

**Gabriel Gombau Jordan**

**SMART PRICING PER CARREGADORS DE VEHICLES ELÈCTRICS**

**TREBALL DE FI DE GRAU**

**dirigit pel Dr. Marc Sanchez Artigas**

**Grau en Enginyeria Informàtic**



**UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI**

**Tarragona**

**2023**

## **Resum**

Aquest treball tracta sobre el disseny, implementació i avaluació d'un sistema de "smart pricing" o preus intel·ligents per a Etencic, una empresa centrada en la mobilitat elèctrica i en la gestió de punts de recàrrega de vehicles elèctrics.

En aquest desenvolupament s'ha creat una funció dins d'una aplicació ja existent en la companyia, amb l'objectiu de fer una predicció del cost final que tindrà una càrrega d'un vehicle elèctric. Per aconseguir-ho, els càlculs es basaran en el preu de l'energia utilitzada i la seva procedència, així com múltiples altres dades que poden afectar el cost com les condicions meteorològiques o el tràfic de vehicles en la zona.

El carregador on es realitzarà la càrrega, anirà connectat en un sistema elèctric vinculat a diverses bateries i plaques solar així com a la xarxa elèctrica, d'on obtindrà l'energia i que determinaran el cost d'aquesta. La resta de dades s'aconseguiran de diverses API, que ens permetran obtenir altra informació que ajudarà a ajustar la predicció.

## **Resumen**

Este trabajo trata sobre el diseño, implementación y evaluación de un sistema de "smart pricing" o precios inteligentes para Etencic, una empresa centrada en la movilidad eléctrica y en la gestión de puntos de recarga de vehículos eléctricos.

En este desarrollo se ha creado una función dentro de una aplicación ya existente en la compañía, con el objetivo de hacer una predicción del costo final que tendrá una carga de un vehículo eléctrico. Para lograrlo, los cálculos se basarán en el precio de la energía utilizada y su procedencia, así como en múltiples otros datos que pueden afectar al costo, como las condiciones meteorológicas o el tráfico de vehículos en la zona.

El cargador donde se realizará la carga estará conectado a un sistema eléctrico vinculado a varias baterías y placas solares, así como a la red eléctrica, de donde obtendrá la energía y que determinarán el costo de esta. El resto de los datos se obtendrán de varias API, que nos permitirán obtener otra información que ayudará a ajustar la predicción.

## **Abstract**

This work is about the design, implementation, and evaluation of a "smart pricing" system for Etencic, a company focused on electric mobility and the management of electric vehicle charging points.

In this development, a function has been created within an existing application in the company, with the aim of predicting the final cost of charging an electric vehicle. To achieve this, the calculations will be based on the price of the energy used and its source, as well as various other data that can affect the cost, such as weather conditions or traffic in the area.

The charger where the charging will take place will be connected to an electrical system linked to several batteries and solar panels, as well as to the electrical grid, from where it will obtain the energy and determine its cost. The rest of the data will be obtained from various APIs, which will allow us to obtain additional information to fine-tune the prediction.

## Índex

1	Introducció .....	4
1.1	Objectiu.....	4
2	Descripció General del Projecte .....	5
2.1	Necessitats .....	5
2.2	Previsions d'Ús .....	6
3	Requisits .....	6
3.1	Requisits Funcionals .....	6
3.1.1	Funció Principal.....	6
3.1.2	Introducció de Dades .....	7
3.2	Requisits no Funcionals .....	8
4	Disseny, Implementació i Avaluació .....	8
5	Conclusions .....	8

## 1 Introducció

Cada cop els vehicles elèctrics prenen més rellevància en el panorama de l'automoció. A mesura que es va prenent consciència tant de l'emergència climàtica com de la crisi energètica, les alternatives per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle així com de buscar alternatives als combustibles fòssils, han fet augmentar la inversió i abast d'aquest camp.

Juntament amb la utilització d'energies renovables (com per exemple la solar) els vehicles elèctrics formen una poderosa combinació que permet obtenir de manera neta energia que pot ser fàcilment aprofitada per eliminar la dependència de combustibles contaminants com la gasolina.

En aquest marc, les empreses encarregades de gestionar els punts de càrrega dels vehicles elèctrics, han d'oferir uns serveis cada cop més amplis i competitius per tal d'obtenir més rellevància en aquests nous àmbits. Una manera d'oferir el millor servei possible i els preus més adequats és el "smart pricing".

El "smart pricing" (preus intel·ligents) consisteix a variar el preu final d'un producte o servei de manera dinàmica en funció d'una sèrie de condicions o paràmetres que afecten el preu i basant-se en l'oferta i la demanda del mercat per treure el màxim de rendibilitat i oferir el preu més adient.

Tot aquest projecte s'ha desenvolupat en l'empresa **ETECNIC Energy & Mobility** amb seu a Reus, una empresa centrada en la mobilitat elèctrica i les energies renovables, i una de les principals companyies del sector a Catalunya amb abast a diferents països a part d'Espanya com Colòmbia o Romania.

### 1.1 Objectiu

Aquesta memòria tracta sobre l'inici del desenvolupament d'un sistema de "smart pricing" en una aplicació professional de gestió de punts de càrrega de vehicles elèctrics. L'objectiu principal era crear el programari necessari per poder oferir un preu dinàmic per les càrregues dels usuaris de manera que aquest varies en funció d'una sèrie de paràmetres, així com afegir tots els objectes necessaris que conformaran el sistema bàsic connectat a un carregador com poden ser bateries o plaques solars.

Com el projecte no està completament dissenyat i encara queda un gran recorregut per davant abans de la versió final, en aquest projecte sol s'ha desenvolupat una de les múltiples funcions que es crearan finalment. En concret, la funció principal s'executara abans de realitzar una càrrega en un punt de recarrega i fa una estimació del cost de l'energia consumida.

Aquesta funció rebrà múltiples dades, però cal destacar els preus de l'energia en funció de la seva procedència. Les fonts són tres actualment: De la xarxa elèctrica, generada per panells solars i subministrada per bateries que prèviament l'han recol·lectat. Tot aquest sistema elèctrica ajuda a regular el preu final.

A més a més, es crea tot el sistema de gestió d'aquestes incorporacions: Des d'afegir plaques solars i bateries al sistema fins a gestionar les diferents característiques del "smart pricing" de manera que el client pugui modificar-lo a voluntat.

Des d'un punt de vista formatiu, l'objectiu ha estat no sols desenvolupar el projecte i complir amb els requisits de l'empresa on s'ha portat a terme, sinó també adquirir uns coneixements i una experiència que d'altra manera hagués estat impossible. La diferència entre el treball en l'àmbit dels estudis i l'àmbit professional és abismal, suposant una sort de prova on poder veure si les aptituds i capacitats obtingudes durant l'època d'estudiant donen els seus fruits. Per això, des d'un punt de vista d'aprenentatge, l'objectiu era poder veure si quatre anys de carrera m'havien format correctament per enfrontar-me a un projecte "real", a una aplicació professional amb la seva complexitat i abast, molt més elevades que a qualsevol altra vista durant la carrera.

## **2 Descripció General del Projecte**

### **2.1 Necessitats**

En l'estat actual de l'aplicació, el procés per realitzar una càrrega funciona de la següent manera: Un usuari des de l'aplicació mòbil indica l'energia i el temps (o les dues) que té intenció de carregar. A partir d'aquesta informació, es fa una predicció del pitjor cas del cost que tindrà la càrrega. Per poder fer el càlcul s'utilitzen uns objectes coneguts com a Rates que permeten el propietari del punt de recàrrega modificar dins de certs límits el preu de l'energia que se subministra i del temps que dura la càrrega. Aquests Rates regulen el cost total aplicant diferents preus per l'energia i el temps en funció de si es compleixen unes o altres condicions com ara l'hora del dia en què es carrega, el dia de la setmana, la quantitat que es vol carregar, el temps... Això no obstant, dins d'aquesta variabilitat, els preus són estàtics. És a dir, si es compleixen les condicions X i Y d'un mateix Rate, s'aplicarà sempre el mateix preu. Aquesta predicció pessimista es precaptura a l'usuari fins que acaba la sessió. Un cop acabada la càrrega, s'observa com s'ha desenvolupat aquesta realment i a partir d'aquí es calcula el preu real i es retorna la diferència amb la predicció inicial.

En aquest context entra la necessitat del "smart pricing" que permet oferir un preu veritablement dinàmic en funció de les condicions que es donen en el moment de càrrega com poden ser el cost de l'energia que se subministra, la seva procedència, etc. però també la informació passada i futura que hi està relacionada com les prediccions de meteorologia, previsió de carregues, de tràfic, etc.

En aquesta memòria s'explica com s'ha desenvolupat l'equivalent amb "smart pricing" de la funció que s'executa abans de fer la càrrega, i que retorna una predicció del preu que aquesta costarà basada en Rates. Per poder-ho dur a terme, ha estat necessari obtenir la informació i els paràmetres d'entrada que poden afectar la càrrega i també afegir tot el necessari per poder introduir en el sistema plaques solars o bateries, que juntament amb el carregador, conformen el sistema base del "smart pricing".

## 2.2 Previsions d'Ús

El futur d'aquest projecte no és ser usat un cop acabat el desenvolupament descrit en aquesta memòria. L'objectiu principal d'aquest treball és crear la base per poder expandir l'ús i la potència del “smart pricing”, establint uns fonaments sòlids sobre els que desenvolupar nous afegits per tal de millora el servei donat. Una de les principals millores seria utilitzar diferents tècniques d'intel·ligència artificial i Machine Learning per tal d'augmentar la capacitat de predicció del sistema, analitzant informació històrica de dades de la mateixa empresa com nombre de càrregues en un període determinat, expectativa de temps de duració i energia consumida en una càrrega, nombre d'usuaris que s'esperen, etc. També es preveu utilitzar aquestes tècniques per millora la capacitat de predicció de les dades que es tenen en compte per fer els diferents càlculs del “smart pricing”: Irradiació del sol, preu de l'energia, tràfic, etc.

En conclusió, la previsió d'aquest projecte no és sortir directament a producció un cop acabat i passar a ser utilitzat en tots els carregadors de l'empresa. La idea principal és construir uns fonaments sobre els quals més endavant es pugui afegir noves funcionalitats i mòduls, usar noves tècniques i sistemes per tal de continuar millorant el “smart pricing”.

## 3 **Requisits**

### 3.1 **Requisits Funcionals**

Els requisits funcionals del projecte es poden dividir en dues categories principalment: D'una banda, estan els relacionats amb la funció principal de predicció de preu que ha de complir un conjunt de característiques clau per considerar-se funcional. D'altra banda, tenim els requisits relacionats amb la introducció de nous elements en el sistema.

#### 3.1.1 *Funció Principal*

**1. Funcionament base:** La funció principal ha de poder fer una predicció del cost de l'energia d'una càrrega, basant-se en els diferents paràmetres d'entrada.

**2. Fonts:** L'energia que es tindrà en compte ha de poder provenir de tres fonts diferents: Xarxa elèctrica, plaques solars i bateries.

**3. Combinacions:** El sistema ha de poder funcionar de manera correcta amb qualsevol combinació de les tres fonts, oferint un resultat en tots els casos. Aquestes combinacions poden ser per exemple rebre energia sol de bateries i plaques solars, de plaques solars i de la xarxa elèctrica.

**4. Costos:** Cada font ha de tenir un cost associat per l'energia que subministra, cosa que permetrà calcular el preu final.

**5. Paràmetres d'entrada:** La funció rebrà com a paràmetres d'entrada el carregador on tindrà lloc la càrrega, l'energia que es vol carregar en watts hora, la data d'inici d'aquesta, el temps en segons que durarà i la informació relacionada amb les preferències per al "smart pricing" de l'usuari propietari del punt de càrrega.

**6. API:** El sistema ha de poder obtenir les següents dades de diverses interfícies: Climatologia, tràfic i preu de l'energia de la xarxa elèctrica.

**7. Actualització de dades:** El sistema ha de poder renovar les dades que proporcionen les API de manera constant, per intentar mantenir la base de dades el tan actualitzada com sigui possible.

**8. Dades dels elements del sistema:** La funció principal ha de poder obtenir les dades que necessiti dels components del sistema elèctric al qual està vinculat el carregador usat, com poden ser la informació de plaques solars o bateries.

**9. Prediccions:** Utilitzant les dades d'entrada, la funció ha de ser capaç de proporcionar una predicció fonamentada del comportament esperat dels diferents elements del sistema durant la càrrega, com pots el consum d'energia per l'usuari o la generació de les plaques fotovoltaïques.

**10. Emmagatzematge:** El sistema ha de poder emmagatzemar les dades aconseguïdes de les API per tal de poder ser emprades amb posterioritat si fos necessari.

**11. Resultat:** La funció principal ha de retornar el preu de la càrrega segons la predicció feta.

### ***3.1.2 Introducció de Dades***

Cadascun d'aquests requisits s'aplica per a tots els objectes que es poden introduir al sistema: Plaques solars, bateries, dades de les instal·lacions fotovoltaïques i informació del "smart pricing".

**1. Inserció:** Els usuaris han de disposar dels elements necessaris per introduir dades de forma interactiva i senzilla, permeten afegir nous elements al sistema com ara bateries o informació relacionada amb la seva configuració del "smart pricing".

**2. Edició:** Els usuaris han de poder modificar els elements que prèviament han introduït, editant les dades que s'hi presenten.

**3. Visualització:** Els usuaris han de poder visualitzar la informació relacionada amb els objectes que han inserit, de manera que puguin veure totes les dades associades a aquests.

**4. Esborrat:** Els usuaris han de poder eliminar les dades que desitgin, fent que aquestes desapareguin de l'aplicació.

### 3.2 Requisits no Funcionals

Pel que fa a les necessitats que no fan referència a les funcions del projecte, cal tenir les següents consideracions:

**1. Cost dels serveis:** Algunes crides API impliquen un pagament mensual per poder ser utilitzades. Cal reduir al mínim el cost que comporta cadascuna de les API.

**2. Ús excessiu de crides:** Cal reduir al mínim el nombre de peticions fetes als diferents serveis, balancejant entre tenir la base de dades actualitzada i les limitacions de les API.

**3. Persistència:** Les dades emmagatzemades per l'usuari han de quedar enregistrades en la base de dades de manera permanent (a menys que s'esborrin) per tal que l'usuari sempre pugui accedir a elles.

**4. Resultat de la predicció:** El preu final ofert per la càrrega ha de ser en cèntims (per convenció de l'empresa).

**5. Velocitat:** S'ha d'optimitzar les crides a les API per evitar temps excessius en tot el procés que ha de ser ràpid.

## 4 Disseny, Implementació i Avaluació

Per tal de crear el sistema, el primer pas va ser dissenyar-lo de manera que complís els requisits tant funcionals com no funcionals. Seguidament, es va procedir a la implementació, programant totes les parts necessàries per fer funcionar el sistema. Per acabar, es va avaluar el treball fet, amb una sèrie de proves i tests, per comprovar que tots els apartats funcionaven correctament.<sup>1</sup>

## 5 Conclusions

Un cop finalitzat el projecte, he pogut extreure diversos resultats i reflexions. Per començar m'agradaria comentar l'estat en què es troba el projecte explicat en aquesta

---

<sup>1</sup> Els apartats de Disseny, Implementació i Avaluació del treball original han estat eliminats seguint l'acord de confidencialitat.



memòria. Encarà que el desenvolupament presentat en aquesta memòria presenta un recorregut complet (des de l'obtenció de dades fins al càlcul del preu de la predicció de la càrrega) cal remarcar que el projecte a l'empresa del "smart pricing" no està finalitzat. Per tant, la versió presentada en aquest treball no és la definitiva i està subjecta a canvis en el futur. Un dels punts principals que han de canviar és la utilització de les dades: Els modificadors de preu presenten una versió simplificada del seu funcionament per tal d'il·lustrar com actuaran en un futur, ja que, a data actual, encara no s'ha definit com interactuaran finalment en el projecte.

Per tant, i com comentava en l'inici d'aquest mateix treball, el futur d'aquest projecte és continuar desenvolupant-se, afegint noves dades a tenir en compte, millorant la precisió dels sistemes actuals, incrementant la complexitat de les funcions i incorporant nous elements com intel·ligència artificial i altres funcions (com la que calcularà el preu final de la càrrega) per acabar oferint una experiència de "smart pricing" molt més completa, de la que aquest projecte han estat els fonaments. Tenint en compte això, el treball presentat és força millorable, no sols amb l'addició de noves característiques sinó també amb la millora de les actuals: Més precisió en les dades, millor modulació dels preus, tenir més dades en compte, optimització del codi i una llarga llista de característiques que es podrien perfeccionar.

Per acabar, i respecte al resultat final, estic força satisfet amb el que he obtingut i, sobretot, amb el recorregut que he fet per arribar-hi. Considero que el treball de final de grau ha de ser la culminació de la carrera, on es posen a prova i es mostren els coneixements adquirits durant aquesta etapa educativa. En el cas del meu projecte, crec que es pot observar que s'han posat en pràctica la gran part dels ensenyaments adquirits: Des de gestió de base de dades i models relacionals fins a la creació de pàgines web amb HTML, CSS i JavaScript, passant pels controladors que relacionen vista i lògica. A tot això, cal sumar-li el fet que aquest projecte no s'ha realitzat en solitari, en un treball personal on es té total control sobre com actuar. En aquest cas, s'ha dut a terme en un entorn professional, en una empresa moderna i competitiva on s'ha treballat depenent de molts altres factors que escapen al meu control, sobre una aplicació ja creada amb les seves particularitats, entorn, restriccions, etc. el que dificulta el seu desenvolupament. Cal remarcar que no crec que això sigui un desavantatge, sinó que considero que el fet de dur a terme el treball de final de grau en un entorn professional serveix per oferir una nova perspectiva del món labora que d'altra manera seria impossible aconseguir i que, en el meu cas, m'ha servit de trampolí a aquest mateix món, mostrant-me el seu funcionament i dinàmiques i aportant-me una experiència molt valuosa que d'una altra manera seria impossible adquirir.