Universitat Autònoma de Barcelona

Dipòsit digital de documents de la UAB

This is the **published version** of the bachelor thesis:

Rodríguez Lanceta, Álvaro; Franco Puntes, Daniel, dir. Anàlisi i visualització de dades del panel de generació solar. 2023. (Enginyeria de Dades)

This version is available at https://ddd.uab.cat/record/281372

under the terms of the  license

# Anàlisi i visualització de dades del panel de generació solar

Álvaro Rodríguez Lanceta

**Resum**— La UAB com a universitat que ha obtingut la posició 62 del món en impacte ambiental en la primera edició dels QS World University Rankings: Sustainability 2023[1], i el primer lloc entre totes les universitats del país en l'àmbit d'investigació sostenible m'ha proposat com a Treball de Final de Grau monitorar la producció de les plaques fotovoltaiques instal·lades a l'escola d'Enginyeria i la seva relació amb el consum de la facultat. L'objectiu és conscienciar a l'alumnat i docents sobre l'ús responsable i eficient de l'energia per a la sostenibilitat. Les dades seran recollides i analitzades periòdicament a través d'un inversor Huawei, i es crearà un model predictiu de la producció d'energia. El monitoratge de les dades ajudarà a prendre decisions futures, que ajudin a mantenir la UAB en posicions altes del rànquing, mostrant així el nostre compromís amb la cura del medi ambient.

**Paraules clau**— Plaques fotovoltaiques, sostenibilitat, monitoratge, model predictiu, dashboard, efecte fotovoltaic, inversor, tendències climàtiques, Python, R, anàlisis de dades, visualització de dades, aprenentatge automàtic, en temps real.

**Abstract**— UAB, as a university that has achieved the 62nd position globally in environmental impact in the first edition of the QS World University Rankings: Sustainability 2023[1], and the first place among all the universities in the country in the field of sustainable research, has proposed me to monitor the production of the photovoltaic panels installed at the School of Engineering and their relationship with the faculty's consumption for my Final Degree Project. The goal is to raise awareness among students and teachers about the responsible and efficient use of energy for sustainability. The data will be collected and analyzed periodically through a Huawei inverter, and a predictive model of energy production will be created. The monitoring of the data will help make future decisions that help maintain UAB in high rankings, thus showing our commitment to caring for the environment.

**Index Terms**— Photovoltaic panels, sustainability, monitoring, predictive model, dashboard, photovoltaic effect, inverter, climate trends, Python, R, data analysis, data visualization, machine learning, in real-time.

## 1 Introducció - Context del treball

Com és ben sabut, en els últims anys s'ha fet, a escala mundial, un gran èmfasi a la cura del medi ambient, motivat per una por racional a un canvi climàtic irreversible. És per això, que com a universitat *verda* i com a institució compromesa amb el desenvolupament sostenible, la Universitat Autònoma de Barcelona, m'ha proposat com a Treball de Final de Grau monitorar la producció de les plaques fotovoltaiques instal·lades a l'escola d'Enginyeria.

Les dades, expressades en quilowatts per hora, seran recollides periòdicament a través de l'inversor Huawei i seran analitzades utilitzant llenguatges de programació com Python o R. Així mateix, es realitzarà una visualització clara i comprensible dels resultats a través de gràfics i altres eines de representació de dades.

A més, un afegit del projecte consistirà en la creació d'un model predictiu de la producció d'energia a partir de dades recollides. Això permetrà preveure la quantitat d'energia que es produirà en un període determinat, i serà una eina important per a la gestió eficient de l'energia i la sostenibilitat.

El monitoratge de les dades recollides de les plaques fotovoltaiques és crucial per prendre decisions futures sobre l'optimització del sistema. A través de l'anàlisi d'aquestes dades, es pot determinar la quantitat d'energia generada i consumida en diferents moments del dia i de l'any, la qual cosa permet als responsables de la gestió energètica prendre decisions informades sobre la millora de l'eficiència del sistema.

Una de les decisions que es pot prendre a partir de l'anàlisi és la instal·lació de bateries d'emmagatzematge per aprofitar l'energia generada que no ha estat consumida. Això pot ser particularment útil durant períodes de baixa demanda, com els caps de setmana o dies festius, en què la generació d'energia solar pot ser més elevada que el consum. D'aquesta manera, es pot emmagatzemar l'excés d'energia per ser utilitzat en moments en què la generació no sigui suficient per cobrir la demanda.

A més, a través de la predicció de la producció, es poden oferir serveis a projectes que necessitin energia, ja que es pot determinar la quantitat d'aquesta que es pot generar i distribuir-la.

## 2 OBJECTIUS

Com a executor d'aquesta proposta els meus objectius són clars i concisos:

- Conscienciar a la comunitat de l'escola d'Enginyeria sobre el cost de produir energia i promoure l'ús responsable i eficient de l'energia per a la sostenibilitat. Mitjançant una interfície en temps real per a monitoritzar la producció d'energia solar.

- Proporcionar informació addicional que permeti prendre decisions futures en l'àmbit de la sostenibilitat de la Universitat Autònoma de Barcelona i avaluar possibles opcions de gestió i administració de l'energia. Implementant models predictius de producció d'energia basats en dades històriques.

## 3 CONCEPTES CLAU

- Energia solar fotovoltaica: font d'energia renovable que aprofita la radiació solar per generar electricitat a través de l'efecte fotovoltaic.
- Efecte fotovoltaic: fenomen físic mitjançant el qual els materials semiconductors absorbeixen la radiació solar i generen un corrent elèctric a través del moviment d'electrons en el material.
- Tendències climàtiques: Són patrons previsibles en les condicions meteorològiques que es produeixen al llarg d'un període de temps determinat.
- Inversor: dispositiu que converteix el corrent continu (DC) generada per les cel·les fotovoltaiques en corrent altern (AC) que pot ser utilitzada en una xarxa elèctrica o en una instal·lació. Els inversors també poden controlar i monitorar la producció d'energia solar i proporcionar informació útil per a l'anàlisi i l'optimització del sistema d'energia fotovoltaica.
- Predictor: model o sistema que es fa servir per predir un resultat o una tendència futura, en aquest cas, la producció d'energia solar.
- Model LSTM (Long Short-Term Memory): variant de xarxa neuronal recurrent que es fa servir en l'aprenentatge profund i que és capaç de aprendre dependències a llarg termini.
- Llenguatge de programació Python: llenguatge de programació de propòsit general que es destaca per la seva llegibilitat i facilitat d'ús.
- Software de projecció Difon: programa informàtic utilitzat a la Facultat d'Enginyeria.
- Dashboard: eina de visualització de dades que proporciona una vista instantània de mesures i rendiments clau en un sol lloc.
- Pantalles OLED: pantalles que utilitzen diodes orgànics que emeten llum per crear una imatge. Són conegudes per la seva eficiència energètica i la seva capacitat per produir colors més vius i negres més profunds.

## 4 ESTAT DE L'ART

L'energia solar fotovoltaica és una font renovable que aprofita la radiació solar per generar electricitat mitjançant l'efecte fotovoltaic. Per optimitzar el rendiment i l'eficiència de les instal·lacions solars fotovoltaiques, és important comptar amb eines que permetin monitorar i controlar la producció i el consum d'energia elèctrica en temps real.

Hi ha diverses aplicacions o programes que faciliten la visualització i l'anàlisi de les dades relatives a la producció d'energia dels panells fotovoltaics i els seus inversors. Aquestes eines poden estar dirigides tant a professionals com a particulars, i poden oferir diferents funcionalitats segons les necessitats i objectius de cada usuari.

Entre les apps o programes més destacats es troben els següents:

- SolarEdge Monitoring[2]: Aquesta aplicació està dissenyada per monitorar diverses instal·lacions fotovoltaiques, amb un enfocament principal en professionals. Permet recopilar informació sobre la producció d'energia, el rendiment dels panells solars i els inversors, així com la qualitat de l'energia produïda. A més, permet detectar i solucionar possibles falles o anomalies en el sistema.




Figura 1.
Captura de pantalla de l'aplicació SolarEdge Monitoring

- PVsyst[3]: Aquest és un programa de simulació de sistemes solars fotovoltaics. Permet elaborar una anàlisi detallada del comportament del sistema

sota diferents condicions climàtiques i geogràfiques, així com avaluar la seva rendibilitat econòmica. Està orientat a professionals que volen realitzar estudis avançats sobre projectes solars fotovoltaics.

- Otovo App[4]: Aquesta és una aplicació per a panells solars que permet fer un seguiment de la producció d'energia solar per a l'autoconsum. Ofereix informació sobre la quantitat d'energia produïda pels panells, el percentatge que es consumeix a casa i el que es vessa a la xarxa elèctrica, així com els diners estalviats gràcies a l'autoconsum. Està dissenyada per a particulars que volen conèixer l'impacte ambiental i econòmic de la seva instal·lació solar.

També cal mencionar la pròpia app dels inversos Huawei, Huawei FusionSolar[5], la qual permet gestionar i monitorar les instal·lacions solars fotovoltaiques que utilitzen els inversors intel·ligents de Huawei. Ofereix informació sobre la producció i el consum d'energia, l'estat i el rendiment dels equips, i les alertes i notificacions en cas d'incidències. Està dirigida tant a professionals com a particulars que volen optimitzar el seu sistema solar amb la tecnologia de Huawei.




Figura 2.
Captura de pantalla de l'aplicació Huawei FusionSolar

## 5 METODOLOGIA

La implementació del sistema de seguiment es durà a terme en quatre fases:

1. Recopilació de dades: per recollir dades de la producció d'energia es realitzarà una connexió amb els inversors Huawei instal·lats en les plaques fotovoltaiques de l'Escola d'Enginyeria a través de la seva API. La universitat em facilitarà l'accés a les dades de consum de la facultat.

2. Emmagatzematge de dades: es dissenyarà i s'implementarà una base de dades que permeti emmagatzemar i processar les dades recollides.

3. Gestió i anàlisi: es durà a terme mitjançant programari de codi obert com Python o R, que permetrà la gestió eficient i l'anàlisi de les dades.

4. Predictor: es realitzarà un model predictiu sobre la producció d'energia solar dels següents dies. Això es farà utilitzant diferents tècniques de modelització com regressors lineals, xarxes neuronals recurrents (RNN) o models de memòria a llarg termini (LSTM).

5. Desenvolupament de la visualització: es desenvoluparà un programa o web, utilitzant eines de software com Power BI o R Shiny, que permeti visualitzar la producció i el consum d'energia en temps real. Aquesta visualització es mostrarà en una pantalla ubicada a l'entrada principal de la universitat.

6. Verificació i validació: es verificarà i es validarà el sistema de seguiment per assegurar que les dades presentades a la pantalla siguin precises i actualitzades.

## 6 ACCÉS A LES DADES

La recollida de dades del inversor Huawei es realitzarà mitjançant l'ús de la pròpia aplicació de Huawei, la qual registra i emmagatzema les dades en temps real de forma fiable i eficaç.

A més a més, per a garantir la integritat i la privacitat de les dades, la universitat em proporcionarà un usuari amb permisos de lectura per accedir a les dades necessàries. Això em permetrà accedir als registres d'ús dels inversors, així com a altres dades relacionades, sense comprometre la seguretat dels sistemes.

## 7 DADES

Les dades recollides del inversor, un cop finalitzada la instal·lació dels panells solars de l'Escola d'Enginyeria, presentaran aquests atributs:

- Statistical Period: període de temps en què s'han recollit les dades, en format d'any-mes.
- Total String Capacity: capacitat total del sistema de panells solars en quilovats pico (kWp). És una mesura de la potència màxima que pot produir el sistema en condicions ideals.
- PV Yield: producció total d'energia elèctrica pels panells solars en quilovats-hora (kWh) durant el període de temps especificat.
- Inverter Yield: producció total d'energia elèctrica pels inversors del sistema en quilovats-hora (kWh) durant el període de temps especificat.
- Export: quantitat total d'energia elèctrica exportada a la xarxa durant el període de temps especificat en quilovats-hora (kWh).
- Specific Energy: producció específica d'energia elèctrica per quilovat pico (kWh/kWp) durant el període de temps especificat. És una mesura de l'eficiència del sistema de panells solars.
- Import: quantitat total d'energia elèctrica importada de la xarxa durant el període de temps especificat en quilovats-hora (kWh).
- Consumption: consum total d'energia elèctrica del sistema durant el període de temps especificat en quilovats-hora (kWh).
- Self-consumption: quantitat d'energia elèctrica produïda pel sistema de panells solars i consumida internament a la llar durant el període de temps especificat en quilovats-hora (kWh).
- Self-consumption Rate: percentatge de la producció d'energia elèctrica del sistema que es consumeix internament a la llar durant el període de temps especificat.
- Peak Power: potència màxima produïda pel sistema de panells solars durant el període de temps especificat en quilovats (kW).
- CO2 Avoided: quantitat de diòxid de carboni (CO2) que s'evita emetre a l'atmosfera durant el període de temps especificat en tones (t) gràcies a l'ús d'energia solar en lloc de combustibles fòssils.
- Standard Coal Saved: quantitat de carbó estàndard que es va estalviar durant el període de temps especificat en tones (t) gràcies a l'ús d'energia solar en lloc de combustibles fòssils.
- Revenue: ingressos generats per la producció d'energia elèctrica durant el període de temps especificat en euros (€).

És important destacar que aquestes dades no són les que s'han utilitzat per a la primera visualització ni per als primers intents del predictor. Tot i que són més semblants a les dades definitives, la mida de la mostra és molt reduïda.

## 8 PREDICTOR

### 8.1 Base de Dades

Per dur a terme el projecte, com no s'ha tingut accés a les dades del inversor degut a que la instal·lació dels panells fotovoltaics no s'ha realitzat en el temps previst, s'ha utilitzat una sèrie de bases de dades proporcionades per l'empresa Energies de Portugal (EDP) [6]. EDP és un grup internacional d'energia integrat verticalment i un dels majors operadors en el sector elèctric d'Europa. Té una presència significativa en el sector de les energies renovables, particularment en la producció d'energia solar.

S'han utilitzat bases de dades[7] de 2014 a 2017, les quals, contenen una sèrie de mesures relacionades amb el funcionament de dos conjunts de panells solars, identificats com 'A' i 'B', els paràmetres dels quals estan dividits en tres categories de configuració: Vertical, Òptima i Horitzontal. Per a cada una d'aquestes configuracions, es recullen dades sobre la tensió en corrent contínua (DC) en volts (V), intensitat en amperis (A), la potència en watts (W) i la temperatura en graus Celsius (ºC).

En el conjunt de dades, cada fila representa el registre per minut, representat en la columna 'Datetime'. Les altres dades representen les mesures dels paràmetres esmentats anteriorment per a les configuracions Vertical, Òptima i Horitzontal dels conjunts de panells solars 'A' i 'B'.

En el context del treball en qüestió, on l'objectiu principal és treballar amb la producció d'energia en kW/h d'un panell solar, és necessari simplificar el conjunt de dades per a centrar-se en les variables rellevants. En aquest cas, seria aconsellable conservar només la columna 'Datetime' i 'A_Optimal - Power DC [W]', ja que proporcionen la informació més directament rellevant per a l'anàlisi en qüestió. Això permetrà un enfocament més específic en l'anàlisi de la producció d'energia al llarg del temps per a la configuració de panell solar més eficient, que és la 'A_Optimal'.

Cal destacar que aquestes dades no estaven completes. Faltaven registres durant els minuts en què no hi havia producció, que corresponien principalment a les hores nocturnes. Per corregir aquesta omissió, s'han creat les files corresponents i establert la producció a zero en aquests casos.

No obstant això, hi havia altres dades que faltaven i que no corresponien a hores sense llum. En aquests casos, s'han afegit les files per als minuts faltants i imputat les dades de producció utilitzant la mitjana de la mateixa data i hora en la resta d'anys. Això proporciona una estimació raonable i permet mantenir la integritat de la base de dades per a l'anàlisi i la modelització.

Aquest treball s'ha realitzat amb les dades d'EDP perquè la instal·lació dels panells solars a la Facultat d'Enginyeria encara no s'ha completat i, per tant, no tenim accés a les

dades de producció de la mateixa. Tan bon punt aquestes dades estiguin disponibles, planejo fer un reentrenament del model amb les dades actualitzades a dates actuals degut a que durant el pas dels anys les tendències climatològiques poden variar, per tant, el predictor fet amb dades de 2014 a 2017 es quedaria desfasat.

## 8.2 Implementació i Explicació del Codi

Segons els coneixements adquirits al llarg de la carrera, s'ha decidit emprar xarxes neuronals recurrents[8] [9], específicament una LSTM.

Les xarxes neuronals recurrents (RNN) són particularment adequades per processar seqüències de dades, com ara les sèries temporals. Els LSTM (Long Short-Term Memory) són una variant de les RNN que manegen millor les dependències a llarg termini en les dades, cosa que les fa més adequades per predir tendències en la producció d'energia. Són capaces de recordar informació d'entrades anteriors en la seqüència i ajustar els seus pesos d'acord amb la importància d'aquesta informació en les prediccions futures, la qual cosa és especialment útil en el cas de la producció d'energia solar, que pot dependre de tendències i patrons estacionals i diaris.

Realitzem un remostreig de les dades per hora, sumant la producció d'energia en cada hora. Això es deu al fet que l'objectiu final del predictor és proporcionar un gràfic amb la predicció de producció per hora de tot un dia. Atès que les fluctuacions minut a minut poden ser més difícils de predir i poden afegir soroll al model, és preferible treballar amb dades per hora per a aquest propòsit.

El LSTM s'entrenarà amb finestres de 168 hores, és a dir, predirà la producció horària de tot un dia tenint en compte la producció horària de la setmana anterior. Aquest enfocament reconeix que les condicions que afecten la producció d'energia poden tenir patrons setmanals (com ara els patrons de clima) i permet al model capturar aquestes dependències temporals.

Construïm un model LSTM amb una arquitectura específica. Utilitzem una capa LSTM amb 100 unitats seguida d'una capa densa amb una única unitat.

La capa LSTM es configura amb 100 unitats per proporcionar suficient capacitat d'aprenentatge al model. Això significa que la capa LSTM manté 100 estats ocults diferents, que són capaços de "recordar" i aprendre de 100 diferents formes de seqüències temporals, la qual cosa és adequat per a les nostres dades.

A continuació, afegim una capa densa amb una sola unitat. Aquesta capa s'encarrega de convertir la informació codificada per la capa LSTM en una única predicció, que és el nostre valor de producció d'energia solar.

Utilitzem la funció de pèrdua de l'error quadràtic mitjà perquè és una opció comú per a problemes de regressió com aquest, on volem minimitzar la diferència al quadrat entre les prediccions i els valors reals.

L'optimitzador utilitzat és Adam, que és un algoritme d'optimització popular perquè ajusta dinàmicament la taxa d'aprenentatge durant l'entrenament, la qual cosa tendeix a resultar en un millor rendiment i convergència més ràpida.

Finalment, després de realitzar les prediccions, invertim la transformació perquè les prediccions i els valors reals estiguin a l'escala original. Això facilita la interpretació dels resultats, ja que estan en la mateixa unitat que les dades originals.

## 8.3 Resultats

En analitzar les mètriques obtingudes, podem extreure diverses resultats clau sobre el rendiment del nostre model:

Coeficient de Determinació ($R^2$): Els valors de $R^2$ al conjunt d'entrenament i prova són respectivament 0.9678 i 0.9822. El valor de $R^2$ oscil·la entre 0 i 1 i representa la proporció de la variància total de la variable explicada pel model. Un valor de $R^2$ més proper a 1 indica que el model pot explicar una gran quantitat de la variació en les dades de sortida. En aquest cas, tant en el conjunt d'entrenament com en el de prova, el $R^2$ és força alt (més del 96% i 98% respectivament), la qual cosa indica que el nostre model pot explicar la majoria de la variació en les dades.

A més, en visualitzar un gràfic de la producció horària d'un dia del conjunt de prova, es pot observar que el model és capaç de predir amb una precisió raonablement alta la quantitat d'energia que es produirà al llarg de les hores. Les prediccions del model segueixen de prop la tendència i el patró general de les dades reals, la qual cosa indica que el model ha après de manera efectiva els patrons subjacents en les dades d'entrenament.

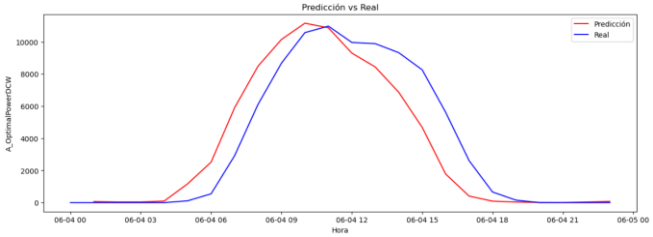



Figura 3.
Comparativa dels valors reals amb els valors predits el 2017-06-04.

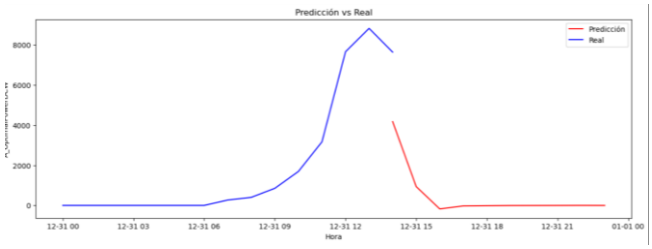



Figura 4.
Visualització de la predicció de la energia generada el 2017-12-31 a partir de les 14:00.

Aquests resultats són prometedors i suggereixen que el nostre model LSTM és efectiu per predir la producció horària d'energia solar basant-se en les dades històriques. No obstant això, també és important recalcar que el rendiment futur del model pot variar i que sempre és útil continuar monitoritzant i ajustant el model segons sigui necessari, per exemple, afegir periòdicament els nous enregistraments al conjunt de test. Com a possible millora es podria fer ús de les prediccions meteorològiques de l'API del Meteocat, la qual en faré una menció més endavant.

## 9 DASHBOARD

Aquest projecte té com a objectiu la implementació d'una aplicació que mostrarà un dashboard amb gràfiques basades en la base de dades esmentada prèviament.

### 9.1 Requeriments

Des de gestió acadèmica s'ha indicat que per a poder mostrar diapositives en pantalla, és necessari pujar-les a un programa anomenat Difon. Aquest programa accepta diversos tipus d'arxius (imatge, vídeo, lloc web, etc.), segons el manual proporcionat per gestió acadèmica. Si la diapositiva prové d'un lloc web, aquest ha de tenir una capçalera específica, "X-Frame-Options", que s'utilitza per a controlar com es pot carregar un lloc web dins d'un marc o iframe en un altre lloc web. En aquest cas, el valor ha de ser "ALLOW-FROM https://pantalles.uab.cat".

És per això, que el Dashboard s'implementa amb el objectiu de complir aquests requisits. Com a primera opció es crea una app de Dash a Python, la qual s'executa en local com a html. Com a segona opció s'implementarà un procés automàtic de captura de pantalla, per tal de pujades a la plataforma Difon com a PNG.

### 9.2 MeteoCat

Després de superar certs obstacles administratius, es va obtenir el permís per accedir a l'API de MeteoCat[10] proporcionada per la Generalitat de Catalunya. Aquesta font permet incloure al dashboard una taula que mostra la informació meteorològica corresponent a cada hora del dia en curs. Les dades que es presenten inclouen l'estat del cel, la temperatura ambient, la quantitat de precipitació i la velocitat del vent.

L'accés a la API del Meteocat té un màxim de consultes per accedir a la seva informació. En el nostre cas, es de 100 crides. Per tant, seria necessari, un cop acabat el projecte, la creació d'un compte nou per tal de poder continuar accedint a la API i arribar a un acord per no haver d'anar fent peticions d'àmpliament cada cert temps.

### 9.3 Components del Dashboard

El dashboard es compon de diverses seccions cadascuna amb una funció específica:

- Taula MeteoCat: Aquí es presenten les dades meteorològiques proporcionades per l'API de MeteoCat. Aquestes dades s'actualitzen cada hora i ofereixen informació rellevant sobre l'estat del cel, la temperatura ambient, la quantitat de precipitació i la velocitat del vent.

- Gràfic de producció: Aquest gràfic il·lustra de manera eficaç la producció energètica generada fins al moment actual i proporciona una predicció per la resta del dia.

- Mapa d'ubicació: Aquest mapa, obtingut a través de l'API de Mapbox[11], indica la ubicació de les plaques solars que estem monitorant. Mapbox és una plataforma de mapes i ubicació per a desenvolupadors. Per tenir accés a l'API de Mapbox, s'ha creat un compte que proporciona un token únic. Aquest token és el que permet l'accés als serveis de Mapbox i la visualització del mapa en el nostre dashboard.

- Imatge de les plaques solars[12]: La imatge de les plaques solars ofereix una visió tangible de què s'està monitorant, ajudant als usuaris a comprendre ràpidament de què es tracta la projecció.

### 9.4 OLED

Les pantalles OLED[14], que són l'abreviatura de "Organic Light Emitting Diode" o "Díode Orgànic d'Emissió de Llum" en català, representen una innovació significativa en la tecnologia de visualització. A diferència de les pantalles LCD tradicionals, que necessiten una font de llum de fons per il·luminar els píxels en la pantalla, cada píxel en una pantalla OLED produeix la seva pròpia llum. Això s'aconsegueix mitjançant una capa de compostos orgànics que emeten llum quan se'ls aplica electricitat.

El principal avantatge energètic de les pantalles OLED en relació amb la nostra elecció del color de fons negre rau en

la forma en què aquestes pantalles manegen el color negre. Quan un píxel OLED ha de mostrar el negre, simplement s'apaga. En altres paraules, no consumeix energia. Per tant, com més negre es mostra en aquest tipus de pantalla, menys energia es consumeix. Per això, al utilitzar un fons negre en el nostre dashboard, estem optimitzant el consum d'energia.

Així, aquesta elecció del color de fons s'alinea perfectament amb el nostre objectiu de promoure la consciència sobre l'ús responsable de l'energia. A través d'aquest petit canvi en el disseny, esperem fomentar pràctiques més sostenibles i respectuoses amb el medi ambient en l'ús de la tecnologia.

### 9.5 Mode Fosc i Mode Clar

S'han desenvolupat dues versions de l'interfície, una amb mode fosc i l'altra amb mode clar. Aquestes versions han estat desenvolupades amb la llibreria Dash de Python.

El mode fosc, presentat a la figura 5, ha estat creat especialment per a pantalles OLED, aprofitant l'eficiència energètica que aquestes pantalles ofereixen quan es visualitza el color negre. Com s'ha explicat a l'apartat anterior, en una pantalla OLED, quan un píxel ha de mostrar el color negre, simplement s'apaga, i per tant, no consumeix energia. Això significa que en utilitzar un fons negre en el dashboard, s'optimitza el consum d'energia. La nostra elecció d'aquest mode de color està en línia amb l'objectiu del projecte de promoure un ús més responsable de l'energia.

D'altra banda, s'ha creat també una versió en mode clar del dashboard, presentada a la figura 6. Aquesta versió proporciona una alternativa per als usuaris que no disposen de pantalles OLED, o prefereixen una estètica diferent per a la visualització de dades.

En resum, les dues versions del dashboard proporcionen una plataforma útil i versàtil per a la visualització de dades de generació solar, tot donant suport al nostre objectiu de promoure l'ús responsable de l'energia.

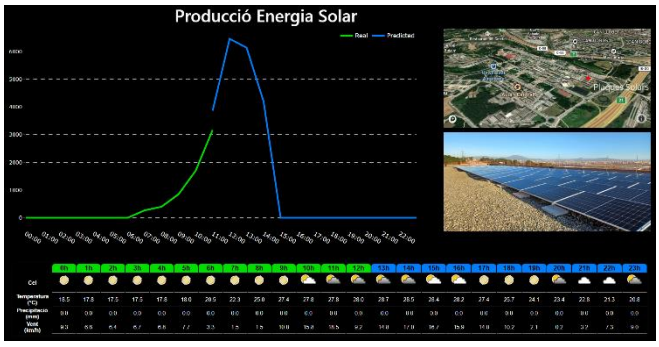



Figura 5.
Captura de pantalla del Dashboard en Mode Fosc

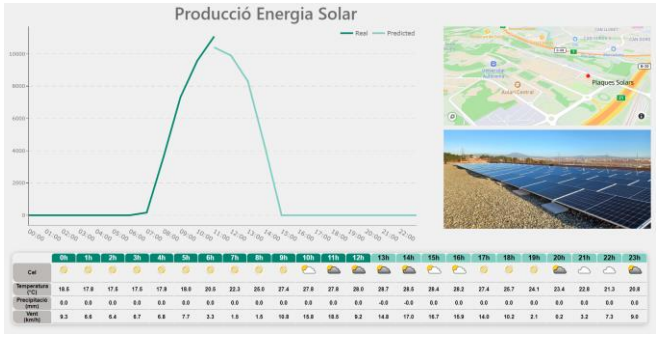



Figura 6.
Captura de pantalla del Dashboard en Mode Clar

### 9.6 Automatització de Captura de Pantalla

El codi anomenat CapturaCadaHora.py, que es pot trobar a dossier, fa ús de la llibreria schedule per programar l'actualització del dashboard amb les noves dades cada hora. A més, utilitza la llibreria selenium per obrir el navegador, navegar a la URL de la interfície, esperar que la pàgina es carregui completament i finalment realitzar la captura de pantalla. Això constitueix una alternativa en què el codi no només actualitza el dashboard, sinó que també guarda les captures de pantalla d'aquest obert en el navegador.

Es configura l'objecte webdriver per treballar amb el navegador Chrome en mode sense cap (headless), que permet executar el navegador sense una interfície gràfica. Aquest mode és útil quan es necessita interactuar amb pàgines web en un entorn on no es disposa d'una interfície gràfica, com ara un servidor.

Finalment, el codi es manté en execució contínua, fent les actualitzacions i captures de pantalla programades mentre

estigui en funcionament. Aquestes imatges podran ser utilitzades per pujar-les a Difon i ser projectades a la pantalla.

## 10 Conclusions

Durant l'execució d'aquest projecte, ens hem trobat amb la falta d'accés a les dades previstes de les plaques solars de la facultat. No obstant això, aquest obstacle no ha impedit que avancéssim, ja que hem aconseguit obtenir una base de dades d'altres panells solars i ajustar-la al nostre projecte. Gràcies a aquest ajust, vam poder desenvolupar un predictor robust i amb un rendiment satisfactori, demostrant la versatilitat i adaptabilitat de la nostra proposta.

S'ha implementat i avaluat un model LSTM per predir la producció d'energia solar, utilitzant les dades històriques obtingudes. Aquest model ha demostrat ser capaç de capturar tendències i patrons diaris i estacionals en la producció d'energia, la qual cosa permet preveure amb precisió la producció horària d'energia per a un dia donat. És a dir, s'ha conclòs que la xarxa neuronal LSTM és una eina potencialment útil per predir aquest tipus de dades, i que el model pot ajustar-se a diferents conjunts de dades amb un alt nivell de precisió.

Malgrat aquest avenç, és important recalcar que el model requereix dades actualitzades i específiques per a un entrenament eficaç. En aquest sentit, preveiem que una vegada es finalitzi la instal·lació dels panells solars a la Facultat d'Enginyeria i s'obtinguin les dades corresponents, serà necessari reentrenar el model per adaptar-lo a les tendències climàtiques i les condicions específiques de la nostra instal·lació. Això es deu al fet que les tendències climàtiques poden canviar i el model ha de readaptar-se per mantenir la seva precisió.

Pel que fa a les eines utilitzades, es va triar el llenguatge de programació Python per al desenvolupament a causa de la seva compatibilitat amb el software de projecció de la Facultat d'Enginyeria, Difon. El Dashboard desenvolupat és llegible, atractiu i manté coherència amb el missatge general del nostre projecte de promoure l'ús responsable de l'energia, com es pot observar a la figura 7. En particular, es considera que el mode fosc del Dashboard és el que millor s'alinea amb l'objectiu de conservació energètica del treball, especialment tenint en compte les característiques d'estalvi d'energia de les pantalles OLED, tal com s'ha explicat anteriorment.

Finalment, encara que no hem tingut accés a les dades específiques dels panells solars de la Facultat com inicialment es preveia, hem realitzat la feina amb l'objectiu que es requereixi el mínim ajust una vegada aquestes dades estiguin disponibles. Aquesta adaptabilitat ens permetrà aprofitar al màxim les capacitats del model i les eines desenvolupades en aquest projecte, una vegada que puguem accedir a les dades definitives.




Figura 7.

Fotografia de les pantalles de l'Escola d'Enginyeria amb el Dashboard Mode Fosc.

## 11 Objectius de desenvolupament sostenible

Els ODS són un conjunt de 17 objectius globals adoptats per l'Assemblea General de les Nacions Unides el 2015, que constitueixen una crida universal per posar fi a la pobresa, protegir el planeta i garantir que totes les persones gaudeixin de pau i prosperitat per a 2030. Els següents ODS es compleixen amb el projecte de plaques solars de la facultat:

Energia Assequible i no Contaminant (ODS 7): Mitjançant la implementació d'un tauler de control i un predictor de producció energètica, es promou un ús més conscient de l'energia solar. Aquestes eines permeten anticipar períodes d'alta o baixa producció, ajustar el consum i promoure l'energia sostenible.

Ciutats i Comunitats Sostenibles (ODS 11): Aquest projecte busca empoderar a la comunitat amb informació per prendre decisions d'energia més sostenibles. El tauler de control proporciona dades sobre la producció d'energia solar, educant a la comunitat sobre els beneficis de les energies renovables i contribuint a decisions futures més sostenibles.

Producció i Consum Responsables (ODS 12): La monitoratge i predicció de la producció d'energia solar pot ajudar a optimitzar l'ús dels recursos energètics. Aquesta gestió responsable de l'energia pot minimitzar el malbaratament i promoure un consum més eficient.

Acció pel Clima (ODS 13): En promoure l'energia renovable i reduir la dependència de les fonts d'energia que emeten gasos d'efecte hivernacle, estem prenent mesures concretes per combatre el canvi climàtic. A més, la monitoratge i predicció de la producció d'energia solar pot ajudar

a planificar l'adaptació al canvi climàtic i augmentar la capacitat de resistència.




En conclusió, aquest projecte contribueix significativament a diversos Objectius de Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides, mostrant el nostre compromís i el de la Universitat Autònoma de Barcelona amb el medi ambient.

## 12 Agraïments

Vull expressar el més profund agraïment als meus tutors, qui, malgrat els nombrosos imprevistos que han sorgit, no tan sols han demostrat comprensió i han entès la complexitat de la situació que hem hagut d'afrontar durant aquest projecte, sinó que m'han ofert solucions a cada un dels problemes que he tingut. Han proporcionat alternatives davant els obstacles i s'han esforçat enormement per organitzar reunions.

Per culminar aquest projecte, m'agradaria dir que ha estat altament enriquidor i considero una gran fortuna haver tingut els meus tutors com a mentors del meu treball.

## Bibliografia

[1] "QS Sustainability University Rankings 2023 | Top Universities." Top Universities, https://www.topuniversities.com/university-rankings/sustainability-rankings/2023

[2] "Monitoring Solar Panel Efficiency | SolarEdge." Powering People's Lives Around the World | SolarEdge US, https://www.solaredge.com/es/products/pv-monitoring

[3] "PVsyst Photovoltaic Software." Pvsyst, https://www.pvsyst.com/

[4] Hilcu, Miruna. "App Para Energía Solar: Mide Tu Producción Fotovoltaica." Otovo Blog, Otovo Blog, 13 Oct. 2021, https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/produccion-fotovoltaica-app-paneles-solares/

[5] "Homepage - FusionSolar Global." Homepage - FusionSolar Global, https://solar.huawei.com/en/

[6] "Edp Group | Edp.Com." Edp.Com, https://www.edp.com/pt-pt

[7] "Data | Edp.Com." Edp.Com, https://opendata.edp.com/open-data/en/data.html

[8] "Recurrent Neural Networks and Robust Time Series Prediction | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore." IEEE Xplore, https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/279188

[9] "Solar Radiation Prediction Using Recurrent Neural Network and Artificial Neural Network: A Case Study with Comparisons - ScienceDirect." ScienceDirect.Com | Science, Health and Medical Journals, Full Text Articles and Books., https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120305747?casa_token=03PaDafQmdkAAAAA:Qc6aOFYjmOBA8p1JaZsVmb1yltll0tktQGoaTaP5r4OXDR1XxPr8e0GkpqkFORkDfMXkssq2Sg

[10] "API REST de Dades Meteorològiques | Meteocat." API REST de Dades Meteorològiques | Meteocat, https://apidocs.meteocat.gencat.cat/

[11] "Maps, Geocoding, and Navigation APIs & SDKs | Mapbox." Maps, Geocoding, and Navigation APIs & SDKs | Mapbox, https://www.mapbox.com/

[12] Barcelona, - Universitat Autònoma. "La UAB Impulsa Las Energías Renovables Con La Instalación de Placas Solares - Universitat Autònoma de Barcelona - UAB Barcelona." UAB Barcelona, https://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/la-uab-impulsa-las-energias-renovables-con-la-instalacion-de-placas-solares-1345830290069.html?detid=1345857540863

[13] Correcher Sánchez, Maria. "ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA OLED." UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29012/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y