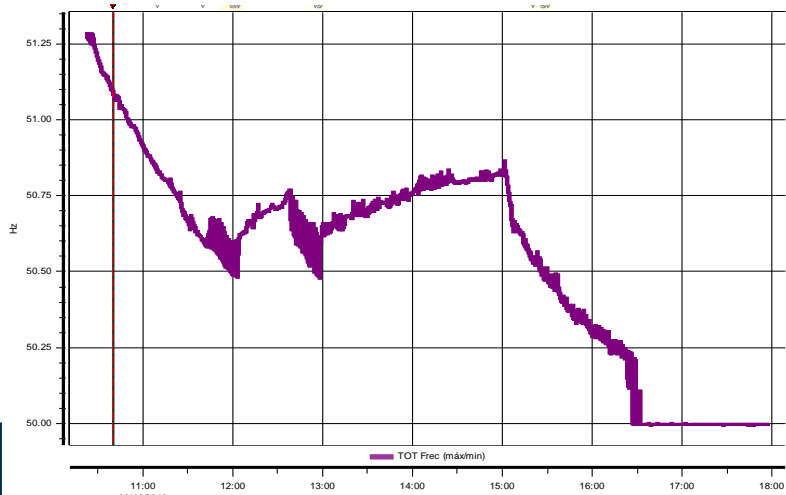
Tendencia en energia (+ Entregant / - Consumint)



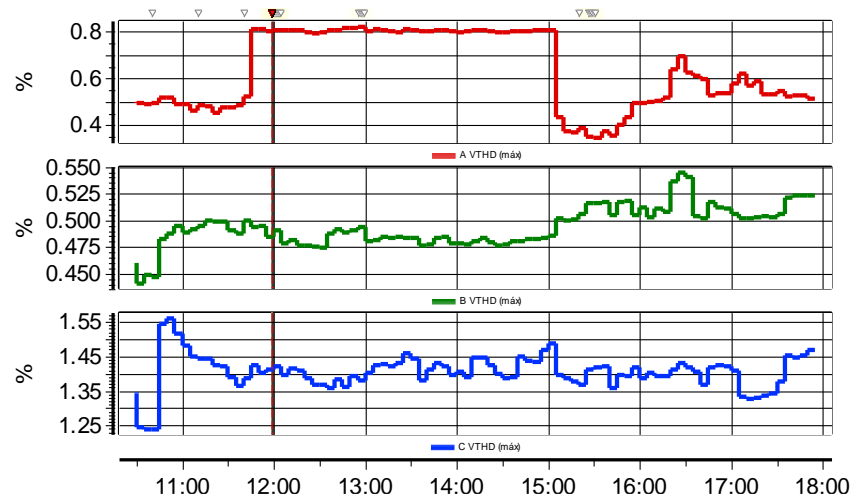
Tendencia en corrent



Tendencia en freqüència

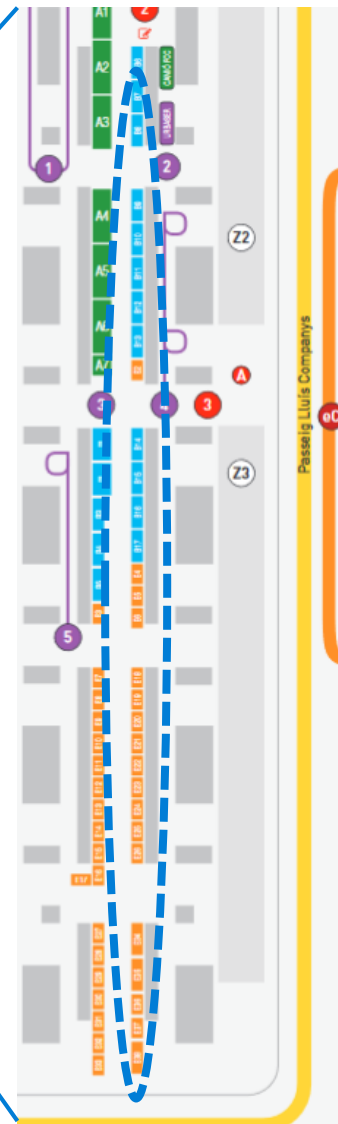


Qualitat en tensió (THD)



Experiencia a Expoelectric Diumenge 7 d'Octubre

Degut a la bona experiència de dissabte es decideix ampliar l'anella energètica



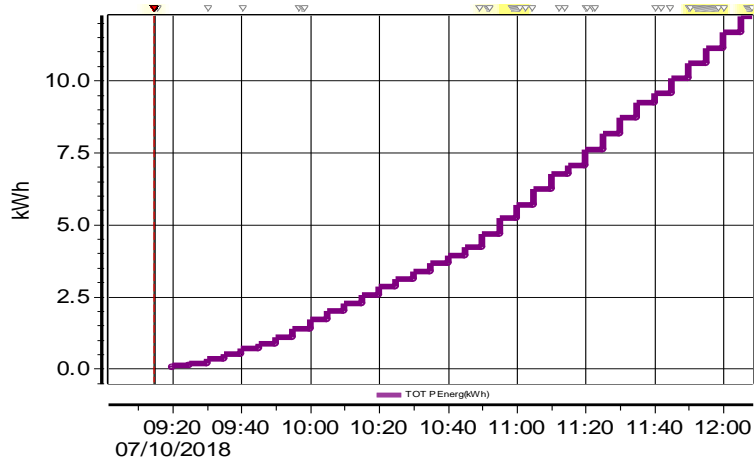
**Anella energètica
expandida**
3 línies
≈ fins 5 kW/línia

MÉS DE 25 estands alimentats per l'anella energètica

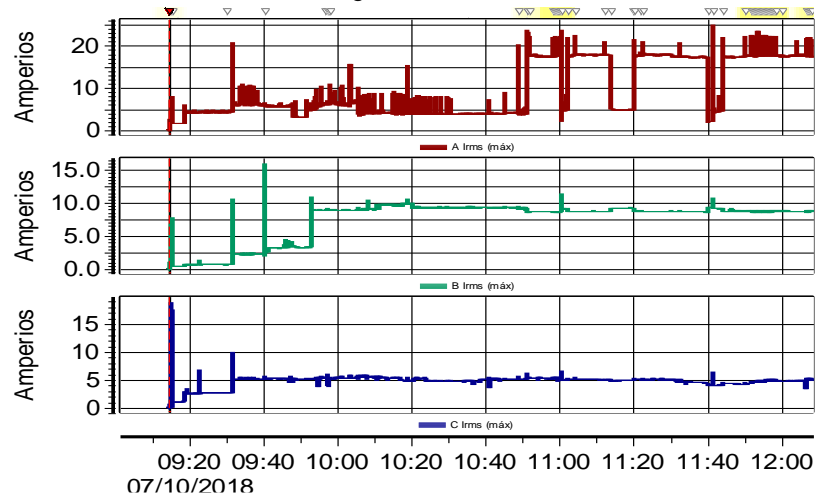
Experiencia a Expoelectric Diumenge 7 d'Octubre

THD compatible amb Classe I
 $\Delta f \rightarrow$ Coordinació dispositius

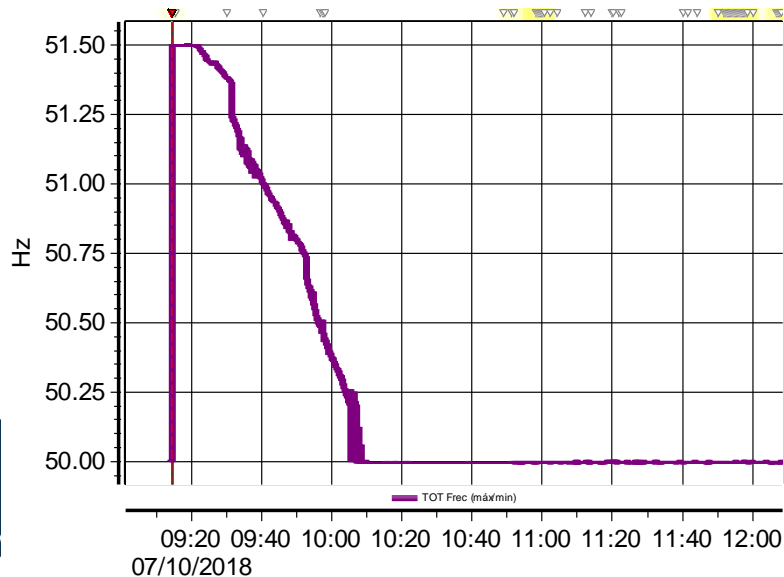
Tendència en energia (+ Entregant / - Consumint)



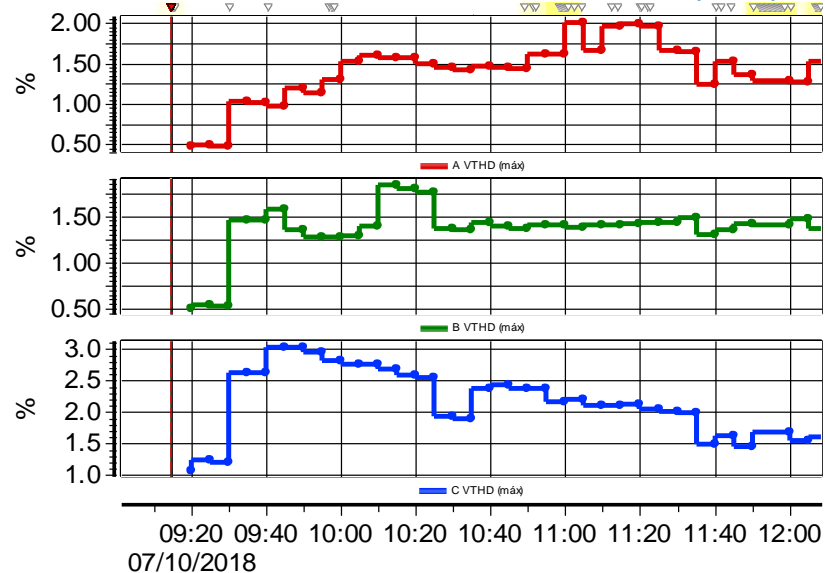
Tendència en corrent



Tendència en freqüència



Qualitat en tensió (THD)

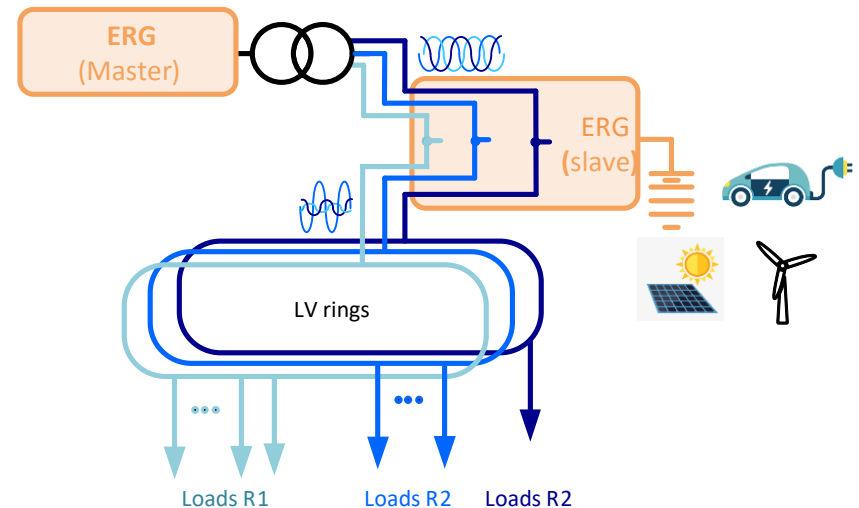


Conclusions

- **Èxit** creant una **anella energètica** combinant **diferent dispositius** de varies companyies
- Inclusió **Renovables (FV)** i **VEs** com elements de suport (extensors d'autonomia)
 - No s'han requerit comunicacions específiques entre dispositius, solament gestió de la freqüència elèctrica
 - **Proteccions actives** (Sobrecàrrega, curtcircuit, fuites)
- Experiència **tant positiva** el 1r dia que el 2n s'**expandeix l'anella energètica**
 - + 5 kW/fase durant algun tram del dia
 - **Bona qualitat de potencia** entregada gracies a l'ús d'un generador de tensions digital

Futures actuacions

- En futures oportunitats l'anella energètica hauria de considerar més tecnologies renovables
- Altres **ERG** poden afegir **noves funcionalitats** com enrutadors de potencia
 - Balanceig de corrents
 - Compensació d'harmònics
 - Despatx de reactiva



Ús òptim de la font
d'energia primària⁴⁶

Anella energètica Expoelèctric 2019

2 i 3 Nov
2019



Aportacions a l'anella energètica

Expoelèctric 2019

Generació/producció - emmagatzematge

A través d'Audit Energia. Empresa especialitzada en disseny i execució d'inst. FV per autoconsum domèstic, gestió consums per maximitzar l'aprofitament solar

- Camp fotovoltaic compostat per 18 panells d'alta eficiència

JA SOLAR

- $P_{\text{panell}} = 315 \text{ Wp}$ i 60 cel·les
- $P_{\text{campFV}} = 5,67 \text{ kWp}$
- Tecnologia mono PERC (panells negres)

- Inversor **Fronius** Symo Hybrid

- $P_{\text{nom}} = 5 \text{ kW}$ (trifàsic)
- Mesurant el consum de la xarxa, gestiona la bateria

- Bateria de liti **ByD** d'alt voltatge, connectada a l'inversor Fronius Symo Hybrid

- Capacitat màxima: 11,5 kWh

Aportacions a l'anella energètica Expoelèctric 2019

Fonts d'energia connectades a l'anella energètic

- Furgoneta **URBASER** pertanyent a les brigades de neteja i manteniment de la ciutat de Barcelona
 - Bateria reciclada (*): 42 kWh (70% capacitat)
 - Tensió a càrrega màxima: 296 V

- Vehicles - **Nissan Leaf** amb connectors **CHAdeMO** (x2)
 - Bateria: 34 kWh
- Carregador v2g Wallbox de tipus bidireccional
 - Potència: 3 kW

(*) Les bateries d'aquest vehicle provenen de bateries d'altres vehicles (segon ús) per reciclar les cel·les de liti



EXPOeLECTRIC



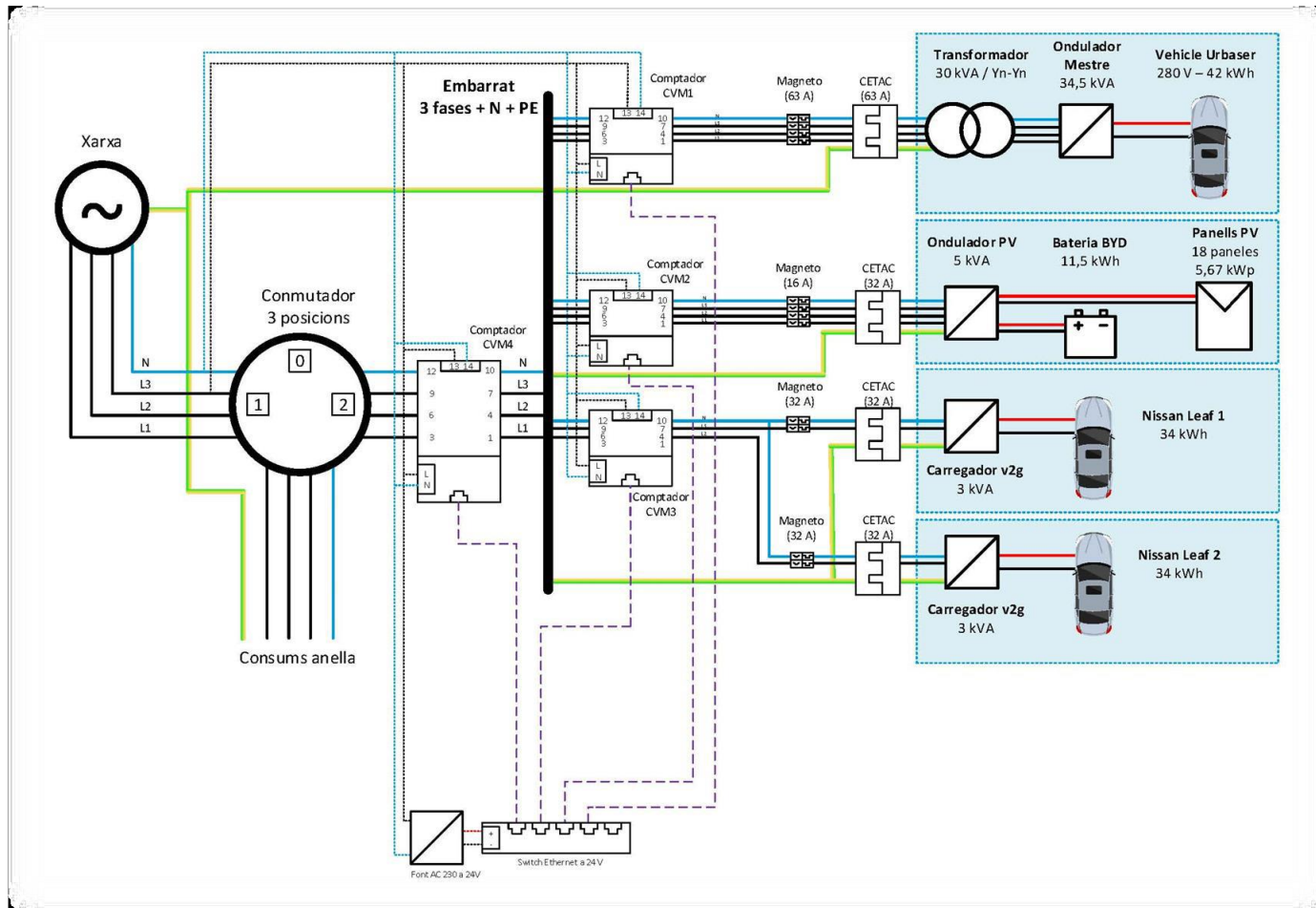
Aportacions a l'anella energètica Expoelèctric 2019

Creació de la xarxa i Controlador del sistema Convertidor ERG (Energy Ring Generator) CITCEA-UPC / teknoCEA

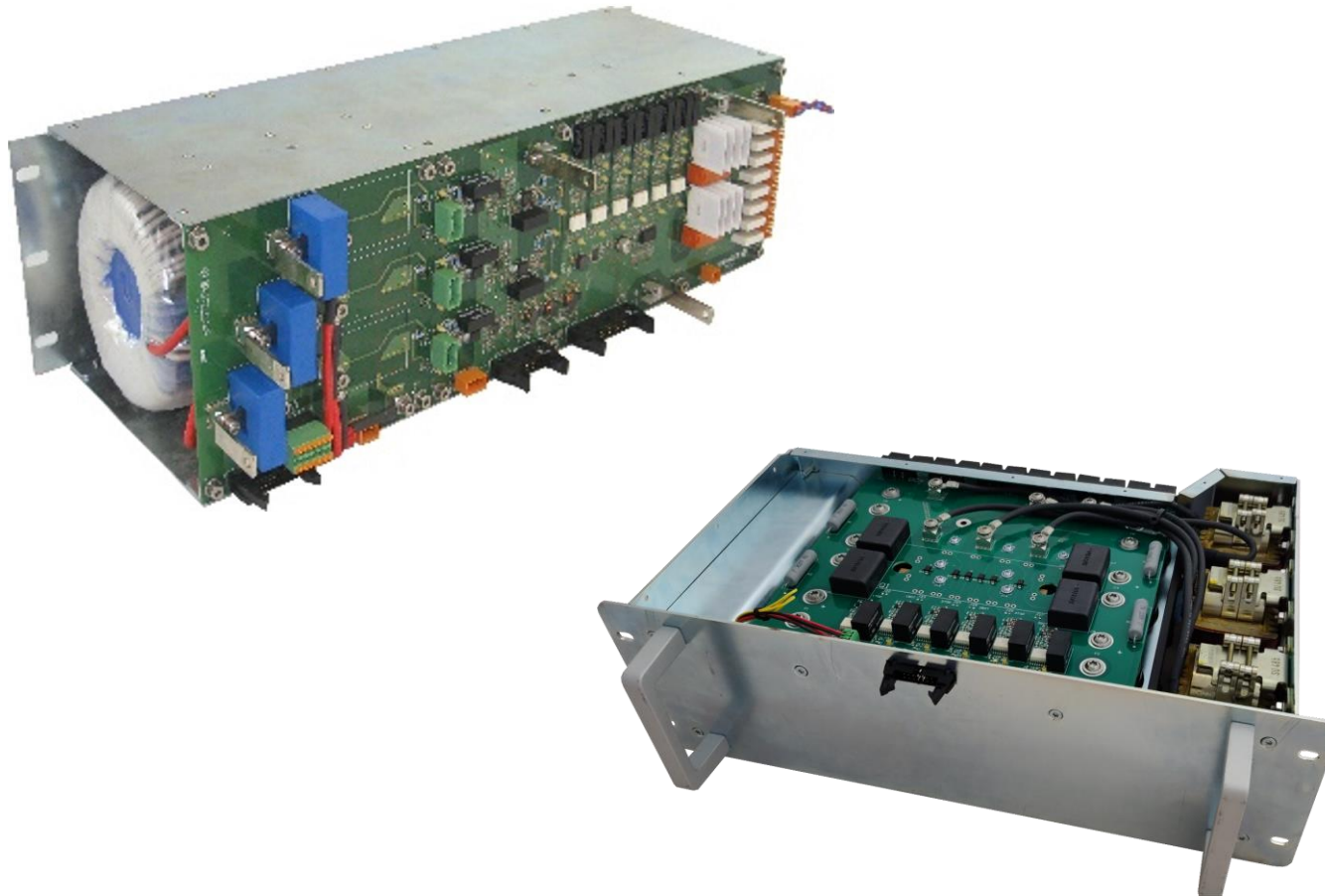
- Potència: 34,5 kVA
 - Transformador de baixa freqüència amb règim de neutre extern garantit
 - Potència: 30 kVA
 - Tipus: ynYN1
 - Rang entrada: 200 – 600 V DC
 - Sortida AC: sistema de tensions trifàsiques a 4 fils
 - Cada tensió funciona com una entitat independent (230V-50Hz) gestionable en tensió i freqüència
 - Funcionament bidireccional: amb excés de producció de les fonts (situació de baix consum) recarregarà la bateria primària del camió Urbaser.
 - Generador digital: Control independent per fase.
- Autoregulació digital de l'excés o dèficit que es pugui produir en una fase determinada gestionant aquesta descompensació



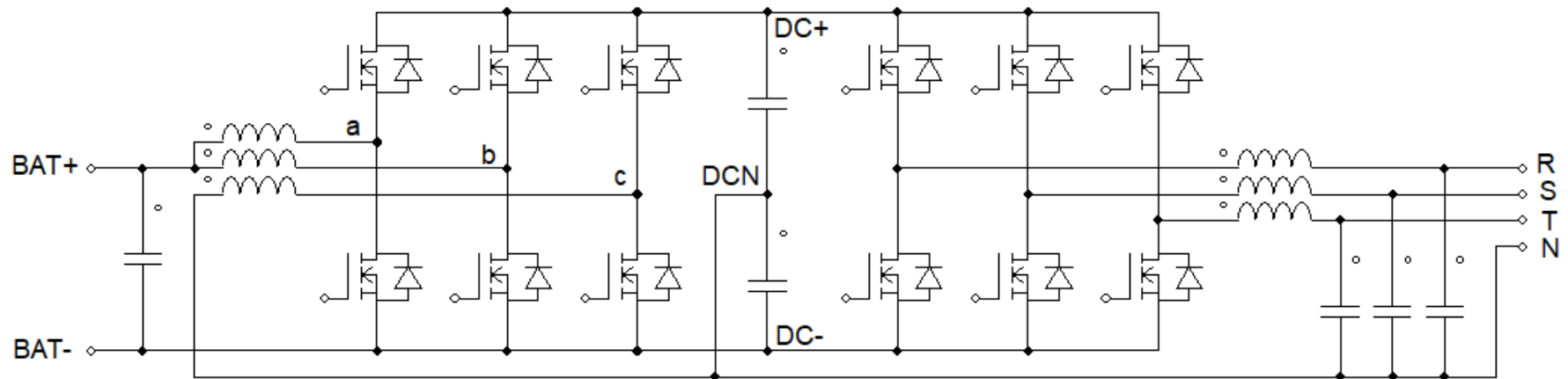
Esquema de l'Anella Energètica de l'Expoelectric 2019



Mòduls ERG de 20 i 25 kVA



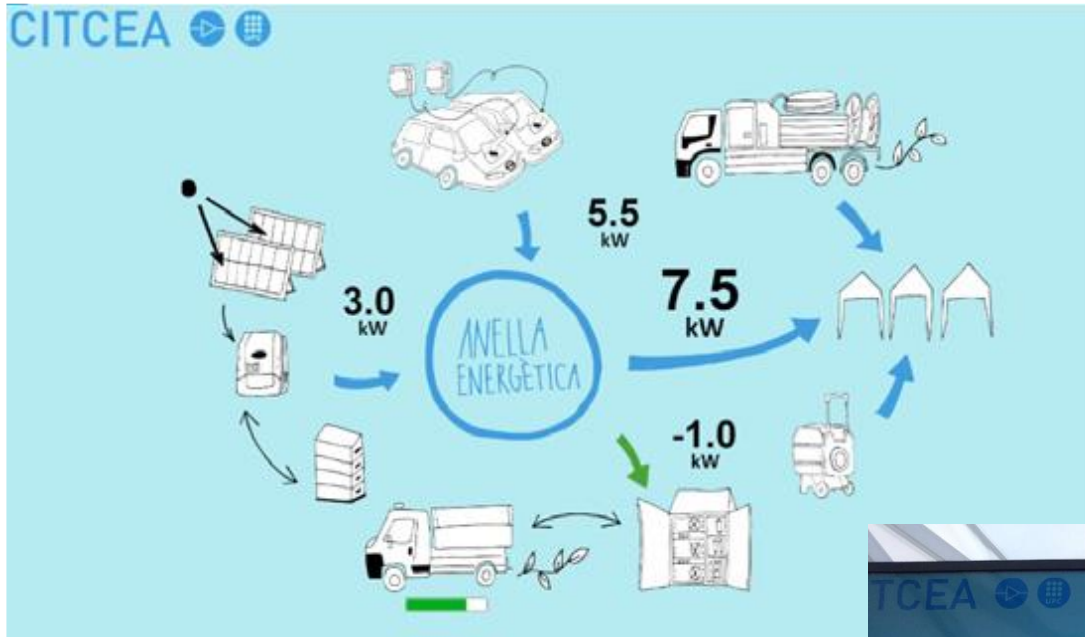
Esquema del mòdul funcional del ERG



ERG 40 kVA



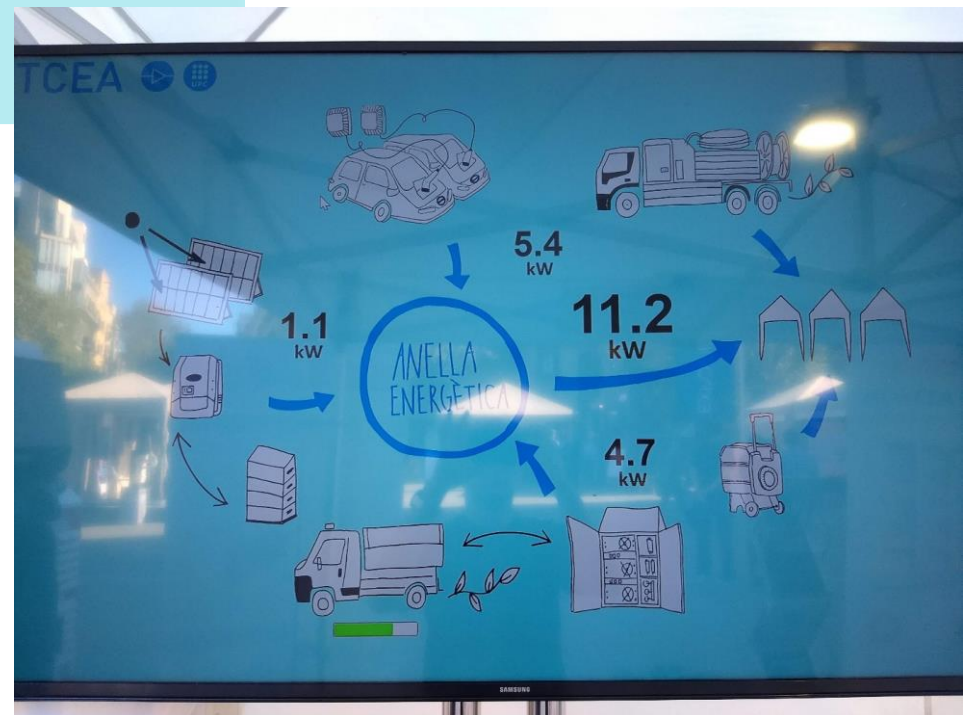
Resultats 2019

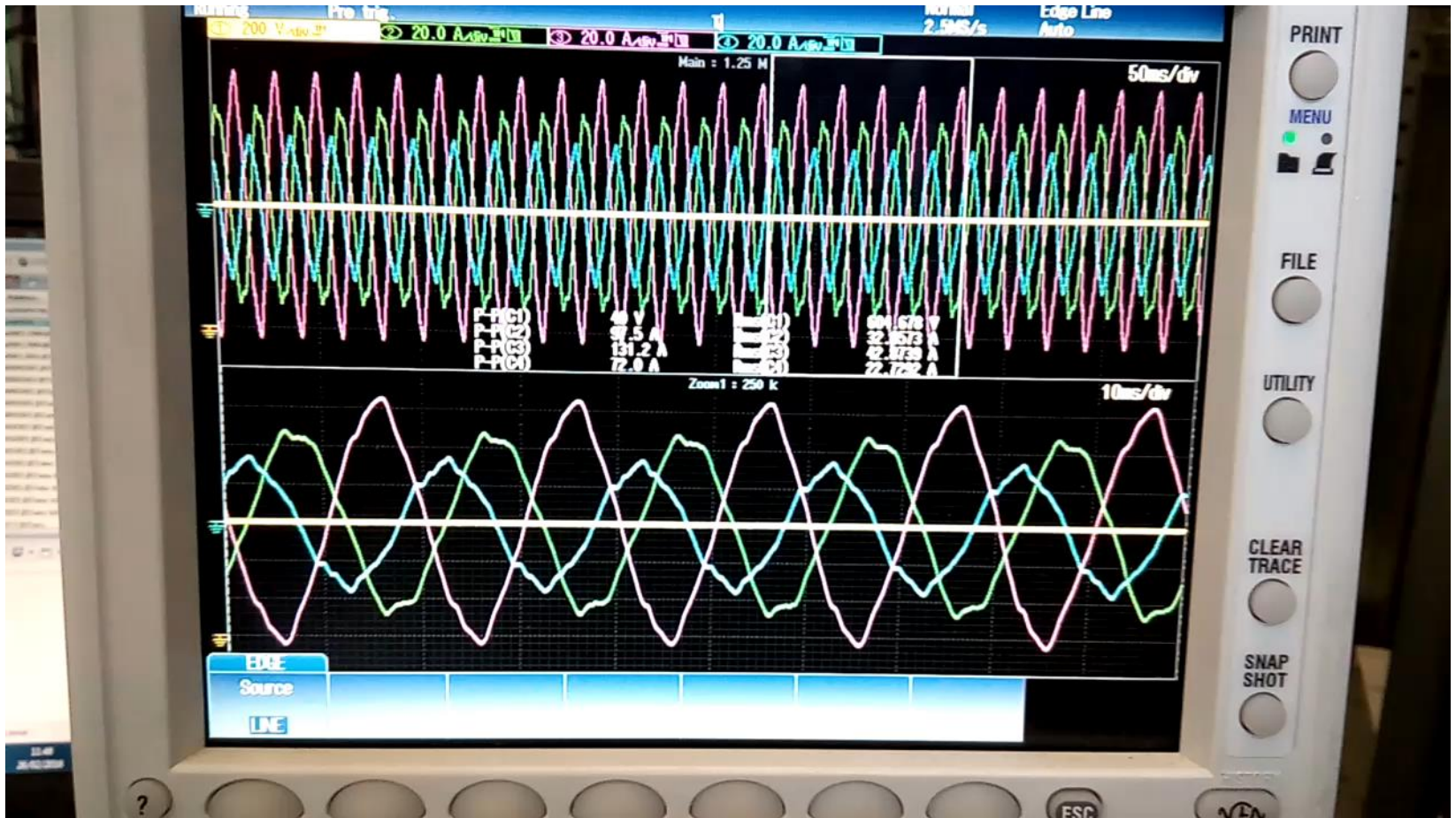


Potència contractada per les carpes dels expositors 18 kW

Potencia màxima consumida 15 kVA

Energia consumida 150 kWh





La solució: Energy Ring Generator (ERG)

- **Substitueix la xarxa** de distribució fent servir bateries.
- Potència de fins 100 kVA, pot satisfer per si mateix les necessitats de més de **20 famílies**.
- Equip **flexible**, permet integrar tant generació com consums diferents.
- Controla la generació de la resta d'equips regulant la freqüència de **l'anella**.
- **Robustesa** davant defectes, garantint la integritat de la instal·lació i la **seguretat**

Conclusions

- La implantació del vehicle elèctric és una oportunitat excel·lent per canviar el model energètic actual
- Gestionat correctament pot permetre
 - Integrar més renovables. Reduir la dependència energètica
 - Retardar inversions en infraestructura
- Obre nous mercats i nous models de negoci
- Pot donar més valor afegit
- La tecnologia està disponible: carregadors bidireccionals
- Aquests tenen la capacitat per integrar a xarxa els VEs: la importantíssima energia emmagatzemada en el parc de VEs es podria explotar per altres finalitats fora de l'àmbit del transport (autoconsum, sostenibilitat energètica, mercats elèctrics)
- Cal un nou marc regulatori

Gràcies per la vostra atenció!



Antoni Sudrià-Andreu
antoni.sudria@teknocea.cat
www.teknocea.cat