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

Baez Toapanta, Brad Steven; Bachiller Rubia, Sergio, tut. Sistema de Seguimiento de Precios de Vuelos y Alojamientos. 2025. (Enginyeria Informàtica)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/308771>

under the terms of the  license

Sistema de Seguiment de Preus de Vols i Allotjaments

Brad Steven Baez Toapanta

Resum — Aquest projecte desenvolupa una aplicació web innovadora per a la monitorització i seguiment automàtic de preus de vols i allotjaments. La plataforma permet als usuaris establir criteris personalitzats com destí, origen, dates de viatge i rang de preus, mentre integra tecnologies com React, Node.js i MongoDB. Mitjançant l'API d'Amadeus, es recuperen dades de vols en temps real i es notifica als usuaris per correu electrònic quan es compleixen els seus criteris. Addicionalment, la plataforma incorpora visualitzacions interactives de dades, mapes i anàlisi de l'impacte ambiental de les rutes seleccionades.

Paraules clau — Plataforma Web, Monitorització Automàtica, React, Node.js, MongoDB, Visualització Interactiva, Anàlisi d'Impacte Ambiental, Mapes Interactius, Algoritmes d'Intel·ligència Artificial, Sostenibilitat.

Abstract — This project develops an innovative web application for the automatic monitoring and tracking of volume prices and allotments. The platform allows users to establish personal criteria such as destination, origin, travel dates and price range, while integrating technologies such as React, Node.js and MongoDB. Using the Amadeus API, it recovers volumes in real time and notifies users by email when it is difficult to meet certain criteria. Additionally, the platform incorporates interactive visualizations of data, maps and analysis of the environmental impact of the selected routes.

Index Terms — Web Platform, Automatic Monitoring, React, Node.js, MongoDB, Interactive Visualization, Environmental Impact Analysis, Interactive Maps, Artificial Intelligence Algorithms, Sustainability.



1 INTRODUCCIÓ - CONTEXT DEL TREBALL

BUSCAR vols econòmics i allotjaments adequats per a viatgers amb un bon equilibri qualitat-preu és cada vegada més complicat. Per això, s'ha creat aquesta plataforma innovadora que ajuda als usuaris a trobar oportunitats en vols i allotjaments ajustats als seus criteris. La plataforma no només simplifica la recerca, sinó que també ofereix eines i recursos per prendre decisions informades.

Aquest projecte s'adreça a diferents tipus d'usuaris, com viatgers que volen optimitzar el seu pressupost, professionals que necessiten trobar connexions aèries eficients i persones interessades en l'impacte ambiental dels seus desplaçaments. La plataforma proporciona eines per facilitar la presa de decisions basades en criteris personalitzats, com la comparació de preus, la monitorització de tarifes i l'anàlisi de l'impacte ambiental. Amb un mercat de viatges tan dinàmic i competitiu, tenir accés a informació actualitzada i fiable és essencial, i això és justament el que s'ofereix.

Per respondre a aquesta necessitat, es desenvolupa una pàgina web moderna i funcional que integra tecnologies innovadores com React per al Front-End i Node.js per al

Back-End. L'objectiu és oferir un servei eficient i complet que beneficiï tant viatgers com professionals del sector.

La plataforma desenvolupada es presenta com un software modular que integra diversos mòduls clau. Un dels aspectes destacats és la generació d'alertes automàtiques per a vols. Aquesta funcionalitat permet als usuaris definir criteris personalitzats mentre el sistema fa un seguiment automàtic dels preus, enviant notificacions quan els preus coincideixen amb els seus criteris. Aquest procés no només optimitza el temps dels usuaris, sinó que també assegura que no es perdi cap oportunitat.

A més, la plataforma inclou mapes interactius que permeten visualitzar les opcions de destinacions disponibles segons el pressupost de l'usuari. Aquesta funcionalitat mostra informació detallada i significativa, facilitant així la presa de decisions informades i ràpides.

En resum, aquesta iniciativa està dissenyada per transformar la manera en què es gestionen i presenten les opcions de vols i allotjaments, oferint una major transparència i eficiència en el mercat de viatges actual.

-
- E-mail de contacte: 1599401@uab.cat
 - Menció realitzada: Enginyeria del Software
 - Treball tutoritzat per: Sergio Bachiller Rubia (Departament de Ciències de la Computació)
 - Curs 2024/25.

2 OBJECTIUS

Aquest projecte té com a finalitat crear una plataforma web moderna que faciliti la cerca i seguiment de preus de vols. L'eina integra funcionalitats avançades, dades en temps real i tecnologies innovadores per millorar l'experiència de l'usuari i promoure decisions informades de manera eficient. A continuació, es presenten els objectius específics.

- **Desenvolupament tecnològic:** Crear una plataforma web intuïtiva i eficient que permeti als usuaris definir criteris de cerca personalitzats per a vols. La plataforma haurà de ser fàcil d'utilitzar, segura i capaç de gestionar un volum elevat de dades amb rapidesa.
- **Integració d'APIs per dades de vols:** Utilitzar APIs externes per obtenir dades actualitzades sobre vols i preus en temps real. Això garantirà que els usuaris tinguin accés a la informació més recent per prendre decisions informades.
- **Monitorització i seguiment de preus:** Implementar un sistema de seguiment automàtic que permeti als usuaris configurar alertes personalitzades segons el seu pressupost i destinacions preferides. Quan un preu coincideixi amb els criteris establerts, el sistema enviarà notificacions als usuaris.
- **Visualització de dades geogràfiques:** Afegir mapes interactius que mostrin les rutes disponibles per a les destinacions seleccionades. Això ajudarà als usuaris a visualitzar millor les opcions de viatge disponibles.
- **Anàlisi de l'impacte ambiental:** Incorporar una funció que permeti als usuaris veure l'impacte ambiental dels vols seleccionats, donant informació sobre emissions de CO₂. Això facilitarà la selecció de rutes més sostenibles.

Aquest conjunt d'objectius reflecteix les prioritats del projecte, des de la implementació tecnològica fins a la sostenibilitat i seguretat de la plataforma.

3 PLANIFICACIO

Per garantir l'èxit del projecte, s'ha establert una planificació detallada que abasta les activitats essencials, especificant els temps i recursos necessaris per a cadascuna.

A continuació, es detallen les activitats clau i la seva progressió temporal:

1. Desenvolupament de la Plataforma Web

Creació de la interfície d'usuari i les funcionalitats bàsiques per permetre la cerca i visualització de vols i allotjaments. Es prioritza una experiència d'usuari intuïtiva i eficient.

2. Connexió amb la Base de Dades de MongoDB

Configuració i integració de la base de dades per gestionar la informació dels usuaris, cerques personalitzades i criteris de seguiment de preus

3. Integració d'APIs

Connexió amb APIs externes per obtenir dades en temps real sobre vols i preus, assegurant l'accés a informació actualitzada.

4. Integració de Correus Electrònics i Impacte ambiental

Desenvolupament d'una funcionalitat per enviar notificacions automàtiques per correu electrònic als usuaris quan es trobin opcions que coincideixin amb els seus criteris. També s'incorpora una funcionalitat que permet als usuaris consultar l'impacte ambiental (emissions de CO₂) de les seves opcions de viatge.

5. Optimització i Ajustos

Revisions tècniques per assegurar un rendiment òptim del sistema, amb millores contínues en el temps de resposta i la usabilitat de la plataforma.

Aquestes activitats estan representades en un diagrama de Gantt (vegeu la Figura 1 en Apèndix), que permet visualitzar la distribució temporal de les tasques i assegurar una correcta gestió del temps i dels recursos. Amb aquesta planificació, es busca garantir que els objectius es compleixin de manera efectiva i dins dels terminis previstos.

4 METODOLOGIA

El projecte ha seguit una metodologia de treball basada en un enfocament àgil, especialment dissenyada per garantir l'eficiència i l'adaptabilitat durant totes les fases del desenvolupament [1].

Aquest enfocament ha permès treballar de manera iterativa i col·laborativa, prioritzant les funcionalitats més rellevants i adaptant-se ràpidament als requisits canviants.

Els punts clau d'aquesta metodologia són:

- **Flexibilitat:** L'enfocament àgil facilita l'ajust constant de les prioritats i l'ordre d'implementació de les tasques segons les necessitats detectades en cada iteració del projecte.
- **Entrega de valor continuat:** El projecte s'ha dividit en iteracions curtes, garantint lliuraments freqüents de funcionalitats que aporten valor tangible als usuaris.
- **Feedback actiu:** Les revisions periòdiques i proves d'usabilitat han assegurat que les funcionalitats desenvolupades responen a les expectatives dels usuaris finals i compleixen els objectius establerts.

Aquesta metodologia ha estat especialment beneficiosa per gestionar la complexitat del projecte, assegurant que cada iteració incorpori millores tangibles i maximitzi l'eficiència del desenvolupament.

5 ESTAT DE L'ART

L'estat de l'art d'aquest projecte analitza les plataformes existents en el mercat dedicades al seguiment de preus de vols, com SkyScanner, eDreams i Viajes El Corte Inglés. Aquestes eines ofereixen funcionalitats avançades, com la cerca de vols, l'autocompletar de destinacions, les notifiacions de preus personalitzades i l'accés a tarifes en temps real. A més, algunes d'aquestes plataformes inclouen gràfics de tendències de preus o filtres avançats per adaptar els resultats a les necessitats dels usuaris.

Tot i això, aquest projecte aporta innovacions diferencials, com la integració d'un mapa interactiu que permet visualitzar les destinacions disponibles segons el pressupost indicat per l'usuari. Les destinacions es classifiquen per codis de colors per facilitar-ne la comprensió, destacant opcions econòmiques, mitjanes o cares. Aquesta funcionalitat no només millora l'experiència visual de l'usuari, sinó que també facilita una presa de decisions més ràpida i informada.

Un altre aspecte diferencial és l'anàlisi de l'impacte ambiental de les rutes seleccionades. El sistema calcula les emissions de CO₂ associades als vols i compara aquests valors amb l'alternativa equivalent en tren, quan és possible. Aquesta característica proporciona als usuaris informació rellevant per prendre decisions més sostenibles, una prioritat creixent en el context actual de conscienciació ambiental.

En conjunt, aquest projecte no només ofereix les funcionalitats tradicionals d'una plataforma de cerca de vols, sinó que també introdueix elements innovadors orientats a millorar l'experiència d'ús i a fomentar opcions de viatge més responsables amb el medi ambient.

6 DESENVOLUPAMENT

Arquitectura del sistema

A la figura 2 de l'Apèndix es presenta l'arquitectura general de la plataforma, on es pot observar com s'organitzen i comuniquen els diferents components: el Front-End, el Back-End, la base de dades i els serveis externs.

1. Usuari

L'usuari interactua amb l'aplicació mitjançant el navegador. Des d'aquí pot iniciar sessió, introduir els paràmetres de cerca (origen, destinació, dates, preu) i consultar els resultats.

2. Front-End (React)

Implementa la interfície d'usuari i la lògica de presentació. Disposa d'un formulari de cerca i d'un mòdul d'autenticació per validar les credencials. Quan l'usuari envia la informació, s'envia una petició HTTP cap al servidor Node.js.

3. Back-End (Node.js)

- 1) Controladors i Rutes (server.js): Reben i processen les peticions provinents del Front-End. Aquí es defineixen les rutes (p. ex., /api/search, /api/login, etc.) i la lògica bàsica que decideix què fer amb la informació rebuda.
- 2) Models i Helpers (User, Search, etc.): Contenen l'estructura de dades i funcions auxiliars per gestionar la informació (usuaris registrats, preferències de cerca, etc.).
- 3) node-cron (Buscador automàtic): Configura tasques periòdiques per consultar l'API d'Amadeus i comprovar si hi ha noves tarifes disponibles que compleixin els criteris definits per l'usuari.

4. Base de Dades (MongoDB)

Emmagatzema la informació dels usuaris (correu, contrasenya encriptada) i les cerques (origen, destinació, dates, preus, estat de notificació). Quan el back-end necessita llegir o escriure dades (p. ex. crear un nou usuari, guardar una nova cerca), realitza consultes a MongoDB [2].

5. Serveis Externs

- 1) Amadeus API: Subministra dades de vols en temps real (rutes, preus, disponibilitat), indispensables per generar els resultats de cerca o monitoritzar preus periòdicament.
- 2) SendGrid: Gestiona l'enviament de correus electrònics. El back-end l'utilitza per enviar notificacions als usuaris (alertes de preus, confirmacions de cerca, etc.).

Aquesta arquitectura permet una interacció fluida entre l'usuari i el sistema, ja que el Front-End n'administra la interfície i la lògica de presentació, mentre el Back-End i la base de dades gestionen la lògica d'aplicació, la persistència de dades i les tasques en segon pla.

D'altra banda, la comunicació amb els serveis externs (Amadeus i SendGrid) fa possible obtenir informació de vols actualitzada i enviar notificacions de manera automatitzada. Gràcies a aquest disseny, la plataforma pot créixer fàcilment, afegint nous serveis o modificant components sense alterar el nucli de l'aplicació.

Registre i inici de sessió

Un dels components fonamentals del projecte és el sistema de registre i inici de sessió, que permet als usuaris crear un compte personal i accedir a les funcionalitats personalitzades de la plataforma.

Aquest sistema assegura una experiència d'usuari més fluida i segura gràcies a:

- **Validació d'usuaris:** Les dades dels usuaris són verificades per garantir la seva autenticitat
- **Gestió de sessions:** Assegura que només els usuaris registrats puguin accedir a les funcionalitats avançades, com les alertes personalitzades i el seguiment de cerques.

Figura 2. Mètode d'autenticació

Integració d'APIs per a Dades de Vols

Una de les bases del projecte és la integració amb l'API d'Amadeus [3], una de les més reconegudes en el sector de viatges. Aquesta API ofereix accés a informació en temps real sobre vols, com preus i disponibilitat. La seva implementació permet funcionalitats avançades com:

- **Autocompletar en la cerca d'aeroports:** Els usuaris poden seleccionar destinacions de manera àgil i precisa gràcies a l'autocompletar basat en el codi IATA dels aeroports.

Figura 3. Funcionalitat d'autocompletar text

- **Dades de preus actualitzades:** Això assegura que els usuaris prenguin decisions informades amb informació precisa i recent:
- **Informació detallada de rutes i companyies aèries:** Facilita una experiència d'usuari enriquida, amb descripcions completes i adaptades a cada cerca.

Monitorització i Seguiment de Preus

Els sistemes de seguiment de preus han transformat la manera en què els viatgers planifiquen els seus viatges, permetent configuracions personalitzades per rebre alertes automàtiques quan els preus compleixen certs criteris. Amb aquest projecte, l'usuari pot definir paràmetres com origen, destinació, dates i rang de preus, i rebre una notificació immediata si apareixen ofertes que encaixen amb aquests requisits.

El sistema desenvolupat en aquest projecte:

- Realitza cerques automàtiques basades en els paràmetres introduïts per l'usuari, com origen, destinació, dates i rang de preus.
- Notifica als usuaris per correu electrònic quan es troben opcions que compleixen amb els seus criteris.
- Redueix la necessitat de verificacions manuals constants, estalviant temps i augmentant l'eficiència del procés de planificació.

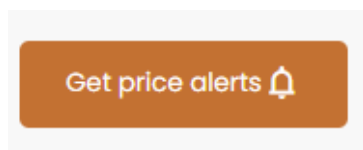


Figura 4. Botó per activar alertes via e-mail

Aquesta funcionalitat segueix l'exemple de solucions consolidades, com Google Flights, que ofereixen alertes de baixada de preus basades en algorismes predictius.

A la Figura 2 en l'Apèndix, es mostra un diagrama de seqüència que il·lustra el procés complet, des que l'usuari introdueix els criteris de cerca fins a la recepció de la notificació al seu correu.

El seu funcionament és el següent:

1. L'usuari introdueix la informació bàsica (origen, destinació, dates, preu màxim) al Front-End (React).
2. El Front-End envia una petició POST /api/search al Back-End (Node.js) incloent-hi el token de l'usuari (per a l'autenticació) i els paràmetres de la cerca.
3. El Back-End desa una nova entrada (model Search) a la base de dades MongoDB, vinculant-la amb l'usuari.
4. Immediatament, Node.js configura una tasca periòdica amb node-cron que s'executarà cada X minuts.
5. En cada execució, la tasca fa una petició a l'API d'Amadeus per comprovar si hi ha vols amb un preu igual o inferior al definit.

6. Si troba vols coincidents, el sistema:

- 1) Envia un correu electrònic a l'usuari mitjançant SendGrid amb els detalls del vol. Després, pot aturar la tasca d'aquella cerca per no duplicar notificacions.

7. Si no hi ha coincidències, el procés es repeteix (el cron segueix actiu), i l'usuari no necessita fer cap acció manual fins que el sistema trobi una oferta que compleixi els criteris especificats.

Gràcies a aquest procediment automatitzat, s'aconsegueix optimitzar el temps de l'usuari i agilitzar la planificació de viatges, ja que únicament rep alertes quan realment hi ha un preu o una oportunitat que s'ajusta a les seves preferències.

Visualització Geogràfica

Els mapes interactius s'han convertit en una eina essencial en les plataformes de viatges, oferint una manera visual de comparar opcions i explorar destinacions. En aquest projecte, es fa ús de tecnologies de mapes per:

- Mostrar destinacions disponibles dins d'un rang de preus seleccionat per l'usuari.
- Assignar codis de colors (verd, taronja, vermell) per identificar opcions econòmiques, mitjanes i cares.

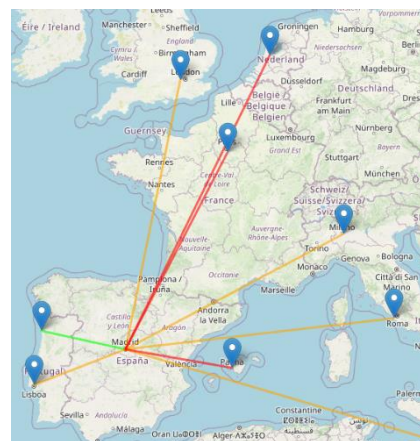


Figura 5. Possibles destinacions d'origen MAD

Aquest enfocament inspira l'usuari a explorar opcions de manera visual i eficient gràcies a OpenStreetMap [4], tal com ho fan eines de mapes interactius en plataformes com Kayak o Google Maps.

Anàlisi de l'Impacte Ambiental

La sostenibilitat és un aspecte cada vegada més rellevant en el sector dels viatges. Plataformes com Skyscanner ja ofereixen estimacions d'emissions de CO₂ per als vols seleccionats, ajudant els usuaris a prendre decisions més responsables.

Aquest projecte porta aquesta funcionalitat un pas més enllà:

- **Comparació entre vol i tren:** Es calcula i es mostra l'impacte ambiental del vol seleccionat (en emissions de CO₂) [5] i s'ofereix una estimació equivalent si el mateix trajecte es realitzés en tren.
- **Recomanació de l'opció més sostenible:** En base a aquesta comparativa, el sistema informa si el viatge en tren seria una opció més ecològica i sostenible, ajudant els usuaris a prendre decisions més responsables.

BCN → MAD

Ida	Vuelta
Salida: 20/1/2025, 11:50:00	Salida: 21/5/2025, 15:10:00
Llegada: 20/1/2025, 13:20:00	Llegada: 21/5/2025, 16:35:00
Compañía: UX	Compañía: UX
Duración: 1h30m	Duración: 1h25m

Precio Total: €55.19

Es más sostenible viajar en tren (Emisiones: 20000 g CO₂) que en avión (Emisiones: 200000 g CO₂).

[Reservar](#)

Figura 6. Tarjeta amb informació sobre CO₂

Aquest tipus d'informació és essencial en un món cada cop més conscient de l'impacte del transport sobre el medi ambient i representa un valor afegit important per als usuaris.

Notificaciones Automáticas via Correu Electrònic

L'ús de sistemes de notificació per correu electrònic és fonamental per assegurar que els usuaris rebin informació rellevant de manera ràpida i efectiva. El projecte utilitza serveis d'enviament de correus per:

- Informar als usuaris sobre les baixades de preus en temps real.
- Enviar actualitzacions periòdiques basades en les seves cerques configurades.

flightnots@gmail.com a través de sendgrid.net para mí

Hemos registrado tu búsqueda de vuelos

Hola Brad,

Gracias por usar nuestro servicio. Estos son los parámetros de búsqueda que hemos registrado:

Origen	Destino	Fecha de salida	Fecha de llegada	Precio máximo
BCN	MAD	2025-01-19	2025-01-20	€200

Comenzaremos a buscar vuelos periódicamente con estos parámetros. Te notificaremos cuando encontremos coincidencias.

Gracias por usar nuestro servicio,
El equipo de FlightNotS

Figura 6. E-mail vol registrat

flightnots@gmail.com a través de sendgrid.net para mí

¡Hemos encontrado vuelos que coinciden con tus parámetros!

Hola Brad,

Aquí tienes los detalles de los vuelos encontrados:

Origen	Destino	Fecha de salida	Fecha de llegada	Precio máximo
BCN	MAD	2025-01-19	2025-01-20	€200

Por favor, [revisa nuestra plataforma](#) para más detalles y reserva tu vuelo ahora.

Gracias por usar nuestro servicio,
El equipo de FlightNotS

Figura 7. E-mail vol trobat

Aquest tipus de notifikacions ja és habitual en serveis com Skyscanner i Booking, destacant com una manera efectiva de mantenir els usuaris compromesos amb la plataforma.

7 RESULTATS

Per assolir els objectius del projecte, s'ha seguit un enfocament modular i iteratiu que combina tecnologies modernes com React, Node.js i MongoDB. Aquesta secció detalla el procés de desenvolupament del sistema de seguiment de preus de vols.

6.1 Desenvolupament del Front-End amb React

El Front-End s'ha desenvolupat utilitzant React, un framework popular per crear interfícies d'usuari dinàmiques i responsives [6].

Característiques clau del Front-End

- **Formulari de cerca:** Els usuaris poden introduir criteris com origen, destinació, dates de viatge i rang de preus. El formulari inclou funcionalitats com l'autocompletar per als camps d'aeroports, basat en dades proporcionades per l'API d'Amadeus.

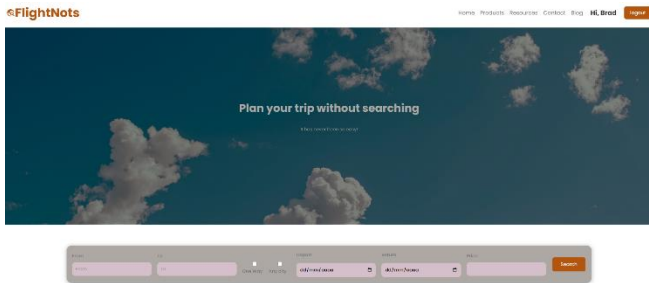


Figura 8. Formulari de cerca

- **Cercar de només d'anada:** Quan l'usuari selecciona aquesta opció, el camp de data de tornada desapareix, simplificant el procés de cerca per a viatges d'anada.
- **Cerca sense destinació definida:** Si no es selecciona un destí, la plataforma genera un mapa interactiu que mostra les possibles destinacions des de l'origen seleccionat dins del rang de preu establert per l'usuari. Les destinacions es representen amb codis de colors (verd, taronja, vermell) per indicar preus baixos, mitjans i alts.

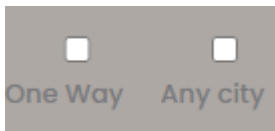


Figura 9. Opcions de cerca personalitzada

- **Visualització interactiva:** Els resultats de la cerca es mostren en targetes individuals que inclouen informació rellevant com companyia aèria, dates, duració del vol i preu.



Figura 10. Tarjeta de resultat de vol

- **Mapes interactius:** Un mapa permet als usuaris explorar destinacions disponibles dins del seu pressupost, amb codis de colors per identificar preus baixos, mitjans i alts.
- **Notificacions visuals:** Quan no es troben resultats que compleixin els criteris de l'usuari, es mostra un botó per activar alertes automàtiques.

El Front-End està organitzat en components modulars per facilitar el manteniment i l'escalabilitat. Això inclou components per al formulari de cerca, targetes de resultats i mapes interactius.

6.2 Desenvolupament del Back-End amb Node.js

El Back-End s'ha implementat amb Node.js, un entorn de desenvolupament lleuger i escalable que s'adapta perfectament a les necessitats del projecte [7].

Funcionalitats clau del Back-End:

- **Gestió d'APIs:** La integració amb l'API d'Amadeus permet obtenir dades de vols en temps real. El Back-End gestiona les sol·licituds dels usuaris, processa els resultats de l'API i retorna la informació en un format optimitzat per al Front-End.
- **Sistema de notificacions:** S'ha integrat una API per a l'enviament de correus electrònics. Inicialment, es va intentar utilitzar l'API de Gmail per gestionar les notificacions. Tot i això, problemes derivats de la doble verificació i la configuració de comptes van dificultar el procés. Com a alternativa, es va optar per SendGrid, una solució robusta i fiable per a l'enviament de correus electrònics. SendGrid ofereix una integració senzilla amb Node.js i proporciona funcionalitats avançades com la monitorització d'entregues i el seguiment

d'obertures, assegurant que els usuaris rebin les notificacions de manera eficient [8].

- **Anàlisi de CO₂:** El Back-End calcula l'impacte ambiental del vol seleccionat, comparant-lo amb una alternativa en tren i recomanant l'opció més sostenible.

6.3 Base de Dades amb MongoDB

S'ha utilitzat MongoDB per gestionar la informació dels usuaris i les cerques personalitzades. La base de dades està dissenyada per ser flexible i escalable, amb col·leccions que inclouen:

- **Informació dels usuaris:** Correu electrònic i preferències de cerca.

```
_id: ObjectId('675722c79a52aa5408a5cc5e')
email: "johndoe@gmail.com"
password: "$2a$10$8XqJambE/zZMm1L4ekvKdux7yzD0zd7EhwFXJekj22yarW49PLWHC"
firstName: "Jon"
lastName: "Dhoe"
searches: Array (empty)
--v: 0
```

Figura 11 . Estructura taula d'usuaris registrats

- **Històric de notificacions:** Dades dels vols que han generat alertes.

```
_id: ObjectId('6780f58a972933cef6b744aa')
userId: ObjectId('673713af5c2463719f41be9d')
from: "BCN"
to: "MAD"
depart: "2025-01-12"
return: "2025-01-15"
price: 200
notified: false
--v: 0
```

Figura 12 . Estructura taula de vols

Per optimitzar el rendiment, s'han aplicat índexs en els camps més consultats, com origen, destinació i dates de viatge.

6.4 Tractament de Dades i Impacte Ambiental

El projecte integra una funcionalitat per calcular les emissions de CO₂ associades als vols seleccionats [9]. Aquesta informació es presenta al Front-End amb una comparació directa amb una alternativa en tren, si escau. Això permet als usuaris prendre decisions més informades i sostenibles.

El Back-End processa aquestes dades utilitzant models predefinitos que tenen en compte factors com la distància del vol, el tipus d'avió i el consum energètic dels trens.

6.5 Proves i Optimització

Durant el desenvolupament, s'han realitzat proves exhaustives per assegurar l'estabilitat i el rendiment del sistema:

- **Proves de càrrega:** Per verificar que el sistema pugui gestionar múltiples cerques simultànies sense afectar el rendiment.
- **Proves d'usabilitat:** Amb usuaris potencials per assegurar que la interfície d'usuari sigui intuïtiva i fàcil d'utilitzar.
- **Optimització de consultes:** Les consultes a la base de dades i a l'API d'Amadeus s'han optimitzat per reduir el temps de resposta i millorar l'experiència de l'usuari.

8 CONCLUSIONS

El procés de desenvolupament d'aquest projecte ha estat un exercici d'integració efectiva de tecnologies modernes, disseny modular i metodologia àgil, garantint l'acompliment dels objectius establerts des del començament.

Adopció de Tecnologies Modernes

El projecte ha integrat un conjunt d'eines i tecnologies capdavanteres en el desenvolupament web:

- **React** per al Front-End, proporcionant una interfície d'usuari dinàmica, responsiva i intuïtiva que millora significativament l'experiència de l'usuari.
- **Node.js** per al Back-End, assegurant un entorn lleuger, escalable i adequat per a les necessitats de processament en temps real.
- **MongoDB** com a base de dades, oferint flexibilitat i escalabilitat per gestionar grans volums de dades amb una estructura no relacional que facilita la gestió de cerques personalitzades i preferències dels usuaris.

Aquesta elecció tecnològica no només ha garantit un desenvolupament robust, sinó que també ha assegurat que el sistema estigui preparat per incorporar funcionalitats futures sense necessitar una reconstrucció completa.

Disseny Modular i Escalabilitat

L'enfocament modular ha estat un dels pilars del desenvolupament. Cada component del sistema ha estat dissenyat de manera independent, cosa que facilita el manteniment, la identificació de problemes i la incorporació de noves funcionalitats. Per exemple:

- El **Front-End** s'ha dividit en components reutilitzables, com el formulari de cerca, les targetes de resultats i el mapa interactiu.
- El **Back-End** segueix una arquitectura basada en controladors i serveis que assegura una separació clara de responsabilitats.

Aquesta estructura modular permet que el projecte s'adapti fàcilment a possibles ampliacions, com la integració amb altres APIs, l'afegit de nous criteris de cerca o l'optimització de funcionalitats existents.

Optimització del Rendiment

S'han realitzat esforços significatius per optimitzar el rendiment del sistema:

- **Reducció dels temps de resposta:** Les consultes a l'API d'Amadeus i a MongoDB s'han optimitzat per garantir que els usuaris rebin informació ràpidament.
- **Proves de càrrega:** S'ha verificat que el sistema pot gestionar múltiples cerques simultànies sense impactar negativament el rendiment.
- **Proves d'usabilitat:** Els comentaris d'usuaris potencials han estat clau per ajustar la interfície i garantir una experiència senzilla i intuïtiva.

Gestió Eficient de Notificacions

Un dels desafiaments principals ha estat la implementació del sistema de notificacions via correu electrònic. Inicialment es va intentar utilitzar l'API de Gmail, però problemes relacionats amb la doble verificació i la configuració dels comptes van portar a un canvi cap a SendGrid.

Aquesta decisió va resultar beneficiosa, ja que SendGrid no només ofereix una integració senzilla amb Node.js, sinó també eines avançades per monitoritzar l'entrega de correus i garantir que els usuaris rebin les notificacions de manera fiable.

Impacte Ambiental i Sostenibilitat

La integració de l'anàlisi de l'impacte ambiental del transport aeri és una funcionalitat clau que aporta un valor afegit significatiu a la plataforma, no només pel que fa a l'experiència de l'usuari, sinó també per la seva contribució a la sostenibilitat. Aquesta característica innovadora s'alinea amb la creixent consciència global sobre el canvi climàtic i la necessitat d'adoptar pràctiques més responsables.

El sistema calcula les emissions de CO₂ generades pels vols seleccionats, basant-se en factors com la distància del trajecte, el tipus d'avió i el consum de combustible. Aquesta informació es compara amb les emissions equivalents si el mateix viatge es fes en tren, una alternativa generalment més sostenible.

Aquest tipus de comparativa ofereix a l'usuari dades clares i comprensibles que el permeten prendre decisions informades sobre el seu impacte ambiental. A més, el sistema ressalta quina opció seria més adequada des d'un punt de vista ecològic, donant prioritat a les alternatives amb emissions més baixes.

Preparació per a futurs canvis

El sistema desenvolupat està preparat per evolucionar i respondre a les necessitats canviants dels viatgers. Una de les ampliacions més destacades serà la integració amb altres APIs de viatges, la qual cosa permetrà ampliar l'abast de les cerques i oferir informació encara més rica i detallada. Aquesta evolució inclourà l'accés a dades ferroviàries, superant els desafiaments associats amb la disponibilitat limitada i la complexitat de gestionar informació sobre transbordaments i operadors múltiples. Tot i que els vols han estat la prioritat inicial per la seva major accessibilitat de dades, la inclusió de trens és un pas natural per fomentar opcions de transport més diverses i sostenibles.

Una altra línia de desenvolupament serà l'addició de funcionalitats avançades de personalització, com recomanacions basades en intel·ligència artificial [10]. Aquestes funcionalitats permetran que la plataforma analitzi el comportament de l'usuari i proporcioni suggeriments personalitzats, optimitzant tant les opcions de viatge com l'experiència d'ús general.

A més, es contempla la integració de sistemes de pagament dins la plataforma, facilitant que els usuaris puguin gestionar tot el procés de reserva des d'un únic lloc. Aquesta funcionalitat incrementarà la comoditat i simplificarà els tràmits per als viatgers, consolidant la plataforma com una solució integral per planificar els seus desplaçaments.

AGRAÏMENTS

Vull expressar el meu sincer agraïment a totes les persones que han contribuït al desenvolupament del meu treball de final de grau. La seva orientació, suport i paciència han estat fonamentals per assolir els objectius proposats i superar els reptes que han sorgit al llarg d'aquest procés.

Voldria agrair especialment al meu tutor/a, per la seva experiència, consells i confiança al llarg de tot el projecte, així com als meus companys i familiars pel seu suport constant i ànims. Sense la seva ajuda i motivació, aquest projecte no hauria estat possible.

Aquest treball també és fruit de l'aprenentatge adquirit durant el grau i de l'oportunitat que m'han brindat per posar en pràctica tots els coneixements obtinguts. Gràcies a tots els que han fet d'aquest camí una experiència enriquidora i significativa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Lean/Agile Documentation: Strategies for Agile Teams," Apr. 16, 2023. <https://agilemodeling.com/essays/agiledocumentation.htm>
- [2] DMongoDB, "MongoDB Documentation," 2024, <https://www.mongodb.com/docs/>
- [3] Connect to Amadeus travel APIs | Amadeus for Developers," Amadeus IT Group SA. <https://developers.amadeus.com/self-service/apis-docs>
- [4] "OpenStreetMap," OpenStreetMap, 2024. <https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.50/-0.10>
- [5] International Civil Aviation Organization, "ICAO Carbon Emissions Calculator," Icao.int, 2019. <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>
- [6] Meta Open Source, "React," (2024) <https://react.dev/>
- [7] "Index | Node.js v20.2.0 Documentation," nodejs.org. <https://nodejs.org/docs/latest/api/>
- [8] "SendGrid | SendGrid Docs | Twilio," Twilio.com, 2024. <https://www.twilio.com/docs/sendgrid>
- [9] "Flights emissions data | API Developer Documentation," Skyscanner.net, 2025. <https://developers.skyscanner.net/docs/getting-started/flights-emissions-data>
- [10] Su, X., & Khoshgoftaar, T. M. A Survey of Collaborative Filtering Techniques. Advances in Artificial Intelligence, 2009, <https://doi.org/10.1155/2009/421425>

-
- E-mail de contacte: 1599401@uab.cat
 - Menció realitzada: Enginyeria del Software
 - Treball tutoritzat per: Sergio Bachiller Rubia (Departament de Ciències de la Computació)
 - Curs 2024/25

APÈNDIX

FIGURA 1. DIAGRAMA DE GANTT - PLANIFICACIÓ

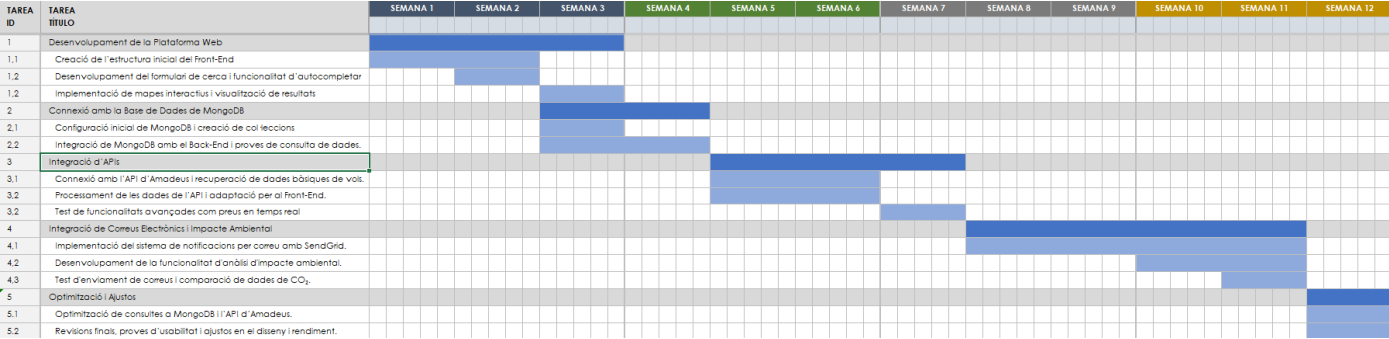


FIGURA 2. DIAGRAMA D'ARQUITECTURA DE L'APLICACIÓ – ESTAT DE L'ART

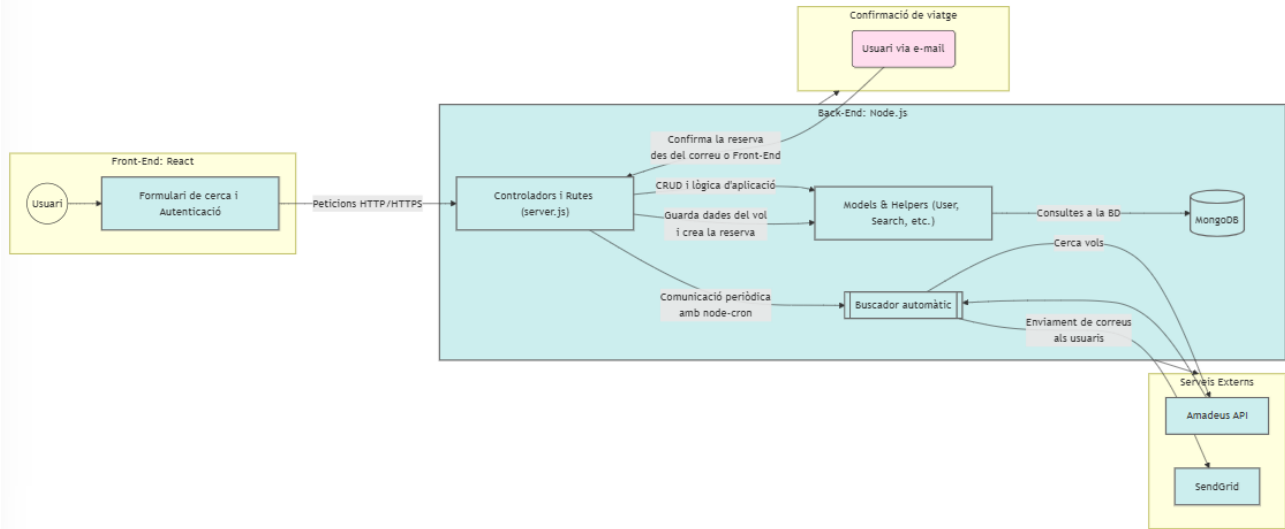


FIGURA 3. DIAGRAMA D'ARQUITECTURA MONITORITZACIÓ I SEGUIMENT DE PREUS – ESTAT DE L'ART

