

Llibre blanc sobre la Intel·ligència Artificial aplicada a l'Energia

La IA per donar resposta als reptes del sector
de l'Energia a Catalunya



Drets reservats. Aquest treball està disponible sota la llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Segons els termes d'aquesta llicència, podeu copiar, redistribuir i adaptar l'obra amb fins no comercials, sempre que l'obra sigui citada adequadament, tal com s'indica a continuació.

En qualsevol ús d'aquest treball, no s'ha de suggerir que el CIDAI doni suport a cap organització, producte o servei específic. No es permet l'ús del logotip CIDAI.

Si adapteu l'obra, heu de llicenciar-la amb la mateixa llicència Creative Commons o equivalent.

Si creeu una traducció d'aquest treball, heu d'afegir la següent exempció de responsabilitat juntament amb la cita suggerida: "Aquesta traducció no la va crear el Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence (CIDAI). CIDAI no es fa responsable del contingut ni de l'exactitud d'aquesta traducció. L'edició original en català serà l'edició autèntica i vinculant". Qualsevol mediació relacionada amb disputes derivades de la llicència es durà a terme d'acord amb les normes de mediació de la World Intellectual Property Organization.

Cita suggerida. CIDAI-LlibreBlanc-2024-09 // Llibre blanc sobre la intel·ligència artificial aplicada a l'energia CIDAI, 2024. Llicència: CC BY-NC-SA 4.0.

Autoria i agraïments

4

Resum executiu

5

Abreviacions

8

1. Introducció

9

2. El sector de l'energia, abast, pes, reptes i tendències

12

3. La IA com a factor de transformació de l'energia

24

4. Anàlisi de la IA en el sector de l'energia a Catalunya

33

Annex I. Casos il.lustratius

45

Autoria i agraïments

Aquest Llibre Blanc ha estat promogut pel CIDAI, Centre d'Innovació en tecnologies de Dades i Intel·ligència Artificial, una entitat establerta a l'estratègia CATALONIA.AI i que té com a missió fomentar i accelerar l'adopció de tecnologies innovadores d'explotació de dades i IA a Catalunya.

El CIDAI està coordinat per Eurecat, i està format pels següents socis promotors: la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona, el Barcelona Computing Centre (BSC), el Centre de Visió per Computador (CVC), Fundació i2CAT, el Research Centre of Intelligent Data Science and Artificial Intelligence (IDEAI-UPC) i les empreses HUAWEI, Microsoft, NTT DATA, SAP i SDG Group. A més, el CIDAI té membres associats com l'Autoritat de Transport Metropolità (ATM), l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), la Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals (CCMA) i el Centre Tecnològic de l'Aigua (CETAQUA), Festival Cruïlla, l'Autoritat del Transport Metropolità (ATM) i Caixa d'Enginyers.

El Llibre Blanc sobre l'aplicació de la IA en el sector de l'energia s'ha elaborat amb la valuosa contribució i assessorament de diversos experts del sector, la qual cosa ha permès copsar i analitzar la realitat del sector a Catalunya. CIDAI agraeix la seva dedicació i suport en l'elaboració d'aquest document. La participació ha estat la següent:

Redactors

- EURECAT: Circe Serra, Lluís Surroca

Contribuïdors

- EURECAT: Regina Enrich Sard, Sergio Morales, Joan Recasens
- IDEAI-UPC: Karina Gibert, Àngela Nebot, Francisco Mugica

Revisors

- CIDAI: Joan Mas, Marco Andrés Orellana

Assessors

- EURECAT: Jesús Boschmonart
- FUNDACIÓ i2CAT: Angel Martín
- GENERALITAT DE CATALUNYA: Arnau Serra
- MICROSOFT: Alberto Pinedo
- NTT DATA: Sergio del Fresno
- UPC: Jaume Manero

Comitè d'experts (*Think Tank*) consultats

- Agència de l'Energia de Barcelona. Ajuntament de Barcelona: Manel Torrent, Fermín Jiménez
- Bamboo Energy: Mattia Barbero
- Clúster de l'Energia Eficient de Catalunya (CEEC): Francesc Ribera
- Circontrol: Alejandro Valdovinos
- Direcció General d'Energia. Generalitat de Catalunya: Assumpta Farran
- Electra Caldense: Xavier Bou, Roger Garcia
- ENDESA: Jordi Sarradell
- ESTABANELL: Ramon Gallart
- ICAEN: Marta Morera, Oscar Sanchez
- IREC: José Luís Domínguez
- PACI: Jordi Carrés
- SOM Energia: Roger Sanjaume, David García

Resum executiu

El sector de l'energia és fonamental per al funcionament de la societat moderna i l'economia global ja que la disponibilitat d'energia impacta directament en la productivitat, competitivitat i benestar de la societat, i, per tant, representa un pilar estratègic en la política interior i exterior dels països.

L'article 19 de la Llei del canvi climàtic ¹ estableix que "les mesures que s'adoptin en matèria d'energia han d'anar encaminades a la transició energètica cap a un model cent per cent renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, que redueixi la vulnerabilitat del sistema energètic català i garanteixi el dret a l'accés a l'energia com a bé comú". A Catalunya s'ha marcat com a objectiu a llarg termini assolir la neutralitat climàtica de l'economia l'any 2050, alineant-se amb la política energètica europea, que implica aconseguir emissions netes de gasos d'efecte hivernacle igual a zero, principalment mitjançant la reducció d'emissions, la inversió en tecnologies verdes i la protecció del medi ambient.

En aquest context la Intel·ligència Artificial (IA) i les tecnologies basades en dades s'erigeixen com eines facilitadores per la transició energètica i fomentar la sostenibilitat. També tenen un gran potencial per millorar l'eficiència operativa i reduir costos de les empreses i entitats del sector energètic i revolucionar la manera en que es produeix, gestiona i consumeix l'energia.

L'objectiu d'aquest Llibre Blanc és informar sobre les oportunitats de la IA en el sector, identificar obstacles, accions i palanques per tal de poder accelerar l'adopció de la incorporació de la intel·ligència artificial al sector de l'energia a Catalunya.

El primer capítol aborda la definició del sector energètic, analitzant les principals dades a Catalunya, i destacant els seus principals reptes i tendències. El sector comprèn les activitats primàries, secundàries i terciàries, relacionades amb la producció, el transport, la gestió, així com la venda de productes energètics. Engloba el conjunt de totes les activitats econòmiques relacionades amb l'ús de recur-

¹ <https://icaen.gencat.cat/ca/participacio/llei-de-transicio-energetica-de-catalunya-i-transformacio-de-linstitut-catala-denergia-en-lagencia-denergia-de-catalunya/>



Què és la IA?

Disciplina que reuneix diferents metodologies i tecnologies (desenvolupament de models conceptuals de realitats complexes, desenvolupament d'algorismes des de l'Aprenentatge Automàtic, al Raonament Automàtic o Processament de Llenguatge Natural, entre d'altres) que permeten un suport intel·ligent a la presa de decisions i la realització de tasques que normalment requeririen intel·ligència humana alhora que faciliten que les màquines resolguin problemes complexos tan bé o millor que els humans, incloses les capacitats d'aprendre, comprendre, raonar i interactuar.

sos renovables i no renovables per a la producció, el lliurament i el consum d'energia en les diferents formes (electricitat, calor i combustibles). S'incideix entre les diferents etapes que van des de la producció d'energia primària, el seu emmagatzematge i transport en forma d'energia secundària, fins al seu consum com energia final. També es defineix l'abast del Llibre Blanc que degut a la seva envergadura es centra en l'electricitat, i no es tindran en compte aquelles activitats relacionades amb la descarbonització perquè es considera que tenen prou importància per dedicar-ne un altre Llibre Blanc.

Quant els reptes del sector més rellevants es destaquen la **transició energètica i emergència climàtica**, en el que s'inclouen els reptes de les energies renovables i la sobirania energètica, l'eficiència i el decreixement energètic, i la modernització i digitalització de tota la cadena de l'activitat. També es distingeixen els reptes del **balanç entre generació i demanda i garantir la seguretat, fiabilitat i resiliència del sistema**. Com a tendències es contemplen la **xarxa elèctrica intel·ligent**, la **generació distribuïda** l'aparició de **consumidors actius i prosumidors**, els **mercats de flexibilitat i el procés d'electrificació** necessari per permetre la transició energètica.

El següent capítol incideix com la IA i les tecnologies basades en dades són un factor **transformació de l'energia**. Es mostren com es poden aplicar tecnologies basades en dades i IA en les **diferents etapes del cicle de l'electricitat**: generació, transport i distribució, i consum. També es dedica un apartat especial per tractar l'**orquestració** del nou paradigma energètic.

A continuació, el quart capítol es centra a Catalunya. Es realitza una revisió de la situació del **sector energètic i la IA**. S'inicia amb una revisió de l'ecosistema global de la intel·ligència artificial a Catalunya, identificant-ne les principals potencialitats. Les entrevistes realitzades durant l'elaboració d'aquest Llibre Blanc i la sessió de Laboratori d'Idees o Think Tank que s'han realitzat amb experts de l'ecosistema energètic han permès identificar les principals barreres que limiten l'adopció de les tecnologies basades en dades i IA i abordar i elaborar un conjunt de recomanacions i propostes per impulsar la IA en el sector.

Com a principals **barreres** es distingeixen:

- Manca de disponibilitat i qualitat de les dades. A la vegada, mancança de dades històriques que dificulta la validació dels models.
- Compartició fragmentada de dades. En aquest sentit, la manca de solucions estàndard en la recopilació i gestió de dades, o la manca d'adopció real de criteris i protocols per a l'intercanvi suposen un fre a la compartició de les mateixes.
- Absència d'un entorn tecnològic adequat de proves, com ara una plataforma sandbox o un espai de dades.
- Manca d'una estratègia clara en l'adopció de la IA dins de les organitzacions, i la seva alineació amb l'estratègia general.
- Desconeixement dels beneficis i la complexitat per avaluar el retorn de la inversió (ROI) dels projectes basats en la IA. Es suma a un model retributiu incert davant el nou escenari que es planteja, i que ja limita actualment les inversions a les xarxes.
- Manca de coneixement d'experiències i casos d'ús d'aplicació de la IA al sector com una barrera significativa per visualitzar com la IA pot donar resposta a necessitats i reptes reals del sector.
- Manca de transparència i confiança en els models d'intel·ligència artificial.
- Resistència al canvi per part dels professionals del sector.
- Cost tecnològic significatiu que representa completar la digitalització de les infraestructures per poder posteriorment implementar solucions d'IA efectives.
- Desconeixement del cicle de vida de la IA que contribueix també a la manca de comprensió sobre la inversió necessària per desenvolupar i poder mantenir aquestes solucions al llarg del temps.
- Excés de sensibilitat per innovar en un servei crític, com és el cas del sector energètic.
- Aspectes reguladors encara no prou consolidats per poder posar en pràctica les directives europees al sector energètic.

- Innovació publico-privada no suficient.
- Manca de disponibilitat de talent en l'àmbit de les dades i les noves tecnologies aplicades al sector energètic, juntament amb l'escassetat de coneixements multidisciplinaris tecnològics i d'energia.
- Ecosistema local limitat de proveïdors d'IA verticalitzats en el domini de l'energia.
- Poca presència al territori dels òrgans de decisió i de les unitats de recerca dels grans proveïdors de serveis d'energia elèctrica.
- Incertesa existent davant la transició actual cap a un nou model energètic amb impactes potencials no només econòmics, sinó també a nivell territorial, cultural i social, i encara per concretar.



Quant les **recomanacions** s'agrupen en dos blocs segons el nivell d'impacte que poden produir i segons el grau de viabilitat en el context català. Com a prioritàries perquè tenen un nivell d'impacte i de viabilitat es proposen i desenvolupen:

1. Promoure la disponibilitat i compartició de dades entre els diferents actors de l'ecosistema per tal d'obtenir models i solucions d'IA de qualitat.
2. Assegurar la qualitat i fiabilitat de les dades, que són la base pel desenvolupament de solucions d'IA.
3. Fomentar que es desenvolupi el coneixement dels beneficis de la IA a les organitzacions per tal de reduir de la resistència al canvi del sector energia.
4. Potenciar l'adopció d'una estratègia en IA per part de les organitzacions i entitats que conformen l'ecosistema de l'energia per tal d'agilitzar la incorporació de la IA en la seva operativa i negoci.

El segon grup de recomanacions es tracten les propostes que tenen un nivell d'impacte i viabilitat a més llarg termini:

1. Fomentar el creixement de talent expert de tecnologies basades en dades i IA del sector de l'energia i retenir-lo.
2. Construcció d'entorns de proves per poder implementar i validar les solucions basades en IA i dades.
3. Fomentar la creació d'un entorn regulatori consolidat, i establir unes pautes clares per poder impulsar la transició energètica.
4. Incrementar el finançament públic i fomentar la col·laboració entre l'ecosistema per tal de poder implementar solucions basades en dades i IA en tota la cadena de valor.

Finalment a l'annex del document es poden consultar 23 casos il·lustratius tant del sector d'energia de projectes de recerca, desenvolupament i innovació en tecnologies de dades i Intel·ligència Artificial que s'han realitzat a Catalunya.

Abreviacions

- CEEC: Clúster de l'Energia Eficient de Catalunya
- CIDAI: Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence
- CO2: (Diòxid de Carboni)
- CVC: Centre de Visió per Computador
- DER: Recursos Energètics Distribuïts (de l'anglès Distributed Energy Resources)
- EEC: Estadístiques Energètiques de Catalunya
- ECMWF: Agència Europea de Predicció Meteorològica
- HVAC: Calefacció, ventilació i aire condicionat (de l'anglès heating, ventilation and air Conditioning)
- IA: Intel·ligència Artificial
- ICAEN: Institut Català de l'Energia
- ktep
- IoT: Internet de les coses (de l'anglès Internet of Things)
- ODS: Objectius de Desenvolupament Sostenible
- OMIE: Operador del Mercat Ibèric d'Energia
- ONU: Organització de les Nacions Unides
- PERTE: Projecte Estratègic per a la Recuperació i Transformació Econòmica
- PNTE: Pacte Nacional per la Transició Energètica de Catalunya
- PROENCAT: Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó 2050
- PIB: Producte interior brut
- PIMES: Petites i mitjanes empreses
- R+D+i: Recerca, desenvolupament i innovació
- ROI: Retorn de la inversió (de l'anglès Return On Investment)
- STEAM: Ciència, Tecnologia, Enginyeria i Matemàtiques (de l'anglès -Science, Technology, Engineering i Mathematics-)
- V2G: Vehicle a xarxa (de l'anglès Vehicle to Grid)
- VPP: Plantes d'energia virtual (de l'anglès Virtual Power Plants)



Introducció

El sector energètic és estratègic per qualsevol territori: la disponibilitat de l'energia impacta directament en la productivitat, competitivitat i benestar de la societat. D'acord amb l'Organització de les Nacions Unides ¹ (ONU) un sistema energètic consolidat serveix de suport a tots els sectors: des de les empreses, el sector mèdic i educatiu fins a l'agricultura, les infraestructures, les comunicacions i l'alta tecnologia. En aquest sentit ha definit l'Objectiu de Desenvolupament Sostenible (ODS) 7 que vol garantir l'accés a una energia neta i assequible, clau per al desenvolupament del sector primari, les empreses, les comunicacions, l'educació, la sanitat i el transport.

El sector energètic juga un paper fonamental en l'economia mundial, cosa que s'ha evidenciat recentment amb els darrers esdeveniments geopolítics. És necessari reduir la dependència energètica de certes regions, mitigar l'impacte ambiental dels combustibles fòssils i fer la transició cap a fonts d'energia més netes i renovables, de forma optimitzada, sostenible i segura.

A Catalunya s'ha marcat com a objectiu a llarg termini assolir la neutralitat climàtica de l'economia l'any 2050, alineant-se amb la política energètica europea que va aprovar la *Llei Europea del Clima*² que estableix la neutralitat climàtica i implica aconseguir emissions netes de gasos d'efecte hivernacle igual a zero per als països de la UE en conjunt l'any 2050,

1 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

2 https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_es

principalment mitjançant la reducció d'emissions, la inversió en tecnologies verdes i la protecció del medi ambient.

Per tal d'assolir-ho la Generalitat ha desenvolupat la Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó 2050 (PROENCAT ³), on es defineixen les estratègies necessàries per aquest objectiu, i que transformaran l'àmbit de l'energia, des de la demanda d'energia final fins a la generació d'energia elèctrica, passant pel paper que hi té la ciutadania.

En aquest sentit la Intel·ligència Artificial (IA) i les tecnologies basades en dades s'erigeixen com una eina facilitadora per transformar i optimitzar la manera en que es produeix, gestiona i consumeix l'energia, especialment per poder orquestrar el nou paradigma de l'energia (que contempla la descentralització de l'energia, l'empoderament dels consumidors, l'electrificació, etc.).

L'objectiu d'aquest llibre blanc és contribuir a l'impuls, el foment de l'adopció i la incorporació de la IA en els diferents processos que afecten l'energia: tant en la generació, com el transport i distribució, la comercialització, el consum i l'emmagatzematge. S'analitza l'aplicabilitat de la IA per fer front als principals reptes del sector a curt i mig termini.

3 https://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/PROENCAT/20230512_Proencat-2050_web_Acc.pdf

Objectius del document

Sensibilitzar sobre la IA al sector de l'energia.

Mostrar les oportunitats i àmbits d'actuació d'aplicar tecnologies basades en dades i IA.

Reflexionar al voltant de les barreres actuals i proposar recomanacions per poder impulsar la IA al sector a Catalunya.

Identificar i presentar casos d'ús d'exemple i amb potencial per on començar el camí en l'adopció de la IA

A qui va adreçat

A empreses, PIMEs i entitats que estiguin treballant en projectes del sector de l'energia.

A tots els agents que estan – o volen estar – al corrent en l'evolució del sector de l'energia a través de la implementació de tecnologies disruptives com és la IA (administracions públiques, entitats, associacions o organitzacions).

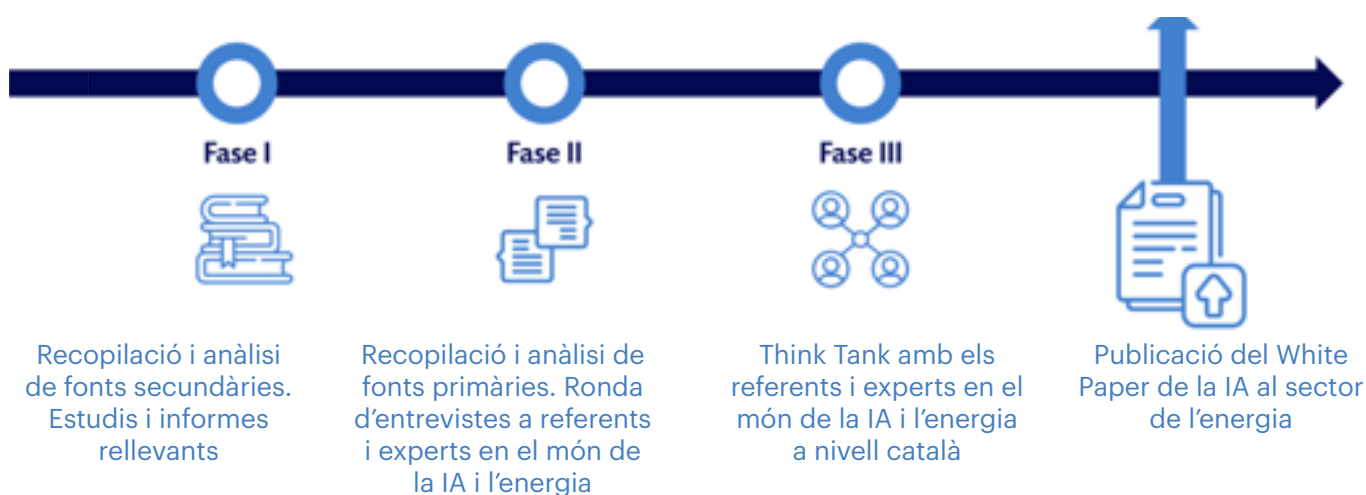
Metodologia emprada

El present document ha estat coordinat i redactat per consultors especialitzats en innovació i tecnologia del Centre Tecnològic Eurecat sota encàrrec i supervisió del CIDAI i els socis que el conformen.

Per ampliar l'abast i perspectiva al desenvolupament d'aquest document s'han realitzat 12 entrevistes obertes a referents i persones expertes del sector energètic: especialistes d'IA, experts d'innovació o gerents d'organitzacions del sector, de

PIMEs, empreses emergents i grans empreses, per tal de copsar les opinions de l'ecosistema. Els entrevistats van ser seleccionats pel seu coneixement del sector, tant per la seva vinculació professional com acadèmica.

Les entrevistes han culminat amb una sessió de treball -Think Thank- per a poder reflexionar i arribar a un consens sobre reptes i actuacions de l'energia. Les perspectives dels entrevistats han estat d'especial valor pels apartats reflexius del document com són la identificació de barreres i actuacions per l'adopció de la IA al sector a Catalunya.



El sector de l'energia, abast, pes, reptes i tendències



2.1. Abast del sector energètic

D'acord amb l'Institut Català de l'Energia¹ (ICAEN) l'energia és "la capacitat de realitzar un treball, és a dir, per fer qualsevol cosa que impliqui un canvi (un moviment, una variació de temperatura, una transmissió d'ones, etc.), cal la intervenció de l'energia."

El sector energètic comprèn les activitats primàries, secundàries i terciàries, relacionades amb la producció, el transport, la gestió, així com la venda de productes energètics. Engloba el conjunt de totes les activitats econòmiques relacionades amb l'ús de recursos renovables i no renovables per a la producció, el lliurament i el consum d'energia en les diferents formes (electricitat, calor i combustibles).

El sector energètic distingeix entre diferents etapes que van des de la producció d'energia primària, el seu emmagatzematge i transport en forma d'energia secundària, fins al seu consum com energia final.

Entenem per **energia primària** totes les fonts d'energia naturals, en la forma original i sense alteracions. És a dir, totes les que estan disponibles a la natura abans que aquesta energia sigui convertida o transformada. Com a **fonts d'energia primària** hi ha: vent, sol, aigua, calor (procedent del centre de la Terra), biomassa, combustibles fòssils (petroli, gas i carbó) i minerals radioactius. Les fonts d'energia renovables són aquelles que es poden regenerar

de manera natural, per la qual cosa es poden considerar inesgotables. Entre aquestes **fonts d'energia primàries** podem distingir, per exemple, el sol, la calor de la Terra, el vent i l'aigua. L'aplicació d'algunes d'aquestes fonts encara es troben en fase experimental, com és el cas de l'energia mareomotriu o l'energia undimotriu (aprofitant el moviment de les mareas o de les onades respectivament). També es considera renovable l'energia obtinguda a partir de la biomassa (bioenergia).

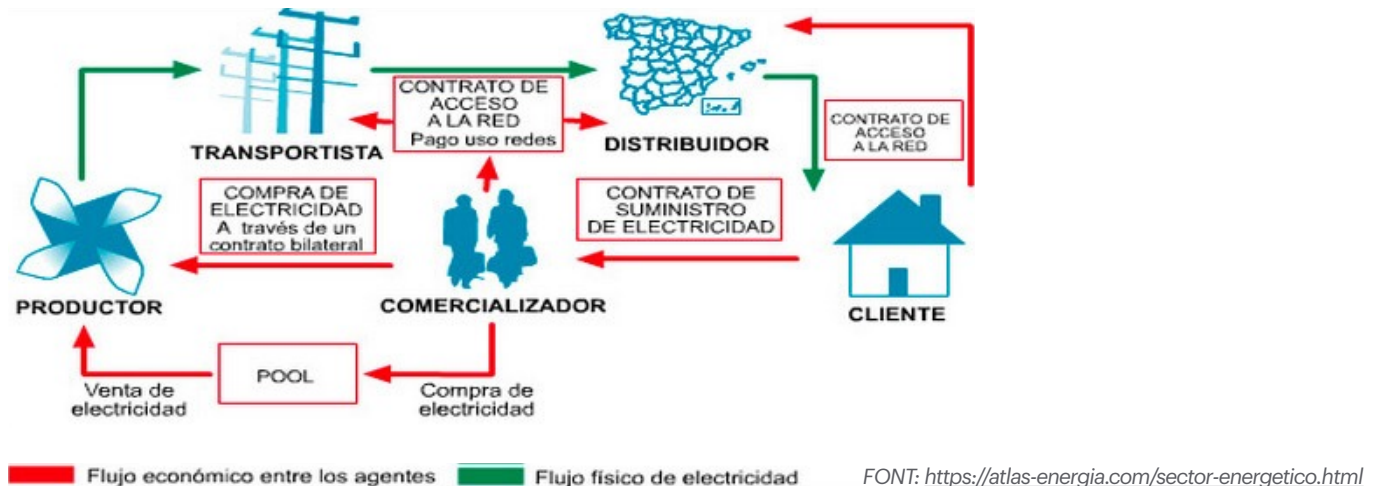
Les **fonts d'energia secundària** procedeixen de la transformació de fonts de l'energia primària, no són presents a la natura per si mateixes. Entre les fonts secundàries, les formes d'energia més habituals són l'electricitat, la gasolina, el gasoil, el gas natural o el butà. L'electricitat pot venir de l'energia hidràulica, de l'energia nuclear, del carbó, del gas natural, de la llenya, etc. i la gasolina, el gasoil i el butà s'obtenen del refinatge del petroli. Quan l'energia secundària es posa a disposició de l'usuari final, es denomina **energia útil o final**. És important destacar que **l'electricitat** té un comportament especial respecte les altres fonts secundàries, presenta dificultats per acumular i emmagatzemar de manera que s'ha de generar en el mateix moment que es consumeix.

El present Llibre Blanc **es centrarà en l'electricitat**, i no es tindran en compte aquelles activitats relacionades amb la descarbonització perquè es considera que tenen prou envergadura per dedicar un altre Llibre Blanc.

¹ ICAEN. L'energia. Què és i d'on prové. https://icaen.gencat.cat/ca/energia/que_es/

La següent imatge il·lustra el cicle l'energia elèctrica a l'estat espanyol:

Figura 1: Cicle de l'energia elèctrica a l'estat espanyol.



A continuació es profunditza en les diferents etapes del cycle del sector elèctric:

- **Producció:** l'electricitat es produeix a les plantes de generació elèctriques. S'utilitzen fonts d'energia primària, que es converteixen en electricitat mitjançant diferents processos, com ara la combustió, la fissió nuclear, la captura d'energia solar o la conversió de l'energia cinètica del vent o l'aigua. Actualment, en funció de l'energia primària que s'utilitzi implica un règim determinat:
 - **Règim ordinari:** A Catalunya l'electricitat s'obté de manera majoritària a les centrals nuclears, a les centrals hidràuliques i a les centrals tèrmiques
 - **Règim especial:** instal·lacions de producció d'electricitat mitjançant fonts d'energia renovables o centrals de cogeneració d'energia
- **Transport:** l'energia generada es transporta a les xarxes de distribució. Tradicionalment, la generació i el consum es troben allunyats geogràficament, per la qual cosa el transport per llargues distàncies es realitza en alta o molt alta tensió (380 kV o més) per tal de minimitzar les pèrdues del sistema. Aquest paradigma podria canviar en els propers anys amb l'increment de fonts de generació distribuïdes i l'increment de producció local amb fonts renovables. El transport d'energia elèctrica a Espanya és exclusiu de Red Eléctrica de España (REE), que és l'únic operador del sistema elèctric espanyol d'alta tensió, i que gestiona, manté i repara tota aquesta infraestructura.
- **Distribució:** les empreses distribuïdores s'ocupen de la construcció, operació i manteniment de les instal·lacions de distribució elèctrica a escala local per tal d'assegurar que l'energia elèctrica arriba als punt de subministrament. Són els responsables també de la qualitat i seguretat del servei, de la lectura de comptadors i de proporcionar la seva informació a altres agents del sector. Tots els consumidors tenen dret d'accés i connexió a les xarxes de transport i distribució.

- **Comercialització:** La comercialització consisteix en la compra i la venda d'energia elèctrica. A Espanya, hi ha establert un mercat d'electricitat on els comercialitzadors poden adquirir l'energia en una sèrie de mercats amb diferents horitzons temporals com el mercat diari (per l'endemà) i intradiari (durant el mateix dia), al mercat a termini, a generadors tant del règim ordinari com del règim especial i a altres comercialitzadors. D'altra banda, poden vendre energia bé als consumidors mitjançant la lliure contractació, bé directament al mercat diari i intradiari, al mercat a termini i a altres comercialitzadors. Compren l'energia al mercat majorista i el venen a l'usuari final. Estableixen les seves pròpies tarifes, preus i condicions. Els consumidors poden escollir lliurement entre diferents comercialitzadores.



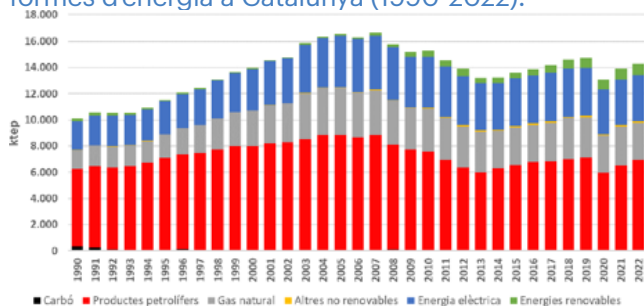
2.2. Dades de l'energia a Catalunya

Com s'ha esmentat el sector energètic representa un pilar estratègic en la política interior i exterior del país, tant amb Europa com amb la resta del món.

L'any 2017 el Govern de la Generalitat va aprovar el document Pacte Nacional per la transició energètica a Catalunya (PNTE) amb l'objectiu de buscar una visió global del nou model energètic a llarg termini del nostre país. Dins aquest context, el paper de l'Institut Català d'Energia (ICAEN) esdevé fonamental. Com a part del Sistema Estadístic de Catalunya, aquest institut desenvolupa les Estadístiques Energètiques de Catalunya (EEC), proporcionant dades clau que ajuden a comprendre la situació actual i planificar la transició energètica de manera efectiva.

D'acord amb les dades de l'ICAEN² el consum d'energia final a Catalunya durant l'any 2022 va ser de 14.271,5 ktep (milers de tones equivalents de petroli). La següent figura il·lustra l'evolució del seu consum per formes d'energia. Es pot comprovar que des de l'inici de les mesures creix fins l'any 2007, que correspon en l'inici de la crisi econòmica que va arribar fins el 2013. A partir de llavors s'observa un creixement moderat del consum fins al 2020 que hi ha una davallada degut als efectes de la pandèmia del COVID19.

Figura X: Evolució del consum d'energia final per formes d'energia a Catalunya (1990-2022).



Font ICAEN

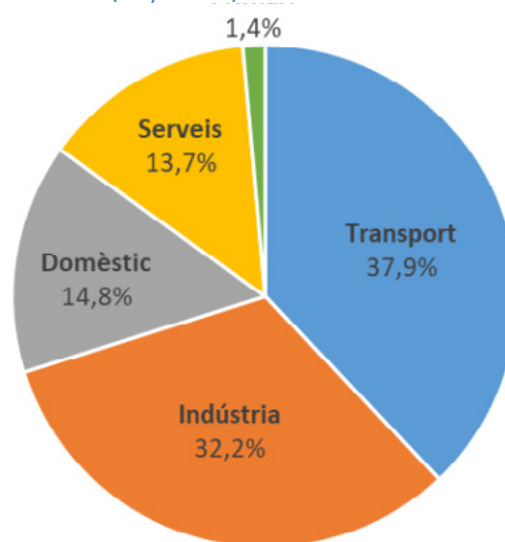
Respecte el consum final en funció de les formes d'energia cal destacar que es pot observar el creixement del consum d'energies renovables (biomassa, biogàs, biocarburants, calor ambient, etc.), que al

² https://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/28_estadistiques/01_resultat_estadistiques/02_estadistiques_energetiques_anuals/arxius/Resum-balanc-energetic.pdf

2022 va ser del 5,9%. Quant l'energia elèctrica el seu consum representa el 24,7%.

Pel que fa al principals sector consumidors d'energia a Catalunya, el principal és el **transport**, amb un 37,9% del total, la indústria absorbeix el 32,2% de la demanda d'energia final, el sector domèstic un 14,8%, els serveis un 13,7% i el sector primari un 1,4% del total.

Figura X: Distribució del consum d'energia final per sectors (any 2022).



Font ICAEN

És interessant destacar de l'informe publicat de ICAEN que s'observa un increment del **procés d'electrificació** analitzant la relació entre el consum elèctric i el consum total de l'energia final.

A nivell de subministrament energètic les **principals fonts d'energia segueixen sent el petroli** i els seus derivats amb un 43,2% del total l'any 2022. El segueixen l'energia nuclear amb un 27,4% i el gas natural amb un 20,9%. Això demostra que els hidrocarburs continuen essent fonamentals a l'economia avui dia, malgrat el creixement d'energies renovables.

El sector energètic estatal s'ha caracteritzat sempre per una escassetat de combustibles fòssils que implica la necessitat d'importar energia. La taxa de dependència d'importacions d'energia a Espanya és aproximadament del 66,8% durant el 2022³.

³ <https://www.norvento.com/blog/el-sector-energetico-en-espana/>

El *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima*⁴ preveu un augment net d'ocupació d'entre 250.000 i 364.000 llocs de treball i unes inversions agregades al voltant de 236.000 M. € entre 2021 i 2030. Això implica una contribució al PIB anual en termes absoluts d'entre 19.300 y 25.100 M€. Actualment a nivell estatal, el sector energètic representa un **19,6% del PIB**, essent la part de renovables un 1,65% amb 21.911 M€.

Per assolir la producció energètica marcada pel Pla de Transició es fa necessari un mix de grans plantes, plantes mitjanes i plantes petites d'autoconsum. Per tant es desprèn que hi ha una oportunitat clara de desenvolupament de mercat relacionat amb la consultoria, l'enginyeria, els equips, la instal·lació, la gestió a llarg termini i el manteniment d'aquestes plantes.

⁴ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/pniecCompleto_tcm30-508410.pdf



2.3. Reptes del sector de l'energia

El sector energètic es troba immers en una **profunda transformació** fruit de les crisis econòmiques patides els darrers anys, el canvi climàtic i els avenços tecnològics, especialment els basats en dades i IA. Aquests factors impulsen la necessitat de desenvolupar un sistema d'abastament d'energia descarbonitzat, descentralitzat, digitalitzat, democratitzat i diversificat (5D).

A Catalunya la Llei 16/2017 del canvi climàtic i les bases per a la transició energètica del Pacte Nacional per la Transició Energètica de Catalunya (PNTE) estableixen els principis i objectius fonamentals de la política energètica catalana, entre els que es destaquen⁵:

- Contribuir el màxim possible a afavorir la transició cap a una economia neutra en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, competitiva, innovadora i eficient en l'ús de recursos.
- Contribuir a la sostenibilitat econòmica, social i mediambiental de Catalunya, i garantir la seguretat del subministrament.
- Desenvolupar un nou model energètic net, competitiu, descentralitzat i distribuït, participatiu, democràtic i socialment inclusiu.
- Establir un conjunt d'estratègies que facin possible la transició energètica necessària per assolir un model energètic basat al 100 % en les energies renovables com a molt tard l'any 2050, si és possible tècnicament, mediambientalment i econòmicament.

Per assolir aquests objectius es requereix un canvi de paradigma en el sistema energètic, que tendeix cap a un increment de la generació renovable i distribuïda i de l'electrificació. Els reptes tecnològics, econòmics i socials que sorgeixen són nombrosos.

⁵ https://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/PROENCAT/20230512_Proencat-2050_web_Acc.pdf

2.3.1. Transició energètica i emergència climàtica

La transició energètica és un canvi estructural i significatiu en un sistema energètic, que té afectacions en l'ús dels recursos energètics, l'estructura i governança del sistema energètic, el comportament dels usuaris i ha de ser impulsat per una política energètica dels estats. Degut al reconeixement dels impactes del canvi climàtic i la necessitat urgent d'adoptar pràctiques més sostenibles, la transició energètica s'ha convertit en una prioritat per a molts governs, empreses i ciutadans.

Aquesta transició implica, doncs, un canvi significatiu en la forma com produïm, distribuïm i consumim energia, desplaçant-nos cap a fonts d'energia més netes i renovables i fent front als reptes associats a aquesta transformació. Parlem de **desenvolupar energies renovables**, una major **eficiència energètica**, **decreixement de la demanda** i **una modernització i digitalització** de tota la cadena del sector energètic.

2.3.1.1. Energies renovables i sobirania energètica

Les energies renovables són la **clau per poder satisfer la demanda creixent d'energia** d'una forma més neta i sostenible i assegurar la sobirania energètica de Catalunya. D'acord amb la Prospectiva Energètica de Catalunya 2050⁶ es fa necessari **augmentar la capacitat de producció** elèctrica renovable a tots els nivells (petita, mitjana i gran escala) tenint en compte que cal **minimitzar l'ús del territori per usos energètics i preservar el medi ambient**. La seva previsió és que es pugui cobrir el 97,5% del consum d'energia primària amb energies renovables amb una ocupació del 2,5% del territori per a usos energètics. Aquestes xifres permetrien fer front al **tancament previst de les centrals nuclears** i impulsar les energies eòliques i fotovoltaïques com a principals generadores d'electricitat (en un 50% i un 43% respectivament) l'any 2050.

Amb aquest escenari s'assolirà la sobirania energètica basada en energies renovables i s'eliminarà l'actual dependència energètica exterior (passant del 94,2% al 6,7% el 2050, sense comptar els usos

no energètics⁷) i mitigaria els efectes dels conflictes geoestratègics relacionats amb l'energia, cada cop més freqüents i més intensos.

És interessant destacar que associat a les energies renovables hi ha el repte de la **volatilitat**. Això es deu principalment a la impossibilitat de planificació de la generació d'energia de les fonts renovables que depenen de la variabilitat del clima, exceptuant el cas de les centrals hidroelèctriques, i a les limitacions econòmiques d'emmagatzemar grans quantitats d'energia. Aquesta volatilitat també té una afectació en els preus degut a la interacció complexa entre l'oferta i la demanda d'energia en un mercat de **preus variables**.

2.3.1.2. Eficiència i decreixement energètic

Per assolir els objectius climàtics globals, és essencial abordar la creixent demanda energètica. Independentment d'assolir un sector elèctric 100% renovable és molt important **reduir la demanda d'energia**. L'eficiència energètica, per tant, és un element clau per a la transformació del model energètic, permetent **reduir i optimitzar el consum energètic** sense comprometre els nivells de confort i servei.

Actualment, es **malbarata energia** en tots els sectors econòmics, des dels transports fins al sector industrial, on els motors elèctrics poden ser ineficients i provoquen la pèrdua d'excés de calor (energia). Inclús en models basats en energies renovables, com les plaques solars i les turbines, és crucial una operació eficient dels seus components. A més, tant en edificis residencials com comercials, s'usa una quantitat significativa d'energia en excés diàriament per la manca d'implementació de mesures senzilles i econòmiques de **supervisió i control** (per exemple de la temperatura ambient). També els centres de dades necessaris per desenvolupar a models basats en dades i IA requereixen d'un consum intensiu d'energia que cal gestionar de forma eficient.

Es fa necessari un fort **decreixement del consum d'energia final**, que s'haurà de reduir un 30,3% en el període 2017-2050 d'acord amb el PROENCAT. Els àmbits del transport (-50,6%) i domèstic (-34,2%) són els que han de protagonitzar una reducció més gran en el consum d'energia.

⁶ https://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/PROENCAT/20230512_Proencat-2050_web_Acc.pdf

⁷ Això vol dir quan es fa servir un producte energètic per la fabricació de productes no energètics, com per exemple el plàstic.

2.3.1.3. Modernització i digitalització de tota la cadena d'activitat

La infraestructura de la xarxa de transport i distribució d'electricitat es va desenvolupar inicialment basant-se en un **model centralitzat**, on grans productors d'energia, com ara centrals nuclears, plantes de combustibles fòssils o grans centrals hidroelèctriques, generaven la major part de l'electricitat. En aquest model, aquestes grans centrals elèctriques estan ubicades a àrees estratègiques i l'electricitat es transmet a llargues distàncies a través d'una **xarxa d'alta tensió** per arribar als centres de consum.

Aquest enfocament centralitzat tenia sentit en el context en què es va desenvolupar la infraestructura elèctrica, ja que permetia una generació eficient de **grans quantitats d'energia en ubicacions específiques** i la seva distribució. Aquest context ha canviat substancialment i per permetre el pas a la transició energètica cal que el sistema permeti la **generació distribuïda d'electricitat**, on l'energia es produeix en una escala més petita i local, com ara instal·lacions solars fotovoltaïques a sostres o parcs eòlics comunitaris, i també ha de permetre la integració d'una proporció d'energia **renovable intermitent** més gran a la xarxa i adaptar-se a **patrons canviants** de demanda i oferta d'energia.

La **modernització de la xarxa elèctrica** implica la incorporació de tecnologies que han de permetre⁸: la integració de recursos d'energia distribuïts, la interacció i cooperació entre els diferents agents de la cadena de valor, la posada en marxa dels mecanismes i actius per la flexibilitat energètica, la integració de nous consums elèctrics fruit de l'electrificació (transport i sistemes HVAC) i una major interconnexió de les xarxes. Implica la **inversió en infraestructura** de transport i distribució, la incorporació de **sistemes d'emmagatzematge d'energia** a gran escala i l'**actualització dels equips i dispositius de control**. Les tecnologies es poden englobar en:

- **Tecnologies digitals:** inclou la incorporació de canals de comunicació i informació per a la transmissió/recepció, processament de les dades en temps real i ciberseguretat.
- **Equipaments:** més respectuosos amb el medi ambient, més eficients, sensoritzats, connectats i interoperables.

⁸ <https://www.smartgridsinfo.es/2020/07/02/retos-redes-electricas-tecnologias-clave-vision-futured-2050>

- **Tecnologies d'emmagatzematge:** imprescindibles per dotar de flexibilitat al sistema. Es fa necessari desenvolupar bateries més eficients, econòmiques i sostenibles per a l'emmagatzematge d'energia elèctrica. Aquestes bateries són bàsiques per a la integració efectiva de fonts d'energia renovable intermitents, com la solar i l'eòlica, a les xarxes elèctriques, ja que permeten emmagatzemar l'energia generada durant els períodes d'excés de producció per utilitzar-los en altres períodes quan la demanda supera la generació renovable disponible. Els sistemes més empleats per emmagatzematge són les bateries i els sistemes hidroelèctrics de bombatge d'aigua.
- **Electrònica de potència,** que permet el control de l'energia a alta tensió, i és molt present en els convertidors de corrent continu a altern tant en vehicles elèctrics com en la integració de renovables.



Font: <https://www.smartgridsinfo.es/2020/07/02/retos-redes-electricas-tecnologias-clave-vision-futured-2050>

La modernització de la xarxa elèctrica és essencial per respondre a les creixents necessitats energètiques del segle XXI, com la transició energètica. Per assolir-ho cal una estreta col·laboració entre governs, reguladors, operadors de xarxa, empreses de serveis públics i altres participants de l'ecosistema de l'energia.

2.3.2. Balanç entre generació i demanda

Un dels reptes més grans del sector de l'energia en general, i de l'energia elèctrica en especial, és que l'energia estigui disponible quan i on es necessita, especialment en els casos de clima extrem, amb interrupcions de la xarxa o en períodes de baixa generació de renovables.

Quan es parla de balanç entre generació i demanda es tracta que **la quantitat d'energia elèctrica generada ha de ser igual a la quantitat d'energia elèctrica consumida** al sistema elèctric en a cada instant de temps. Aquest equilibri és fonamental per garantir l'estabilitat i l'operació eficient de la xarxa elèctrica.

Quan la generació d'energia excedeix la demanda, es pot produir un excés d'energia a la xarxa, cosa que podria provocar problemes com sobrecàrregues a les línies de transmissió, voltatges elevats i, en el pitjor dels casos, danys en equips elèctrics. Per altra banda, si la demanda d'energia supera la capacitat de generació disponible, es poden produir talls d'energia o apagades.

El model energètic actual és basa en la **producció flexible** (basada majoritàriament en combustibles fòssils) i una **demanda inflexible** (els consumidors tenen 100% de disponibilitat de l'electricitat 365/7/24). La principal limitació de les fonts renovables d'energia primària, com s'ha esmentat, és que la disponibilitat no és constant ni planificable, i depèn de fenòmens meteorològics, cosa que repercuteix en la quantitat d'energia produïda a partir d'ells. Per tant, la majoria de les energies renovables són sistemes de producció inflexibles, és a dir, no es programa el seu funcionament en funció de la demanda, sinó que generen en funció d'altres factors (meteorològics principalment). Per tant, cal disposar de sistemes de generació de suport, que solen ser centrals tèrmiques convencionals, per garantir el subministrament elèctric.

Ens trobem davant un repte important en l'adaptació de les xarxes elèctriques, fonamentals per lligar generació i consum, havent d'implementar **noves solucions que permetin maximitzar la utilització de recursos renovables**, solucions com la hibridació de diferents tecnologies energètiques de producció que contribueixi a aconseguir un sistema estable de subministrament d'electricitat, canalitzant aquesta generació renovable discontinua i no gestionable. Amb el canvi de paradigma cap a un sistema

de producció d'energia no tant flexible cal que el consum ho sigui més, per poder balancejar la generació elèctrica amb múltiples actors actius cosa que es podria aconseguir gràcies a les tecnologies basades en IA i a la millora dels **sistemes d'emmagatzematge d'electricitat**.

2.3.3. Garantir la seguretat, fiabilitat i resiliència de l'energia

A l'actualitat la concentració de recursos energètics en mans d'uns quants països pot portar a una **dependència geopolítica** i una **vulnerabilitat** significativa per als importadors, que es veuen exposats a riscos com a interrupcions en el subministrament a causa de conflictes regionals, tensions polítiques o fins i tot canvis en les relacions diplomàtiques. Aquestes interdependències poden conduir a una **inestabilitat econòmica** degut a que hi ha fluctuacions en el cost dels combustibles fòssils que els estats els costa controlar.

La incertesa als mercats energètics comporta **fluctuacions brusques en els preus** de l'electricitat, cosa que obliga als productors energètics a anticipar i adaptar-se a aquests canvis per la correcta operativa del servei, i els consumidors han de buscar estratègies per tal d'evitar pujades excessives en el cost de l'energia. Els actors del mercat solen fer servir estratègies com la **gestió de riscos**, la **diversificació de fonts d'energia** i l'**adopció de tecnologies d'emmagatzematge** d'energia. A més, tant reguladors com operadors del mercat s'esforcen per implementar polítiques i mecanismes que fomentin l'estabilitat i l'eficiència en el subministrament i la demanda d'energia elèctrica. Aquest enfocament cerca reduir les variacions de preus i garantir un subministrament energètic fiable i assequible per a tots els usuaris.

La **seguretat energètica nacional** es concep com l'acció de l'estat orientada a garantir el subministrament d'energia de manera sostenible mediambientalment i econòmicament, mitjançant l'**abastament exterior diversificat** i la **generació de fonts autòctones**, en el marc dels compromisos internacionals.

De manera general, podem definir la seguretat de subministrament energètic com la capacitat dels sistemes energètics d'oferir als consumidors finals un flux d'energia amb un nivell **determinat de continuïtat i qualitat d'una manera sostenible i a preus assequibles**.

Poden identificar-se dues grans fonts de risc per al subministrament energètic. Per una banda, els **riscos tècnics**, lligats a catàstrofes, accidents o fallades en infraestructures que impedeixin que el flux d'energia arribi al consumidor final i per altra, els **riscos econòmics**, deguts a variacions en els preus de l'energia, que impedeixin disposar d'energia a un preu raonable.

El concepte de seguretat de subministrament també es pot definir **temporalment**⁹:

- A llarg termini: fa referència a nivells adequats d'accés a diversos combustibles i diversos orígens dels aprovisionaments, capacitat de generació, xarxes i infraestructures i mercats en general.
- A curt termini: es refereix a la fiabilitat operativa del sistema en conjunt i de les infraestructures (de xarxes, de generació, de regasificació, etc.) i a la capacitat del sistema de respondre davant de fallades en elements individuals dels sistemes.

La transformació del model d'energia fa sorgir **noves preocupacions de seguretat** relacionades amb la ciberseguretat. Les xarxes intel·ligents, els dispositius intel·ligents i la Internet de les coses (IoT) augmenta la vulnerabilitat de la xarxa perquè el nombre de dispositius electrònics que es **connectaran a les xarxes augmentarà** significativament, per exemple amb vehicles elèctrics de càrrega bidireccional, inversors de panells fotovoltaics domèstics, etc. És important protegir aquests sistemes contra atacs maliciosos.

⁹ <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/2-1-la-seguridad-de-suministro-a-nivel-global/>



2.4. Tendències del sector energètic

Les tendències del sector energètic venen **estretament lligades al repte de la transició energètica**, que es fonamenta en una xarxa elèctrica intel·ligent que garanteixi un subministrament fiable i que incorpori la generació elèctrica distribuïda renovable, l'autoproducció elèctrica, la gestió de la demanda elèctrica flexible i l'electrificació de diversos sectors, com el del transport i la calefacció, reduint així la dependència dels combustibles fòssils i fomentant un sistema energètic més sostenible i respectuós amb el medi ambient.

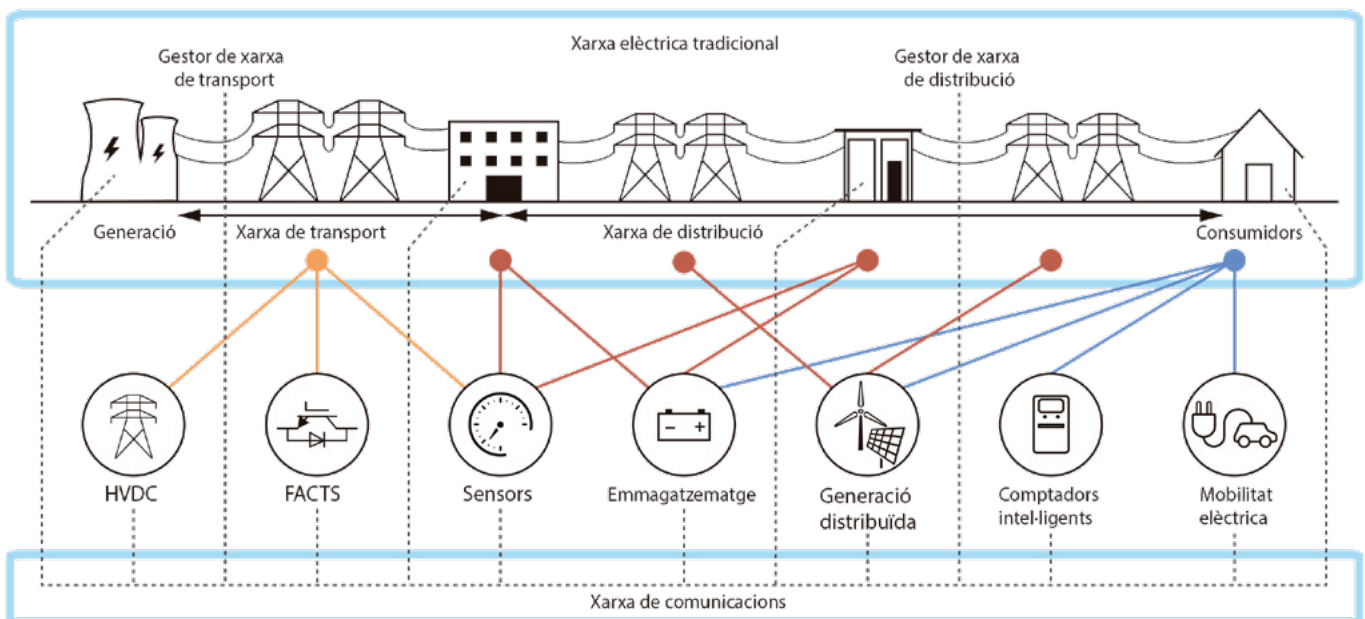
2.4.1. Xarxa elèctrica intel·ligent

La xarxa elèctrica intel·ligent o Smartgrid és la base tecnològica que permet la transformació del model energètic. Es basa en la xarxa elèctrica tradicional però afegeix una capa digital de tecnologies **d'informació i comunicació avançades** per optimitzar la **generació, distribució i consum** d'energia elèctrica i permet la comunicació **bidireccional entre productors, consumidors i gestors** de xarxa. D'aquesta manera tant els consumidors com els proveïdors d'energia poden enviar i rebre informació en temps real sobre el consum, la generació i les condicions de la xarxa. Aquesta infraestructura moderna integra dispositius electrònics, sensors, mesuradors intel·ligents, actuadors i programari de gestió per millorar l'eficiència, la fiabilitat i la sostenibilitat del subministrament elèctric.

Les característiques dels smartgrids són:

- Monitorització i control en temps real dels diferents agents de la cadena del sector, inclosos els consumidors.
- Automatització de la gestió de la xarxa.
- Integració de les energies renovables de forma massiva.
- Millora de la fiabilitat i seguretat.

Smart grid



Font: ICAEN. <https://icaen.gencat.cat/es/energia/smart-grids/index.html>

2.4.2. Generació distribuïda

La descentralització elèctrica consisteix en **redistribuir la generació** de l'electricitat d'una manera més diversificada, mitjançant moltes petites fonts de generació que s'instal·len **a prop dels punts de consum**. Aquest enfocament implica una sèrie de canvis fonamentals en la manera com es produeix, es distribueix i es consumeix l'electricitat, amb l'objectiu d'augmentar la resiliència, l'eficiència i la sostenibilitat del sistema elèctric. La generació distribuïda es basa en la **cooperació entre aquesta microgeneració i la generació de les centrals convencionals**.

En aquest context es parla de **microxarxes**, que són sistemes elèctrics autònoms que poden operar de manera independent o connectats a la xarxa principal, cosa que permet a les comunitats locals gestionar la seva pròpia generació i consum d'electricitat de manera més autònoma i resilient.

A nivell tecnològic es vehicula mitjançant les **plantes d'energia virtual** (Virtual Power Plants -VPP). Es tracta de plataformes de gestió que coordinen recursos d'energia distribuïts que integren múltiples fonts de generació d'energia, dispositius d'emmagatzematge i punts de consum amb demanda flexible distribuïts per actuar com a única entitat coordinada. Aquestes entitats virtuals es poden **gestionar de manera centralitzada a través de programari de gestió energètica** per optimitzar la generació, el consum i la distribució d'energia elèctrica. El principal objectiu de les VPP és **contribuir a l'estabilitat de la xarxa** incrementant la flexibilitat del sistema i millorar l'operativitat dels actius que la componen, així com **evitar possibles interrupcions** a la xarxa ¹⁰. Mitjançant un programari remot es regula el consum de l'energia alhora que es monitoritzen els generadors d'energia i es procedeix a l'emmagatzematge de l'electricitat excedent.

El funcionament d'una VPP implica la **monitorització continua de la demanda i la disponibilitat d'energia**, així com la **previsió de la generació de fonts renovables** intermitents, com ara l'energia solar i l'eòlica. Amb aquesta informació, el programari de gestió de la VPP pot optimitzar l'operació dels recursos disponibles per maximitzar l'eficiència i la rendibilitat, minimitzant els costos d'energia. Els seus principals beneficis són una major flexibilitat i

estabilitat a la xarxa elèctrica, una millor integració de les energies renovables, una major eficiència en la generació i distribució d'energia, i una major resiliència davant d'esdeveniments climàtics extrems i desastres naturals.

Els **recursos d'energia distribuïda o DER** (Distributed Energy Resources) representen una diversitat de tecnologies de generació d'energia que s'ubiquen a prop dels punts de consum, en contraposició a les centrals elèctriques centralitzades tradicionals, i poden formar part d'una VPP o d'una microxarxa, o actuar independentment. Els DER inclouen una varietat de fonts d'energia, com ara **panells solars fotovoltaics, turbines eòliques petites, sistemes de cogeneració, microturbines, bateries d'emmagatzematge d'energia, sistemes de generació de calor i refrigeració distribuïts**, entre d'altres. Aquests recursos són més petits a escala en comparació amb les grans centrals elèctriques convencionals i poden ser instal·lats a teulades d'edificis, terrenys d'empreses, o fins i tot a residències particulars.

Finalment, cal incloure en aquest apartat les **comunitats d'energia**, entitats formades per **consumidors i/o productors d'energia geogràficament propers** que s'uneixen per gestionar de manera col·lectiva el subministrament elèctric i maximitzar l'ús d'energies renovables i eficients. Les comunitats energètiques poden dur a terme moltes activitats: produir, consumir, emmagatzemar, compartir o vendre energia. Poden actuar només per autoconsum o com a generadors distribuïts, mitjançant la instal·lació de panells solars fotovoltaics a teulades d'edificis comunitaris, parcs solars compartits, turbines eòliques a terrenys comunitaris o sistemes de biomassa per a calefacció col·lectiva.

¹⁰ Key Factors for a Successful Utility-Scale Virtual Power Plant Implementation <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/376161>

2.4.3. Consumidors actius i prosumidors

Un nou actor destacat en la descentralització energètica és el *prosumidor*. Es tracta d'un consumidor que consumeix energia, però que la pot emmagatzemar (bateries, o bé al cotxe elèctric) i que també pot ser que en generi (perquè disposa d'una coberta fotovoltaica o turbines eòliques). D'aquesta manera, un consumidor final és participant actiu del sistema consumint, produint i pot contribuir a favor del sistema quan hi ha alta demanda o escassetat d'energia. Això implica **canvis en la relació amb les companyies comercialitzadores d'energia i en el model de negoci i operació de les distribuïdores**, convertint-les en facilitadors de mercat que exploren la gran quantitat d'informació de què disposen i ofereixen nous serveis relacionats amb un alt valor afegit. El prosumidor **pot aportar energia a la xarxa o consumir menys energia** de la xarxa, i pot contribuir a l'estabilitat i fiabilitat del sistema.

D'altra banda el consumidor actual podrà tenir un paper més actiu en la gestió energètica, passant a ser un **consumidor actiu**: un usuari d'energia que participa de manera proactiva al mercat energètic, prenent **decisions informades sobre el seu consum i participant en programes de gestió de la demanda**, eficiència energètica i generació distribuïda. Aquests consumidors poden monitoritzar el consum d'energia, ajustar els patrons de consum per aprofitar les tarifes més favorables, invertir en tecnologies d'eficiència energètica a casa o negocis, i participar en programes de resposta a la demanda i del mercat de flexibilitat de l'energia a través d'un **agregador d'energia**. Un agregador és un agent que gestiona de forma conjunta la producció i demanda d'un grup de clients (petits i mitjans consumidors, productors, prosumidors) i interacciona amb el mercat i altres operadors del sistema al que ofereixen els serveis per optimitzar el cost de compra/venda de l'energia

2.4.4. Mercats de flexibilitat

Com s'ha comentat en apartats anteriors, la necessitat de mantenir el balanç continu entre la generació i la demanda en tot moment obliga a disposar de mecanismes per ajustar dinàmicament la generació i/o la demanda i per l'estabilitat de la xarxa de distribució. Tradicionalment, la participació en aquesta regulació estava assignada a un nombre limitat d'agents del sistema responsables de plantes de generació de resposta ràpida i a un nombre limitat de grans consumidors amb contractes d'interrupibilitat.

Actualment, però, s'estan produint modificacions regulatòries que amplien la participació a més agents en el que s'anomenen **mercats de flexibilitat**: els mercats de flexibilitat del sector energètic són **plataformes que permeten la negociació i la gestió de l'oferta i la demanda** d'energia de manera més eficient i dinàmica, per tal de compensar els desviaments romanents del mercat intradiari. Aquests mercats faciliten la integració de fonts d'energia renovables, com ara la solar i l'eòlica, que són intermitents per naturalesa. D'aquesta manera aquestes plataformes contribueixen a l'estabilitat i la seguretat del subministrament elèctric.

2.4.5. Electrificació

Una de les mesures bàsiques de la transició energètica és **augmentar l'electrificació per tal de no dependre dels combustibles fòssils**. Això implica impulsar l'electrificació de diferents àmbits econòmics com la indústria, el transport o la calefacció, millorar i augmentar l'emmagatzematge d'energia, i al mateix temps millorar i adaptar la xarxa de transport i distribució per suportar tota aquesta nova càrrega.

Els principal benefici del procés d'electrificació és que permet la **descarbonització d'activitats i sectors** que fins ara eren dependents dels combustibles fòssils. Hi ha d'altres beneficis, com millorar la **qualitat de l'aire** a les ciutats emprant vehicles i calefaccions elèctriques, impulsar les **llars i oficines intel·ligents**, que ajuden a **reduir el consum energètic**, ja que permeten controlar els espais i adaptar-se a les necessitats.

La IA com a factor de transformació de l'energia



La progressiva digitalització del sector energètic, juntament amb la intel·ligència artificial i les tecnologies basades en les dades, constitueixen un punt de partida essencial per [impulsar la transició energètica](#). A través de les solucions basades en dades i IA, es pot desenvolupar una àmplia gamma [d'aplicacions que abasten tota la cadena de valor de l'energia](#). En el context de les xarxes elèctriques, és imprescindible analitzar una gran quantitat de dades i informació en temps real. Gràcies a l'expansió dels comptadors intel·ligents i a l'aplicació de la IA, aquestes dades poden ser processades de manera eficient i precisa.

En aquest apartat es mostren com es poden aplicar tecnologies basades en dades i IA en les diferents etapes del cicle de l'electricitat: generació, transport i distribució, i consum. També es dedica un apartat especial per tractar l'orquestració del nou paradigma energètic.

3.1. Oportunitats de la IA en Generació

3.1.1. Predicció meteorològica

La incorporació eficient de fonts d'energia renovable a les xarxes elèctriques de distribució es veu facilitada per la intel·ligència artificial que pot ajudar a solucionar un dels principals problemes actualment: predir la generació d'energia renovable. La predicció meteorològica és clau per l'optimització de la generació i la distribució d'energia. Els models atmosfèrics actuals han assolit un alt grau de precisió, però encara són millorats mitjançant l'ús d'intel·ligència artificial i les tecnologies de dades. Per exemple, l'Agència Europea de Predicció Meteorològica (ECMWF) ha desenvolupat models que perfeccionen la predicció meteorològica a nivell de resolució molt detallada del terreny. Aquests algorismes poden millorar el rendiment dels actius de generació d'energia a un cost reduït. A més, la utilització de tècniques com el [nowcasting](#), que permet la predicció a molt curt termini utilitzant models de predicció a minuts basats en sèries temporals, brinda una precisió total en la identificació de fenòmens meteorològics locals, com ara tempestes o esdeveniments climàtics adversos.

El [crowdcasting](#), per altra banda, es converteix en un factor clau quan molts consumidors es converteixen en *prosumidors* i poden influir en el mercat energètic. En aquest context, els algorismes de predicció necessiten processar informació individual a gran escala, de manera semblant a com s'utilitza Waze per identificar els embussos de trànsit mitjançant l'agregació de dades individuals. En el futur, aquestes eines seran fonamentals per conèixer la previsió de consum energètic de manera precisa i oportuna.

La IA millora les [estimacions de producció](#) esperada mitjançant previsions meteorològiques més precises i fiables, optimitzant així el rendiment dels actius energètics. A més, en el cas de l'energia hidroelèctrica, ajuda a reduir el malbaratament mitjançant estimacions més fiables dels cabals d'aigua, fet que contribueix a augmentar la producció de manera eficient i sostenible.

Adicionalment també es poden aplicar algorismes per l'optimització d'emplaçaments de centrals eòliques o solars en funció de simulacions meteorolò-

giques. Aquesta tecnologia pot aportar informació dels recursos disponibles, l'eficiència de les centrals, però també sobre els possibles riscos relacionats amb les característiques del sol o els fenòmens meteorològics extrems.

3.1.2. Supervisió i manteniment

La supervisió i el manteniment de les instal·lacions d'energia amb el suport de la intel·ligència artificial estan transformant la indústria energètica en permetre supervisar el seu estat, optimitzar l'operació per incrementar l'eficiència, predir falles i optimitzar el seu manteniment per allargar la seva vida útil.

A l'actualitat es troben nombrosos exemples d'aplicació de la IA per avaluar l'estat d'infraestructures com els aerogeneradors, per exemple amb models de vigilància estructural que calculen el **grau de funcionament** dels aerogeneradors en temps real, tenint en compte diverses condicions ambientals i aspectes de seguretat.

L'ús combinat de robots i drons, facilita realitzar activitats de monitorització i manteniment de les plantes. Permet fer inspeccions més **ràpides, segures i eficaces en entorns de difícil accés**. Hi ha exemples d'**anàlisi visual** de turbines eòliques mitjançant vídeos capturats per drons. Aquests vídeos permeten detectar danys a les turbines i proposar accions de resolució de manera eficaç i oportuna. També es poden valorar l'estat de panells solar per planificar les tasques de manteniment. Així mateix, algorismes d'intel·ligència artificial poden generar alarmes de vent basades en prediccions meteorològiques a curt termini (nowcasting), cosa que ajuda a protegir les pales dels aerogeneradors o les plaques fotovoltaïques contra ràfegues sobtades de vent que les podrien danyar.

El **manteniment predictiu**, habilitat per algorismes d'IA i sistemes de monitoratge remot, permet preveure amb precisió el risc de fallada en una planta i prendre mesures preventives abans que passi. Això és en intervencions de manteniment planificades, evitant emergències i reduint costos i temps d'inactivitat.

Fins i tot en tasques rutinàries com la **neteja de panells solars**, la intel·ligència artificial exerceix un paper important en proporcionar indicacions sobre el moment òptim per dur a terme aquestes activitats, optimitzant així l'eficiència i la producció elèctrica, a més d'estalviar recursos com l'aigua.

3.1.3. Emmagatzematge avançat d'energia

Ja s'ha esmentat que les bateries tenen un paper crucial en el procés de transició energètica i augmentar la viabilitat de les energies renovables, ja que permeten emmagatzemar l'energia generada durant períodes d'alta disponibilitat i utilitzar-la quan sigui necessari. La intel·ligència artificial també està impulsant avenços en l'emmagatzematge d'energia, permetent gestionar millor la **variabilitat de les fonts renovables** i garantir un subministrament constant d'energia. Els sistemes d'IA poden predir i optimitzar l'ús de bateries i altres sistemes d'emmagatzematge, millorant l'eficiència i la sostenibilitat del sector energètic. També permeten valorar la degradació i desgast de les bateries per recomanar el règim de funcionament més òptim.

La IA s'empra a l'actualitat en l'**exploració de nous dipòsits minerals de matèries primeres crítiques (CRM)**. L'exploració geològica tradicional implica un procés lent i costós que depèn en gran mesura de l'experiència dels geòlegs. La IA pot accelerar aquest procés en analitzar grans quantitats de dades geofísiques i geològiques, identificant patrons i anomalies que podrien indicar la presència de minerals.

Tot i això, s'han de trobar formes alternatives d'emmagatzematge perquè el cost econòmic i mediambiental d'equipar la xarxa elèctrica amb suficients bateries d'ions de liti és molt alt.

Com alternativa, aprofitant l'electrificació del transport, es planteja que les pròpies bateries emprades en els vehicles elèctrics siguin proveïdores d'energia per la xarxa quan els vehicles estiguin aturats i tinguin suficient energia per realitzar el proper trajecte: aquest concepte és el que s'anomena **V2G** (vehicle a la xarxa) i implica un intercanvi bidireccional d'energia entre el vehicle i la xarxa. Cal tenir en compte que hi ha reptes com el de la vida útil de la bateria (assegurar que no es malmeti la bateria), la permissivitat tècnica dels vehicles (és a dir que tècnicament les bateries dels vehicles puguin aportar electricitat a la xarxa) i la regulació a nivell estatal que ho permeti.

També s'estudien altres formes d'emmagatzematge en altres formes d'energia, com l'hidrogen. A nivell de recerca s'estan simulant nous electrocatalitzadors amb tècniques d'IA per optimitzar el seu règim de funcionament.



3.1.4. Interacció amb l'ecosistema ambiental

La [protecció de la biodiversitat](#) també es pot veure afavorida per la intel·ligència artificial, que pot predir els hàbits de migració i vol de les aus. Això permet [planificar la construcció](#) i operació de parcs eòlics de manera que se'n minimitzi l'impacte amb les aus i l'ecosistema de la regió.

D'altra banda també té un paper crucial en la identificació de nius d'aus o altres característiques importants per la conservació de la fauna. A més, poden identificar objectes en moviment, com a aus, i alertar sobre la seva presència, ajudant així a prevenir col·lisions reduint la velocitat de les turbines dels aerogeneradors en el cas dels parcs eòlics tant terrestres com en alta mar.

3.1.5. Bessó digital i gestió d'actius

Un bessó digital (de l'anglès Digital Twin) és la representació virtual d'un objecte, procés o servei físic. L'anàlisi dels grans volums de dades històriques d'operacions permet construir models d'alta precisió que representen amb molta exactitud el procés real.

El bessó digital en el sector d'energia és una còpia virtual de les infraestructures d'energia, i permet [una gestió més intel·ligent dels recursos energètics](#) del sector. Un bessó digital permet modelitzar digitalment un entorn físic real per tal de fer simulacions alterant variables pròpies d'aquest entorn real. Amb aquesta tecnologia, els operadors elèctrics manipulen les condicions dels actius digitals per planificar escenaris sense interferir amb l'operació de l'actiu físic.

Aquesta solució facilita comprendre i modelar el rendiment de, per exemple, una planta energètica en representar-ne l'estat, el funcionament o la posició, gairebé en temps real. És per tant molt beneficiós per a les empreses a l'hora de planificar accions de cara al futur amb una gran quantitat de recursos energètics distribuïts.

3.2. Oportunitats de la IA en Transport-Distribució

3.2.1. Gestió de xarxes intel·ligents

Per integrar plenament les energies renovables al sistema energètic, les xarxes intel·ligents són bàsiques i la IA té un paper clau a l'aplicació a les xarxes elèctriques i microxarxes, convertint-les en un element actiu capaç de contribuir a l'optimització energètica en lloc de ser un element passiu que només distribueix l'energia.

Això és important perquè cada cop és més necessari comptar amb xarxes intel·ligents i bidireccionals, més adequades a les necessitats energètiques actuals i que poc tenen a veure amb les que teníem quan es van desenvolupar les xarxes elèctriques tradicionals. Aquestes xarxes automatitzades són capaces de realitzar anàlisis intel·ligents en temps real, balancejant l'oferta i la demanda d'energia, establint els punts de treball òptim o bé detectant errors o fraus potencials al llarg de tota la cadena de subministrament.

En aquest context, els sistemes d'IA resulten molt útils, especialment davant les noves configuracions dels sistemes energètics, on la generació distribuïda i els fluxos multidireccionals d'energia multipliquen la complexitat de les variables involucrades. Gràcies a la tecnologia d'IA incorporada a les xarxes intel·ligents, els proveïdors d'energia poden gestionar de manera més eficient les [interupsions del servei](#), [optimitzar el voltatge](#), [detectar pics de demanda](#) i [adaptar-se al comportament](#) específic d'alguns clients o ciutats. Si parlem de microxarxes, els algorismes d'IA permeten gestionar de manera eficient tots els actius, ja siguin de generació renovable, emmagatzematge o elements de consum, i tot això integrant dades externes com el preu de l'energia, les dades i la previsió meteorològica, etc.

Això possibilita que es puguin prendre decisions com ajornar processos d'alta demanda energètica a hores en què hi haurà una generació renovable més gran, o augmentar l'emmagatzematge en el sistema de bateries atenent la previsió meteorològica de l'endemà. La IA pot [garantir que la xarxa elèctrica funcioni](#) sempre amb una càrrega òptima i pot optimitzar el consum d'energia dels clients.



El desenvolupament de bessons digitals possibilita crear una rèplica exacta de la xarxa elèctrica i permet avançar en la [gestió preventiva de la xarxa](#) i controlar-ne el funcionament en temps real per afavorir la integració d'energies renovables i el desenvolupament de la mobilitat elèctrica.

3.2.2. Planificació d'infraestructura de xarxa

Actualment és molt important abordar la [congestió de la xarxa elèctrica](#) i poder optimitzar la seva expansió. El procés d'electrificació necessari per la transició energètica implica un augment de la [demanda de l'electricitat](#) en tots els àmbits, per exemple en el sector industrial, o en el del transport, on es fa necessari que hi hagi una estructura extensa de punts de recàrrega de vehicles. Ampliar la xarxa elèctrica és molt car, i és molt necessari emprar tecnologies basades en dades i IA per poder modelar la xarxa i simular el seu comportament per trobar la manera més òptima per expandir la xarxa.

3.2.3. Planificació i ajust de l'oferta i demanda

Per millorar la gestió de la xarxa, la IA pot [creuar previsions de producció de les centrals eòliques i solars amb estimacions de la demanda i la seva volatilitat](#), permetent una gestió òptima dels fluxos a les xarxes, fins i tot amb decisions preses de manera automàtica i ràpida. Això augmenta la flexibilitat i l'eficiència de les xarxes, i com s'ha esmentat anteriorment gràcies també a l'ús de la IA en la gestió dels sistemes d'emmagatzematge d'energia, un component clau per compensar la intermitència inherent a les energies renovables.

És fonamental disposar en [temps real](#), a través de la xarxa de distribució, d'informació sobre la generació i la demanda, de manera que es millora la capacitat de monitorització, operació i control de la xarxa, i es guanya en més capacitat predictiva de la demanda energètica.

Els models d'IA poden aprendre el comportament dels usuaris, i d'aquesta manera controlar els principals consumidors d'electricitat, com bombes de calor, calderes, bateries domèstiques i estacions de càrrega per a vehicles elèctrics, i integrar dades de mesura de sistemes solars fotovoltaics per a un funcionament òptim de la xarxa. Aquest algorisme optimitza contínuament paràmetres com la càrrega de la xarxa, el consum i la generació, incloent-hi pronòstics meteorològics i preus de l'electricitat i components de comportament social.

3.2.4. Supervisió remota de la xarxa

La integració d'intel·ligència artificial a l'àmbit de la distribució elèctrica té un paper transformador en la manera com es monitoritza i gestiona la xarxa.

Mitjançant la [capacitat predictiva](#) de la IA, és possible [anticipar errors a la xarxa elèctrica](#) en identificar parts crítiques propenses a danys, zones de treball en curs i la probabilitat d'incidències. Això es tradueix en una eficiència operativa més gran i una reducció de costos associats a manteniments correctius.

La digitalització de la distribució elèctrica implica l'expansió de punts de connexió a tot el món, més enllà dels processos productius de les empreses, cosa que fa necessari un control remot i automatitzat de la xarxa. La IA aborda les [vulnerabilitats](#) de la xarxa mitjançant la instal·lació de sensors de baix consum que faciliten un monitoratge en temps real i l'anàlisi de dades al núvol. Cada punt de tota la xarxa de subministrament està monitoritzat en temps real i pot alertar de quan els components estan a punt de fer-se malbé. D'aquesta manera, el possible incident pot ser resolt abans que es produeixi un error greu. Aquest enfocament no només optimitza el manteniment de la xarxa, sinó que també millora la capacitat de resposta davant de possibles avaries i, en última instància, la qualitat del servei al client. Tenint en compte l'extensió de la xarxa de distribució, i que pot estar soterrada en molts trams, l'ús d'eines com la IA per localitzar les avaries o fins i tot prevenir-les suposa una millora considerable en la gestió d'incidències.

A més, la [plataforma digitalitzada](#) ofereix una visió detallada de l'estat de la xarxa, i facilita la implementació d'un bessó digital que permeti simular diferents escenaris i optimitzar el rendiment en temps real. Això s'aconsegueix analitzant dades proporcionades pels sensors per comprendre la càrrega a cada cable i la seva capacitat màxima en funció de variables com a temperatura, humitat i desgast. Així, s'assoleix una gestió més eficient de la infraestructura i una distribució dinàmica de la càrrega, evitant la saturació de punts específics de la xarxa i garantint-ne el màxim rendiment.

Actualment s'està desenvolupant una creixent [automatització de la xarxa](#) amb l'ús de telecomandaments des d'un centre de control, que permeten minimitzar l'impacte de les avaries i fins i tot realit-

zar reparacions sense necessitat de desplaçaments físics. Aquestes tecnologies donen als gestors la capacitat d'anticipar-se a problemes i estar preparats per intervenir en els punts crítics afectant el menor nombre de persones possible.

També hi ha diferents exemples de **drons de llarg abast** amb navegació automàtica emprats per supervisar les xarxes. Aquests drons faciliten l'exploració de la xarxa en llocs de difícil accés de forma més ràpida i segura per poder realitzar tasques de manteniment predictiu.



3.2.5. Seguretat

La IA també pot millorar la **seguretat, fiabilitat i eficiència** del sistema elèctric en detectar automàticament possibles fallades i reconfigurar els circuits per evitar la propagació de l'avaría i/o la interrupció del subministrament. La tecnologia pot processar dades en temps real i detectar casos d'emergència o errors als equips. Els algorismes basats en IA poden prendre decisions en fraccions de segon sobre la detecció i categorització precisa d'anomalies o fallades al sistema elèctric. Això garanteix una **resposta ràpida i automatitzada** davant de possibles interrupcions, assegurant l'estabilitat del sistema elèctric.

La inspecció d'equipament de la xarxa o de les plantes de generació de forma automatitzada amb drons minimitza el risc d'accidents per a les persones. De la mateixa manera, la possibilitat de prendre decisions a distància amb l'ajut d'eines de decisió també redueixen aquest risc de persones operant sobre el terreny.

La monitorització continua en temps real pot detectar anomalies com per exemple l'aparició d'un foc i així evitar un incendi forestal.

Els bessons digitals són una eina molt efectiva per a la formació d'operadors de xarxa per permetre simular situacions de potencial risc i millorar el temps i la precisió de la resposta a aplicar.

Finalment, la indústria energètica pot beneficiar-se del potencial de protecció i seguretat que ofereix la IA, des de la **seguretat informàtica** fins a la seguretat física, que és un aspecte fonamental ja que són **infraestructures crítiques**. Amb la IA, és possible analitzar i catalogar accidents passats per calcular millor els riscos i reduir-los. Això ajuda a detectar anomalies, prevenir incidents i garantir la seguretat i el funcionament correcte d'aquests sistemes.

3.3. Oportunitats de la IA en Consum

3.3.1. Optimització del consum energètic

Actualment es genera una immensa quantitat de dades en el sector energètic. Per exemple, dades provinents dels comptadors intel·ligents, de sensors de consum energètic, de sistemes de gestió energètica, entre altres dispositius. Un cop recopilades, aquestes dades són analitzades per identificar patrons, tendències i anomalies que puguin proporcionar informació útil per millorar l'eficiència energètica, optimitzar els processos de producció o prendre decisions estratègiques relacionades amb el subministrament i la demanda d'energia.

L'anàlisi de dades energètiques pot incloure tècniques com l'anàlisi estadística, el modelatge matemàtic, la intel·ligència artificial i l'aprenentatge automàtic per obtenir una comprensió del comportament del consum energètic i generar prediccions precises sobre futurs patrons de consum. Això pot ajudar les empreses i les organitzacions a optimitzar les seves operacions, reduir costos, minimitzar el malbaratament d'energia i contribuir a una gestió més sostenible dels recursos energètics. A nivell de la llar o de la indústria també es pot realitzar un estalvi de la factura energètica impactant sobre els sistemes d'il·luminació i de climatització perquè funcionin automàticament en funció del nombre de persones, informació de sensors, etc. A més, pot detectar anomalies en temps real, com augments inesperats en el consum d'energia, i llançar alertes per a la ràpida solució.

La combinació d'aquestes capacitats de la IA permet aconseguir una optimització energètica més gran en conèixer els patrons de consum i preveure la demanda, cosa que permet a les empreses prendre decisions proactives en lloc de reactives. La intel·ligència artificial pot monitoritzar el consum energètic de cada àrea d'una empresa (climatització, refrigeració, maquinària, etc.) i sobre la base de les dades prendre decisions per millorar i optimitzar aquests consums de manera contínua.

A aquestes dades també es poden afegir dades externes, tals com el preu de l'electricitat, el nombre de persones, vehicles o equipaments implicats en un determinat procés, etc, i així poder tenir tota la informació per poder reduir el consum de l'electricitat.



3.3.2. Relació intel·ligent amb el consumidor

El concepte de **smarhome** o **casa intel·ligent** es refereix a un habitatge equipat amb dispositius i sistemes electrònics que es poden controlar i automatitzar de forma remota. Una de les principals avantatges és poder fer un seguiment de la despesa energètica, i el sistema pot recomanar com fer servir els electrodomèstics adaptat al perfil de cada usuari.

El registre en temps real dels **consums horaris**, i el seu posterior anàlisi permet una millor adequació de l'oferta als diferents perfils de consumidors en funció de les seves preferències i necessitats.

D'aquesta manera l'aplicació de la IA a la comercialització de l'electricitat permet que el client final **prengui decisions sobre el seu consum** de manera instantània, a més de comparar els seus consums, o fins i tot personalitzar la contractació del subministrament en línia amb la seva companyia, fomentant la competència del sector en conjunt.

La IA permet aportar nous serveis i capacitats 'smart' per a l'usuari final, abastant des de l'ampliació de la flexibilitat de la demanda (com s'ha esmentat en aquest document) fins a la millora de la seva fidelització i dels mecanismes de contacte i relació tant amb les empreses elèctriques com amb altres agents. La interacció amb les entitats comercialitzadores pot millorar-se mitjançant **xatbots que permeten relacionar-se** amb llenguatge natural i automatitzar processos (demandes de clients, autoritzacions, etc.)

3.3.3. Detecció frau

Les tecnologies basades en dades i IA també es poden emprar per **detectar irregularitats i frau** a les xarxes elèctriques. La digitalització de la xarxa, el desplegament de sensors i la implantació dels comptadors intel·ligents fa que cada cop s'obtingui més informació del funcionament dels equips de mesura i de la xarxa de mitjana i baixa tensió, i l'anàlisi d'aquestes dades permet detectar desviacions i comportaments anòmals per orientar les inspeccions de manera més eficient i augmentar el percentatge de frau detectat.

Les companyies es basen en l'històric de consum i tècniques de *machine learning* per analitzar la seva evolució i poder realitzar **alertes per revisar en detall en cas d'anomalies**. Això permet a l'empresa a detectar una gran varietat de frauds, tant els produïts en subministraments amb contracte en vigor, com en subministraments sense contracte.

A banda del frau també es poden evitar incidències en el subministrament elèctric o fins i tot incendis o altres problemàtiques degut a l'ús excessiu i il·legal de l'electricitat, com per exemple la detecció de cultius de marihuana o minat de bitcoin, que a banda de consumir molt poden provocar una caiguda de l'electricitat a la zona afectada.



3.4. Orquestració

Com ja s'ha esmentat amb anterioritat, si es vol que hi hagi una penetració elevada d'energies renovables provinents de múltiples fonts, el sistema elèctric actual requereix un model d'orquestració molt complex, que només es pot dur a terme en base a tecnologies basades en dades i IA.

La IA contribuirà a prendre decisions basades en múltiples factors, com els fenòmens meteorològics, patrons de consum i generació, preus, vida útil de les bateries, càrrega de les mateixes, etc. D'aquesta manera l'orquestració es requereix que actui de forma personalitzada, donat que es vol aprofitar l'energia al millor preu i posar en valor la capacitat de les bateries i fonts de generació locals.

Aquest sistema ha de permetre:

- **Anticipar la demanda de l'electricitat:** els algorismes de la IA permeten anticipar la demanda de l'electricitat en entorns urbans o industrials, de manera que es pugui ajustar la producció a cada necessitat particular. El coneixement amb antelació de les necessitats d'electricitat possibilita també la planificació de polítiques públiques d'inversió a llarg termini.
- **Previsió del comportament del prosumidor:** per tal de poder tenir un millor rendiment del seu consum, generació i emmagatzematge.
- **Ajustar la demanda i l'oferta:** La IA és capaç d'analitzar patrons de consum i predir fluctuacions a la demanda d'energia. Això permet a les empreses ajustar la producció i la distribució d'energia en temps real, garantint un subministrament estable i minimitzant el malbaratament de recursos.
- **Personalitzar la gestió energètica:** La IA permetrà el desenvolupament de sistemes de gestió energètica personalitzada per a llars i empreses. Aquests sistemes podran aprendre i adaptar-se als patrons de consum de cada usuari, optimitzant l'ús de l'energia, reduint els costos i promouent pràctiques sostenibles.
- **Garantir la lliure competència en el mercat elèctric.** L'anàlisi de la interacció dels diferents agents en el mercat elèctric per detectar possibles casos d'especulació es pot beneficiar de la capacitat de la IA per processar el gran volum i complexitat de les dades generades.

Anàlisi de la IA en el sector de l'energia a Catalunya





Aquesta secció duu a terme una anàlisi de la situació actual del la IA i el sector de l'energia a Catalunya. S'examina l'ecosistema global de la intel·ligència artificial català, destacant-ne les capacitats més significatives i les connexions amb el sector energètic. Tot seguit, s'exposen diferents iniciatives i projectes fonamentats en tecnologies de dades i intel·ligència artificial aplicats a l'àmbit de l'energia.

4.1. La IA a Catalunya

L'Informe de *La intel·ligència artificial a Catalunya* realitzat per ACCIO¹ realitza un mapatge de l'ecosistema de la IA a Catalunya. Identifica **488 empreses**, que representa un 173% més que el nombre d'empreses que hi havia l'any 2019, de manera que es destaca un creixement molt important. Si analitzem les empreses el 43,9% són empreses emergents.

A banda de les empreses del sector, a Catalunya hi ha un ecosistema de coneixement, generació de talent i el desenvolupament tecnològic amb les universitats, els centres tecnològics i de recerca, i la comunitat científica. Actualment hi ha 39 centres de recerca i instituts de recerca que treballen en l'àmbit de la IA, i més de 70 grups de recerca intensius en IA.

A més a més, la fortalesa del sector TIC català, amb un ecosistema digital d'emprenedoria, capacitat d'atracció d'inversions en tecnologia i generació d'un sector emergent com és el de la intel·ligència artificial, fan del país un pol d'innovació digital capdavanter a nivell d'Europa.

La següent figura presenta les dades extretes de l'informe:

Figura 1. Visió esquemàtica de l'ecosistema de la IA a Catalunya



Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'ACCIÓ

¹ ACCIO, abril 2024. La intel·ligència artificial a Catalunya, <https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/eic-la-intel·ligencia-artificial-a-catalunya>

4.2. Fortaleses i acceleradors a Catalunya

Catalunya, ha impulsat canvis legislatius com el Decret Llei 24/2021 per tal de poder **accelerar el desplegament de les energies renovables distribuïdes i participatives, i estimular la participació ciutadana**, com l'eliminació de l'autorització administrativa per als projectes d'autoconsum sense excedents, o la promoció de l'autoconsum col·lectiu a edificis plurifamiliars, per exemple. Es compta amb l'**Institut Català d'Energia (ICAEN)** adscrit al Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya, que té com a missió **promoure la transició energètica** cap a un model descarbonitzat, democràtic, inclusiu i basat en l'eficiència energètica i la generació renovable².

D'altra banda el **Clúster de l'Energia Eficient de Catalunya (CEEC)** actua com a organisme aglutinador de la diversitat de l'ecosistema, tenint en compte que el sector a Catalunya és molt divers i està molt fragmentat. A dia d'avui compta amb 228 associats que dins de les seves activitats ofereixen, promoció o desenvolupen productes o serveis relacionats amb l'energia eficient en els camps dels edificis, la mobilitat, els serveis públics, la indústria i la formació, orientats tant a la disminució del consum energètic o bé a la generació d'energia mitjançant renovables, així com a la mobilitat sostenible i la digitalització de l'energia.

A Catalunya, hi ha una **xarxa de coneixement en energia** que abasta diversos centres tecnològics, universitats i altres institucions acadèmiques. Aquesta infraestructura afavoreix la recerca i el desenvolupament al sector energètic, impulsant la innovació i la col·laboració entre diferents actors. A més, la regió compta amb una sòlida presència **d'agents vinculats a la mobilitat elèctrica**, com Seat i el Clúster d'Automoció, fet que contribueix a la promoció i l'adopció de tecnologies netes en el transport.

Hi ha altres factors més generals que propicien l'impuls de les tecnologies basades en la IA a Catalunya com a tecnologia amb potencial com:

² ICAEN. Sobre l'Institut. https://icaen.gencat.cat/ca/l_icaen/sobre_institut/index.html

Consolidat sistema de coneixement

Universitats: Les activitats de formació al voltant de la IA en són un motor crucial per al seu desenvolupament i Catalunya disposa d'un ecosistema ric en universitats de referència. Les principals universitats catalanes incorporen al currículum cursos, assignatures i postgraus específics en IA en els seus programes d'estudis. Actualment es pot accedir a graus específics en IA, a màsters com el Màster interuniversitari en IA (UPC-UB-URV) i el Màster oficial en Visió per Computador (UAB, UOC, UPC, UPF i CVC). La UPC també ofereix un Doctorat en IA. A més a més, també es compta amb assignatures d'intel·ligència artificial o ciència de les dades de graus i màsters de data science i altres cursos de curta durada (La Salle-URL, UPC, etc.).

Centres tecnològics i de recerca: Catalunya disposa d'un model de recerca d'excel·lència. Compta amb diversos centres especialitzats en IA tals com el Centre de Visió per Computador (CVC), l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (IRI), l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC), el Barcelona Super Computing Center (BSC), i el Centre de Recerca en Ciència de Dades Intel·ligent i Intel·ligència Artificial (IDEAI-UPC). Disposa també de centres tecnològics i de recerca enfocats a la innovació i la transferència com Eurecat i i2CAT. En el cas de l'Energia es destaca l'IREC

Talent professional: Catalunya, i en especial Barcelona, és un bon pol d'atracció i demanda de talent (per factors com qualitat de vida, ecosistema actiu i altres aspectes). El Digital Talent Overview report 2022³ declara la IA com un dels sectors emergents amb més demanda i millor projecció de la ciutat de Barcelona amb una manca prevista de 16.000 professionals en TIC a Barcelona aproximadament, la majoria en el camp de la IA.

³ MWC, 2022. Digital Talent reports <https://barcelonadigitaltalent.com/en/report/digital-talent-overview-2022/>

Lideratge d'iniciatives

Les administracions públiques tenen voluntat de donar impuls a iniciatives d'IA amb diferents iniciatives, de les quals es destaquen:

- **CATALONIA.IA:** l'Estratègia d'Intel·ligència Artificial de Catalunya impulsada pel Govern de la Generalitat de Catalunya. L'estratègia desplega un programa d'actuacions específiques per enfortir l'ecosistema d'intel·ligència artificial que hi ha a Catalunya i liderar la generació de coneixement, l'aplicació social i empresarial i la creació de solucions basades en intel·ligència artificial que fomentin el creixement econòmic i la millora de la vida de les persones.
- **DIH4CAT:** El Digital Innovation Hub de Catalunya és un ecosistema regional d'innovació sense ànim de lucre, format pels principals agents de suport a la digitalització de Catalunya, que té com a objectiu impulsar la transformació tecnològica de la Petita i Mitjana Empresa (amb especial focus en els sectors industrials i proveïdors de tecnologia), les empreses emergents tecnològiques i les entitats públiques.
- **Xarxa RDI-IA:** té com a missió dotar l'ecosistema català d'IA de mecanismes de transferència tecnològica i de valorització del coneixement generat a les universitats i centres tecnològics.
- Les **Càtedres ENIA** (Estratègia Nacional d'Intel·ligència Artificial) són una iniciativa del Govern d'Espanya per fomentar la investigació, el desenvolupament i l'aplicació de la intel·ligència artificial a diferents àmbits. Aquestes càtedres es van crear com a part de l'Estratègia Nacional d'Intel·ligència Artificial, que busca impulsar el desenvolupament de la IA i aprofitar-ne el potencial per al creixement econòmic i la millora de la societat. En el cas de l'energia es destaca la Càtedra de la UPC de *Siemens Energy AI Chair. Energy Sustainability for a Decarbonized Society 5.0*.

Pol d'Innovació

Bons indicadors en el marc de la recerca europea: en el que es destaca que Catalunya és referent en de recerca en IA de l'HORIZON Europe amb 95 projectes que equivalen a un 3,5% del total europeu⁴. Catalunya també és participa a ELLIS (European Laboratory for Learning and Intelligent Systems), la xarxa paneuropea d'excel·lència en intel·ligència artificial (IA) que connecta els millors investigadors i investigadores en aquest àmbit, amb la unitat ELLIS Barcelona.

Fort teixit empresarial

Indústria, startups i emprenedoria tecnològica: Barcelona s'ha posicionat⁵ com segon hub de la UE preferit pels fundadors d'empreses emergents i és el quart hub en inversió. També s'han atret acceleradors d'empreses emergents i venture builders i de capital de risc que ofereixen una oportunitat única per desenvolupar nous negocis al voltant de la majoria de tecnologies disruptives. El 36% de les empreses emergents tenen intel·ligència artificial i el Big Data com a principal tecnologia. Destaquen organitzacions vinculades a l'emprenedoria tecnològica com el Barcelona Tech City,

Sòlid teixit associatiu

Catalunya destaca per la forta incidència associativa fins i tot l'àmbit d'IA. En aquest sentit, l'any 1994 es constitueix formalment l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial (ACIA). Avui, l'ACIA reuneix la major part de la comunitat científica catalana d'IA, així com antics alumnes, professionals del sector i alguns associats institucionals. Tot i ser l'associació d'un petit territori, l'ACIA és, des de l'any 1995, un capítol de l'Associació Europea d'Intel·ligència Artificial (EurAI) i organitza una conferència anual de caràcter internacional des de l'any 1998. Per altra banda, Catalunya disposa del Col·legi Oficial d'Enginyeria Informàtica de Catalunya, el COEINF. Des de l'any 2016, el COEINF inclou una posició específica en el seu equip directiu dedicada a la IA: el vicedeganat de Big Data, Ciència de les Dades i Intel·ligència Artificial. Aquesta posició promou el desenvolupament fructífer del sector empresarial en aquests camps, inclosa la necessitat de reduir l'escletxa de gènere en el sector, amb una comissió dedicada a

⁴ ACCIO, 2024. La IA a Catalunya <https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/la-intelligencia-artificial-a-catalunya>

⁵ <https://startupshub.catalonia.com/list-of-startups>

aquest tema: donesCOEINF. La bretxa de gènere també es va convertir en objecte de consideració per a l'ACIA i el 8 de març de l'any 2019 aquesta va fundar un grup de treball de dones en IA a Catalunya anomenat doneslAcat. En aquest mateix sentit es va fundar el Top Rosies Talent És un programa de generació de talent femení en intel·ligència artificial impulsat per donesIDEAI, les investigadores del centre de recerca IDEAI-UPC que s'adreça prioritàriament a dones que estan cursant el darrer curs en una carrera STEAM o recent graduades.

Com s'ha esmentat, en el camp de l'Energia Catalunya es compta amb el CEEC que té com a principal objectiu impulsar l'àmbit de l'energia eficient.

Disposició d'infraestructures adequades

Infraestructures de transport destacables i obertes a nivell global com són el port o l'aeroport de Barcelona. Hubs logístics i industrials com la zona franca i els parcs automobilístics. Infraestructures tècniques d'alt nivell com el Supercomputador, el MareNostrum, instal·lat a Barcelona l'any 2005, al Centre Nacional de Supercomputació (BSC-CNS), una referència internacional crucial per al processament de dades massives, o el Centre de Visió per Computador (CVC), que disposa de més de 200 unitats de processament gràfic (GPU) connectades en xarxa, el que el converteix en un dels centres amb major nombre de GPUs treballant simultàniament del món. A més, Barcelona compta amb el Labs.5G Barcelona, en connexió amb la Mobile World Capital, per donar suport a la innovació en tecnologia 5G. També es disposa del sincrotró ALBA, que és una infraestructura científica singular.

Seu de grans esdeveniments

Barcelona és seu d'alguns dels esdeveniments de més renom internacional en l'àmbit de la tecnologia i la digitalització de l'economia, com per exemple: Mobile World Congress (MWC), Integrated Systems Europe (ISE), Smart City Expo World Congress, Smart Mobility World Congress, Advanced Factories. AI & Big Data Congres o l'IoT Solutions World Congress. Molts d'aquests congressos inclouen enfocaments en energies sostenibles, eficiència energètica i solucions innovadores per la gestió energètica d'entorns urbans i empresarials. A nivell específic sectorial el CEEC realitza la Nit de l'Energia, i altres esdeveniments rellevants. També destacar Expoelectric com la primera fira del sud d'Europa que busca acostar i familiaritzar el ciutadà amb la mobilitat de zero emissions i els vehicles elèctrics.



4.2.1. Algunes iniciatives d'IA al sector energia a Catalunya

En aquest apartat es presenten exemples concrets d'aplicació de solucions innovadores en el sector de l'energia a Catalunya per donar a conèixer iniciatives il·lustratives en desenvolupament per organismes catalans. Aquesta selecció inclou 23 iniciatives destacades que són rellevants i inspiradores per a l'ecosistema energètic català, amb una participació de petites i grans empreses, empreses emergents, administració pública, centres de recerca, centres tecnològics i universitats. Aquests projectes aborden els principals reptes identificats a l'inici del document.

La següent taula presenta una llista d'aquestes 23 iniciatives, amb el contingut detallat ampliat a l'ANNEX II. Per a cada projecte, s'ha descrit: i) el repte que es vol solucionar, ii) una breu descripció, iii) la innovació proposada, iv) el perfil tecnològic i la seva aplicació en el camp energètic, v) els agents impulsors, i vi) les implicacions i el valor que el projecte genera per al sector energètic, així com el potencial de creixement o les estratègies futures dels executors del projecte.

Oportunitats	Casos il·lustratius
GENERACIÓ	Manteniment predictiu plantes eòliques- ENDESA
	CIMA-Eurecat
	ACTIV4.0 (RIS3CAT Utilities4.0)- Naturgy, Nedgia, Eurecat, UPC (CS2AC) IDP, WorldSensing.
	CloudSCADA-Eurecat
	Alarma de Vent per a plaques muntades en seguidors solars d'un eix -UPC KEMLg
	Predicció de falles en bateries que mouen les plaques en parcs fotovoltaics- UPC KEMLg
	Moviment de plaques solars en situació de llum difusa- UPC KEMLg
	COREWIND-IREC
DISTRIBUCIÓ	Detecció i localització de falles elèctriques- ANELL
	BD4OPEM H2020. Big data solutions for Open Innovation Energy Marketplace (consorci UPC)
	PLATON. Online Platform integrating data and AI services for distribution grids. (consorci UPC)
	ATLAS. Analytic tools for eLectricAI Systems: Digitalization using novel data analytic methods and toolboxes for secure, renewable, and flexible grids (consorci UPC)
	Supervisió de la xarxa de distribució – e-Distribució
	RESISTO – e-Distribució i IREC
CONSUM	IKNOS Energy.Comportament energètic d'edificis en base a la seva ocupació. Footanalytics i CIMNE
	RENFE Smart Railway Station- Cactus
	Algorisme de coordinació de producció i consum en prosumidors UPC KEMLg
	Flexibilitat energètica amb IA- Bamboo Energy
ORQUESTRACIÓ	ODEON. federated data and intelligence Orchestration & sharing for the Digital Energy transition (consorci UPC)
	OMEGA-X. Orchestrating an interoperable sovereign federated Multi-vector Energy data space built on open standards and ready for GAia-X (consorci UPC)
	BeFexible: demostrador- ENDESA
	Collectiveware: Tecnologies per potenciar col·lectius humans a la xarxa elèctrica intel·ligent (UB)
	NOBEL GRID-Eurecat

4.3. Barreres per l'adopció de la IA en l'energia a Catalunya

Com s'ha mostrat en el Llibre Blanc, l'adopció de la intel·ligència artificial al sector energètic representa una oportunitat significativa per millorar l'eficiència operativa, la sostenibilitat i la seguretat de les infraestructures energètiques i poder avançar cap a la transició energètica. Tot i això, malgrat el potencial transformador de la IA, la seva adopció no és fàcil ni àgil, i es distingeixen una diversitat de barreres que impacten negativament en el seu ús.

A través tant de les entrevistes com de la sessió de Laboratori d'idees o Think Tank dutes a terme amb els experts i representants de l'ecosistema de l'energia a Catalunya, s'han identificat les principals barreres a considerar, i que com es pot observar, van més enllà d'aspectes purament tecnològics, identificant també barreres econòmiques, culturals, socials, i de caràcter normatiu:

- **Manca de disponibilitat i qualitat de les dades.** Tot i que el sector avança en la seva digitalització, encara hi ha una manca significativa de dades disponibles en les diferents fases del cicle de l'energia (generació, transport, distribució i consum). Ara bé, no només cal assegurar la disponibilitat i el seu accés, sinó també la seva qualitat, i que realment estiguin ben estructurades per facilitar l'anàlisi posterior. Per exemple, pel que fa a l'obtenció de dades en temps real referents a la gestió dels actius i de les infraestructures energètiques, de tal manera que sigui possible desenvolupar models basats en IA amb suficient precisió i fiabilitat. A la vegada, aquesta **manca de dades històriques** que dificulta la validació dels models, es veu agreujada especialment davant el nou escenari incert amb canvi de paradigma que representa el canvi climàtic, la incorporació de les fonts d'energies renovables, la connexió dels vehicles elèctrics i l'aparició dels sistemes d'emmagatzemament com les bateries. I per altra banda, s'assenyala també algunes dificultats puntuals com la complexitat existent per accedir a les **dades climàtiques** del territori, o bé l'existència de dades sensibles (i de caràcter personal) associades al consum dels abonats.
- A més, la **compartició fragmentada de dades** i les limitacions en la transposició de la regulació europea encara dificulten més l'obtenció i l'intercanvi de dades entre els diversos actors del sector. En aquest sentit, la **manca de solucions estàndard** en la recopilació i gestió de dades, o la **manca d'adopció real de criteris i protocols** per a l'intercanvi suposen un fre a la compartició de les mateixes.
- **Absència d'un entorn tecnològic adequat de proves, com ara una plataforma sandbox** o un espai de dades. Aquests entorns proporcionen un ambient controlat on les organitzacions poden **provar noves eines i algorismes d'IA** abans de la seva implementació en entorns operatius reals. La manca d'aquest tipus d'entorns dificulta la capacitat de les empreses per **experimentar amb solucions d'IA**, i per tant alenteix l'adopció de la tecnologia, així com la innovació en el sector.
- **Manca d'una estratègia clara en l'adopció de la IA** dins de les organitzacions, i la seva alineació amb l'estratègia general. La posada en producció de la IA i la seva integració amb els processos organitzatius es veu penalitzada per la manca d'una visió clara a mig-llarg termini dels reptes i prioritats de l'empresa on la IA podria donar-hi resposta, i per tant disposar d'un pla d'implementació de tecnologies de dades adaptat a la realitat de l'empresa.
- Alhora a les organitzacions es suma la barrera d'un **desconeixement dels beneficis i la complexitat per avaluar el retorn de la inversió (ROI)** dels projectes basats en la IA. I que es suma a un **model retributiu** incert davant el nou escenari que es planteja, i que ja limita actualment les inversions a les xarxes.
- S'identifica també la **manca de coneixement d'experiències i casos d'ús d'aplicació de la IA al sector** com una barrera significativa per visualitzar com la IA pot donar resposta a necessitats i reptes reals del sector. Això dificulta que les empreses puguin extrapolar el cas a la necessitat particular de la seva organització, i poder per tant, identificar fàcilment actuacions a portar a terme.

- La **manca de transparència i confiança en els models** d'intel·ligència artificial, l'efecte "caixa negra" propi dels sistemes basats en IA és un altre element que genera incertesa. És fonamental abordar aquesta qüestió aplicant el **principi d'explicabilitat** per disseny al desenvolupament dels models d'IA. Aquesta tendència cap a una IA més fiable emfatitza la necessitat que els models d'IA siguin capaços **d'explicar les decisions** i els processos de manera comprensible i transparent, per tal que els tècnics ho puguin emprar, si no es poden entendre les decisions que suggereixen les solucions de la IA no s'aplicaran. En aquest context, la recent legislació europea, com l'AI Act, podria proporcionar un marc regulador que contribueixi a millorar la **transparència i la confiança** en l'ús de la IA al sector energètic, establint estàndards i requisits clars per al desenvolupament i la implementació de sistemes d'IA.
- Una altra barrera de les organitzacions és la **resistència al canvi** per part dels professionals del sector. Aquesta resistència pot sorgir de la necessitat de **readaptar els processos** existents per integrar la IA de manera efectiva. D'altra banda, la por de perdre ocupació també pot generar desconfiança en l'adopció d'aquestes tecnologies, o com s'ha esmentat, la seva falta de transparència en els resultats.
- També és important destacar el **cost tecnològic significatiu** que representa completar la digitalització de les infraestructures per poder posteriorment implementar solucions d'IA efectives, com és el cas de la xarxa de distribució que es caracteritza per la seva gran extensió i la seva complexitat en components. Actualment les inversions s'enfoquen generalment a millores immediates a la xarxa.
A més a més, el desconeixement del **cicle de vida de la IA** contribueix també a la manca de comprensió sobre la inversió necessària per desenvolupar i poder mantenir aquestes solucions al llarg del temps, amb la necessitat de tenir en compte també els terminis necessaris per portar a terme els desenvolupaments, ajustos i monitorització dels models d'IA requerits.
- L'**excés de sensibilitat per innovar en un servei crític**, com és el cas del sector energètic. Aquesta sensibilitat pot portar a una reticència per part de les organitzacions a adoptar noves tecnologies, especialment aquelles que podrien tenir un **impacte directe en la fiabilitat i la seguretat** dels serveis energètics. Per tant, limita també la innovació i l'adopció de la IA en la seva operativa per les conseqüències negatives que es podrien ocasionar, ja sigui per prestigi o per no haver de fer front a multes econòmiques.
- **Aspectes reguladors encara no prou consolidats** per poder posar en pràctica les directives europees al sector energètic. Aquesta manca de consolidació pot generar incertesa i **obstaculitzar la planificació** i la presa de decisions estratègiques per part de les empreses del sector energètic.
- **Innovació publico-privada** no suficient. Es troba a faltar un paper més tractor de l'Administració en incentivar la inversió en innovació del sector, en fomentar l'estandardització i compartició de dades, i en afavorir la col·laboració entre actors i empreses de l'ecosistema. En aquesta línia, es destaca sobretot els Fons RETECH, que cerquen impulsar la col·laboració entre actors públics i privats en el desenvolupament de solucions innovadores en l'àmbit de les energies renovables i la tecnologia energètica.
- La **manca de disponibilitat de talent en l'àmbit de les dades i les noves tecnologies aplicades al sector energètic**, juntament amb l'escassetat de coneixements multidisciplinaris tecnològics i d'energia. Aquesta manca de talent multidisciplinari i especialitzat impedeix a les empreses i organitzacions comptar amb experts qualificats que puguin desenvolupar i implementar solucions d'IA en l'àmbit de l'energia de manera efectiva. Aquest aspecte esdevé clau donada la **bretxa de llenguatge existent entre els professionals del sector energètic i els professionals de la IA**.
- **Ecosistema local limitat de proveïdors d'IA verticalitzats** en el domini de l'energia. La no especialització en el domini dificulta el desenvolupament de projectes i el desenvolupament de solucions de qualitat amb costos ajustats, ja que implica un temps previ per conèixer les dificultats i casuístiques del sector.

- Poca presència al territori dels òrgans de decisió i de les unitats de recerca dels grans proveïdors de serveis d'energia elèctrica que compten amb infraestructures de xarxa, la qual cosa fa que abans es prioritzin les inversions i la innovació i recerca en IA en altres territoris.
- La incertesa existent davant la transició actual cap a un nou model energètic amb impactes potencials no només econòmics, sinó també a nivell territorial, cultural i social, i encara per concretar, genera una inseguretat significativa respecte els rols i els plans d'inversió dels diferents actors presents en l'ecosistema d'energia.



4.4. Recomanacions per fomentar l'adopció de la IA en l'ecosistema de l'energia

En aquest apartat es recull un conjunt de recomanacions i propostes derivades de la sessió de laboratori d'idees o Think Tank realitzada amb experts i representants de l'ecosistema d'energia. El propòsit d'aquestes recomanacions és donar resposta concreta a les principals barreres identificades en l'apartat anterior, amb l'objectiu final d'identificar unes primeres actuacions que ajudin a fomentar i facilitar l'adopció de la IA en tota la gestió del cicle de l'energia elèctrica, i amb una perspectiva estratègica a mig i llarg termini.

Les recomanacions s'adrecen a tot l'ecosistema, amb la finalitat que puguin ser impulsades per part dels diferents actors, d'acord amb les seves responsabilitats i rols. Concretament, s'analiza un conjunt de propostes tenint en compte dues dimensions d'anàlisi:

- El seu grau d'impacte a l'hora de donar resposta i fer front a les barreres identificades.
- A la potencial factibilitat per portar-les a terme a curt-mitjà termini des de l'àmbit circumscribit a l'ecosistema català.

A continuació, es planteja una classificació amb dos grans nivells de propostes de línies de treball, d'acord amb el mix de les dues dimensions d'impacte i factibilitat. D'aquesta manera, és possible obtenir una primera avaluació sobre la conveniència i la prioritat dels esforços i recursos a dedicar en les diferents propostes, per tal d'avançar gradualment en la incorporació i l'adopció de la IA en tot l'ecosistema.

4.4.1. Propostes amb impacte i viabilitat elevats

Aquest apartat presenta les propostes d'alt o molt alt impacte que també són potencialment factibles de ser portades a terme en l'àmbit català. També serien aquelles a afrontar més a curt termini, especialment les dues primeres:

Promoure la disponibilitat i compartició de dades entre els diferents actors de l'ecosistema per tal d'obtenir models i solucions d'IA de qualitat. Sobretot per aquells operadors més petits que no disposen de recursos suficients per disposar de models de dades complets per si mateixos i també per institucions de recerca per poder avançar en els models d'algorismes bastats en dades. Les accions que es recomanen són:

- Promoure la creació d'entorns de proves amb repositoris de dades anonimitzades per facilitar la validació de les solucions basades en IA i dades.
- De manera complementària amb l'anterior, promoure models de governança amb estratègies basades en la federació de dades, facilitant una distribució de l'algoritme sense violar la privacitat de les dades de cada organització i seguint el model dels Espais de dades que promou l'Estratègia de Dades de la Comissió Europea (Data Spaces) o GAIA-X.
- Definir i/o fomentar l'adopció d'estàndards d'interoperabilitat pel format i intercanvi de dades.
- Liderar la compartició de dades per part de les institucions públiques amb la publicació de col·leccions de dades (datasets) rellevants pel sector (dades cartogràfiques, meteorologia, etc.).
- Impulsar des del Meteocat la recerca de models meteorològics basats en IA aplicats a la generació d'energia (fonts renovables).
- Facilitar l'accés a portfoli de repositoris internacionals de dades públiques i de llibreries d'algoritmes de codi obert disponibles pel disseny i millora dels models d'IA propis.
- Definir i proposar solucions de baixa complexitat, que requereixen un consum baix de dades, o dades poc costoses d'obtenir, ja que d'altra forma poden ser una barrera pels operadors menys digitalitzats.
- Incentivar a formar part de projectes europeus i de país que requereixin la compartició de dades.

Assegurar la qualitat i fiabilitat de les dades, que són la base pel desenvolupament de solucions d'IA. Com s'ha esmentat en el sector està ja digitalitzat, però moltes de les dades requereixen una fase inicial de neteja i depuració per poder-les tractar. Es proposen les següents actuacions:

- Realitzar processos de sensibilització i formació en les organitzacions per transmetre a les empreses com s'han de capturar o emmagatzemar les dades per poder realitzar una explotació posterior de les mateixes de manera òptima.
- Desenvolupar una estratègia de dades i estandarditzar les dades internes, i adequar l'organització amb els rols i procediments que permetin assegurar una qualitat de les dades al llarg del temps.
- Aplicar tècniques per automatitzar el filtrat i la neteja de dades existents així com detectar necessitats de recalibració de sensors i equips de mesura.
- Millorar el repositori de dades corporatiu de les empreses del sector completant-lo amb la generació de dades sintètiques i la captura de nous paràmetres a través de la configuració de sensors virtuals.
- Discriminar de les dades els valors necessaris en funció del que es pretén cercar.
- Automatitzar l'etiquetat de dades emprant tècniques d'IA no supervisades.

Fomentar que es desenvolupi el coneixement dels beneficis de la IA a les organitzacions per tal de reduir de la resistència al canvi del sector energia.

- Mostrar beneficis reals de ROI, per poder mostrar els beneficis econòmics per tal que compensi la despesa que implica.
- Facilitar l'intercanvi d'informació i coneixements entre els diferents actors de l'ecosistema.
- Sensibilitzar el sector amb casos d'èxit reals per tal que es pugui conèixer els beneficis d'aplicació dels models d'IA. Proposar una taxonomia de casos d'ús. Ex: optimització

moviment de plaques solars, modelar l'eficiència energètica, i l'estalvi energètic (consum) en edificis i consumidors, gestió eficient dels actius de la xarxa segons demanda, etc.

- Realitzar sessions formatives específiques del sector de l'energia, que serveixi per donar informació bàsica i clarificar els potencials de la IA, que s'identifiquin amb necessitats reals del sector.
- Afavorir models de col·laboració i cooperació entre gestors públics, privats, empreses grans i PIMEs per compartir el coneixement, realitzar desenvolupaments i proves conjuntes, per un desplegament més uniforme i àgil entre tots els operadors, independentment de la seva mida o de la població servida.
- Promoure la divulgació de casos d'èxit als congressos, fires revistes tècniques (no només científiques) i newsletters de les associacions del sector.
- Plantejar projectes de microinnovació de R+D+i.
- Proposar projectes que ajudin a coordinar els diferents elements en l'escenari de flexibilitat de la demanda.

Potenciar l'adopció d'una estratègia en IA per part de les organitzacions i entitats que conformen l'ecosistema de l'energia per tal d'agilitzar la incorporació de la IA en la seva operativa i negoci. Es fa necessari que cada organització identifiqui les oportunitats de millora dels seus processos operatius on la IA pot aportar-hi valor i que acabi establint un full de ruta d'actuacions prioritzades, dimensionades i alineades amb l'estratègia general de l'entitat.

- Analitzar les possibilitats i beneficis que pot aportar l'anàlisi avançada de dades i la IA en les diferents organitzacions.
- Identificar les oportunitats de millora en els diferents processos operatius i de negoci de l'organització d'acord amb les necessitats i reptes operatius i de negoci de l'organització.
- Prioritzar les actuacions per maximitzar l'impacte i el benefici de la incorporació de la IA minimitzant el cost i la inversió associada. Cal que hi hagi un pla de transformació basat

en dades i IA. Es pot recolzar amb finançament públic amb eines com el DIH4CAT i PADIH.

- Agilitzar la incorporació en l'operativa real de cada entitat dels nous models d'anàlisi de dades i d'IA que es desenvolupin.
- Establiment d'una gestió sistematitzada amb l'ús de metodologies, bones pràctiques, eines i estàndards per tal de garantir el correcte desenvolupament, gestió, manteniment i evolutiu dels models de dades i d'IA desenvolupats.
- Adaptar l'estructura organitzativa de cada entitat per facilitar i sistematitzar la innovació i l'adopció de les tecnologies avançades d'anàlisi de dades i d'IA.
- Planificar la gestió del canvi dins l'organització.
- Recolzar-se amb l'ecosistema de recerca i innovació per tal de realitzar prototipus o proves de concepte.

4.4.2. Propostes amb impacte i viabilitat de grau mig

En aquest apartat es mostren les recomanacions que no es considera que tinguin un impacte significatiu, o que sí que tenen impacte però són complexes per dur-les a terme perquè pot implicar un nombre més gran d'actors o té una dependència d'altres òrgans de competència fora de l'àmbit català. Aquestes són:

Fomentar el creixement de talent expert de tecnologies basades en dades i IA del sector de l'energia i retenir-lo. Aquest talent ha de ser talent nou o requalificat dels propis professionals del sector. Per abordar aquesta qüestió es proposen aquestes accions:

- Impulsar programes de formació específics que permetin especialitzar-se en el sector.
- Potenciar les formacions específiques orientades a recapacitar els propis treballadors sectorials.
- Creació d'espais de col·laboració, per exemple amb l'impuls de hubs tecnològics i xarxes de professionals.

- Comptar amb els experts dels centres i grups de recerca per fer transferència de coneixement, per exemple amb estades a empreses del sector.
- Considerar la incorporació de formació en IA en els plans d'estudis de titulacions universitàries i graus de formació professional específics del sector.

Construcció d'entorns de proves per poder implementar i validar les solucions basades en IA i dades. Es proposa un entorn de proves semblants al sandbox de l'entorn financer, però adaptats amb una regulació específica que faciliti el desenvolupament de projectes mixtos entre les organitzacions del sector de l'energia. Aquest marc permetria el treball conjunt entre coneixedors del sector i tecnòlegs. Les actuacions que caldria desenvolupar serien:

- Definir un model de governança de dades de l'entorn de proves.
- Establir els protocols i mecanismes per la validació de les solucions.
- Estandarditzar i elaborar mètriques i guies per a l'avaluació dels nous models d'IA.
- Crear un marc específic d'acompanyament en el desplegament i l'operació de models que faciliti la incorporació de les solucions desenvolupades a entorns de producció i operativa real.
- Sensibilitzar i difondre els resultats i casos d'èxit.

Fomentar la creació d'un entorn regulatori consolidat, i establir unes pautes clares per poder impulsar la transició energètica:

- Plantejar canvis regulatoris, que permetin el desenvolupament de nous models energètics innovadors que facin viable la inversió en digitalització i noves solucions diferencials basades en IA. Un referent actual podria ser els Països Baixos, el qual és capaç d'atraure inversió al permetre el desenvolupament de models innovadors i avançats de generació-consum d'energia. Per exemple:
 - Venda Peer to Peer d'energia
 - Definició de VPP (Virtual Production Plants) a partir d'individuals que poden estar o no en la mateixa localitat

- Models avançats de pagament d'energia individual (generada per consumidors finals)
- Permetre excepcions perquè alguna regió catalana es converteixi en laboratori (líving lab) i poder realitzar i portar a terme proves de concepte i testejar noves solucions i models.
- Formar comitès consultius amb representants de l'ecosistema, incloent-hi autoritats reguladores, empreses del sector energètic, acadèmics i recerca per la reflexió sobre l'evolució i ajust dels aspectes regulatoris.

Incrementar el finançament públic i fomentar la col·laboració entre l'ecosistema per tal de poder implementar solucions basades en dades i IA en tota la cadena de valor. Les accions identificades són:

- Identificar sinergies entre les diferents agents de l'ecosistema.
- Detectar oportunitats i reptes sectorials.
- Impulsar la generació de solucions estandarditzades i compartides.
- Com a bé crític, avaluar i potenciar el disseny de línies de finançament específiques per afavorir la recerca i la innovació del sector de l'energia, com per exemple el PERTE d'energies renovables, hidrogen renovable i emmagatzematge, potenciant els projectes col·laboratius entre els diferents agents de l'ecosistema.
- Facilitar la participació a projectes europeus i promoure la internacionalització de les empreses i agents.
- Facilitar l'accés al finançament per tal de portar projectes pilot i proves de concepte a producció.

Armenex

Casos
il.lustratius



A continuació es mostren 23 casos d'il·lustratius identificats de projectes destacables promoguts per agents catalans en l'aplicació d'IA en l'Energia. Per a cadascun dels casos d'aplicació s'identifiquen els següents aspectes (amb lleugeres modificacions al tractar-se de casos impulsats per empreses o bé de projectes de recerca):

- BREU DESCRIPCIÓ: Resum del cas.
- REPTE: Quin és el repte que vol solucionar?
- SOLUCIÓ: En què consisteix la innovació (projecte/solució)? Quin és l'objectiu del projecte?
- PERFIL TECNOLÒGIC: Com s'aplica la intel·ligència artificial en el cas? Com funciona la solució proposada?
- PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR: Quina empresa/consorci impulsor està al darrera de la innovació? (país origen, àmbit d'especialització, etc.)
- BENEFICIS DERIVATS: Quines implicacions té pel sector? Quins aprenentatges es poden concloure del cas d'ús presentat?
- LÍNIES DE FUTUR: Quin és el potencial de creixement i escalat del cas il·lustratiu? Quines són les futures línies estratègiques dels impulsors?
- WEB: Identificació del web

Cadascun dels casos presentats s'ha classificat en relació a les oportunitats presentades en el capítol 4.

A I.1. Oportunitats de generació

Cas il·lustratiu	Manteniment predictiu plantes eòliques
BREU DESCRIPCIÓ	Millora del manteniment predictiu a l'àrea eòlica i millores en els controls dels models de l'aerogenerador per millorar les prestacions i solucionar problemes operatius.
REPTE	Avançar-se als problemes que puguin haver de manteniment per tal de poder evitar aturades de la planta
SOLUCIÓ	S'implementen tècniques per tal de detectar possibles incidències basades en sensors i s'han desenvolupat pilots de validació de la nova tecnologia en el cas de problemes operatius.
PERFIL TECNOLÒGIC	Els models es basen en Machine learning.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Endesa
BENEFICIS DERIVATS	Proporcionar un millor servei i una millora d'eficiència de les plantes eòliques
LÍNIES DE FUTUR	Ampliar l'anàlisi de dades per millorar l'operativa
Web	https://www.endesa.com/es/nuestro-compromiso/innovacion/innovacion-generacion-idi

Cas il·lustratiu	CIMA
BREU DESCRIPCIÓ	Manteniment predictiu de parcs fotovoltaics a partir de les dades de monitorització de les instal·lacions, comparant situacions d'operació duals: condicions òptimes de treball i parades per tasques de manteniment correctiu.
REPTE	Detecció d'anomalies i/o baixades de producció elèctrica per mal funcionament o perduda d'eficiència dels panells fotovoltaics i/o strings quant treballen a condicions normals de radiació. D'aquesta manera es pot actuar de forma predictiva sobre la instal·lació, evitant aturades per mal funcionament.
SOLUCIÓ	Algoritmes d'aprenentatge automàtic basats en dades històriques per identificar patrons característics en funció del tipus de component afectat o situació anòmala.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Servei prestat per Eurecat a empresa privada.
BENEFICIS DERIVATS	Reducció d'ineficiències de les instal·lacions i augment de l'autoproducció al llarg del temps. D'aquesta manera es redueix el cost de connexió a la xarxa elèctrica, oferint més benefici la instal·lació al propietari.

Cas il·lustratiu	ACTIV4.0 (RIS3CAT Utilities4.0)
BREU DESCRIPCIÓ	Solucions basades en IA per plantes de generació. Inclou cas d'ús per manteniment predictiu en una planta de generació cicle combinat i una planta de gas natural líquat.
REPTE	Millora de l'operació i manteniment de les plantes reduint el risc per les persones (zones de difícil accés), reduint el risc d'aturades no programades i incrementant l'eficiència.
SOLUCIÓ	Diversos casos d'ús. Inspecció de l'interior de la xemeneia d'un cicle combinat amb drons i posterior anàlisi d'imatges; Manteniment predictiu de ventiladors d'un cicle combinat mitjançant anàlisi de so (detecció d'anomalies); optimització de ventejos d'una planta de gas natural líquat utilitzant algoritmes de previsió.
PERFIL TECNOLÒGIC	Digitalització, sensorització i monitorització.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Consorci impulsat pel programa RIS3CAT (ACCIÓ) amb la col·laboració de Naturgy, Nedgia, Eurecat, UPC (CS2AC) IDP, WorldSensing.
BENEFICIS DERIVATS	Millora de l'eficiència en l'operació i el manteniment de plantes, millor servei i menys risc pels treballadors
LÍNIES DE FUTUR	Estendre les proves pilots a més plantes i integració en els processos de les empreses de serveis.

Cas il·lustratiu	CloudSCADA
BREU DESCRIPCIÓ	Manteniment predictiu en parcs eòlics a partir de la monitorització de les mesures dels sensors i les actuacions de manteniment realitzades
REPTE	Detectar patrons anòmals de funcionament simptomàtics d'avaries per prendre les accions correctives abans que es produeixi la fallada o aquesta s'agregui
SOLUCIÓ	Algoritmes d'aprenentatge automàtic basats en xarxes neuronals per identificar patrons característics en funció del tipus de component afectat.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Eurecat per empresa privada
BENEFICIS DERIVATS	Minimitzar el risc d'avaries greus i evitar interrupcions del servei

Cas il·lustratiu	Alarma de Vent per a plaques muntades en seguidors solars d'un eix
BREU DESCRIPCIÓ	Per a maximitzar la producció d'energia les plaques fotovoltaïques s'han de moure sobre un o dos eixos. En l'actualitat, el seguiment en dos eixos es massa car per a justificar la complexitat dels suports i el cost de manteniment, pel que es fan servir fileres de plaques muntades en un eix. Donat que son sensibles a vents molt forts, ja que les plaques fan un efecte de vela, quan el vent augmenta, per seguretat, les plaques es posen posició de defensa, evitant danys en la instal·lació. No obstant, això ocasiona disminució de l'energia generada.
REPTE	Es vol protegir l'actiu de generació, però maximitzant la producció d'energia
SOLUCIÓ	La solució consisteix en una predicció a molt curt termini (10 minuts) de la intensitat del vent, així les plaques solament es mouen a una posició de defensa quan l'algorisme predictiu està segur que el vent sobrepassarà un valor determinat de risc.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'apliquen algorismes de Machine Learning entrenats en llargues series temporals de la ubicació física del camp solar. Sabem que el vent es comporta segons condicions de terreny molt locals i aquest aprenentatge pot ser molt precís.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	UPC KEMLg per empresa que explota parcs solars amb seguidors d'un eix a parcs de tot el món
BENEFICIS DERIVATS	En parcs sotmesos a condicions de vent fortes, s'ha comprovat que la millora de generació arriba al 4%.
LÍNIES DE FUTUR	Millorar l'algorisme per a permetre una implantació més senzilla en parcs a tot el món.

Cas il·lustratiu	Predicció de falles en bateries que mouen les plaques en parcs fotovoltaïcs
BREU DESCRIPCIÓ	Els parcs solars disposen de bateries que es carreguen amb excedents de la generació i que tenen com a objectiu moure les plaques solars i encarar-les al sol. Una falla en les bateries ocasiona que les plaques quedin immòbils amb risc i pèrdua de producció.
REPTE	Evitar una fallada en les bateries que generi un bloqueig del parc.
SOLUCIÓ	Les bateries tenen tot un seguit de sensors que contínuament estan generant dades. Aquest sensors s'emmagatzemen com a series temporals que alimenten un algorisme de Machine Learning de detecció d'anomalies. Aquest algorisme identifica quan les senyals d'una bateria indiquen una fallada futura, en aquest cas es produeix una intervenció per a evitar la fallada.
PERFIL TECNOLÒGIC	L'algorisme de detecció d'anomalies es un algorisme que treballa amb les series temporals. La falla s'identifica entre 24 i 48 hores abans, evitant una interrupció de l'alimentació al parc
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	UPC KEMLg per empresa que explota parcs solars tot el món.
BENEFICIS DERIVATS	A l'identificar la falla amb temps d'intervenció s'eviten disrupcions.
LÍNIES DE FUTUR	Incrementar la predicció per a permetre abans la intervenció.

Cas il·lustratiu	Moviment de plaques solars en situació de llum difusa
BREU DESCRIPCIÓ	En condicions solars de sol i núvols les plaques han de reorientar-se contínuament. Això ocasiona que les bateries es quedin sense energia immobilitzant les plaques. Com ja sabem aquesta es una situació de risc que s'ha d'evitar.
REPTE	Es vol protegir l'actiu de generació, però maximitzant la producció d'energia.
SOLUCIÓ	Un algorisme de fa la predicció per a optimitzar el moviment de les plaques. En situacions de núvols l'algorisme determina si és convenient moure les plaques fent una previsió del moviment dels núvols i veient la situació meteorològica.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'utilitzen fonts d'informació diverses (meteo, càmeres zenitals, satèl·lits) que s'integren en un algorisme predictiu. Aquest algorisme fa la predicció i determina la millor acció en base a costos i beneficis.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	UPC KEMLg per empresa que explota parcs solars amb seguidors d'un eix a parcs de tot el món.
BENEFICIS DERIVATS	En parcs del nord i centre Europa aquesta situació és constant, les millores depenen de la situació del parc i són sensibles.
LÍNIES DE FUTUR	Millorar l'algorisme per a permetre una implantació més senzilla de l'algorisme.
Cas il·lustratiu	COREWIND
BREU DESCRIPCIÓ	Projecte sobre eòlica flotant
REPTE	Reduir els costos derivats de l'O&M
SOLUCIÓ	Desenvolupament d'un bessó digital per l'O&M
PERFIL TECNOLÒGIC	La IA s'utilitza per l'obtenció dels models de comportament de les diferents components de la eòlica marina flotant.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IREC
BENEFICIS DERIVATS	Sensors virtuals; poder obtenir coneixement on no es poden posar sensors per mesurar.
LÍNIES DE FUTUR	Models basats en física
Web	www.corewind.eu

A I.2. Oportunitats de transport i distribució

Cas il·lustratiu	BD4OPEM H2020. Big data solutions for Open Innovation Energy Marketplace
BREU DESCRIPCIÓ	BD4OPEM H2020 és un projecte H2020 de tipus Innovation Action, finançat per la Comissió Europea (2020-2024) que ha desenvolupat una plataforma, allotjada al núvol (analytic toolbox) que integra serveis basats en intel·ligència artificial per millorar la monitorització, l'operació, el manteniment i la planificació de les xarxes elèctriques de distribució.
REPTE	BD4OPEM H2020 dona resposta a diferents reptes presents en xarxes elèctriques de distribució amb alta presència de renovables. Aquestes promouen la descarbonització del sistema elèctric, però alhora, introdueixen incertesa i variabilitat, especialment en la seva operació. Aquest projecte es basa en extreure valor a les dades operacionals i no operacionals que s'estan generant, per desenvolupar noves solucions basades en intel·ligència artificial que millorin els processos derivats de la gestió d'aquestes xarxes.
SOLUCIÓ	Les solucions desenvolupades són múltiples serveis basats en l'anàlisi de dades, que inclouen però no es limiten a: detecció d'errors de mesura, detecció de frau, previsió de congestions, planificació i expansió de xarxa, sistema de gestió per comunitats energètiques, serveis de flexibilitat agregada per DSOs y BRPs, anàlisi de topologia i observabilitat. Tots ells estan integrats en el BD4OPEM Marketplace. Vídeos explicatius: Vídeos explicatius dels serveis i Marketplace
PERFIL TECNOLÒGIC	Des de CITCEA-UPC, s'aplica mineria de dades, aprenentatge automàtic i aprenentatge profund a dades històriques de consum d'energia elèctrica, procedents fonamentalment de smart meters, a dades de preu d'electricitat del mercat diari i a dades meteorològiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El consorci del projecte, impulsat i coordinat per CITCEA-UPC (centre de recerca i de transferència de tecnologia), el constitueixen 11 altres entitats entre com Estabanell Energia, Atos Research and Innovation, Elektro Celje, Intracom Telecom, Jozef Stefan Institute, Nuvve, Osmangazi Electric Distribution, Odit-e, Sustainable Innovation, Vrije Universiteit Brussel i We Plus.
BENEFICIS DERIVATS	El BD4OPEM marketplace com els serveis que s'hi integren s'han validat en quatre pilots europeus amb diferents tecnologies renovables instal·lades: a Bèlgica (al Brussels Health Campus, que és una microxarxa que inclou un hospital i una part de la universitat Vrije Universiteit Brussel), Dinamarca (a l'illa de Bornholm, amb punts de recàrrega de vehicle elèctric bidireccionals), Eslovènia (una part de la xarxa elèctrica de distribució d'Elektro Celje), Espanya (una part de la xarxa de distribució d'Estabanell Energia) i Turquia (una part de la xarxa de distribució d'Osmangazi Electric Distribution). Els resultats de BD4OPEM han promogut el creixement en el sector energètic en general, el mercat informàtic europeu i l'ecosistema europeu d'innovació sostenible. A més, la plataforma BD4OPEM té la possibilitat de convertir-se en una eina de referència del sector energètic i facilitar la introducció de normatives que avancin cap a la Unió Energètica.
LÍNIES DE FUTUR	Les línies de futur d'aquest projecte, on les tècniques d'intel·ligència artificial emprades es focalitzen en estratègies centralitzades pel processament i emmagatzematge de dades, contempen la descentralització de les dades mitjançant models de computació "edge", on les dades es processen a prop d'on es generen. D'altra banda, també es contempla l'accés a un possible espai de dades europeu.
Web	https://bd4opem.eu/

Cas il·lustratiu	PLATON. Online Platform integrating data and AI services for distribution grids.
BREU DESCRIPCIÓ	PLATON (2023-2025) és un projecte de la Convocatòria UNICO I+D Cloud, finançat pel Ministeri de Ciència i Innovació mitjançant fons de la Unió Europea Next Generation que té com objectiu desenvolupar una plataforma integradora de dades i serveis IA per a xarxes elèctriques de distribució.
REPTE	PLATON impulsa la transició de les xarxes elèctriques de distribució tradicionals a les xarxes de distribució intel·ligents. Aquestes xarxes presenten una complexa gestió derivada de la variabilitat i la incertesa lligada a les renovables i la plataforma digital que crea el projecte permetrà compartir les dades que s'hi generin i oferir eines basades en IA que orientin les preses de decisió per la seva monitorització, operació i planificació.
SOLUCIÓ	El projecte PLATON desenvolupa una plataforma digital dissenyada i creada per a l'espai de dades d'energia, que integri serveis basats en intel·ligència artificial orientats a millorar l'operació i la planificació de les xarxes de distribució amb alta penetració de renovables. S'hi aplicaran tècniques d'aprenentatge federat per a l'entrenament dels models d'aprenentatge automàtic. Això afectarà els enfocaments actuals d'intercanvi i integració de dades del sector energètic, ja que la majoria es basen en estratègies centralitzades, vulnerables als problemes de seguretat i privadesa de les dades.
PERFIL TECNOLÒGIC	Des de CITCEA-UPC, s'aplica mineria de dades, aprenentatge automàtic i aprenentatge profund a dades històriques de consum d'energia elèctrica, procedents fonamentalment de smart meters, a dades de preu d'electricitat del mercat diari i a dades meteorològiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El consorci del projecte, coordinat per CITCEA-UPC (centre de recerca i de transferència de tecnologia), l'integren també EVIDEN (ATOS), Estabanel·l Energia i I-GRID.
BENEFICIS DERIVATS	Atès que el projecte PLATON desenvolupa una plataforma digital per intercanviar dades relacionades amb l'operació i planificació de les xarxes de distribució elèctrica i oferir-ne serveis que millorin els seus processos, això té un impacte econòmic clar en el negoci dels DSO (Operadors dels sistemes de distribució).
LÍNIES DE FUTUR	Les línies futures del projecte PLATON preveuen ampliar els serveis IA oferts i potencials usuaris de la plataforma.
Web	https://citcea.upc.edu/ca/projectes/platon-unico-i-d

Cas il·lustratiu	ATLAS. Analytic tools for eElectricAI Systems: Digitalization using novel data analytic methods and toolboxes for secure, renewable, and flexible grids
BREU DESCRIPCIÓ	ATLAS (2022-2025) és un projecte de la convocatòria "Proyectos de generación de conocimiento" finançat pel Ministeri de Ciència i Innovació que es centra en les aplicacions d'aprenentatge profund i, en especial, d'aprenentatge federat, als dominis de distribució i consum i, en particular, en la seva orientació cap a la millora dels procediments d'operació i planificació.
REPTE	ATLAS dona resposta al repte de com extreure valor de les dades que s'estan generant en els sistemes elèctrics de potència sense comprometre la seva seguretat i privacitat. En aquest sentit, proposa l'aplicació de tècniques d'aprenentatge federat que permetin la descentralització d'alguns processos necessaris en l'operació i planificació de les xarxes elèctriques.
SOLUCIÓ	El projecte ATLAS desenvolupa algorismes orientats a la millora de l'operació de xarxes de distribució, que inclouen estimació de congestions de xarxa i desviacions de tensió, estimació de la flexibilitat disponible, detecció de pèrdues no tècniques i algorismes per orientar la de planificació de la xarxa a llarg termini (que requereix estimar la generació, la demanda i la flexibilitat futures per minimitzar els costos d'inversió a expandir la xarxa). Aquests models es desenvolupen tenint en compte tècniques d'aprenentatge federat que garanteixen la seguretat i la privacitat de les dades.
PERFIL TECNOLÒGIC	Des de CITCEA-UPC, s'aplica mineria de dades, aprenentatge automàtic i aprenentatge profund a dades històriques de consum d'energia elèctrica, procedents fonamentalment de smart meters, a dades de preu d'electricitat del mercat diari i a dades meteorològiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El projecte es desenvolupa íntegrament des de CITCEA-UPC (centre de recerca i de transferència de tecnologia).
BENEFICIS DERIVATS	El projecte ATLAS desenvolupa eines que milloren l'operació i planificació. Algunes de les dades de sortida resultants dels serveis investigats basats en la IA poden ser dades d'entrada que alimentin els altres. Per exemple, la previsió de la generació, la previsió de la demanda i la previsió de la flexibilitat són necessàries per a la planificació de les xarxes de distribució. Per tant, es poden formar interessants serveis agrupats basats en la combinació de molts. Les connexions adequades entre els serveis podrien ser la base per crear una caixa d'eines basada a la IA per a les xarxes elèctriques, que és interessant per als DSO. Això pot conduir a nous models de negoci i a un clar impacte al mercat.
LÍNIES DE FUTUR	Les línies futures del projecte ATLAS preveuen ampliar els serveis IA desenvolupats per ser més eficients des d'un punt de vista computacional i per minimitzar el seu consum energètic.
Web	https://citcea.upc.edu/ca/projectes/atlas-aei-i-d

Cas il·lustratiu	Supervisió de la xarxa de distribució
BREU DESCRIPCIÓ	Manteniment i millora de la xarxa de distribució per garantir la seguretat i qualitat del subministrament
REPTE	La xarxa de distribució de l'electricitat està formada per una gran interconnexió de cables, transformadors, subestacions i altres components, que s'estenen per àrees geogràfiques extenses i que estan sotmeses a factor meteorològics, incidències, etc. És molt important garantir un subministrament elèctric continu i fiable per a milions de consumidors, mentre s'ha de detectar i respondre ràpidament a qualsevol anomalia o incident que pugui afectar la integritat de la xarxa.
SOLUCIÓ	Supervisió i manteniment de la xarxa amb tecnologies com drons, creació de mapes en 3D, sensors làser o termografies.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'empren drons amb càmeres d'alta resolució incorporades, per realitzar les revisions de les zones on és més difícil accedir. D'aquesta manera es recopilen imatges de les infraestructures sense necessitat d'interrompre el subministrament. També es fan servir en casos d'emergència per al reconeixement del terreny. També s'utilitza la tecnologia LIDAR (Light Detection and Ranging – Detecció de llum i distància). Es tracta d'un sistema que fa mapes tridimensionals dels boscos que envolten la xarxa elèctrica per comprovar, entre altres coses, que les distàncies són les correctes i detectar aquells punts en què cal intervenir. És un sistema innovador que combina la tecnologia GPS amb sensors làser.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	e-distribució, abans coneguda com a Endesa Distribución, és la companyia del Grup Endesa que s'encarrega del transport d'energia elèctrica a més de 12,5 milions de clients.
BENEFICIS DERIVATS	Realitzar una supervisió més exhaustiva i poder actuar amb més rapidesa
LÍNIES DE FUTUR	Està previst que, en el futur, puguin anar incorporant més elements tecnològics, com ara una càmera termogràfica
Web	https://www.edistribucion.com/es/innovacion-nuevas-tecnologias/drones-mantenimiento-redes.html

Cas il·lustratiu	RESISTO
BREU DESCRIPCIÓ	Identificació de faltes elèctriques i anàlisi d'imatges
REPTE	El problema d'identificació de problemes existents a la xarxa i la seva localització.
SOLUCIÓ	Desenvolupament d'un model basat en IA capaç d'identificar el tipus de problema a la xarxa elèctrica amb només unes dades típiques.
PERFIL TECNOLÒGIC	La IA s'aplica en el desenvolupament de models que serviran com a comparatiu amb el funcionament real.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	e-DISTRIBUCION
BENEFICIS DERIVATS	Reducció de costos i temps a l'operació i manteniment.
LÍNIES DE FUTUR	Generalització del cas i capacitat de decisió i càlcul locals
Web	https://www.edistribucion.com/es/innovacion-nuevas-tecnologias/Proyecto_RESISTO.html

A I.3. Oportunitats de consum

Cas il·lustratiu	Comportament energètic d'edificis en base a la seva ocupació
BREU DESCRIPCIÓ	Projecte col·laboratiu entre FootAnalytics i CIMNE per incorporar les dades d'ocupació d'edificis comercials a models de modelització energètica
REPTE	Aconseguir estalvis energètics i econòmics en edificis comercials amb mesures de canvis d'ocupació i control optimitzat de sistemes de climatització
SOLUCIÓ	Aplicar la IA per a la predicció de l'ocupació en base a dades de dispositius connectats i per a l'avaluació sobre el consum energètic
PERFIL TECNOLÒGIC	S'aplica entrenant models d'IA amb dades històriques d'ocupació, de meteorologia i de consums elèctrics
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Empresa PIME i centre públic de recerca
BENEFICIS DERIVATS	Augment de prestacions de la plataforma IKNOS i estalvis energètics en els edificis
LÍNIES DE FUTUR	Incorporar el control optimitzat dels sistemes de clima en base a l'ocupació i les dades meteorològiques
Web	https://footanalytics.com/

Cas il·lustratiu	Algorisme de coordinació de producció i consum en prosumidors
BREU DESCRIPCIÓ	Els consumidors d'energia estan convertint-se en prosumidors, és a dir, productors i consumidors. Amb l'arribada del vehicle elèctric també emmagatzemar. Això fa que ara un productor domèstic o bé una petita empresa tingui que prendre contínues decisions de Produir, Consumir, Emmagatzemar, energia. Aquestes decisions depenen del cost i oferta d'energia en el sistema.
REPTE	Obtenir millores econòmiques optimitzant totes les decisions en aquestes plantes solars.
SOLUCIÓ	La solució software s'integra amb la interfície del inversor, i de les bateries, també s'alimenta d'informació de la situació del mercat en les properes hores.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'apliquen algorismes de Machine Learning, basats en Reinforcement Learning. El propietari de la planta estableix un objectiu, i l'algorisme, amb els inputs de la situació de mercat, coordina la producció, consum i emmagatzament. L'algorisme aprèn a mesura que avança. Es poden utilitzar dades de diferents consumidors per a millorar el resultat.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	UPC KEMLg per proveïdor d'electricitat a usuari final.
BENEFICIS DERIVATS	Millora de l'eficiència de plantes de producció consum domèstic. Estalvi energètic.
LÍNIES DE FUTUR	Convertir grups d'usuaris en VPP (Virtual Power Plants) i permetre aquestes VPP treballar per a la millora de l'estabilitat del mercat. En la literatura s'està observant, com a mercats amb gran penetració solar, l'ús de bateries domèstiques evita l'ús de gas per a evitar les rampes de la posta de sol, ajudant a l'eficiència global del mercat.

Cas il·lustratiu	Flexibilitat energètica amb IA
BREU DESCRIPCIÓ	Distribuciones Monteverde és una distribuïdora alimentària (embutits, formatges, carns, ...) que disposa de grans instal·lacions de fred per mantenir els productes en les seves condicions òptimes. Aquesta indústria vol baixar la seva factura elèctrica aprofitant la seva capacitat de modular el consum dels compressors de fred sense afectar la qualitat del seu producte. La volatilitat dels preu en els mercats elèctrics i els canvis regulatoris que permeten la participació activa dels consumidors en els mercats de flexibilitat crea noves oportunitats per ells.
REPTE	El repte és reduir els costos energètics de l'empresa i transformar Distribuciones Monteverde del consumidor passiu que era, a un consumidor energètic actiu, ajudant la transició cap a un sistema 100% renovable. Al sistema espanyol es dona la circumstància que les hores amb l'electricitat més barates coincideixen amb hores d'alta penetració renovable, pel que amb la solució proposada es poden assolir els dos reptes plantejats.
SOLUCIÓ	<p>La solució tecnològica ofertada per BambooEnergy és una plataforma de gestió de la flexibilitat que permet adaptar de forma automàtica els consums de Distribuciones Monteverde als preus del mercat elèctric.</p> <p>BambooEnergy es connecta a les càmeres de fred de Distribuciones Monteverde mitjançant solucions IoT, per tal de poder canviar les consignes de temperatura de funcionament en remot, i de forma completament automàtica per modular el seu consum.</p> <p>El dia abans, quan es coneixen els preus del mercat majorista del següent dia, la plataforma BambooEnergy calcula el preu de l'electricitat per la indústria en cada hora. En paral·lel, la plataforma calcula les previsions de flexibilitat disponible per part de la indústria en cada hora, és a dir, la quantitat d'energia que es podria moure, tenint en compte totes les restriccions d'operació establertes per part de la indústria per mantenir intacte la qualitat del producte. Aquesta previsió de flexibilitat serveix per definir quan la indústria pot baixar o pujar el seu consum. Els algorismes utilitzats per la plataforma per quantificar la flexibilitat disponibles representen una solució exclusiva i patentada per part de BambooEnergy, amb un alt grau d'innovació.</p> <p>Amb la previsió de la flexibilitat disponible i la previsió de preus per la indústria, la plataforma optimitza l'ús de les càmeres de fred, enviant canvis de consigna per modular el seu consum en temps real. L'optimització de les operacions en temps real, tenint en compte requisits dels usuaris i els preus de l'electricitat representen una innovació en la indústria, que permet transformar els consumidors d'agents passius a agent actius del mercat elèctric i de la transició energètica.</p> <p>A més a més, la plataforma proveeix d'informació energètica i alarmes a la indústria mitjançant una pàgina web per a que puguin conèixer millor els seus processos i despeses.</p> <p>Amb aquesta solució, la indústria ha aconseguit reduir la seva factura energètica d'un 6% durant l'últim any, reduint també les seves emissions associades.</p>
PERFIL TECNOLÒGIC	<p>Gestionar flexibilitat implica gestionar milers d'equips de forma coordinada i agregada. Per aquesta raó, BambooEnergy és una empresa puntera en terminis de IoT (Internet de les Coses), i en terminis de processament de les dades.</p> <p>A més a més, la plataforma Bamboo utilitza IA per les següents funcionalitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Previsió de generació i consum local: La plataforma utilitza algorismes propis d'intel·ligència artificial combinant dades històriques de consum i meteorològiques per proporcionar i actualitzar en temps reals les seves previsions. • Previsió de la flexibilitat disponible: La solució Bamboo utilitza intel·ligència artificial per definir la flexibilitat disponible de diferents tipologies de consum i generació (processos industrials, edificis, bateries, flotes de vehicles elèctrics, generació) tenint en compte els requisits dels usuaris i les característiques físiques dels equips gestionats per la plataforma. • Optimització dels consums: BambooEnergy utilitza models d'optimització matemàtica robusts per optimitzar el consum dels seus clients i definir les millors estratègies d'oferta en els diferents mercats elèctrics.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	BambooEnergy és una spin-off de l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC). L'empresa ofereix una plataforma amb un model "Software as a Service" per gestionar la flexibilitat dels seus clients.
BENEFICIS DERIVATS	<p>Els principals beneficis són:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Econòmics: Els estalvis derivats de l'ús de la plataforma varien entre un 5 i un 10% del cost energètic de l'actiu gestionat. A més, aquells consumidors que poden oferir serveis de flexibilitat a la xarxa, podem obtenir un 5-10% d'ingressos addicionals per part del gestor de la xarxa. Això permet millorar la competitivitat de la indústria. • Ambientals: Gràcies a la flexibilitat, els consumidors redueixen la seva petjada ambiental consumint en hores amb alta penetració de renovables i maximitzant al seu autoconsum, si tenen panells fotovoltaics instal·lats. A més, aquells consumidors que poden oferir serveis de flexibilitat a la xarxa substitueixen centrals a gas i carbó, que són les tecnologies que tradicionalment havien donat aquests serveis a la xarxa, reduint encara més les emissions del sistema i permetent una major penetració d'energia de fonts renovables. • Coneixement: Gestionar flexibilitat de processos industrial implica tenir més informació sobre el procés per part de la indústria, el que li permet implementar futures mesures d'eficiència energètica.
LÍNIES DE FUTUR	El següent pas per Distribuciones Monteverde i BambooEnergy és la participació en mercats per oferir aquesta flexibilitat a Red Eléctrica, el gestor de la xarxa en Espanya. Això serà legalment possible a través del seu representant de mercat Nexus Energia.
Web	https://bambooenergy.tech/es/nexus/

A I.4. Oportunitats d'orquestració

Cas il·lustratiu	ODEON. federated data and intelligence Orchestration & sharing for the Digital Energy transition
BREU DESCRIPCIÓ	ODEON és un projecte Horizon Europe de tipus Innovation Action, finançat per la Comissió Europea (2024-2027) que té com a objectiu promoure la connectivitat, la interoperabilitat i l'intercanvi de dades sense problemes entre els diferents actors del sector energètic, prioritzant la privadesa i la protecció de dades.
REPTE	ODEON es centra en el repte de garantir un sistema energètic resilient, descarbonitzat, amb major integració de fonts renovables i on la seva digitalització s'orienti a l'orquestració del diferents actius sigui efectiva i des de l'"edge".
SOLUCIÓ	Per afrontar aquests reptes, ODEON desenvolupa una plataforma de serveis d'intel·ligència i dades al núvol, i els corresponents espais federats de dades d'energia i orquestradors de dades intel·ligents/AIOps per a la prestació d'una gamma de serveis en un sistema que funciona amb un alt grau de flexibilitat a partir d'actius distribuïts.
PERFIL TECNOLÒGIC	Des de CITCEA-UPC, s'aplica mineria de dades, aprenentatge automàtic i aprenentatge profund a dades històriques de consums d'energia elèctrica, procedents fonamentalment de smart meters i a dades meteorològiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El consorci del projecte, coordinat per GRUPO ETRA (multinacional tecnològica), el constitueixen 32 altres entitats entre les quals figura CRAAX-UPC i CITCEA-UPC.
BENEFICIS DERIVATS	Els resultats del projecte ODEON s'estan validant 5 demostradors de gran escala a Grècia, Espanya, França, Dinamarca i Irlanda, que inclouen tots els actors de la cadena de valor necessaris, actius diversos, xarxes heterogènies i contextos de mercat i característiques climàtiques i socioeconòmiques multivariades per donar suport a la seva replicació i incorporació al mercat. ODEON podria ajudar a revolucionar el sistema energètic mitjançant la seva tecnologia Cloud-Edge Data and Intelligence, fomentant la inclusió i la intel·ligència col·lectiva per impulsar la descarbonització i la resiliència del sistema energètic. En apoderar els ciutadans, els consumidors i els LEC, ODEON promou un compromís efectiu alhora que aprofita les dades de diversos actors energètics per millorar la gestió de la xarxa i facilitar la integració de les energies renovables, reduint en última instància les emissions de CO2.
LÍNIES DE FUTUR	Les línies futures d'ODEON preveuen establir una nova economia al voltant de l'intercanvi de dades energètiques, garantint la interoperabilitat i la confiança en tota la cadena de valor energètica.
Web	https://cordis.europa.eu/project/id/101136128

Cas il·lustratiu	OMEGA-X. Orchestrating an interoperable sovereign federated Multi-vector Energy data space built on open standards and ready for GAia-X
BREU DESCRIPCIÓ	OMEGA-X és un projecte Horizon Europe de tipus Innovation Action, finançat per la Comissió Europea (2022-2025) que té com a objectiu crear els fonaments per un espai de dades europeu d'energia, que garanteixi un intercanvi de dades segur, sobirà i just.
REPTE	Hi ha grans quantitats de dades valuoses disponibles en els sistemes energètics, però sovint estan infrautilitzades. OMEGA-X afronta el repte que no existeix ha una plataforma de dades única que connecti dades dels dominis de generació, transmissió, distribució i consum en el sector elèctric europeu o entre els diferents vectors energètics –electricitat, gas, calor, etc. Les barreres també impliquen la manca de mecanismes i polítiques adequades que garanteixin un intercanvi de dades segur, sobirà i just.
SOLUCIÓ	Per afrontar aquests reptes, OMEGA-X desenvolupa Espai de Dades Energètiques que permeti a múltiples actors compartir dades i serveis alhora que garanteix la privacitat, la seguretat i la sobirania. S'abordarà específicament el problema actual de la baixa disponibilitat de dades per a usos innovadors en el sector energètic i més enllà. OMEGA-X col·laborarà amb les parts interessades per identificar on es requereixen millores i innovació en els serveis basats en l'energia.
PERFIL TECNOLÒGIC	Des de CITCEA-UPC, s'aplica mineria de dades, aprenentatge automàtic i aprenentatge profund a dades històriques de consums d'energia elèctrica, procedents fonamentalment de smart meters i a dades meteorològiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El consorci del projecte, coordinat per ATOS (multinacional francesa de serveis digitals), el constitueixen 31 altres entitats entre les quals consta CITCEA-UPC.
BENEFICIS DERIVATS	OMEGA-X permetrà que empreses i organitzacions puguin compartir les seves dades de forma segura. Al mateix temps, ajudarà els actors del mercat existents (incloses les pimes i les start-ups) a tenir accés a una varietat de conjunts de dades per millorar els seus models d'IA i, per tant, poder actualitzar els serveis existents i/o aportar serveis innovadors que d'altra manera no es podrien desenvolupar. La disponibilitat de dades donarà poder a nous participants i rols de mercat, com ara agregadors i gestors de comunitats energètiques locals. Això facilitarà la penetració a gran escala de les renovables a la xarxa local sense inversions significatives en infraestructura de xarxa i també crearà una oportunitat perquè sorgeixin nous models de negoci. OMEGA-X posarà un focus destacat en el desenvolupament i la promoció de comportaments inclusius i col·laboratius, que comportaran multitud de beneficis socials i econòmics, com ara un augment de l'autonomia energètica i una reducció de les emissions de CO2.
LÍNIES DE FUTUR	Les línies futures d'OMEGA-X preveuen reforçar i expandir l'espai de dades d'energia europeu.
Web	https://omega-x.eu/

Cas il·lustratiu	BeFlexible: demostrador
BREU DESCRIPCIÓ	Demostrador a la ciutat de Saragossa, on els consumidors aporten flexibilitat a l'operador de la Xarxa de Distribució a través de la gestió activa dels seus escalfadors elèctrics, monitoritzats i controlats per l'empresa Thermovault.
REPTE	BeFlexible es va iniciar l'1 de setembre del 2022 i té com a objectiu provar la provisió de serveis de flexibilitat a l'Operador de Xarxa de Distribució (DSO) i a l'Operador de Xarxa de Transport (TSO) mitjançant demostradors a gran escala a Espanya, Itàlia, Suècia i França.
SOLUCIÓ	Agregació de serveis de xarxa TSO i DSO: Simulació de vulneracions de les limitacions físiques de la xarxa a causa d'una interrupció o congestió prevista. Per a l'activació dels serveis, l'agregador (TV) enviarà ordres als següents DER agregats (tals com càrregues tèrmiques a les llars que prèviament seran adaptades i agregades)
PERFIL TECNOLÒGIC	S'implementaran algorismes basats en dades per identificar el potencial de flexibilitat i per estimar l'estalvi d'energia dels clients que van adaptar les seves càrregues tèrmiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Consorci format per i-DE; Iberdrola Energía España; Enel (y les tres empreses del grup: Gridspertise, e-distribuzione); E. ON Group; Areti; Terna; SAP; Schneider Electric; ThermoVault; STEM Energy; RWTH Aachen University; RSE SPA; INESC TEC; ENGINEERING Group; Soulsight; Universidad Pontificia Comillas; EDSO, Smart Innovation Norway, Zabala Innovation y Timelex.
BENEFICIS DERIVATS	Provar la flexibilitat de la xarxa
Web	https://beflexible.eu/pilot-test/

Cas il·lustratiu	Collectiveware: Tecnologies per potenciar col·lectius humans a la xarxa elèctrica intel·ligent
BREU DESCRIPCIÓ	Projecte de recerca en Intel·ligència Artificial per a capacitar els col·lectius humans a operar xarxes locals de distribució elèctrica. L'objectiu és assolir una gestió i distribució sostenible de l'energia donant suport a la cooperació i autogovern de la xarxa i potenciant la consciència sobre l'eficiència energètica.
REPTE	La distribució local d'energia elèctrica sostenible.
SOLUCIÓ	1) Acords de distribució que detallen la forma en la que es pot compartir electricitat (qui li ven energia a qui i a quin preu) per a fer una distribució eficient; 2) Simulacions per a estudiar mecanismes per a erradicar la pobresa energètica dins una comunitat; 3) Aplicacions gamificades que ajudin a tenir més consciència sobre l'eficiència energètica.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'apliquen algorismes d'optimització d'Intel·ligència Artificial sobre una possible xarxa elèctrica local (considerant els excedents d'auto-producció i necessitats de cada node així com la proximitat entre nodes) per a distribució eficient d'energia. Es desenvolupen models basats en sistemes multi-agent (IA distribuïda) per modelar la distribució local d'una comunitat considerant la pobresa energètica. Es desenvolupen xatbots (IA conversacional) per a conscienciar sobre l'eficiència energètica.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Treball realitzat conjuntament a la Universitat de Barcelona i l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (CSIC) amb la col·laboració de Rubí Brilla (iniciativa sobre eficiència energètica de l'Ajuntament de Rubí).
BENEFICIS DERIVATS	Distribució eficient d'electricitat provinent de l'auto-producció dins una xarxa local. Mesures per a entomar la pobresa energètica. Increment de la consciència sobre l'eficiència energètica.
LÍNIES DE FUTUR	Fer pilots d'aquestes tecnologies desenvolupades (tot i que en ésser un projecte de recerca finalitzat, requeriria iniciar un nou projecte).
Web	https://www.iiia.csic.es/es/research/project/?project_id=34

Cas il·lustratiu	NOBEL GRID
BREU DESCRIPCIÓ	NOBEL GRID va desenvolupar eines avançades i serveis TIC per a cooperatives d'energia, empreses de distribució petites i mitjanes comercialitzadores per facilitar la participació activa dels consumidors a programes de gestió de la demanda i flexibilitat de l'energia
REPTE	Involucrar el prosumidor en el mercat elèctric per garantir un sistema més resiliència i més transparència.
SOLUCIÓ	Desenvolupament de comptadors intel·ligents, plataformes per a la gestió agregada de la demanda (Demand Response), automatització de dispositius a la llar i millora del coneixement dels usuaris.
PERFIL TECNOLÒGIC	Algorismes d'intel·ligència artificial permeten la previsió de la demanda a diversos nivells: des de les llars a la xarxa de distribució per detectar situacions crítiques a la xarxa i llençar peticions de gestió de la demanda per evitar talls de subministrament
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Consorci impulsat per la Comissió Europea dins del programa H2020, coordinat per ETRA I+D, amb la participació de 25 organitzacions europees, entre les quals es troba Eurecat.
BENEFICIS DERIVATS	Participació activa del prosumidor, afavorir la penetració de renovables sense comprometre la qualitat de servei de la xarxa.
LÍNIES DE FUTUR	S'han derivat diversos projectes per aprofundir en els mercats de l'energia i en la gestió de xarxes de transmissió.
Web	https://cordis.europa.eu/project/id/646184

Promotors



Membres

