

Sistemes Intel·ligents Distribuïts

Paràctica 2 - Ontologia per a Edge Computing

Millora de l'eficiència en
l'emmagatzematge energètic

Índex

Ús del document	3
Introducció	3
Informació sobre el domini	5
Cloud Computing	5
Fog Computing	7
Edge Computing	7
Enfoc del treball	10
Avantatges d'emmagatzemar energia	13
Emmagatzemar lo impossible	13
Casos d'ús	14
Nivell Usuari:	14
Nivell Edge	15
Nivell Cloud	15
Algunes qüestions a tenir en compte	16
Ontología	17
Biografia	17
Annex amb conceptes d'interès	17

Ús del document

Aquest document es divideix en diversos apartats. Primer es fa una introducció al *Cloud*, *Fog* i *Edge Computing* amb un anàlisi detallat dels seus punts forts i febles.

Després s'analitza el domini de la ontologia (emmagatzematge energètic), les fonts de coneixement i s'explica que s'ha tingut en compte per construir la ontologia.

Finalment hi ha la biografia i un annex més detallat amb enllaços per expandir coneixement si hi ha algun tema concret d'interès. Els temes d'interès que contenen un enllaç al annex es marcaran amb un “*” al costat. Per exemple si trobes ***Fog Computing**** és que hi ha un enllaç que t'envia a una pàgina on pots aprendre més sobre el tema.

Introducció

La computació al *Cloud** o núvol ha creat un canvi radical al ampliar l'abast d'usos de les aplicacions i s'ha convertit en un mètode de-facto per proporcionar serveis informàtics de baix cost i altament escalables als seus usuaris. La infraestructura del núvol existent és una xarxa a gran escala de centres de dades repartits arreu del món. Aquests centres de dades s'instal·len cuidadosament en ubicacions aïllades i són gestionats, normalment, per proveïdors de Cloud per tal d'assegurar la fiabilitat entre els seus usuaris. En els darrers anys, aplicacions novedoses, com l'Internet-of-Things* (IoT) , la realitat augmentada, els vehicles autònoms, etc, han proliferat l'Internet. La majoria d'aquestes aplicacions són crítiques amb el temps i compleixen requisits estrictes de velocitat computacional per obtenir un rendiment acceptable. Les tècniques tradicionals de descàrrega del Cloud són poc eficients en el maneig d'aquestes aplicacions degut a la incorporació de retards afegits de xarxa donats mentre es carrega informació a centres de dades distants. A més, com que la computació que involucra aquest tipus d'aplicacions sovint es basa en dades proporcionades per sensors de diverses fonts, la càrrega simultània de dades al Cloud també produeix una congestió important a la xarxa.

La computació de vora o **Edge Computing** és un nou paradigma del Cloud que pretén apropar els serveis i utilitats existents al Cloud a prop dels usuaris finals. També anomenats *Edge Clouds**, l'objectiu principal d'aquest paradigma és reduir la càrrega al Cloud mitjançant l'ús de recursos computacionals a prop dels usuaris i sensors del IoT. Un desplegament dens d'Edge Clouds en una àrea determinada no només permet un funcionament òptim d'aplicacions sensibles al retard, sinó que també proporciona suport per a la mobilitat, consciència de context (ex: en el trànsit) i permet l'agregació de dades en els càlculs (Big Data). No obstant això, la funcionalitat afegida de l'Edge Computing es paga amb la incompatibilitat amb la infraestructura existent del Cloud. Per exemple, mentre que els servidors d'un centre de dades estan estrictament controlats pels proveïdors de Cloud per garantir la fiabilitat i la seguretat, els servidors d'edge tenen l'objectiu de funcionar en entorns compartits públicament sense ser gestionats. A més, varis enfoc de l'Edge Cloud tenen com a objectiu incorporar recursos de computació multitudinària, com telèfons intel·ligents, ordinadors , tauletes, etc., a prop de la ubicació dels usuaris finals per complir l'exigent demanda de latència per part de les aplicacions. La infraestructura resultant és una

mescla de dispositius heterogenis, amb recursos limitats i poc fiables, capaços de computar, que tenen com a objectiu simular un rendiment similar al Cloud.

Aquest paradigma proporciona una col·lecció de nous protocols i plataformes per integrar l'Edge Computing a la infraestructura del Cloud existent. Es basa en una arquitectura totalment inclusiva amb diferents enfoc de l'Edge Computing en una única plataforma classificada lògicament. Aquesta tesi aborda, a més, diversos problemes per a les tres categories principals de l'Edge Computing: hardware, infraestructura i plataforma. De cara al hardware, aquesta paradigma aporta un marc d'implementació que permet, als proveïdors de Cloud, identificar de manera eficaç les ubicacions òptimes per a implementar servidors edge en qualsevol regió geogràfica. Per a la infraestructura, el paradigma proposa diversos protocols i tècniques per a l'assignació eficient de tasques, la gestió de dades i l'ús de la xarxa als Edge Clouds amb l'objectiu final de maximitzar el rendiment de la plataforma en conjunt. És per això que l'Edge Computing no es presenta com un substitut al Cloud sino com un complement. Finalment, el paradigma presenta una plataforma depenent de la virtualització perquè els propietaris d'aplicacions utilitzin de forma transparent la infraestructura distribuïda d'Edge Clouds, juntament amb altres entorns de Clouds coexistents, sense que hi hagi cap overhead de gestió.

L'origen de l'Edge Computing el trobem a finals dels anys 90 quan les aplicacions ja començaven a tenir restriccions de latència. Des d'aleshores s'ha treballat molt per augmentar la funcionalitat del Cloud. Tant és així s'han hagut de crear dispositius del *Internet of things*, amb capacitat d'anàlisi i processament com routers o *gateways* de xarxa, situats a la perifèria de la xarxa. Al processar la informació obtinguda a prop d'on s'ha creat, sense haver d'enviar-la a centres de dades llunyans, es redueixen les latències, es consumeix un menor ample de banda i es permet una avaluació immediata de la informació generada per sensors i dispositius.

Degut a la creixuda del IoT la quantitat d'informació que es genera al punt final de la xarxa i la necessitat d'analitzar i prendre decisions en temps real sobre aquesta informació ha generat que moltes aplicacions siguin hipersensibles a la latència, és per això que sense Edge Computing no podrien funcionar.

Entre les avantatges del Edge Computing que complementen el cloud tenim:

- **Distribució i emmagatzematge de les dades*:** S'usen els anomenats *edge gateways*, que son uns microcontroladors que processen les dades el més aprop possible d'on s'han generat, Oper tant eviten que s'enviïn dades a la unitat central del Cloud. És per això que només s'envien al Cloud aquelles dades que no es poden analitzar localment ja sigui per falta de recursos computacionals o per falta de més dades.
- **IA:** Les dades analitzen i es processen gràcies al continu monitoreig assistit amb Intel·ligència Artificial. L'anàlisi i processat es fa en sistemes intel·ligents distribuïts per evitar la sobrecàrrega de la xarxa.
- **Seguretat*:** Com que la majoria de dades es mantenen a la xarxa local on s'han creat, la seguretat d'aquestes millora i permet que els gestors de dades (institucions i empreses) compleixin amb la normativa.

- **Escalabilitat:** Edge Computing és fonamental per una computació distribuïda. Suposa una millora en la resiliència i la escalabilitat, apart de reduir càrregues en la xarxa.
- **Velocitat:** Es redueix la latència ja que les dades no han de viatjar per la xarxa cap a un centre de dades remot o a través del núvol per ser processades.
- **Machine to Machine*:** És la comunicació directa entre dispositius usant qualsevol canal de comunicació, inclou comunicació cablejada i per ones.
- **Baix Cost:** El cost de transmissió de dades és millor ja que queda reduïda la quantitat de dades transferides cap a una ubicació central per emmagatzemar-los

Per altra banda no tot són avantatges, també trobem uns quants inconvenients:

- **Complexitat*:** Com que la xarxa no està centralitzada en Cloud, aquesta s'ha de dividir en xarxes locals que suposen una estructura molt més complexa. A més s'afegeix la complexitat de comunicació entre diversos dispositius que, al ser de múltiples fabricants, la comunicació ha de passar per un nombre elevat d'interfícies.
- **Manteniment:** Al distribuir la computació entre un nombre elevat d'elements computacionals, s'eleva els costos de manteniment i administració d'aquests en comparació amb una estructura centralitzada.
- **Seguretat*:** Sí que és cert que la seguretat en el flux de dades augmenta ja que es restringeixen les dades geogràficament, la seguretat física dels elements computacionals tendeix a ser menor.

Un dels avantatges més destacables de l'Edge Computing és la capacitat d'agregar i analitzar dades massivament in situ. Aquest fet permet prendre decisions en temps negligible mantenint la seguretat de les dades que es mantenen en un dispositiu proper. Tot això condueix a una potencial descentralització dels recursos, de manera que les estructures locals no depenen d'una estructura central, reduint a la vegada els costos i temps de transmissió de les dades, limitant errors en els serveis i controlant el flux de dades protegides.

Per acabar podem dir que l'incorporació de l'Edge Computing en el Cloud obre un gran ventall de possibilitats; permet el correcte funcionament de totes aquelles aplicacions que necessiten d'una experiència més ràpida.

Informació sobre el domini

Per tal de fer la pràctica he hagut de fer un estudi del domini del *edge computing* per tal de crear un sistema intel·ligent distribuït que pugui representar, més endavant, un cas concret. El domini de *edge computing* és enorme. Conté els elements del Cloud, del Internet of things, geogràfics i arquitectònics entre altres.

Cloud Computing

Primer farem un estudi tècnic del Cloud computing i la seva relació amb els altres nivells.

La infraestructura *Cloud* centralitzada està dissenyada per proporcionar un format genèric als propietaris d'aplicacions mentre queden al·lunyats de les complexitats de gestió del hardware. Els avantatges en la computació al Cloud van ser possibles mitjançant protocols i tecnologies estandarditzades dissenyades específicament per mitigar la complexitat d'implementació dels propietaris d'aplicacions. Tot i així, no es pot fer al mateix per als *Edge Clouds* principalment a causa de les diferències en la implementació i les característiques del servidor que no permeten un bon funcionament d'aquestes tecnologies. Fins i tot, els programes existents que tenen com a objectiu transformar Clouds heterogenis en una plataforma homogènia no funcionen bé en la integració de l'*Edge Computing* a causa de les següents raons:

- **Restriccions de Hardware:** Si bé els centres de dades es componen de servidors amb una important capacitat de càlcul i emmagatzematge, la majoria dels enfocaments d'*edge* tenen com a objectiu utilitzar dispositius amb un hardware limitat i poca capacitat de càlcul, que pot ser explotada per una aplicació. Tot i que els protocols existents basats en *Cloud* estan dissenyats per subministrar múltiples aplicacions a un sol servidor, els protocols per l'*Edge Computing* requeririen la distribució d'una sola aplicació en diversos *Edge Clouds* a causa de la limitació en recursos.
- **Restriccions d'entorn:** Els centres de dades depenen d'una xarxa ben consolidada, fiable, de gran velocitat i amb molt ample de banda per suportar les necessitats de les aplicacions. Tot i així, malgrat el gran treball de gestió i aïllat entorn operatiu dels centres de dades, és habitual que els proveïdors de *Cloud* es trobin en dificultats a l'hora de tractar la congestió de la xarxa a causa de l'augment de la càrrega de trànsit dins d'un centre de dades. D'altra banda, la majoria dels models d'*Edge Cloud* requereixen que els servidors funcionin dins de la infraestructura pública, utilitzin xarxes sense fils propenses a pèrdues com LTE, WiFi, etc. i competeixin amb el trànsit d'altres usuaris.
- **Disponibilitat i fiabilitat:** Si bé els protocols *Cloud* existents estan dissenyats per ser resistents a errors operatius, aquests esquemes depenen del coneixement exacte de la capacitat del hardware auxiliar i de la càrrega existent a cada servidor. D'altra banda, l'*edge cloud* pretén incorporar diversos tipus de recursos a la seva plataforma, que van des dels commutadors de xarxa (switch) fins als telèfons intel·ligents, distribuïts en una zona geogràfica. Això exposa diversos problemes per als protocols existents basats en Cloud.
 - La disponibilitat de servidors *edge* pot ser relativament desconeguda i variar d'una regió a una altra. Per exemple: la densitat de dispositius pot ser més elevada en zones poblades com els centres de les ciutats.
 - La majoria d'aquests recursos de càlcul no són fiables, ja que tenen la possibilitat de marxar del sistema en qualsevol moment segons vulgui el propietari.
- **Capacitat limitada de la bateria:** Diversos models d'*edge* utilitzen servidors que operen en entorns mòbils per suportar aplicacions d'aquest tipus. Aquests dispositius han de confiar en la limitada capacitat de la bateria per completar els càlculs assignats, que contrasten molt amb els *server racks** d'un centre de dades tradicional. La disponibilitat limitada d'energia impacta en l'execució de tasques del

servidor, que cal tenir en compte a l'hora de dissenyar protocols per al *Edge Computing*.

Els punts esmentats anteriorment posen de manifest problemes que obstrueixen el funcionament efectiu dels *edge clouds* i alhora de l'*edge computing* i ens mostren les seves limitacions. Durant aquest treball haurem de tenir en compte totes aquestes limitacions per tal de crear un sistema intel·ligent distribuït que concordi mínimament amb la realitat.

Fog Computing

Un cop analitzat el *Cloud* baixem un nivell per analitzar el concepte de *Fog Computing**, un concepte altament relacionat amb les xarxes distribuïdes, el *Cloud computing* i *Internet of things*. Es tracta d'un nou nivell de dispositius hardware amb més recursos computacionals que els *edge devices* però amb menys recursos que els *data centers*. El *fog computing* es un tipus de processament de dades mitjançant el qual part de les dades que emeten els diferents dispositius connectats a la xarxa s'emmagatzemen en els mateixos dispositius *fog*, en comptes d'enviar-los únicament al *Cloud*. No és un *Cloud* on s'emmagatzema tota la informació, sino que es una "boira" que es compon de dades processades que es troben tan al *Cloud* com als mateixos *Edge Devices*. Entre els beneficis que ofereix trobem:

- Menor consum de dades. Redueix els colls d'ampolla a la xarxa, el que es tradueix en una **menor congestió** a la xarxa. Com a conseqüència **menor cost** i **menor latència**.
- Menor consum d'**ample de banda**.
- Augmenta la **seguretat** de les dades encriptades ja que la informació està més aprop de l'usuari final, reduint així l'exposició i vulnerabilitat.
- Millora el potencial d'**escalabilitat**, clau en un sector amb tan potencial de creixement.
- El sistema funciona encara que no hi hagi connexió a internet.
- Es redueix considerablement el risc de que es produeixi un bloqueig o errors massius, ja que la intel·ligència no queda fixada en un sol punt, sino que es dispersa en varis nuclis d'acció. Augmenta el balanç i equilibri.

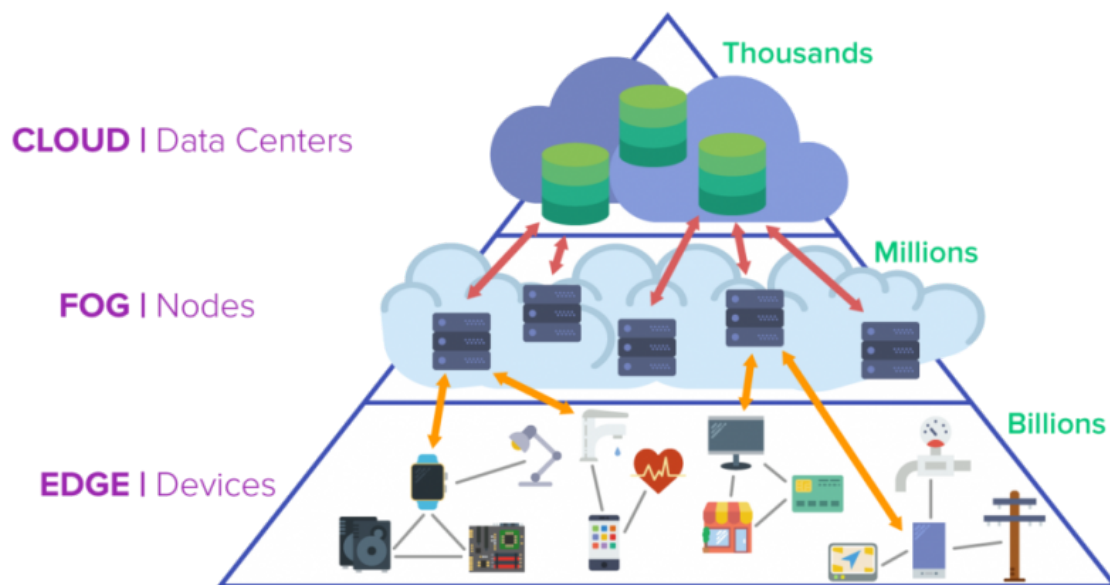
Edge Computing

Per últim, un cop analitzats els aspectes de *Fog Computing* que ens poden interessar, ara ens centrarem a analitzar la part més tècnica de l'*Edge Computing*. He trobat interessant començar diferenciant 3 elements bàsics d'aquest.

- **Vora o Edge:** En una xarxa de computació distribuïda, fa referència als últims elements de la xarxa. Aquests elements varien molt segons quin enfoc li donem. Per exemple, si ens centrem en les telecomunicacions podrien ser els telèfons mòbils. per altre banda si analitzessim un sistema de *car sharing* serien cadascun dels vehicles. Aquests són *edge devices* o dispositius de vora.
- **Dispositius de vora*:** Contempla tots aquells dispositius que, situats a la vora de la xarxa, generen dades. En aquest grup hi trobem una gran quantitat d'aparells intel·ligents i sensors del IoT. Aquest grup és tan extens que conté des d'elements

altament intel·ligents, com podria ser un vehicle autònom, fins a objectes no tan elaborats com podria ser un termòmetre .

- **Edge gateways:** Conté elements computacionals que serveixen per enllaçar l'IoT amb els dispositius de vora, el *Cloud*, i dispositius d'usuari com ara telèfons intel·ligents. Aquest enllaç proporciona la comunicació necessària entre el *Cloud* i els *Edge devices* , pot arribar a proporcionar serveis offline i un control en temps real d'aquests últims. La xarxa de gateways té la capacitat suficient per gestionar les dades que rep. Entre els diferents protocols de comunicació i tecnologies de transmissió per cable o de xarxa sense fils trobem: Bluetooth, LTE, Ethernet, Z-Wave..



Amb aquesta imatge ens podem fer una idea d'on s'ubica cada element en la xarxa distribuïda.

Ara que el conceptes més elementals ja han quedat explicats, només falta analitzar que podem trobar en els diferents nivells d'un sistema distribuït.

Nivell usuari

Conté tots aquells dispositius que l'usuari fa servir de manera directa i que permeten obtenir informació directament de la font.

En aquest nivell els dispositius guarden dades, actuen com a sensors, fan anàlisis i acullen les aplicacions. Aquests sistemes s'usen per a modelar solucions de baix cost i baixa complexitat, on no hi ha una gran quantitat de dades involucrades i no es necessita una gran capacitat de computació i anàlisis. A més, els dispositius d'aquest nivell es comuniquen amb sistemes presents en el següent nivell per rebre i enviar informació.

Nivell edge

En aquest nivell hi trobem basicament elements del *Internet of things*. Entre aquests hi trobem: sensors, dispositius intel·ligents, processadors d'esdeveniments amb coneixement

del context, i tots aquells elements amb capacitat de comunicació i connexió. Tots aquets elements tenen en comú que tots son accessibles en qualsevol moment o localització.

La capacitat de connexió i comunicació és un requisit crític per als elements del IoT. Per tal d'obtenir aquestes capacitats les aplicacions dels dispositius han de poder suportar una serie de protocols de comunicació i drivers que assegurin que aquestes capacitats hi siguin realment i funcionin de manera perfecte.

La intenció és crear una xarxa unificada amb els diferents elements connectats del IoT i humans que la gestionin quan calgui. Els elements de la xarxa han de tenir la capacitat de comunicar-se de manera universal entre ells, cosa que és el requeriment més crític. Entre les diverses coses que ha de garantir l'arquitectura edge* hi trobem: funcionament correcte entre els diferents components, capacitat de recuperació i escalabilitat. A més, durant els últims anys, la mobilitat s'ha convertit en un aspecte a considerar del IoT, per tant les arquitectures han de tenir la capacitat d'adaptació a l'hora de gestionar interaccions dinàmiques.

Nivell cloud

En aquest nivell hi trobem tots els elements necessaris per al *Cloud computing*. La infraestructura del núvol es compon de diversos elements, integrats entre si en una sol arquitectura. Entre aquests elements hi trobem :

- **Hardware:** Una xarxa de *cloud* consisteix en diversos sistemes de hardware físics que es poden ubicar en diferents llocs geogràfics. El sistema hardware inclou equips de xarxa, com commutadors, enrutadors, firewalls i equilibradors de carga; matrius d'emmagatzematge; dispositius per a fer backups i servidors. La virtualització connecta els servidors, i divideix i extreu els recursos perquè els usuaris puguin accedir-hi.
- **Virtualització:** És una tecnologia que separa les funcions i els serveis de TI del sistema de hardware. El sistema de software controla el sistema de hardware físic i extreu els recursos de la màquina, com la memòria, la potència informàtica i l'emmagatzematge. Una vegada aquests recursos virtuals d'assignen a grups centralitzats, se'ls considera part del cloud. Aquests li proporcionen certs avantatges com l'accés d'autoservei, l'ampliació automatitzada de la infraestructura i l'agrupament de recursos dinàmics.
- **Emmagatzematge:** Dins d'un sol centre de dades, les dades es poden emmagatzemar en diversos discs en una sola matriu d'emmagatzematge. La gestió de l'emmagatzematge garanteix un backup adequat de les dades, l'eliminació periòdica dels backups obsolets i la indexació de les dades per poder recuperar-les en cas de que falli algun element d'emmagatzematge. Gràcies a la virtualització, s'extreu l'espai d'emmagatzematge dels sistemes de hardware perquè els usuaris puguin accedir-hi com emmagatzematge en el núvol. Quan l'emmagatzematge es converteix en un recurs en el núvol, pot afegir o eliminar unitats, reutilitzar el hardware i respondre als canvis sense afegir manualment servidors d'emmagatzematge per cada nova iniciativa.
- **Xarxa:** Una xarxa consta de cables físics, commutadors, enrutadors i altres equips. Les xarxes virtuals es creen en base a aquests recursos físics. Una configuració de

xarxa de *Cloud* tradicional consisteix en diverses subxarxes, cadascuna amb diferents nivells de visibilitat. El núvol permet crear xarxes d'àrea local virtuals (VLAN) i assignar adreces estàtiques o dinàmiques, segons sigui necessari, per a tots els recursos de la xarxa. Els usuaris obtenen els recursos del núvol mitjançant una xarxa, com l'Internet o una intranet, cosa que li permet accedir a les aplicacions o els serveis del núvol de forma remota, segons sigui necessari.

Al emmagatzemar els recursos i la informació en un *Cloud* centralitzat, asseguren que els usuaris autoritzats puguin accedir a la informació i les eines que necessiten des de qualsevol lloc en qualsevol moment. La falta de velocitat en el cloud es compensa amb potència i capacitat. Donat que es basa en una infraestructura centralitzada escalable, pot ampliar la seva capacitat d'emmagatzematge i processament en funció de les necessitats. Aquesta escalabilitat suposa un gran benefici per a les petites empreses que busquen expandir-se ràpidament. Una de les majors limitacions dels dispositius edge es que només acumulen dades recollides localment, fent que sigui difícil per a ells usar cap tipus d'anàlisi de big data. El nivell *cloud* permet l'anàlisi de dades a gran escala que no es possible en el nivell inferior. Les capacitats d'anàlisi de dades del cloud han permès fins i tot fer més viable la intel·ligència artificial i l'aprenentatge automàtic. Combinant la recollida de dades potencial dels edge devices amb la capacitat d'emmagatzematge i la potència de processament del cloud, podem mantenir els dispositius del Internet of Things funcionant ràpida i eficientment sense renunciar a les dades analítiques que ens ajuden a millorar els serveis i a impulsar la innovació.

Troblem tres models de serveis Cloud que són: IaaS*, PaaS*, SaaS*:

- **IaaS:** *Infrastructure-as-a-Service*. És una oferta de *cloud-computing* en què un proveïdor proporciona, als seus usuaris, accés a recursos informàtics com ara servidors, emmagatzematge i xarxa. Les organitzacions usen les seves pròpies plataformes i aplicacions dins de la infraestructura del proveïdor de serveis.
- **PaaS:** *Platform-as-a-service*. És una oferta de *cloud-computing* que proporciona als usuaris un entorn *Cloud* en el qual poden desenvolupar, gestionar i oferir aplicacions. A més de l'emmagatzematge i altres recursos informàtics, els usuaris poden utilitzar una sèrie d'eines pre-construïdes per desenvolupar, personalitzar i provar les seves pròpies aplicacions.
- **SaaS:** *Software-as-a-Service*. És una oferta de *cloud-computing* que permet als usuaris accedir al programari basat *Cloud* d'un venedor. Els usuaris no instal·len aplicacions als seus dispositius locals. En canvi, les aplicacions resideixen en una xarxa de núvol remota a la qual s'accedeix a través de la web o d'una API. Mitjançant l'aplicació, els usuaris poden emmagatzemar i analitzar dades i col·laborar en projectes.

Enfoc del treball

Aquest treball es basa en fer una ontologia per a facilitar l'estalvi i l'eficiència energètica fent ús de bateries de qualsevol tipus, ja sigui de vehicles, de la mateixa xarxa elèctrica o d'usuaris puntuals per tal de rebaixar els pics de demanda.

La idea sorgeix d'uns dels problemes que tenim a la xarxa actual, i es que el consum varia molt depenent del moment del dia, per tant la xarxa està pensada per poder donar servei a les hores punta del dia. Ho podem veure a la foto de sota. A més a més, hi ha diverses fonts d'energia, com la nuclear, la eòlica o bé la solar, que no tenim manera de controlar quan es genera o no energia. En la segona imatge podem veure la relació entre la generació d'energia a partir de fonts renovables i no renovables en un mateix moment. Totes aquestes dades les podem aconseguir des de la API* de la Red Elèctrica Española*. Tenint en compte això ens podem trobar amb diferents situacions que no afavoreixen gens a la optimització i estalvi energètic.

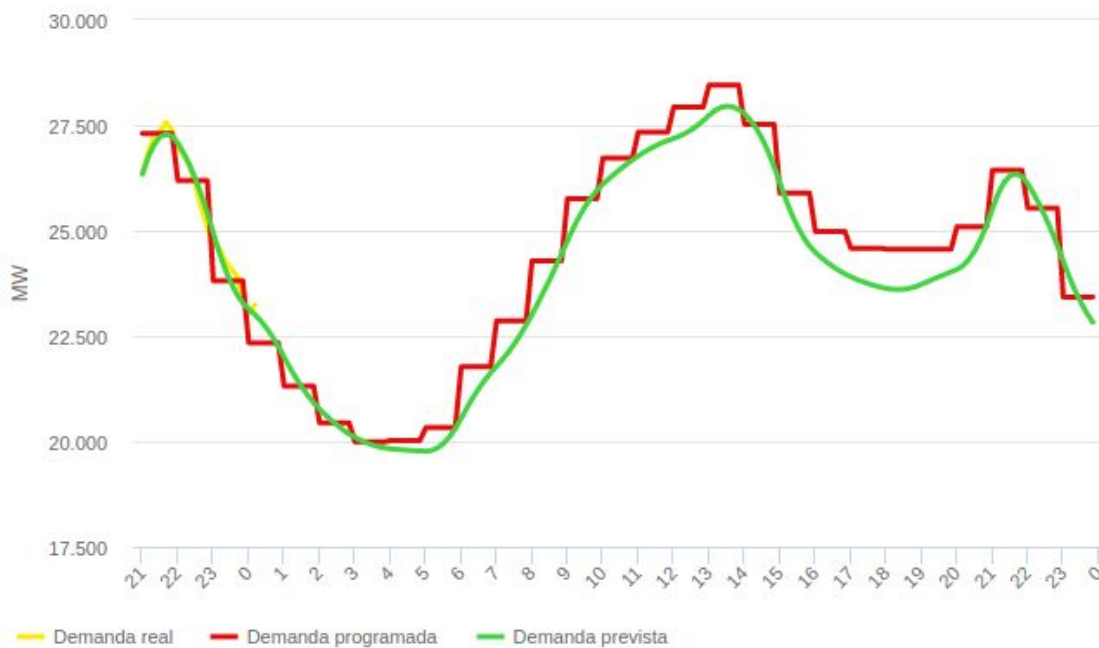
Es podria donar el cas de que en un territori hi hagués una infraestructura de plaques solars que abasteix una petita població i a l'hora enviés l'excedent d'energia a altres nuclis urbans, si es donés el cas que en un dia hi fes tant de sol que l'energia excedent fos superior a la capacitat que té la xarxa per enviar aquest a altres nuclis urbans es podria donar la situació de que es produís una sobrecarga en el sistema o bé que desconectessin les plaques per a produir menys.

Per altre banda també es produeix la situació en que la demanda energètica és inferior al nivell de producció del moment i per tant hi ha un excedent d'energia a la xarxa en general. En aquest cas el que es fa és intentar emmagatzemar l'energia, el problema és que és una tasca molt difícil i sovint no s'obtenen els resultats desitjats.

Es pot pensar que al carregar i descarregar les bateries es perd més energia del que s'estalvia al fer l'emmagatzematge. Sí que és cert que la càrrega i descàrrega d'una bateria no és un cas ideal, per tant, si que hi ha energia que es perd en forma de calor, però la idea del projecte és usar l'energia que sobra, per tant és millor acumular una part de l'energia excedent que parar la producció i no emmagatzemar res. Tot el rato es fa referència a l'energia excedent provinent de fonts on no es pot controlar quan es produeix aquesta, com seria el cas de l'energia eòlica o solar, per exemple.

DEMANDA DE ENERGÍA EN TIEMPO REAL – PENINSULAR

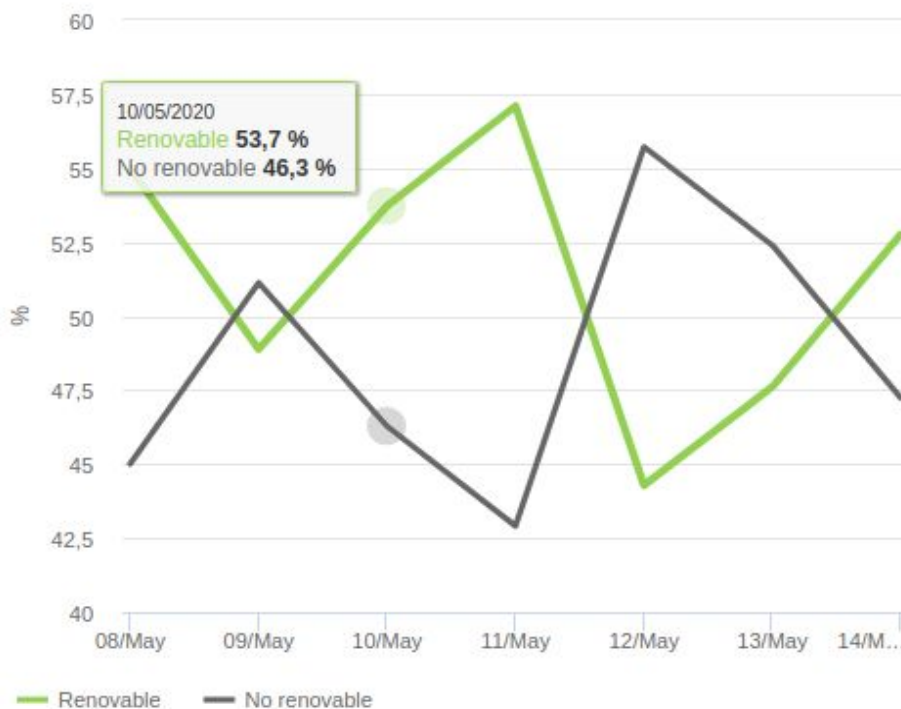
15/05/2020 a las 03:00



Font: Red Eléctrica de España <https://www.ree.es/es/datos/aldia>

EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN RENOVABLE Y NO RENOVABLE

Del 08/05/2020 al 14/05/2020



Font: Red Eléctrica de España <https://www.ree.es/es/datos/generacion>

Avantatges d'emmagatzemar energia

En aquest apartat s'expliquen alguns dels avantatges d'emmagatzemar energia. Tot hi així en la realitat pot ser que no es donin les condicions per a gaudir d'aquests.

- No cal parar la producció si es produeix un excedent d'energia
- Increment de l'eficiència baixant el pic de demanda del sistema elèctric: L'energia emmagatzemada s'usa en el moment de major demanda elèctrica, de forma que l'efecte és similar a reduir aquest pic de demanda
- Reduir la quantitat extra de potència renovable a instal·lar per compensar la variabilitat de les renovables. Permet guardar energia quan se'n produeix més i usar-la quan es requereixi.
- L'emmagatzematge energètic és imprescindible pel desenvolupament del SmartGrid* o xarxa intel·ligent. És aquella que pot integrar de forma eficient el comportament de les accions de tots els usuaris connectats a ella, de tal forma que s'asseguri un sistema energètic sostenible i eficient, amb baixes pèrdues i alts nivells de qualitat i seguretat de subministrament.

Amb un emmagatzematge eficient de l'energia no caldria parar la producció si en algun moment ens trobem amb un gran excedent d'energia, per tant seria possible recuperar l'energia generada per tal d'usar-la quan es produeix algun pic de demanda.

Emmagatzemar l'impossible

L'energia elèctrica no es pot emmagatzemar com a tal. En realitat és necessari transformar-la en altres tipus, com l'energia mecànica o la química, per les que és viable un emmagatzament. Actualment alguns dels recursos d'emmagatzematge que s'usen són:

- Bombeig d'aigua a cotes més elevades. D'aquesta manera emmagatzemar l'energia en forma d'energia potencial.
- Compensació d'aire en tanks subterranis*. D'aquesta manera convertim l'energia elèctrica en energia tèrmica i mecànica.
- Ús de volants d'inèrcia* que transformen energia elèctrica en energia cinètica al fer moure un pesat volant al voltant d'un eix.
- Acomuladors electroquímics: bateries, bateries de flux*, bateries liti-sulfur*. Aquestes últimes encara estan en desenvolupament tot hi que ja s'han usat en alguns projectes. Es pensa que substituiran a les bateries de liti. A Espanya s'han fet projectes com Almacena* per potenciar aquest emmagatzematge.
- Mètodes Tèrmics*: Ús de tancs amb líquids, sals foses, emmagatzematge de calor a partir de roques calentes...
- Tecnologia V2G* (Vehicle-To-Grid): Consisteix en usar un parc de vehicles elèctrics com un emmagatzematge distribuït per al que es pagaria al propietari de cada vehicle.

De tots els mètodes d'emmagatzematge anteriors ens centrarem en aquells que estan més relacionats amb components electrònics, i que per tant puguem fer un seguiment d'aquests amb dispositius de IoT com ara les diferents bateries o bé la tecnologia V2G.

Ontologies a reutilitzar

Al construir una ontologia cal fer un anàlisi previ de possibles ontologies a reutilitzar. Després de buscar varies ontologies relacionades amb *Edge Computing*, *Internet of Things*, Bateries, Sensors, i altres components s'ha vist que totes elles estaven enfocades a altres usos i per tant no es podien usar completament. Tot hi així s'ha pogut agafar idees i crear l'ontologia a partir de treball ja fet, cosa que simplifica molt la feina.

La ontologia que més ha servit de referència és:

- **IoT Lite:** <https://www.w3.org/Submission/2015/SUBM-iot-lite-20151126/>

Casos d'ús

Aquest treball es basa en el desenvolupament d'una Ontologia per a millorar l'estalvi i l'eficiència energètica. S'enfoca sobretot a millorar l'eficiència de la xarxa elèctrica tenint en compte que les necessitats de consum varien d'un dia per un altre i també durant diferents hores del dia. A part el preu de l'energia depèn de la demanda*, fent que una càrrega intel·ligent ens pugui ser molt beneficiosa a la llarga. La intenció és crear una ontologia que gestioni les càrregues de les bateries que pertanyen al sistema de forma eficient. L'eficiència s'aconsegueix fent un estudi de les nostres necessitats i veient quin és el moment òptim per a carregar o bé descarregar un sistema de bateries per tal de suavitzar els pics de demanda i a l'hora aconseguir un preu que ens beneficiï. El sistema ha de conèixer quantes bateries disponibles hi ha i quin ús en pot fer per tal d'establir el moment de càrrega més adequat dins del rang de disponibilitat. Amb un sistema de poques bateries no es mitigarien gens els pics de demanda de la xarxa però si s'aconsegueix que hi haguessin prous usuaris el canvi podria ser radical.

Farem un estudi dels elements que intervindran en el sistema per als diferents nivells. Aquests ens proporcionaran diverses dades, per tant els podem considerar les diverses fonts de coneixement en cada nivell:

Nivell Usuari:

S'usa la informació que ens proporcionen els **dispositius d'usuari** com per exemple els mòbils que tenen instal·lada la app on s'introdueixen les dades. Amb aquests podrem obtenir informació de quina disponibilitat i característiques tindrem de les bateries d'un cert usuari, també interessa saber on estan ubicades per tal de mitigar les demandes energètiques d'una zona determinada. L'usuari també haurà de determinar quin grau de risc vol assumir en la descàrrega de la bateria, és a dir, fins a quin nivell és descarregarà aquesta, ja que si l'usuari vol que es pugui descarregar del tot, pot ser que tingui un imprevist i hagi d'usar la

bateria quan està gens o molt poc carregada. A més seria bo que l'usuari indiqués quan es pot passar dels límits recomanats de càrrega de les bateries, ja que no recomanen que baixi del 15% ni que superi el 85% a no ser que es necessiti.

Per exemple, si un usuari que té un cotxe elèctric, i usa el nostre sistema, ens informará de quan ha de fer ús d'aquest per tal de carregar la bateria en el moment òptim. Fins hi tot, si hi ha més d'un moment òptim, amb prou separació temporal, es podria carregar i descarregar la bateria (si el hardware permet tornar l'energia a la xarxa) per tal de fer una implementació de V2G, i ,que la propia bateria del cotxe, servís per emmagatzemar energia de la xarxa per tal d'usarla quan hi hagués un pic de demanda a la zona on s'ubica. Aquesta idea es pot aplicar a qualsevol tipus de bateria que consti en el sistema. El sistema haurà de tenir en compte quin tipus de bateria és, ja que ,per exemple, no pot deixar una bateria d'un cotxe descarregada totalment ja que si l'usuari té un imprevist ha de poder fer un ús mínim del cotxe, aquí hi entrarà el risc. Per últim l'usuari podrà veure, des de l'aplicació, l'estat de càrrega de les bateries i les decisions que prendrà el sistema. Per exemple si la càrrega està programada per executar-se a les 2 de la matinada l'usuari ho podrà veure i modificar la programació de càrrega si així ho prefereix.

- Font de coneixement : Smartphone, tablet o similars.
- Informació: disponibilitat i característiques de la bateria, risc, salut i ubicació.

Nivell Edge

S'usa la informació que ens proporcionaran els **sensors de càrrega**. Entre aquesta informació hi trobarem: si la bateria està connectada o no, l'estat de càrrega de la bateria , la fiabilitat del sensor, l'hora i data, i l'ubicació d'aquest i les característiques de la xarxa on està connectat. Es rep altre cop la ubicació per comprobar que concorda amb la proporcionada per l'usuari. Aquests sensors es connecten als ordinadors urbans per tal de transmetre la informació.

La feina d'aquests sensors serà executar la càrrega en el moment que se li indiqui des del nivell *Cloud*. El sensor estarà connectat a la xarxa elèctrica per un cantó i a la bateria per l'altre, per tant, per a què es comenci a carregar o descarregar la bateria només haurà de deixar passar l'electricitat cap a la bateria o cap a la xarxa. Aquest sensor haurà de tenir els recursos hardware suficients per poder usar els protocols de comunicació corresponents i a l'hora adaptar-se a la velocitat de càrrega de cada bateria per tal de no fer-la malbé.

- Font de coneixement : Sensors de càrrega.
- Informació: ubicació, temps, reputació del sensor i característiques de la xarxa.

Nivell Cloud

En aquest nivell és on hi ha més de joc, es pot crear una infraestructura centralitzada que planifica les càrregues i descàrregues de manera molt simple, tal i com ho faria un humà que entengués una mica del tema, o és pot usar *BigData** i *Machine Learning** per fer pronòstics a més llarg plaç que, fets per humans, serien impossibles. Pot combinar tots aquests pronòstics amb la previsió de generació d'energia, és a dir, si preveu que en uns

dies es produirà molta energia de fonts renovables, començarà a buidar les bateries per tal de que quan hi hagi més producció que demanda, el sistema tingui la capacitat d'absorbir l'excedent d'energia generada. Tot això tenint en compte la ubicació.

El sistema pot anar aprenent amb el temps i a mesura que va rebent més i més dades podrà fer prediccions de la demanda energètica més acurats ja que tampoc és algo que varia massa d'un dia per l'altre. De fet el consum energètic en situació normal casi sempre segueix les mateixes pautes: per la nit es consumeix menys que durant el dia tot hi així les variacions entre les diferents hores del dia si que son importants. Fins i tot es poden agafar les dades que proporciona la web de la Red Electrica de España <https://www.ree.es/es/datos/aldia>, que son molt acurades, i usarles al nostre sistema. Podem agafar les dades de la seva API <https://www.ree.es/es/apidatos>.

El nivell *Cloud* serà l'encarregat d'enviar les previsions de càrrega i descàrrega per a cada sensor. Tindrà en compte el nivell de càrrega de les bateries i on s'ubiquen. Com que estarà informat sobre la demanda de la xarxa, podrà preveure els pics i descarregar les bateries que ja hauria carregat prèviament, sempre i quan estiguin disponibles per poder-les carregar més tard.

A més a més haurà de tenir en compte les característiques de les bateries per a cuidar la seva salut. Per exemple en una bateria de liti no és bo que la càrrega se situï en el extrems , és a dir , a menys d'un 15% de càrrega i a més d'un 85% de càrrega. Per tant no passarà d'aquests a no ser que l'usuari així ho indiqui.

Aquí també hi entra el factor de risc en la descàrrega, que ens haurà proporcionat l'usuari, per tant descarregarem la bateria fins al punt indicat per aquest.

- Font de Coneixement: previsions de demanda i generació d'energia (API), tots els sensors i bateries
- Informació: estat i previsió de la demanda i generació d'energia elèctrica, previsió de càrrega i descàrrega, estat i ubicació de la xarxa de bateries del sistema.

Algunes qüestions a tenir en compte

- Com es determinarà quan s'ha de carregar una bateria?
La resposta és senzilla, s'avaluarà la disponibilitat d'aquesta, a partir de les característiques de la bateria es calcularà el temps que tarda en carregar-se fins al nivell indicat per l'usuari. S'establirà un rang temporal en que la bateria pot ser carregada; aquest rang va des del moment en que la bateria està disponible fins al moment en que s'ha de fer ús d'ella restant el temps que triga en carregar-se i potser un marge de seguretat. D'aquesta manera s'evitaràn sorpreses quan s'hagin d'usar les bateries.
- Com determinarem quan s'ha de descarregar una bateria?
Per tal de decidir si una bateria s'ha de descarregar el sistema s'ha de fixar en la disponibilitat d'aquesta, el nivell de càrrega, l'ubicació i la demanda en aquella ubicació. La disponibilitat és important ja que no té cap sentit descarregar una

bateria que s'ha d'usar en poc temps. El nivell de càrrega ens informara si realment es pot descarregar aquella bateria, tenint en compte la salut de la bateria i el risc de descàrrega assumit per l'usuari. La ubicació i la demanda en aquesta, són aspectes claus per a que tot el sistema funcioni ja que no té sentit descarregar una bateria a Barcelona quan l'energia es necessita a Madrid. Només amb l'efecte Joule* que es produiria en el transport ja perdrem tot el benefici que aporta la ontologia.

- Com es faràn les previsions?

Podem agafar la informació que ens proporciona la API de la Red Elèctrica Espanyola o bé dissenyar els nostres models a partir de la ubicació i les dades proporcionades per sensors, models meteorològics (per la generació d'energia) i altres factors. Personalment em decanto per fer ús de la API ja que la informació que proporcionen és molt acurada i fiable.

Ontologia



En aquesta ontologia s'han intentat reflectir tots els elements de la nostra xarxa. El que he fet és definir una classe genèrica Network que engloba totes les altres i que representa la xarxa d'Edge Computing. Entre les altres grans classes hi trobem:

- **System:** Classe que representa el conjunt del sistema. Dins d'aquesta trobem 3 subclasses que representen cadascun dels nivells de la computació distribuïda.

- **CloudDevices:** Engloba tots els servidors de *Cloud* integrats en el nostre sistema.
 - **EdgeDevices:** Conté tots els dispositius del nivell Edge, bàsicament els sensors que estan connectats a les bateries i proporcionen informació d'aquestes. A part tindrà la planificació de càrrega de la bateria a la qual està connectada.
 - **UserDevieces:** Aquesta classe representa el conjunt dels dispositius d'usuari. Aquests seràn bàsicament mòbils, tauletes i ordinadors. Els dispositius envien la ubicació de la bateria que haurà proporcionat l'usuari per comparar-la amb la del sensor. També tindrà els paràmetres introduïts per l'usuari que modificaran la planificació de càrrega i descàrrega com ara el risc o l'interval de disponibilitat
- **Methods:** Contindrà els mètodes que usará el sistema. Bàsicament mètodes per enviar, rebre o computar dades
 - **Location:** Aquesta fa referència a una ubicació. Com a subclasses té la latitud i la longitud de la ubicació.
 - **Battery:** Com el seu nom indica, aquesta classe fa referència a les bateries del sistema. Com a subclasse té els atributs de la bateria. Entre aquests hi trobem:
 - **BatterySpecificationsAttribute:** Subclasse que conté la capacitat de les bateries, la velocitat de càrrega i el nivell de salut d'aquestes.
 - **BatteryChargeStateAttribute:** Subclasse que contindrà el nivell de càrrega de la bateria.
 - **BatteryRiskAttribute:** Contindrà el risc de descàrrega que haurà introduït l'usuari per a una bateria concreta.
 - **TimeAttribute:** Enregistra el temps
 - **BatteryIntervalAttribute:** Conté informació de l'interval de disponibilitat. Conté dos subclasses: lowValue que conté la data i hora d'inici de la disponibilitat de la bateria i highValue que conté la data i hora final de la disponibilitat d'aquesta.

L'ontologia completa es pot trobar en l'arxiu "practica2Ontologia.owl". Conté algunes intàncies per simular un cas real.

Biografia

Enllaços amb documentació Protégé:

- https://protegewiki.stanford.edu/wiki/Importing_Ontologies_in_P41
- <https://protegewiki.stanford.edu/wiki/Protege4Pizzas10Minutes>
- http://mowl-power.cs.man.ac.uk/protegeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4_v1_3.pdf
- https://cgi.csc.liv.ac.uk/~frank/teaching/comp08/protege_tutorial.pdf
- <https://www.slideshare.net/comerciodeportugal/protege-tutorial>

- <https://www.youtube.com/watch?v=8Nf2xf5akoM&t=227s>
- https://www.youtube.com/watch?v=g5IGHpCSlow&list=PLea0WJq13cnAfCC0azrCyquCN_tPelJN1&index=2

Enllaços Edge Computing i relacionats:

- <https://www.redhat.com/es/topics/edge-computing/what-is-edge-computing>
- <https://www.xataka.com/internet-of-things/edge-computing-que-es-y-por-que-hay-gen-te-que-piensa-que-es-el-futuro>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Edge_computing
- <https://wattio.com/es/blog/que-es-el-fog-computing-/29>
- <https://www.networkworld.com/article/3243111/what-is-fog-computing-connecting-the-cloud-to-things.html>
- <https://www.ibm.com/cloud/blog/architecting-at-the-edge>
- https://www.researchgate.net/publication/339225048_Fog_and_Edge_Computing
- https://www.researchgate.net/publication/340708757_Edge_Computing_in_IoT
- https://www.researchgate.net/publication/339754873_Edge_Computing
- <https://www.w3.org/Submission/2015/SUBM-iot-lite-20151126/>
-

Annex amb conceptes d'interès

Per a més informació consultar els següents enllaços:

- **Cloud Computing:** <https://www.salesforce.com/mx/cloud-computing/>
- **Internet of things:** https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas
- **Edge Clouds:** <https://www.infradata.com/resources/what-is-edge-cloud/>
- **Distribució i emmagatzematge de les dades Edge:**
<https://techbeacon.com/enterprise-it/data-management-edge-time-get-partitioning>
- **Machine to machine:** https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_to_machine
- **Seguretat Edge Computing:**
<https://www.identitymanagementinstitute.org/edge-computing-security-and-challenges/>
- **Complexitat Edge Computing:**
<https://www.networkworld.com/article/3305776/cutting-complexity-at-the-edge.html>
- **Server rack:**
<https://community.fs.com/blog/different-types-of-server-rack-used-in-data-center.html>

- Calculadora de consum energètic en un Server rack:
<https://www.racksolutions.com/news/blog/server-rack-power-consumption-calculator/>
- Dispositius de vora o Edge Devices: https://en.wikipedia.org/wiki/Edge_device
- Fog Computing:
<https://www.networkworld.com/article/3243111/what-is-fog-computing-connecting-the-cloud-to-things.html>
- Arquitectura del Edge:
<https://www.ibm.com/cloud/blog/architecting-at-the-edge>
- Architectures IaaS, PaaS i SaaS:
<https://www.ibm.com/cloud/learn/iaas-paas-saas>
- SmartGrid:
<https://www.ree.es/es/red21/redes-inteligentes/que-son-las-smartgrid>
- Enmagatzematge d'energia d'aire comprimit:
https://es.wikipedia.org/wiki/Almacenamiento_de_energ%C3%ADa_de_aire_comprimido
- Enmagatzematge d'energia per volants d'inèrcia:
<https://twenergy.com/eficiencia-energetica/almacenamiento-de-energia/funcionamiento-del-volante-de-inercia-como-sistema-de-almacenamiento-de-energia-por-volante-de-inercia-2061/>
- Bateria de Flux: https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_battery
- Bateria de liti-sulfur:
https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium%E2%80%93sulfur_battery
- Projecte Almacena:
<https://www.ree.es/es/sostenibilidad/proyectos-destacados/proyectos-de-idi-de-contribucion-al-negocio/proyecto-almacena>
- Mètodes tèrmics per enmagatzemar energia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_energy_storage
- Tecnologia V2G: <https://es.wikipedia.org/wiki/V2G>
- Variació del preu de la llum durant un dia:
<https://comparadorluz.com/tarifas/precio-kwh> <https://tarifaluzhora.es/>
- BigData: <https://es.wikipedia.org/wiki/Macrodatos>
- Machine Learning: <https://www.apd.es/que-es-machine-learning/>
- API:
<https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>
- API Red Elèctrica Espanyola: <https://www.ree.es/es/apidatos>
- Efecte Joule: https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Joule