

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

Grau d'Enginyeria Informàtica

TREBALL DE FI DE GRAU

SISTEMA DE RESERVES TELEFÒNIQUES AMB
ASSISTENT DE VEU I PLATAFORMA DE
GESTIÓ PER A NEGOCIS

Autor: Guillem Rodríguez Mitjana

Director: Jordi Massaguer Pla

Curs acadèmic: 2024-2025

Tarragona, 2025



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Nota: Aquesta versió del Treball de Fi de Grau ha estat modificada per eliminar informació confidencial amb la finalitat de preservar la privacitat de l'empresa col·laboradora.

Resum.

Aquest projecte s'emmarca dins d'un conveni de col·laboració amb Andorra Telecom i té com a objectiu desenvolupar un sistema SaaS per a la gestió de reserves mitjançant un assistent de veu intel·ligent. El sistema està pensat especialment per a petits i mitjans negocis d'Andorra que no poden atendre trucades fora de l'horari comercial o quan estan ocupats.

El projecte es justifica per la necessitat creixent de solucions automatitzades que millorin l'atenció al client sense requerir presència humana constant. Mitjançant tecnologies com Twilio, OpenAI i Google Calendar, s'ha implementat una solució modular i escalable, capaç de gestionar trucades entrants, entendre la intenció de l'usuari i modificar calendaris en temps real.

S'ha adoptat una arquitectura basada en serveis, amb un backend desenvolupat en Python (FastAPI), un frontend en Next.js i una base de dades relacional MySQL. A més, s'ha posat especial èmfasi en la seguretat, el control d'accés i la personalització del comportament de l'assistent per cada local.

Els resultats obtinguts són un sistema funcional capaç de gestionar trucades reals, sincronitzar esdeveniments al calendari i oferir estadístiques detallades per als negocis. El projecte demostra la viabilitat de la proposta i estableix les bases per a una futura extensió comercial.

Resumen.

Este proyecto se enmarca en un convenio de colaboración con Andorra Telecom y tiene como objetivo desarrollar un sistema SaaS para la gestión de reservas mediante un asistente de voz inteligente. El sistema está pensado especialmente para pequeños y medianos negocios de Andorra que no pueden atender llamadas fuera del horario comercial o cuando están ocupados.

El proyecto se justifica por la necesidad creciente de soluciones automatizadas que mejoren la atención al cliente sin requerir presencia humana constante. Mediante tecnologías como Twilio, OpenAI y Google Calendar, se ha implementado una solución modular y escalable, capaz de gestionar llamadas entrantes, entender la intención del usuario y modificar calendarios en tiempo real.

Se ha adoptado una arquitectura basada en servicios, con un backend desarrollado en Python (FastAPI), un frontend en Next.js y una base de datos relacional MySQL. Además, se ha puesto especial énfasis en la seguridad, el control de acceso y la personalización del comportamiento del asistente para cada local.

Los resultados obtenidos son un sistema funcional capaz de gestionar llamadas reales, sincronizar eventos en el calendario y ofrecer estadísticas detalladas para los negocios. El proyecto demuestra la viabilidad de la propuesta y establece las bases para una futura expansión comercial.

Abstract.

This project is part of a collaboration agreement with Andorra Telecom and aims to develop a SaaS system for booking management through an intelligent voice assistant. The system is specifically designed for small and medium-sized businesses in Andorra that are unable to answer phone calls outside business hours or when they are busy.

The project is justified by the growing need for automated solutions that improve customer service without requiring constant human presence. Using technologies such as Twilio, OpenAI, and Google Calendar, a modular and scalable solution has been implemented, capable of handling incoming calls, understanding user intent, and updating calendars in real time.

A service-oriented architecture has been adopted, with a backend developed in Python (FastAPI), a frontend in Next.js, and a MySQL relational database. In addition, special emphasis has been placed on security, access control, and the customization of the assistant's behavior for each business.

The results obtained are a functional system capable of managing real calls, synchronizing calendar events, and offering detailed business statistics. The project demonstrates the feasibility of the proposal and lays the foundation for future commercial expansion.

Índex

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓ | 5 |
| 1.1 | CONTEXT I MOTIVACIÓ..... | 5 |
| 1.2 | ABAST DEL PROJECTE..... | 5 |
| 1.3 | NECESSITAT I APLICACIÓ DEL SISTEMA | 6 |
| 2 | PARAULES CLAU DEL PROJECTE | 7 |
| 3 | OBJECTIUS DEL TFG | 8 |
| 3.1 | OBJECTIUS ESPECÍFICS | 8 |
| 3.2 | VALOR FORMATIU I APLICACIÓ PRÀCTICA | 8 |
| 4 | PLANIFICACIÓ | 10 |
| 4.1 | GESTIÓ DE RISCOS | 10 |
| 4.2 | DIAGRAMA DE GANTT..... | 10 |
| 4.3 | DESCRIPCIÓ DE TASQUES | 12 |
| 4.4 | INCIDÈNCIA AMB TWILIO I GESTIÓ DEL PROBLEMA | 13 |
| 4.5 | METODOLOGIA DE TREBALL I SEGUIMENT..... | 13 |
| 5 | REQUISITS DEL PROJECTE | 14 |
| 5.1 | REQUISITS FUNCIONALS | 14 |
| 5.2 | REQUISITS NO FUNCIONALS | 15 |
| 5.3 | RESTRICCIONS I LIMITACIONS DEL PROJECTE | 15 |
| 5.4 | GUIONS DE CONVERSA | 16 |
| 5.5 | CASOS D'ÚS..... | 16 |
| 6 | DISSENY | 18 |
| 6.1 | ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA..... | 18 |
| 6.2 | FLUX DE TRUCADA | 19 |
| 6.2.1 | <i>Configuracions inicials</i> | 19 |
| 6.2.2 | <i>Funcionament</i> | 20 |
| 6.3 | DISSENY DEL BACKEND..... | 21 |
| 6.3.1 | <i>Arquitectura general i mòduls</i> | 21 |
| 6.3.2 | <i>Comunicació amb OpenAI</i> | 22 |
| 6.3.3 | <i>Interfície d'API pel backoffice</i> | 24 |
| 6.3.4 | <i>Integració amb calendaris</i> | 24 |
| 6.3.5 | <i>Control d'errors i seguretat</i> | 26 |
| 6.4 | DISSENY DEL BACKOFFICE | 27 |
| 6.4.1 | <i>Navegació i control d'accés</i> | 28 |
| 6.4.2 | <i>Gestió i configuració de locals</i> | 29 |
| 6.4.3 | <i>Gestió global per administradors</i> | 29 |
| 6.4.4 | <i>Visualització de dades i estadístiques</i> | 30 |
| 6.4.5 | <i>Flux d'activació i posada en marxa del servei</i> | 30 |
| 6.5 | PERSISTÈNCIA I BASE DE DADES..... | 32 |
| 6.5.1 | <i>Model de persistència i gestió de connexions</i> | 32 |
| 6.5.2 | <i>Esquema general de la base de dades</i> | 32 |
| 6.5.3 | <i>Descripció de taules</i> | 33 |
| 6.5.4 | <i>Consideracions de seguretat i escalabilitat</i> | 33 |
| 7 | IMPLEMENTACIÓ | 35 |
| 8 | AVALUACIÓ | 36 |
| 8.1 | OBJECTIUS DE L' AVALUACIÓ | 36 |
| 8.2 | METODOLOGIA I DISSENY DE CASOS DE PROVA | 36 |
| 8.3 | CASOS DE PROVA I RESULTATS | 37 |
| 8.3.1 | <i>Afegir una reserva amb èxit</i> | 37 |
| 8.3.2 | <i>Intentar reservar en una hora ocupada</i> | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8.3.3 | <i>Fer una reserva en un dia no laboral</i> | 38 |
| 8.3.4 | <i>Fer una reserva en un hora fora de l'horari laboral</i> | 38 |
| 8.3.5 | <i>Demandar una reserva per al mateix dia</i> | 38 |
| 8.3.6 | <i>Demandar una reserva per a una hora passada del mateix dia</i> | 38 |
| 8.3.7 | <i>Demandar reserves pendents</i> | 38 |
| 8.3.8 | <i>Modificar una reserva existent</i> | 39 |
| 8.3.9 | <i>Cancel·lar una reserva existent</i> | 39 |
| 8.3.10 | <i>Resposta negativa a la confirmació</i> | 39 |
| 8.3.11 | <i>Cancel·lació o modificació d'una reserva inexistent</i> | 39 |
| 8.3.12 | <i>Trucada amb informació incompleta</i> | 39 |
| 8.3.13 | <i>Trucada amb una petició no relacionada</i> | 40 |
| 8.4 | PROBLEMES DETECTATS I LIMITACIONS..... | 40 |
| 8.4.1 | <i>Errors causats per la interpretació del model (OpenAI)</i> | 40 |
| 8.4.2 | <i>Casos en què el model confon hores o dates</i> | 40 |
| 8.5 | VALIDACIÓ DELS REQUISITS..... | 40 |
| 9 | AVALUACIÓ DE COSTOS | 43 |
| 9.1 | COSTOS DE PERSONAL..... | 43 |
| 9.2 | COSTOS DE MATERIAL I SERVEIS..... | 43 |
| 10 | LEGISLACIÓ I PROTECCIÓ DE DADES | 45 |
| 10.1 | LEGISLACIÓ APLICABLE | 45 |
| 10.2 | APLICACIÓ PRÀCTICA DE LA NORMATIVA..... | 45 |
| 10.2.1 | <i>Compliment de la Llei de Serveis de la Societat de la Informació (LSSI-CE)</i> 46 | |
| 10.2.2 | <i>Compliment de la legislació europea sobre sistemes d'IA</i> | 46 |
| 10.3 | AVALUACIÓ DE RISCOS | 46 |
| 10.4 | COMPROMÍS AMB LA PRIVACITAT | 46 |
| 10.5 | PROPIETAT INTEL·LECTUAL | 47 |
| 11 | IMPLICACIONS ÈTIQUES, D'IGUALTAT I MEDIAMBIENTALS | 48 |
| 11.1 | PRINCIPIS DEL CODI ÈTIC D'ANDORRA TELECOM | 48 |
| 11.1.1 | <i>Principis del codi ètic en igualtat i protecció del medi ambient</i> | 48 |
| 11.1.2 | <i>Actuacions amb els clients i la societat</i> | 48 |
| 11.2 | AVALUACIÓ DE LES IMPLICACIONS DEL PROJECTE | 49 |
| 11.2.1 | <i>Implicacions ètiques del projecte</i> | 49 |
| 11.2.2 | <i>Implicacions en igualtat del projecte</i> | 49 |
| 11.2.3 | <i>Implicacions mediambientals del projecte</i> | 50 |
| 12 | VALORACIÓ | 52 |
| 13 | RECURSOS UTILITZATS | 53 |
| 13.1 | BIBLIOGRAFIA | 53 |
| 13.2 | PROGRAMARI (SOFTWARE) | 53 |
| 13.2.1 | <i>Entorn de desenvolupament i gestió de codi</i> | 53 |
| 13.2.2 | <i>Altres eines</i> | 53 |
| 13.3 | MAQUINARI (HARDWARE)..... | 53 |
| 13.4 | ALTRES RECURSOS | 53 |

Índex de taules

| | |
|---|----|
| TAULA 1. RISCOS DEL PROJECTE | 10 |
| TAULA 2. DESCRIPCIÓ DE TASQUES PER FASE | 12 |
| TAULA 3. REQUISITS FUNCIONALS | 14 |
| TAULA 4. REQUISITS NO FUNCIONALS | 15 |
| TAULA 5. CASOS D'ÚS DEL SISTEMA | 17 |
| TAULA 6. FLUX DE TRUCADA AMB L'ASSISTENT DE VEU | 21 |
| TAULA 7. MÒDULS DEL BACKEND | 22 |
| TAULA 8. PÀGINES DE CONFIGURACIÓ DELS LOCALS AL BACKOFFICE..... | 29 |
| TAULA 9. PÀGINES D'ADMINISTRACIÓ AL BACKOFFICE..... | 30 |
| TAULA 10. ESTRUCTURA DE LA BASE DE DADES I RELACIONS..... | 33 |
| TAULA 15. VALIDACIÓ DELS REQUISITS FUNCIONALS..... | 41 |
| TAULA 16. VALIDACIÓ DELS REQUISITS NO FUNCIONALS..... | 42 |
| TAULA 17. COSTOS ORIENTATIUS DE PERSONAL..... | 43 |
| TAULA 18. COSTOS DE MATERIAL I SERVEIS..... | 43 |

Índex de figures

| | |
|---|----|
| IL·LUSTRACIÓ 1. DIAGRAMA DE GANTT DE LA PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE | 11 |
| IL·LUSTRACIÓ 2. FLUX DE TRUCADES PER FER, MODIFICAR I CANCEL·LAR RESERVES | 16 |
| IL·LUSTRACIÓ 3. DIAGRAMA DE CASOS D'ÚS DEL SISTEMA..... | 17 |
| IL·LUSTRACIÓ 4. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA..... | 18 |
| IL·LUSTRACIÓ 5. CONFIGURACIÓ DEL WEBHOOK DE TWILIO..... | 19 |
| IL·LUSTRACIÓ 6. DIAGRAMA DE SEQÜÈNCIA DEL FLUX D'UNA TRUCADA | 20 |
| IL·LUSTRACIÓ 7. DIAGRAMA DE SEQÜÈNCIA AMB DECISIÓ DE RESPOSTA D'OPENAI..... | 23 |
| IL·LUSTRACIÓ 8. DIAGRAMA DE SEQÜÈNCIA DE LA CREACIÓ DE RESERVES | 25 |
| IL·LUSTRACIÓ 9. DIAGRAMA DE SEQÜÈNCIA D'AUTENTICACIÓ AL BACKOFFICE | 27 |
| IL·LUSTRACIÓ 10. CASOS D'ÚS DEL BACKOFFICE | 28 |
| IL·LUSTRACIÓ 11. DIAGRAMA D'ACTIVACIÓ I POSADA EN MARXA DEL SERVEI | 31 |
| IL·LUSTRACIÓ 13. ESQUEMA SIMPLIFICAT DEL PROCÉS DE HASH EN UNA CONTRASENYA..... | 34 |
| IL·LUSTRACIÓ 23. COSTOS D'OPENAI EL MES D'ABRIL | 44 |
| IL·LUSTRACIÓ 24. COSTOS D'OPENAI EL MES DE MAIG..... | 44 |

1 Introducció

1.1 Context i motivació

La irrupció de la intel·ligència artificial (IA) ha obert noves possibilitats en múltiples àmbits del dia a dia, des de l'atenció al client fins a la gestió de processos interns. Les tecnologies de processament del llenguatge natural i reconeixement de veu estan transformant especialment la manera com les empreses interactuen amb els seus clients, automatitzant tasques repetitives i millorant la disponibilitat dels serveis.

Aquest Treball de Fi de Grau (TFG) neix d'una idea de negoci identificada durant les pràctiques professionals a Andorra Telecom, amb la intenció que pugui arribar a posar-se en producció i ser ofert als clients actuals o futurs d'Andorra Telecom. Durant l'elecció del tema del TFG, es van valorar diverses propostes de projecte, i finalment es va escollir la creació d'un sistema de reserves telefòniques intel·ligent, pensat per a petits i mitjans negocis d'Andorra que treballen amb cita prèvia, com poden ser perruqueries, centres mèdics o dentistes.

La proposta consisteix en el desenvolupament d'un sistema que es pugui desplegar com a SaaS (Software as a Service), el qual permeti a aquests negocis disposar d'un assistent de veu automàtic, basat en IA, capaç d'atendre trucades telefòniques fora de l'horari laboral o en moments en què no es pugui respondre manualment. L'objectiu principal és que aquest assistent pugui entendre les peticions dels clients, gestionar reserves i introduir-les automàticament al calendari del negoci corresponent, reduint així la dependència del personal i millorant tant la disponibilitat com l'eficiència del servei, reduint també possibles errors humans.

A més, l'evolució recent de la intel·ligència artificial generativa, especialment en models de llenguatge com ChatGPT, ha obert noves oportunitats per aplicar aquestes tecnologies en entorns reals. La capacitat d'aquests models per comprendre i generar llenguatge natural de manera fluida permet desenvolupar assistents més intel·ligents, empàtics i autònoms, i fa viable la creació de solucions com la que es planteja en aquest projecte. Aquest context tecnològic emergent ha estat un factor clau en la definició i orientació del treball.

1.2 Abast del projecte

El projecte plantejat inclou el desenvolupament del backend principal i una interfície de gestió (backoffice) per als negocis clients. Tot i que el sistema s'ha dissenyat amb l'objectiu de poder-se desplegar com a producte SaaS en el futur, aquesta fase de desplegament (contenidors, pipelines d'integració contínua, etc.) queda fora de l'abast d'aquest TFG. Per tant, el treball es centra exclusivament en la creació de la lògica funcional, mantenint una arquitectura modular que permeti la seva escalabilitat i adaptació posterior al context productiu.

Destacar també que el desenvolupament s'ha dut a terme de manera individual, assumint la totalitat del disseny i implementació tant del backend com del backoffice. Tanmateix, el projecte ha comptat amb reunions setmanals amb membres d'Andorra Telecom, que han servit per fer-ne un seguiment, resoldre dubtes i incorporar millores contínues al llarg del procés.

1.3 Necessitat i aplicació del sistema

Tot i que actualment existeixen solucions avançades d'atenció al client basades en intel·ligència artificial, moltes d'elles estan orientades a grans empreses i presenten una elevada complexitat d'implementació o costos inassumibles per a negocis petits i mitjans. En el cas d'Andorra, molts d'aquests negocis funcionen amb cita prèvia i depenen de l'atenció telefònica manual per gestionar les reserves. Aquesta situació genera ineficiències, especialment durant les hores de tancament o en moments de gran càrrega de feina, on és fàcil perdre trucades i, per tant, clients potencials.

El sistema proposat busca cobrir aquesta necessitat concreta amb una solució accessible, escalable i fàcil d'usar, aprofitant les capacitats actuals de la intel·ligència artificial, especialment del processament de llenguatge natural i la generació de veu (TTS, *Text To Speech*). A més, el fet de plantejar-lo com un servei (SaaS) permetria oferir-lo de manera centralitzada, facilitant el seu desplegament i manteniment, i permetent adaptar-lo a diferents tipus de negocis sense necessitat de grans personalitzacions.

Amb una previsió d'ús orientada inicialment al mercat andorrà, el sistema podria escalar-se fàcilment a altres regions amb característiques similars, tant pel que fa a la mida dels negocis com a les necessitats d'atenció fora d'horari. Aquest enfocament pràctic i aplicable al món real ha estat un dels motors principals del desenvolupament.

2 Paraules clau del projecte

- Assistent de veu
- Intel·ligència Artificial
- Processament del llenguatge natural
- Sistema de reserves
- SaaS
- Automatització
- Trucades telefòniques
- Calendaris
- Twilio
- Google Calendar
- OpenAI
- Personalització
- Accessibilitat horària

3 Objectius del TFG

L'objectiu principal d'aquest Treball de Fi de Grau és desenvolupar un sistema intel·ligent de gestió de reserves telefòniques, orientat a petits i mitjans negocis d'Andorra que treballen amb cita prèvia. El sistema ha de ser capaç d'atendre trucades fora de l'horari laboral o quan el personal no estigui disponible, comprendre la petició del client mitjançant processament de llenguatge natural i enregistrar la reserva al calendari del negoci.

Aquest TFG es concentra en una primera versió funcional del sistema, que s'integra amb **Google Calendar** com a plataforma principal per a la gestió de cites, amb l'objectiu de facilitar una solució senzilla i aplicable des del primer moment. Tot el desenvolupament es concep com una base sòlida per a un futur producte SaaS, fàcilment desplegable i escalable.

3.1 Objectius específics

Els objectius específics d'aquest projecte són:

- Desenvolupar un backend escalable que gestioni la comunicació entre el sistema de trucades, l'assistent de veu i la base de dades.
- Crear una interfície d'administració (backoffice) per a negocis clients i per a l'equip d'Andorra Telecom.
- Integrar serveis externs com **Twilio** (gestió de trucades) i **OpenAI** (processament de llenguatge natural).
- Implementar la integració amb **Google Calendar** per automatitzar la creació de cites.
- Dissenyar una arquitectura modular, pensada per facilitar el desplegament com a servei SaaS.
- Aplicar coneixements tècnics en desenvolupament backend, IA aplicada al llenguatge natural, gestió de calendaris i tecnologies web modernes.

3.2 Valor formatiu i aplicació pràctica

La tria d'aquest projecte respon a una motivació formativa clara i estratègica, ja que representa una oportunitat única per posar en pràctica, de forma integrada, diversos coneixements adquirits al llarg del Grau en Enginyeria Informàtica. La naturalesa del projecte —amb un enfocament multidisciplinari, aplicació de tecnologies emergents i una orientació real cap al món empresarial— el converteix en una experiència d'alt valor acadèmic i professional.

Aquest Treball de Fi de Grau permet aprofundir en àmbits clau com:

- **Desenvolupament full stack**, tant de backend com de frontend, aplicant bones pràctiques de modularització, arquitectura i mantenibilitat del codi.
- **Integració de serveis externs**, gestionant tant la comunicació asíncrona com la seguretat i l'escalabilitat de les connexions amb tercers.
- **Tractament de dades i gestió d'informació**, incloent la persistència en bases de dades, validació de dades i estructures adaptades a escenaris SaaS.
- **Intel·ligència Artificial aplicada al llenguatge natural**, mitjançant la utilització de models generatius i tècniques de reconeixement de veu que permeten la comunicació natural entre humans i màquines.

- **Disseny de sistemes escalables**, amb la visió de convertir el projecte en un producte SaaS funcional i desplegable en contextos reals.

Aquesta combinació de tecnologies i reptes facilita un aprenentatge transversal, on convergeixen coneixements teòrics amb situacions pràctiques i contextualitzades. A més, el desenvolupament del projecte en col·laboració amb Andorra Telecom, una empresa capdavantera al país en transformació digital, afegeix un component professional rellevant. Aquesta col·laboració ha permès experimentar de primera mà amb aspectes de la metodologia *Agile*, com la validació contínua i l'adaptació de les funcionalitats a les necessitats reals del mercat.

L'assumpció individual de tot el procés de desenvolupament —des del disseny fins a la implementació i les proves— contribueix també al desenvolupament de competències com l'autonomia, la capacitat de presa de decisions tècniques, la resolució de problemes i la comunicació tècnica.

En conjunt, aquest TFG no només consolida coneixements previs, sinó que també obre la porta a noves línies d'aprenentatge i especialització, en àrees com la intel·ligència artificial, el disseny d'assistents virtuals, i la integració de serveis en entorns reals. Tot plegat, configura una experiència formativa enriquidora que reforça la preparació per a la incorporació al món laboral, amb una base sòlida en innovació tecnològica i una mirada aplicada a la realitat empresarial.

4 Planificació

4.1 Gestió de riscos

Durant el desenvolupament del projecte s'han identificat diversos riscos potencials que podrien afectar tant el progrés com la qualitat del sistema. La següent taula resumeix els principals riscos detectats, el seu possible impacte i les mesures proposades per mitigar-los:

| Risc | Impacte | Possible solució |
|---|---|--|
| Falta de coneixement en tecnologies específiques | Dificultat per implementar funcionalitats clau | Dedicació a la formació específica i suport puntual de tutors o experts |
| Problemes amb l'assistent de veu (IA) | La funcionalitat principal pot quedar inoperativa | Ús d'eines consolidades, començar amb casos senzills i fer proves iteratives |
| Error en la gestió de la base de dades | Pèrdua de dades o inconsistències en la informació | Disseny robust del model de dades i execució de proves exhaustives |
| Falta de temps per completar totes les funcionalitats | Possibilitat d'entregar un sistema incomplet | Priorització de funcionalitats essencials i planificació amb marges realistes |
| Dependència de serveis externs | Possibles interrupcions o afectacions al funcionament | Preveure alternatives o adaptar el sistema per facilitar un canvi ràpid de proveïdor |
| Problemes amb la gestió telefònica | Trucades no funcionals | Coordinació amb Andorra Telecom per solucionar possibles errors amb Twilio |

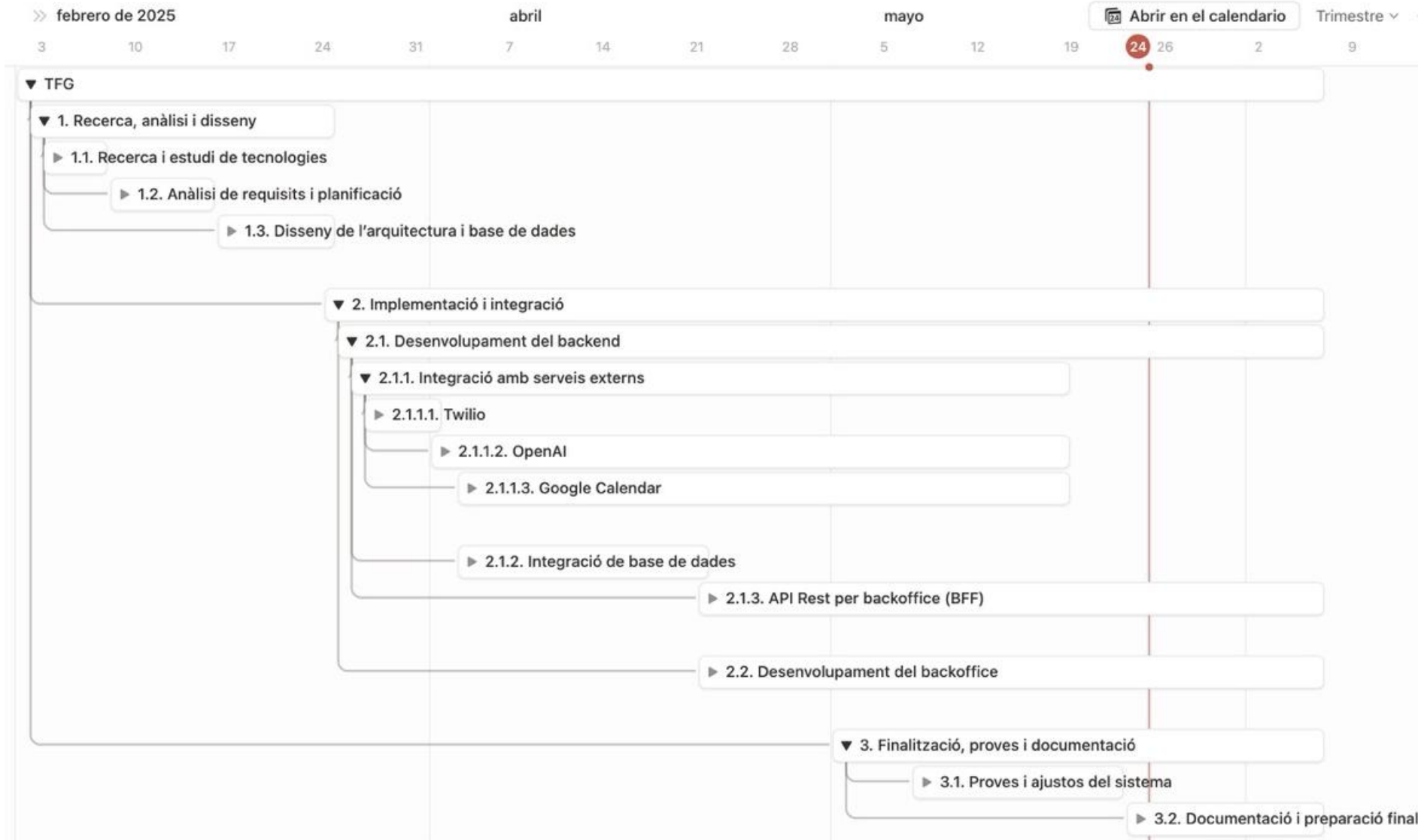
Taula 1. Riscos del projecte

4.2 Diagrama de Gantt

El desenvolupament del projecte s'ha estructurat en tres grans fases, on cadascuna inclou un conjunt de tasques específiques, amb objectius clars que permeten avançar progressivament en la construcció del sistema. Aquesta estructura temporal ha facilitat el seguiment del projecte i la presa de decisions durant el procés de desenvolupament.

- **Març:** Recerca i anàlisi de tecnologies, definició dels requisits i disseny de l'arquitectura del sistema.
- **Abril:** Implementació del backend, integració amb serveis externs (Twilio, OpenAI i Google Calendar), i l'inici del desenvolupament del backoffice.
- **Maig:** Finalització tant del backend com del backoffice, realització de proves, ajustos finals i elaboració de la documentació per al lliurament.

El diagrama de Gantt detallat que s'adjunta a continuació reflecteix aquesta planificació, mostrant la distribució temporal de les activitats i la seva durada estimada. Aquest calendari ha estat una eina clau per mantenir una visió global del projecte i assegurar-ne l'execució dins dels terminis previstos.



Il·lustració 1. Diagrama de Gantt de la planificació del projecte

4.3 Descripció de tasques

Un cop presentat el diagrama de Gantt, en aquest apartat es descriuen breument les principals tasques planificades i executades al llarg del desenvolupament del projecte. L'objectiu és oferir una visió global i estructurada de les activitats realitzades en cada fase, sense entrar en detalls tècnics, per facilitar la comprensió del procés seguit i dels avenços assolits durant cada període.

| Fase | Tasca | Descripció |
|---|--|--|
| 1. Recerca, anàlisi i disseny | 1.1. Recerca i estudi de tecnologies | Exploració de tecnologies com Twilio, OpenAI i Google Calendar, així com de conceptes relacionats amb la IA i el reconeixement de veu. |
| | 1.2. Anàlisi de requisits i planificació | Definició dels requisits funcionals i tècnics del sistema, i elaboració del pla de treball inicial. |
| | 1.3. Disseny de l'arquitectura i base de dades | Disseny conceptual del sistema, estructuració dels components i model de dades inicial. |
| 2. Implementació i integració | 2.1. Desenvolupament del backend | Programació del nucli del sistema, gestió de trucades i reserves, i connexió amb la base de dades. |
| | 2.1.1. Integració amb serveis externs | Connexió amb Twilio (trucades), OpenAI (IA) i Google Calendar (reserves). |
| | 2.1.2. Integració de base de dades | Connexió del sistema amb la base de dades i creació de la mateixa. |
| | 2.1.3. Creació de l'API REST per al backoffice | Desenvolupament del pont de comunicació entre el frontend i el backend |
| | 2.2. Desenvolupament del backoffice | Construcció de la interfície d'administració amb apartats per negocis clients i administradors d'Andorra Telecom. |
| 3. Finalització, proves i documentació | 3.1. Proves i ajustos del sistema | Test del funcionament general, correcció d'errors i millors d'usabilitat. |
| | 3.2. Documentació i preparació final | Redacció del document del TFG, revisió final i preparació per a la entrega. |

Taula 2. Descripció de tasques per fase

4.4 Incidència amb Twilio i gestió del problema

Durant la fase de desenvolupament del projecte, es va detectar un problema important relacionat amb la qualitat de les trucades telefòniques, concretament amb la integració entre Twilio i OpenAI. A mitjans d'abril, es va observar que les trucades realitzades des d'Andorra activaven correctament el [webhook de Twilio](#) i establien sense problemes els [canals de comunicació via WebSocket](#) tant amb Twilio com amb l'API d'OpenAI. El missatge de benvinguda es generava correctament, però a partir d'aquest punt, el sistema deixava de rebre respostes.

Després d'analitzar els registres i comprovar que els missatges de veu s'enviaven correctament a OpenAI, es va identificar que el problema només afectava les trucades realitzades des d'Andorra. En canvi, des d'Espanya, el sistema funcionava perfectament. Aquesta diferència apuntava a un problema d'encaminament de la veu entre operadors (carriers).

L'àrea de Telefonia Mòbil d'Andorra Telecom va determinar que, en utilitzar un número de telèfon americà de Twilio, les trucades havien de passar per diversos intermediaris per arribar als servidors de Twilio als Estats Units (EUA), fet que provocava latència i pèrdua de qualitat en la transmissió de veu. La solució va ser aplicar una configuració BYOC (*Bring Your Own Carrier*), permetent que Twilio utilitzés un número andorrà gestionat per Andorra Telecom. Aquesta millora va evitar salts innecessaris entre operadors internacionals, garantint un flux de veu estable i una integració fluida amb OpenAI.

Aquest problema va tenir un impacte directe en el desenvolupament de l'assistent de veu. Davant la impossibilitat de realitzar proves fiables, es va decidir posposar temporalment el desenvolupament de la funcionalitat de l'assistent de veu fins que la solució estigués implementada. Per aquesta raó, a partir del 21 d'abril es va prioritzar el desenvolupament de la part de BFF (*Backend For Frontend*) i el backoffice, assegurant així l'avanç del projecte malgrat la incidència.

4.5 Metodologia de treball i seguiment

Per al desenvolupament del projecte s'ha seguit una metodologia de treball iterativa i incremental, que ha permès avançar progressivament, tot integrant funcionalitats de forma escalonada i validant-les a mesura que s'implementaven. Aquesta aproximació ha facilitat detectar errors i ajustar decisions tècniques sense comprometre l'estabilitat del sistema.

El projecte s'ha estructurat en fases curtes i ben definides, amb objectius concrets per a cada mes (recerca i disseny, implementació, proves i documentació). Aquesta divisió ha permès mantenir una visió clara del progrés i assegurar que les funcionalitats essencials es completessin a temps.

S'han realitzat reunions setmanals amb membres d'Andorra Telecom, orientades a compartir avenços, validar funcionalitats i obtenir feedback. Aquest seguiment ha estat clau per garantir l'alineació del projecte amb les necessitats reals de l'empresa i ha afavorit una col·laboració àgil i efectiva.

En conjunt, la metodologia aplicada ha contribuït a mantenir un bon ritme de treball, gestionar els riscos de forma proactiva i adaptar-se als imprevistos amb flexibilitat.

5 Requisits del projecte

Aquest apartat recull els requisits del sistema desenvolupat, agrupats en dues categories principals: funcionals i no funcionals. Aquest anàlisi ha estat essencial per establir les bases del disseny tècnic i assegurar que la solució resulti robusta, fiable i alineada amb els objectius del projecte.

5.1 Requisits funcionals

Els requisits funcionals especifiquen les accions, comportaments i funcionalitats que el sistema ha de ser capaç d'executar per satisfer les necessitats dels usuaris i dels diferents actors involucrats. Aquests requisits defineixen què ha de fer el sistema de manera concreta i són la base perquè el desenvolupament i les proves assegurin que el producte compleix amb l'objectiu establert.

| Codi | Requisit funcional |
|-------------|---|
| RF1 | Ha de poder atendre trucades telefòniques automàtiques a través de la integració amb Twilio. |
| RF2 | L'assistent de veu ha d'interpretar correctament instruccions i preguntes en llenguatge natural. |
| RF3 | Ha de consultar la disponibilitat del negoci mitjançant la integració amb serveis com Google Calendar. |
| RF4 | Si hi ha disponibilitat, ha de crear, modificar o cancel·lar una reserva de forma automàticament al calendari. |
| RF5 | Ha de recollir dades bàsiques del client per a realitzar o modificar una reserva (nom, telèfon utilitzat en la trucada, i nota opcional). |
| RF6 | Ha de confirmar les dades amb l'usuari abans de realitzar alguna acció d'escriptura al calendari. |
| RF7 | Ha d'estar preparat per integrar altres calendaris o serveis similars en el futur. |
| RF8 | El backoffice ha de permetre als negocis gestionar els seus locals, horaris i configuracions relacionades. |
| RF9 | El backoffice ha de permetre la connexió i desconnexió en qualsevol moment dels calendaris associats. |
| RF10 | El backoffice ha de permetre als negocis la personalització de l'assistent de veu per a cada negoci, incloent com a mínim veu i missatge inicial. |
| RF11 | Els administradors d'Andorra Telecom han de poder gestionar negocis, usuaris i sessions de backoffice. |
| RF12 | El backoffice ha de permetre tant a negocis com a administradors veure estadístiques d'ús. |

Taula 3. Requisits funcionals

5.2 Requisits no funcionals

Els requisits no funcionals descriuen les característiques qualitatives i tècniques que ha de complir el sistema per garantir un funcionament òptim, segur i escalable en un entorn real. Inclouen aspectes com la disponibilitat, seguretat, rendiment, usabilitat i mantenibilitat, i són fonamentals per assegurar que la solució sigui fiable i efectiva a llarg termini.

| Codi | Requisit no funcional |
|------|--|
| RNF1 | Disponibilitat contínua: el servei ha d'estar operatiu 24/7. |
| RNF2 | L'assistent ha de respondre en menys de 3 segons per cada interacció. |
| RNF3 | Protecció de dades: ha de complir amb el GDPR i assegurar mesures de seguretat com xifrat i autenticació. |
| RNF4 | Escalabilitat: ha de suportar diversos negocis i trucades simultàniament sense degradar-ne el rendiment. |
| RNF5 | Comptabilitat multiplataforma: el backoffice ha de funcionar correctament en diversos dispositius i navegadors. |
| RNF6 | Suport per a diferents canals de trucada sense pèrdua de qualitat o funcionalitat. |
| RNF7 | Robustesa davant errors: l'assistent ha de reaccionar adequadament a instruccions incompletes o ambigües. |
| RNF8 | Preparació per a producció: ha de requerir una intervenció mínima per part de l'equip tècnic i operar amb alta disponibilitat. |

Taula 4. Requisits no funcionals

5.3 Restriccions i limitacions del projecte

Durant el desenvolupament d'aquest projecte s'han identificat algunes restriccions que condicionen la implementació i l'abast final del sistema:

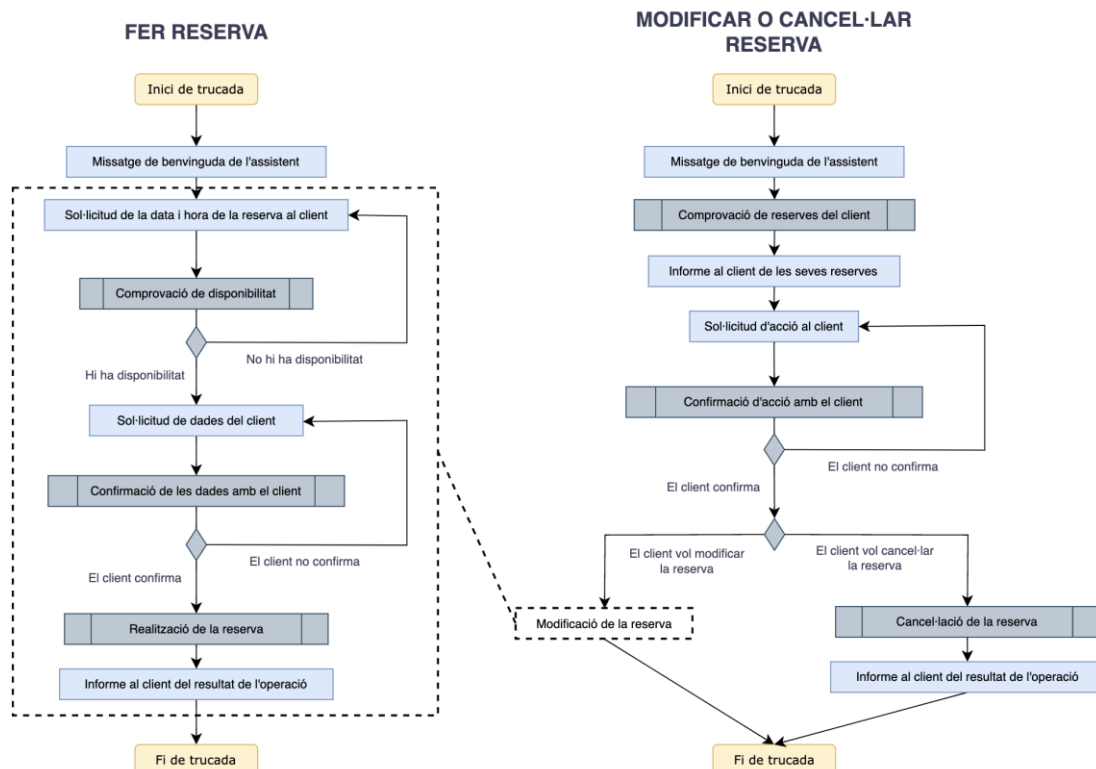
- **Dependència de serveis externs:** El funcionament de l'assistent de veu depèn dels serveis i APIs de tercers, com Twilio per a la gestió de trucades, OpenAI per al processament del llenguatge natural i Google Calendar per a la gestió de reserves. Qualsevol canvi o interrupció en aquests serveis pot afectar la disponibilitat i el rendiment del sistema.
- **Limitacions tècniques de la infraestructura:** L'ús de números de telèfon americans i la necessitat de comunicacions internacionals van generar problemes amb el retard en la transmissió, afectant la interactivitat de l'assistent, especialment a Andorra (problema resolt amb BYOC).
- **Compliment normatiu:** El sistema ha de respectar la normativa de protecció de dades (GDPR) i garantir la seguretat i confidencialitat de la informació dels clients, fet que limita l'ús i emmagatzematge de dades.
- **Abast temporal i recursos:** El projecte es desenvolupa en un termini de tres mesos i amb recursos limitats, fet que condiciona la implementació de funcionalitats més complexes o optimitzacions avançades.

Aquestes restriccions han marcat els límits i la planificació del projecte, i s'han tingut en compte per definir requisits realistes i un pla de treball viable.

5.4 Guions de conversa

Els guions de conversa són esquemes que descriuen la seqüència d'interaccions entre l'assistent de veu i el client durant la conversa telefònica. Aquests guions permeten planificar i visualitzar com respondrà el sistema segons les diferents peticions i comportaments dels usuaris, garantint una experiència coherent, intuïtiva i efectiva.

Per il·lustrar-ho, es presenten dos guions principals: a l'esquerra, el flux per a realitzar una nova reserva, i a la dreta, el flux per modificar o cancel·lar una reserva existent. Cada pas de cadascun d'aquests guions correspon a una funció clau del sistema i assegura que l'usuari pugui dur a terme la seva sol·licitud amb claredat i facilitat.



Il·lustració 2. Flux de trucades per fer, modificar i cancel·lar reserves

Aquests guions serveixen com a base per al desenvolupament de l'assistent i poden evolucionar en funció del feedback rebut i de l'experiència d'ús real.

5.5 Casos d'ús

Els casos d'ús descriuen les principals interaccions entre els diferents actors i el sistema, especificant les funcionalitats que aquest ha de proporcionar per satisfer les seves necessitats. Aquest enfocament permet entendre de manera estructurada el comportament esperat del sistema des del punt de vista dels usuaris i ajuda a definir els requisits.

En el cas del projecte, s'identifiquen tres actors principals:

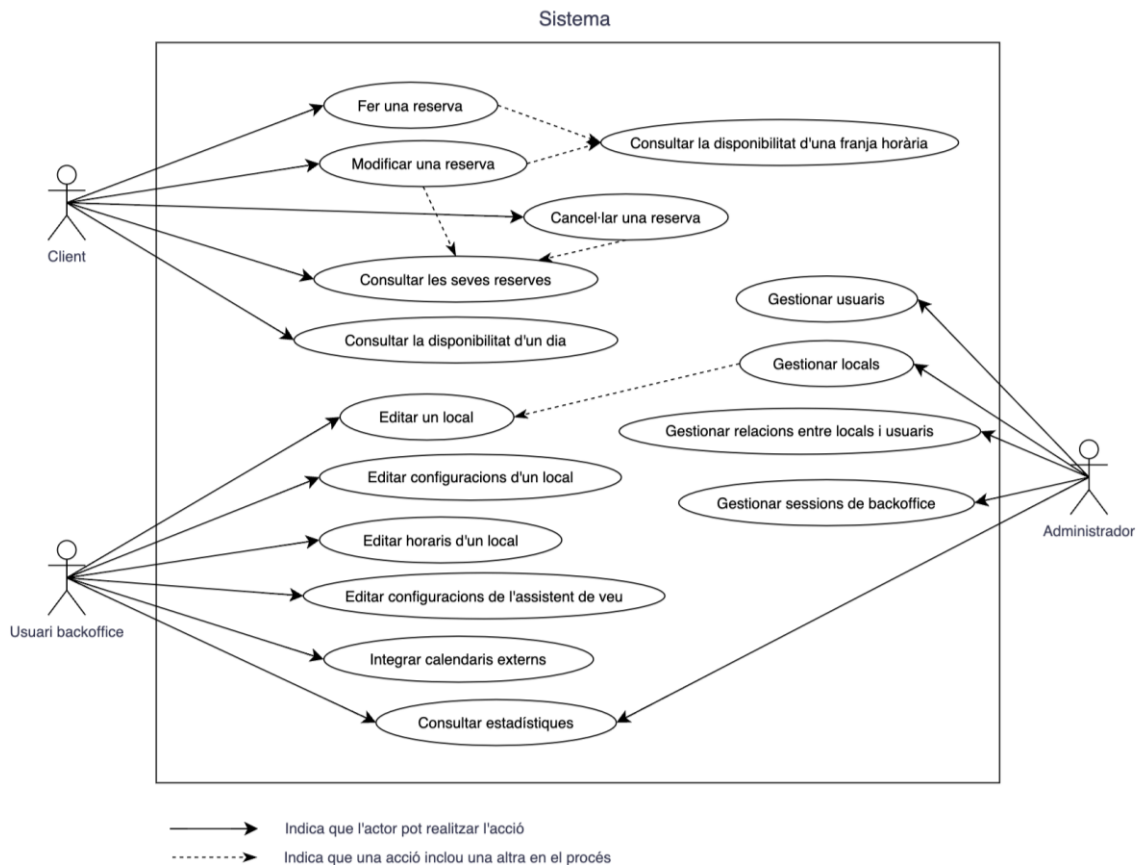
- **Client:** Persona que truca per gestionar una reserva a través de l'assistent de veu.
- **Usuari de backoffice:** Responsable del negoci que utilitza la interfície web per gestionar configuracions i reserves.
- **Administrador d'Andorra Telecom:**Usuari amb accés global que supervisa i administra el funcionament general del sistema.

A continuació, s'engloben els casos d'ús principals del sistema:

| Cas d'ús | Descripció |
|--------------------|--|
| Gestionar reserves | El client pot afegir, modificar o cancel·lar una reserva a través de l'assistent de veu. |
| Gestionar locals | L'usuari de backoffice pot configurar els seus horaris, calendaris i dades a través del backoffice. |
| Supervisar sistema | L'administrador d'Andorra Telecom pot accedir a informes i gestionar tant locals com usuaris del backoffice. |

Taula 5. Casos d'ús del sistema

Per a visualitzar aquestes interaccions, s'inclou a continuació un diagrama més detallat sobre els casos d'ús, el qual mostra la relació entre els actors i les diferents funcionalitats del sistema.



Il·lustració 3. Diagrama de casos d'ús del sistema

Aquest conjunt de casos d'ús proporciona una visió estructurada i exhaustiva del comportament esperat del sistema des del punt de vista dels seus diferents actors. A més, han estat clau per guiar tant la definició dels requisits funcionals com el disseny de les interfícies i fluxos de treball. Amb aquesta base, es garanteix que la solució desenvolupada s'ajusti a les necessitats reals dels usuaris i permeti una futura evolució sòlida i escalable.

6 Disseny

Aquest capítol presenta el disseny tècnic del sistema desenvolupat, incloent l'arquitectura general de l'aplicació, els components que la formen i la manera com interactuen entre ells. També s'hi descriuen aspectes com el funcionament dels serveis externs integrats (Twilio, OpenAI, Google Calendar), l'organització del backend i del backoffice, així com el model de dades i la persistència.

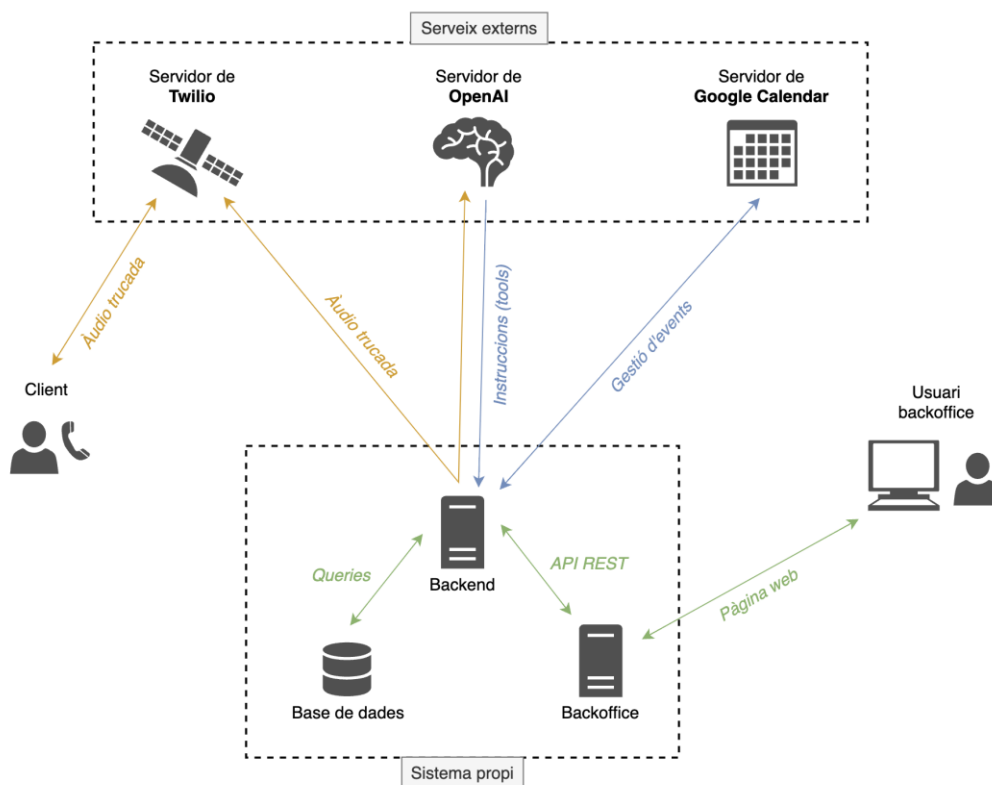
L'objectiu d'aquest apartat és oferir una visió estructurada del sistema que permeti entendre com s'ha conceptualitzat i distribuït la seva funcionalitat abans de la seva implementació. Això inclou l'ús de diagrames per representar les relacions entre components, la seqüència d'interaccions i el disseny de l'esquema de dades.

A diferència del següent capítol, centrat en la implementació, aquest apartat no entra en detalls de codi o decisions de baix nivell, sinó que proporciona una visió global del sistema des del punt de vista arquitectònic i funcional.

6.1 Arquitectura general del sistema

L'arquitectura del sistema segueix un model distribuït basat en serveis, en el qual diversos components interactuen de manera coordinada per oferir una experiència fluida i eficient tant per als clients que truquen com per als usuaris del backoffice. El sistema combina tecnologies de veu, processament de llenguatge natural, serveis de calendari i interfícies web d'administració.

A continuació es mostra un diagrama que representa els principals components implicats i les interaccions que es produeixen entre ells durant el funcionament del sistema. Aquest diagrama ajuda a entendre el flux global de dades i com es connecten les diferents parts que conformen el producte.



Il·lustració 4. Arquitectura general del sistema

El flux general del sistema comença quan un client realitza una trucada telefònica, que és gestionada pel servidor de Twilio. Aquest servidor redirigeix l'àudio de la conversa al backend en temps real, el qual actual com a intermediari i redirigeix l'àudio al servei d'OpenAI, que s'encarrega de transcriure, interpretar i generar les respostes pertinents mitjançant models d'intel·ligència artificial.

Les respostes d'OpenAI arriben al backend en forma d'àudio o instruccions estructurades (tools), que permeten executar accions com consultar la disponibilitat o gestionar reserves. Per a això, el backend interactua amb Google Calendar, que és l'única font de dades per verificar disponibilitats i afegir o modificar reserves. [La base de dades pròpia del sistema](#) només s'utilitza per emmagatzemar la configuració dels locals, com els horaris, les preferències i la seva informació bàsica.

Els usuaris del backoffice poden accedir a aquesta configuració mitjançant una interfície web, que es comunica amb el backend a través d'una API REST. Aquesta interfície permet als negocis gestionar els seus locals, mentre que els administradors d'Andorra Telecom poden supervisar el funcionament general del sistema i gestionar tant usuaris com locals.

Aquesta arquitectura distribuïda permet integrar serveis externs com Twilio, OpenAI i Google Calendar de manera eficient, tot mantenint una estructura modular i escalable que facilita tant el desenvolupament com el manteniment futur del sistema.

6.2 Flux de trucada

6.2.1 Configuracions inicials

Per tal de poder rebre trucades entrants i iniciar el procés de conversa amb l'assistent de veu, és necessari disposar d'un número de telèfon contractat a la plataforma Twilio. Aquesta eina permet configurar el comportament del sistema davant d'una trucada mitjançant l'ús de webhooks.

Un **webhook** és un mecanisme que permet a serveis externs (com Twilio) enviar dades automàticament a un servidor quan es produeix un determinat esdeveniment, en aquest cas, una trucada entrant. Twilio fa una petició HTTP (generalment POST) a una URL del servidor backend definida prèviament. Aquesta URL rep i processa la informació de la trucada per iniciar el flux de conversa amb l'usuari.

En el projecte, es configura aquesta URL mitjançant el tauler de control de Twilio, on s'associa el número contractat amb el backend del sistema. A continuació es mostra una captura d'aquesta configuració:

The image shows a screenshot of the Twilio 'Voice & Fax' configuration page. It features several rows of settings, each with a dropdown menu and a text input field. The settings are as follows:

| Setting | Value | Method |
|-----------------------|---|-----------|
| ACCEPT INCOMING | Voice Calls | |
| CONFIGURE WITH | Webhooks, TwiML Bins, Functions, Studio, or Proxy | |
| A CALL COMES IN | https://brent.ngrok.io/twiml | HTTP POST |
| PRIMARY HANDLER FAILS | | HTTP POST |
| CALL STATUS CHANGES | | HTTP POST |
| CALLER NAME LOOKUP | Disabled | |

Il·lustració 5. Configuració del webhook de Twilio

Aquesta configuració és clau perquè el sistema reaccioni automàticament a cada trucada rebuda i pugui iniciar el diàleg amb el client de manera immediata i transparent.

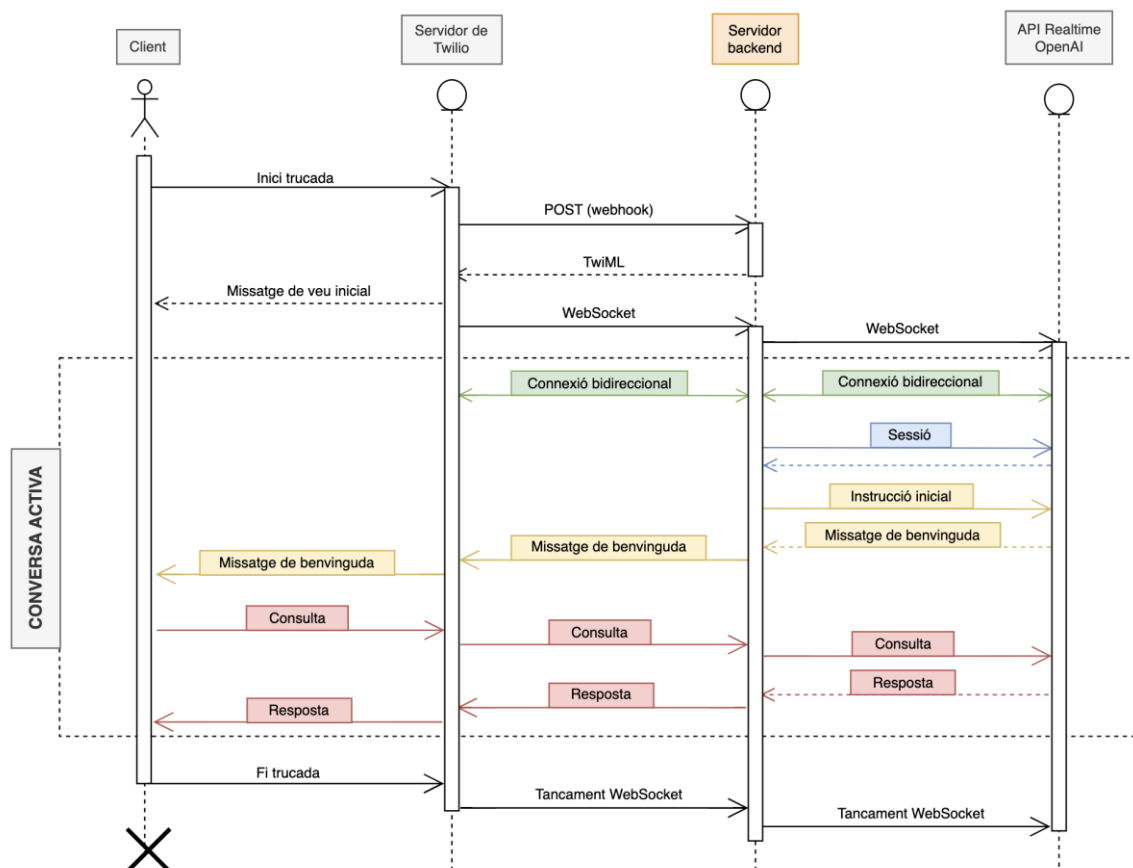
6.2.2 Funcionament

El flux de trucada és el component central del sistema, ja que gestiona la interacció entre el client i l'assistent de veu en temps real. Aquest procés implica una sèrie de comunicacions entre diferents serveis que processen l'àudio a mesura que es produeix i generen respostes de forma dinàmica. L'objectiu és garantir que cada intervenció del client sigui entesa correctament i que el sistema respongui de manera coherent i contextual.

Els serveis involucrats en aquest flux són:

- **Twilio**, que gestiona la connexió telefònica i la transmissió de l'àudio.
- **El servidor backend**, que actua com a intermediari entre Twilio i OpenAI, gestionant el flux de dades.
- **OpenAI**, que és l'encarregat de transcriure l'àudio, interpretar-lo i generar la resposta adequada..

A continuació, es presenta un diagrama de seqüència que mostra exclusivament el flux de la trucada telefònica, des del moment en què el client inicia la trucada fins que es produeixen respostes de veu en temps real per part de l'assistent.



Il·lustració 6. Diagrama de seqüència del flux d'una trucada

Per entendre millor el funcionament del sistema representat en el diagrama anterior, tot seguit es detallen els principals passos que tenen lloc durant la gestió d'una trucada:

| Pas | Acció |
|------------|---|
| 1 | Inici de trucada: El client truca al número de telèfon assignat per Twilio. Aquest esdeveniment activa una petició POST al webhook del backend. |
| 2 | Resposta inicial del backend: El servidor backend respon amb un document TwiML que indica a Twilio com gestionar la trucada, en aquest cas reproduir un missatge inicial i establir una connexió WebSocket. |
| 3 | Establiment de connexions: Twilio inicia una connexió WebSocket amb el backend, que al seu torn estableix una connexió WebSocket amb OpenAI. Aquestes connexions permeten enviar i rebre àudios en temps real. |
| 4 | Sessió i instrucció inicial: El backend sol·licita l'inici d'una sessió amb OpenAI i li envia tant el context del sistema com una instrucció inicial. OpenAI retorna el missatge de benvinguda, indicat en la primera instrucció. |
| 5 | Resposta al client: Aquest missatge de benvinguda és enviat des d'OpenAI al backend, el qual l'encamina a Twilio i finalment al client. |
| 6 | Conversació interactiva: Un cop la sessió és activa, el client pot parlar amb l'assistent. Les seves intervencions són capturades per Twilio i reenviades en temps real al backend, que les passa a OpenAI per generar respostes que arriben de nou al client mitjançant el mateix flux invers. |
| 7 | Finalització de la trucada: Quan el client penja, Twilio tanca la connexió WebSocket amb el backend, que alhora tanca la connexió amb OpenAI, finalitzant així la sessió. |

Taula 6. Flux de trucada amb l'assistent de veu

Aquest mecanisme permet una interacció natural i fluida en temps real, mantenint el context de la conversa i oferint una experiència d'usuari similar a parlar amb una persona.

6.3 Disseny del backend

El backend és el component central del sistema, ja que actua com a punt d'enllaç entre tots els serveis implicats: Twilio, OpenAI, Google Calendar, la base de dades i el backoffice. La seva responsabilitat és coordinar les comunicacions, garantir la lògica de negoci i assegurar que les respostes siguin coherents i en temps real.

Aquest backend ha estat dissenyat seguint una arquitectura modular i escalable, amb l'objectiu de facilitar el manteniment, la reutilització de codi i la integració amb serveis externs. A més, el seu disseny contempla aspectes com la seguretat i la gestió d'errors.

6.3.1 Arquitectura general i mòduls

El backend s'organitza en diferents mòduls especialitzats, cadascun amb una responsabilitat clara dins del sistema. Aquesta divisió permet una millor separació de preocupacions, facilita l'escalabilitat i afavoreix la detecció i resolució d'errors. Els mòduls principals són:

| Mòdul | Funció |
|--|---|
| <u>Gestió de trucades</u> | Rep les sol·licituds entrants de Twilio i activa les respostes inicials via TwiML. També és el responsable d'iniciar i controlar les connexions WebSocket amb Twilio i OpenAI per transmetre l'àudio i gestionar la conversa. |
| <u>Comunicació amb OpenAI</u> | Manté una sessió activa amb l'assistent d'OpenAI, a qui transmet els fluxos d'àudio i de qui rep les respostes en forma d'àudio o instruccions estructurades (tools). |
| <u>Interfície d'API pel backoffice</u> | Exposa un conjunt d'operacions REST que permeten al frontend de backoffice accedir a la informació dels locals, modificar configuracions i consultar estadístiques. |
| <u>Persistència i base de dades</u> | Gestiona l'accés a la base de dades, on es troben entre d'altres coses, les configuracions dels locals o els usuaris i sessions de backoffice. |
| <u>Integració amb calendaris</u> | Proporciona accés als calendaris de Google per consultar disponibilitats i gestionar esdeveniments. Aquest accés es fa de manera dinàmica i autenticada per garantir el control del negoci sobre les seves dades. |
| <u>Control d'errors i seguretat</u> | Centralitza la gestió d'errors, la validació de dades, l'autenticació de peticions i el registre d'activitat per auditories i monitoratge del sistema. |

Taula 7. Mòduls del backend

Aquest conjunt modular treballa de manera coordinada per garantir un sistema robust, reactiu i fàcilment ampliable de cara a futures funcionalitats.

6.3.2 Comunicació amb OpenAI

El mòdul de comunicació amb OpenAI és responsable de gestionar tota la interacció amb l'assistent d'intel·ligència artificial que guia la conversa amb el client. Aquest mòdul actua com a pont intel·ligent entre l'entrada d'àudio del client i la resposta generada, mantenint la coherència del diàleg i adaptant-se a les necessitats de cada local.

A nivell funcional, aquest mòdul es divideix en diversos elements clau:

- **Inici de sessió i configuració**
Per a cada trucada, el sistema inicialitza una nova sessió amb OpenAI, establint les instruccions inicials que defineixen el comportament de l'assistent. Aquestes instruccions inclouen el to de la conversa, l'idioma, el context general, restriccions i altres paràmetres personalitzats. Aquest procés garanteix que l'assistent s'adapti al perfil concret de cada client.
- **Context conversacional i memòria temporal**
L'assistent manté un context actiu durant tota la trucada, cosa que permet interpretar preguntes de seguiment i tenir en compte la informació prèviament esmentada pel client. El backend s'encarrega de mantenir aquesta sessió viva, gestionant l'ordre dels missatges i les respostes generades.

- **Tools i instruccions estructurades**

Per tal de controlar el comportament de l'assistent, es defineixen un conjunt de "tools" o eines que OpenAI pot invocar quan detecta que cal fer una acció concreta, com per exemple consultar la disponibilitat d'un dia o registrar una nova reserva. Aquestes accions no es generen com a text lliure, sinó que l'assistent respon amb una instrucció estructurada que el backend interpreta i executa. Això garanteix un control precís sobre les operacions crítiques i permet una millor validació.

- **Format de la resposta**

OpenAI pot generar respostes en dos formats diferents:

- Instruccions estructurades (tools), per executar accions.
- Àudio codificat (g711_ulaw) per ser reproduïda directament al client.

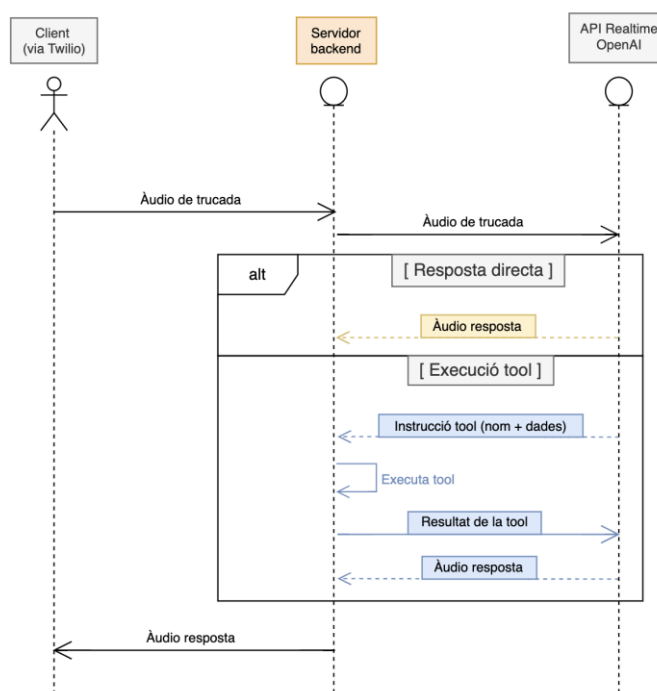
Aquesta combinació permet un flux natural de veu, mentre es manté el control total sobre les operacions sensibles.

- **Adaptació per local**

Cada sessió és personalitzada en funció de les dades del local corresponent: veu, tonalitat, velocitat de parla i missatge de benvinguda. Aquestes dades són recuperades pel backend abans d'iniciar la sessió i formen part del missatge d'instrucció inicial.

Aquest mòdul és clau per garantir una conversa natural i funcional, mantenint alhora el control del comportament de l'assistent i la seguretat en l'execució d'accions automatitzades.

Aquest funcionament es pot il·lustrar amb un diagrama de seqüència que mostra l'intercanvi bàsic de missatges entre el client, el backend i OpenAI, posant en evidència com es gestionen les respostes directes i les invocacions de tools per executar accions específiques.



II·lustració 7. Diagrama de seqüència amb decisió de resposta d'OpenAI

El diagrama mostra que quan el client realitza una consulta, aquesta arriba al backend, que la reenvia a OpenAI per processar-la. OpenAI pot respondre directament amb un missatge d'àudio, o bé pot retornar una instrucció per executar una tool. En aquest darrer cas, el backend realitza l'acció requerida i envia el resultat a OpenAI, que finalment genera la resposta d'àudio que es transmet al client. Aquest procés assegura una resposta dinàmica i contextualitzada, mantenint el control sobre les accions que es poden executar durant la conversa.

6.3.3 Interfície d'API pel backoffice

El backend exposa una interfície d'API REST que permet al frontend del backoffice interactuar amb el sistema de forma segura i eficient. Aquesta API facilita l'accés a la informació relativa als locals, la gestió de configuracions i la consulta d'estadístiques, elements clau per a l'administració i personalització del servei.

Les operacions principals que s'exposen a través d'aquesta API inclouen:

- **Consulta i modificació de configuracions dels locals:** Permet obtenir i actualitzar paràmetres com horaris, missatges personalitzats, configuracions d'assistent de veu i altres dades específiques de cada local.
- **Gestió d'usuaris i permisos:** Proporciona mecanismes per controlar els rols i permisos dels usuaris que accedeixen al backoffice.
- **Recuperació d'estadístiques i logs:** Ofereix dades i informes sobre l'activitat de les trucades, ús de l'assistent, i estat general del sistema.

A nivell intern, l'API segueix una arquitectura basada en tres components principals:

- **Routers (o controllers):** S'encarreguen de rebre les peticions del frontend i dirigir-les cap al servei corresponent, en funció de l'acció sol·licitada.
- **Services:** Contenen la lògica de negoci associada a cada funcionalitat. Aquests serveis processen les dades, apliquen validacions i interactuen amb la base de dades mitjançant els models.
- **Models:** Representen l'estructura de les taules de la base de dades i encapsulen operacions comunes mitjançant mètodes de classe o funcions específiques que poden ser reutilitzades pels serveis.

Aquest flux permet separar clarament les responsabilitats, facilitant l'escalabilitat i garantint un manteniment eficient del sistema, a més de promoure la reutilització del codi i la seva extensibilitat.

6.3.4 Integració amb calendaris

El mòdul d'integració amb calendaris permet a l'assistent interactuar amb l'agenda real del negoci per consultar disponibilitats i registrar, modificar o cancel·lar reserves. Aquesta capacitat és essencial per garantir que les respostes de l'assistent siguin precises i reflecteixin l'estat actual del calendari del local.

Tot i que en aquest projecte s'ha implementat la integració amb **Google Calendar**, el disseny del sistema ha estat concebut de manera que permeti **incorporar en el futur altres serveis de calendaris** sense haver de modificar el comportament general de l'assistent. Aquesta extensibilitat es base en una arquitectura modular i desacoblada, on cada sistema de calendaris pot ser gestionat per un connector específic.

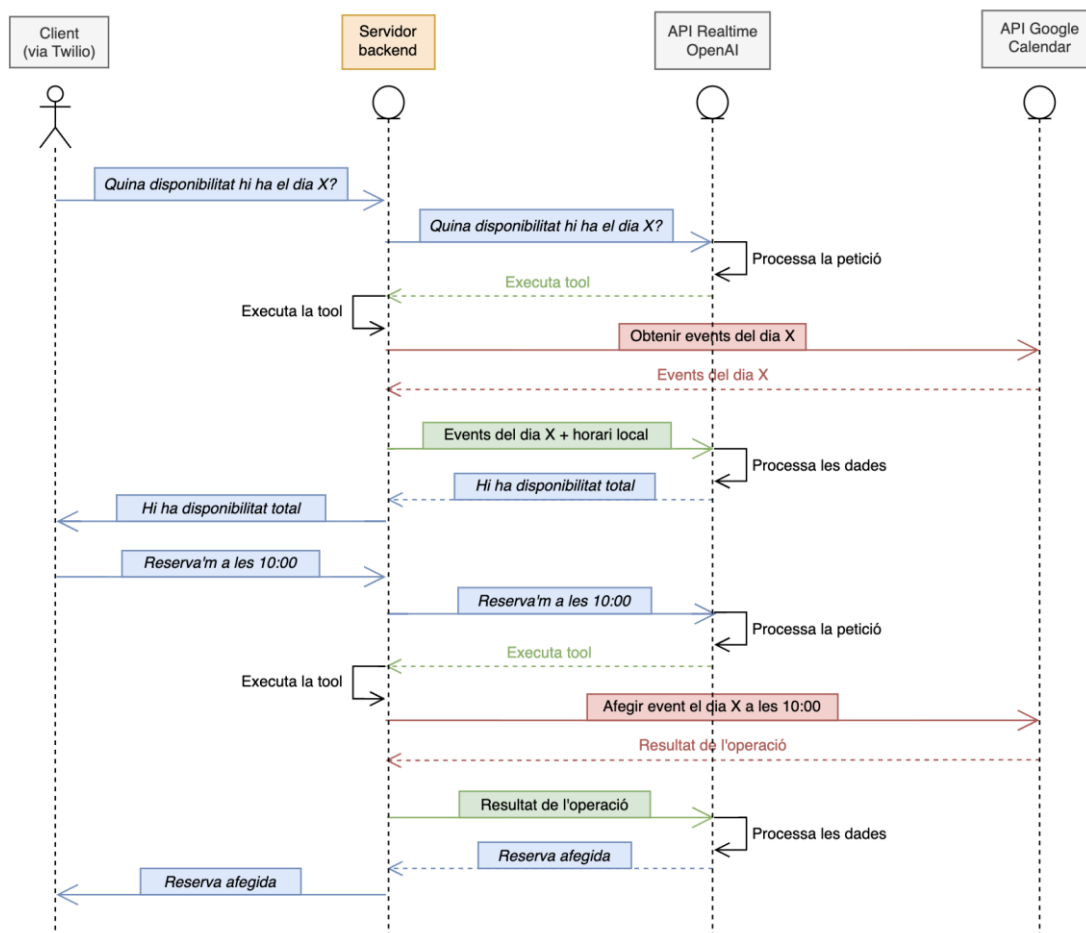
Aquest mòdul opera de forma totalment transparent per al client que truca. L'assistent pot accedir en temps real a la informació del calendari per:

- Consultar si un dia o hora estan disponibles.
- Registrar noves reserves al calendari.
- Modificar o cancel·lar reserves existents.
- Recordar al client les seves reserves pendents.

Per a cada local, es manté una sessió d'accés autenticada amb OAuth, i el backend s'encarrega de gestionar els permisos i tokens necessaris per accedir al calendari del local de forma segura.

Aquest mòdul està fortament integrat amb el sistema de diàleg. Quan es detecta la necessitat d'interaccionar amb el calendari (ja sigui per part del client o del flux de conversa), el backend s'encarrega de realitzar les operacions corresponents i retornar una resposta estructurada que permeti a l'assistent generar la sortida adequada, ja sigui en forma d'àudio o d'acció posterior.

El flux pot visualitzar-se amb el següent diagrama, que mostra un exemple simplificat d'una interacció típica: un client truca per demanar disponibilitat i confirmar una reserva. El diagrama il·lustra la comunicació entre els diferents components implicats: client, backend, OpenAI i Google Calendar.



Il·lustració 8. Diagrama de seqüència de la creació de reserves

6.3.5 Control d'errors i seguretat

El mòdul de control d'errors i seguretat és responsable de garantir la robustesa, traçabilitat i fiabilitat del sistema, així com de protegir les dades i operacions contra usos indeguts o situacions imprevistes.

Aquest mòdul està dissenyat per actuar de forma transversal en tots els components del backend, i inclou diversos mecanismes clau:

- **Gestió d'errors i excepcions**

El backend implementa un sistema centralitzat per capturar i registrar qualsevol error que es produeixi durant l'execució, ja sigui intern (problemes de connexió, validacions fallides) o extern (respostes incorrectes d'OpenAI, Google Calendar). Aquesta gestió permet no només informar l'usuari de forma adequada, sinó també mantenir l'estabilitat del sistema i evitar caigudes.

- **Registre d'activitat (logs)**

Totes les operacions rellevants són registrades amb informació contextual: timestamp, acció realitzada i funció en la qual ha tingut lloc l'activitat. Aquest registre és fonamental per a tasques de monitoratge, anàlisi de problemes i auditories.

- **Validació d'entrades i sortides**

S'han implementat validacions per les dades rebudes via API, assegurant que només es processen valors esperats i formats vàlids.

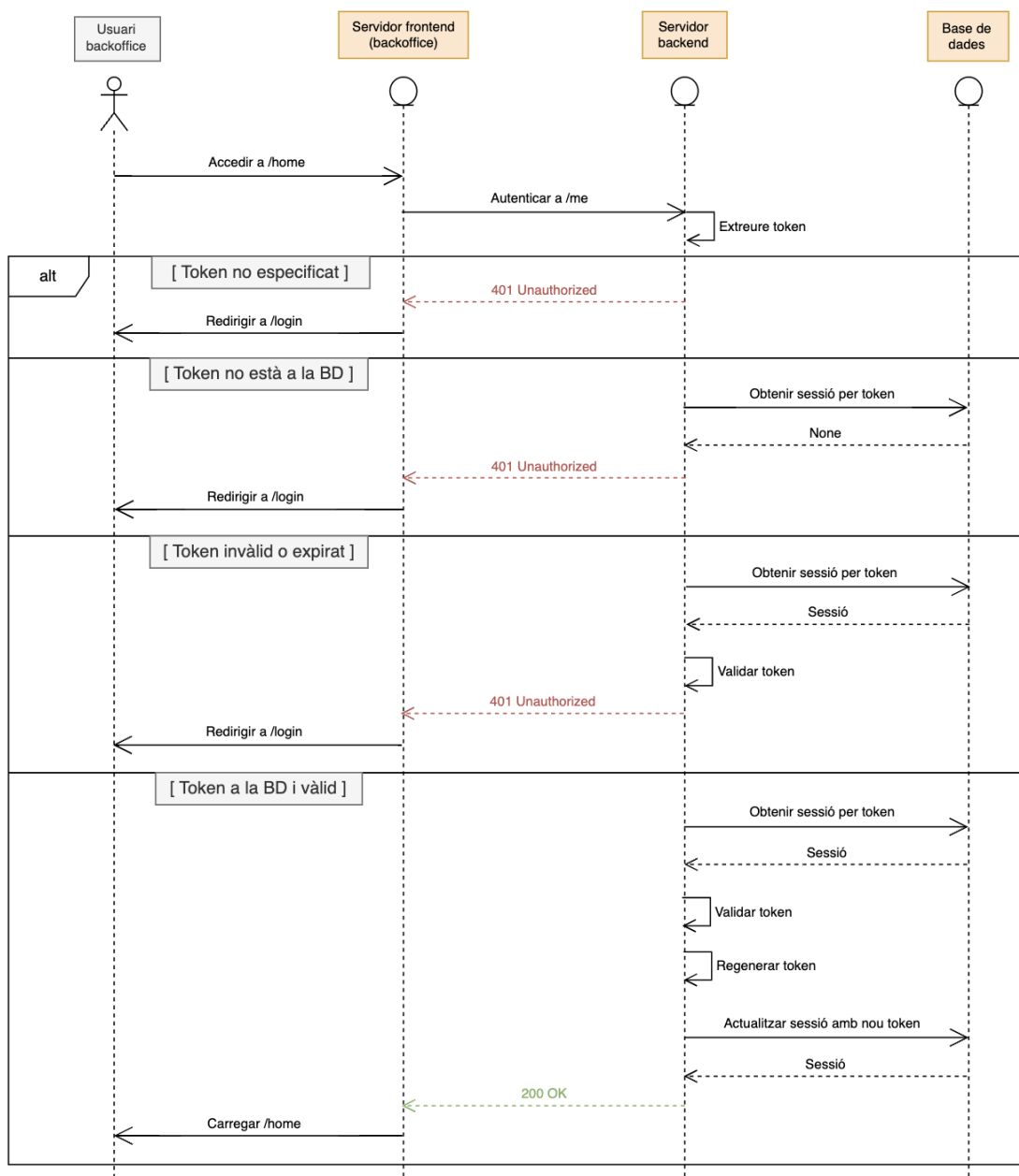
- **Seguretat en l'accés**

El sistema aplica control d'autenticació i autorització per a totes les accions que impliquen dades sensibles o modificació de l'estat del sistema. Cada petició es valida segons el rol de l'usuari i el context de la sessió activa.

Per a la gestió d'autenticació, es combina l'ús de tokens amb una taula de sessions a la base de dades. Quan un usuari inicia sessió, el backend genera un token que s'emmagatzema també a la base de dades juntament amb metadades. En cada petició posterior, el sistema comprova primer si el token existeix a la base de dades; si no hi és, es rebutja la petició i si hi és, es valida la seva integritat i expiració. D'aquesta manera es pot revocar fàcilment qualsevol sessió activa i mantenir un control centralitzat sobre els accessos actius.

Aquest conjunt de mecanismes contribueix a fer que el sistema sigui més segur, previsible i mantenible, alhora que facilita la detecció ràpida de problemes i la seva resolució, tant a nivell funcional com d'autenticació d'usuaris.

A continuació es mostra un esquema simplificat del procés de validació que es produeix quan un usuari del backoffice intenta accedir a una pàgina protegida. El sistema realitza una crida al backend per validar la sessió activa, comprovant tant l'existència del token a la base de dades com la seva validesa. Si alguna de les validacions falla, l'usuari és redirigit automàticament a la pàgina d'inici de sessió. En cas contrari, s'actualitza el token per a refrescar la data d'expiració i se li permet continuar navegant.



Il·lustració 9. Diagrama de seqüència d'autenticació al backoffice

6.4 Disseny del backoffice

El backoffice és la interfície administrativa web destinada als usuaris interns del sistema, com ara els responsables dels locals i els administradors del servei. El seu principal objectiu és facilitar la gestió de la configuració dels locals, l'accés a les estadístiques d'ús i la supervisió dels elements operatius del sistema.

Aquest component ha estat dissenyat tenint en compte tant la usabilitat com la seguretat, amb una estructura clara de rols d'usuari que permet diferenciar les funcionalitats accessibles per a cada perfil. L'arquitectura general es centra en la modularitat, amb una separació clara entre la lògica de presentació, la comunicació amb l'API i el control de navegació segons el rol.

A més, el disseny contempla l'escalabilitat funcional, de manera que es puguin afegir noves funcionalitats i pantalles sense afectar l'experiència global ni la mantenibilitat del codi.

A continuació, es detallen els mòduls principals que componen el backoffice i el seu funcionament dins del sistema.

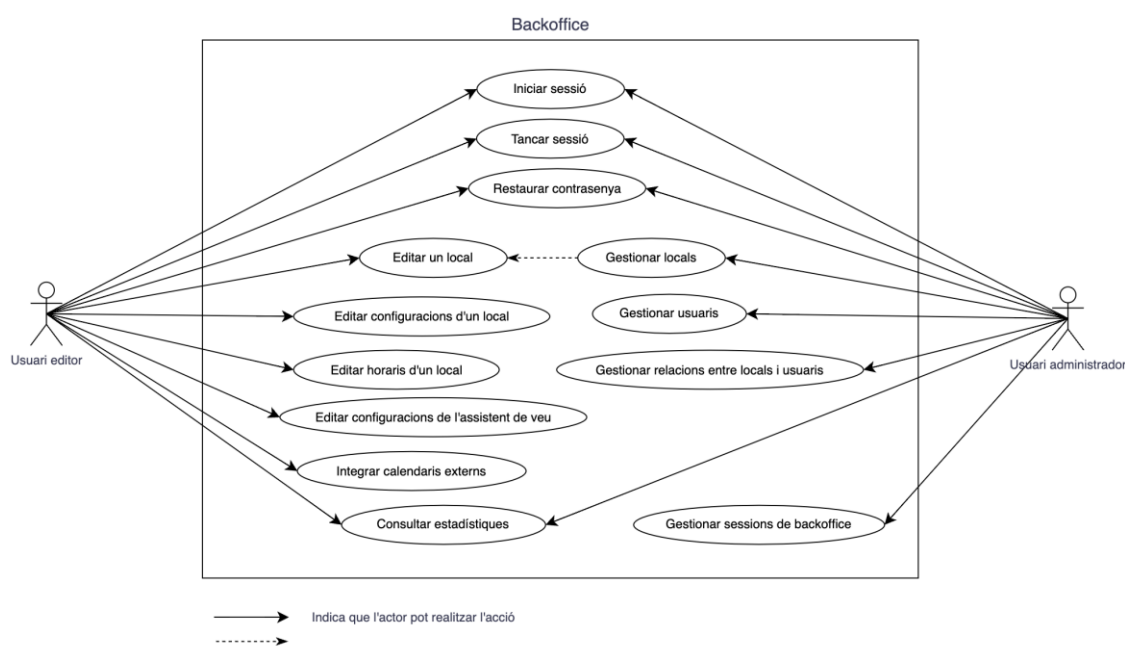
6.4.1 Navegació i control d'accés

El sistema de navegació del backoffice ha estat dissenyat per adaptar-se dinàmicament al rol de l'usuari que inicia sessió (editor o administrador), amb l'objectiu d'oferir una experiència clara, segura i centrada en les funcionalitats disponibles per a cada perfil. Per aconseguir-ho, el sistema mostra al menú només les seccions corresponents, evitant l'accés a funcionalitats no autoritzades. Aquesta navegació està protegida per un control d'accés que valida cada ruta mitjançant una petició al backend, confirmant la sessió i el rol de l'usuari. En cas contrari, es redirigeix automàticament a l'inici de sessió, garantint que només es pugui accedir a funcionalitats protegides amb una sessió vàlida.

Els usuaris amb rol d'editor poden gestionar la configuració i informació dels locals que tinguin assignats, mitjançant un selector de local. Poden accedir a pàgines per editar dades com la informació bàsica del local, configuracions generals, horaris d'obertura, opcions de l'assistent de veu i accés al calendari. També tenen disponible una secció d'estadístiques visuals basades exclusivament en l'activitat dels seus locals.

Els usuaris administradors disposen de funcionalitats orientades a la gestió global del sistema, com ara l'administració d'usuaris, locals, assignacions i sessions actives del backoffice, així com l'accés a estadístiques generals de tots els locals registrats. També poden accedir a les pàgines dissenyades per als usuaris que gestionen locals, però aquestes mostren només un missatge informatiu i no permeten cap acció. Aquesta estratègia manté la coherència visual i funcional del sistema, alhora que permet una futura extensió on els administradors puguin estar vinculats a locals específics si el projecte ho requereix.

A continuació, es presenta un diagrama de casos d'ús específic del backoffice. Aquest complementa el ja presentat a l'apartat de requisits, però centra el focus en les funcionalitats disponibles per als usuaris interns de la plataforma.



Il·lustració 10. Casos d'ús del backoffice

6.4.2 Gestió i configuració de locals

El backoffice proporciona als usuaris associats a un o més locals una sèrie de pàgines dedicades a la gestió del negoci. Aquestes seccions estan organitzades de manera que l'usuari pugui seleccionar en tot moment el local desitjat i accedir a les diferents àrees de configuració disponibles. L'objectiu és oferir una interfície clara i segmentada, que permeti controlar de forma independent aspectes des de la informació bàsica del local fins a les preferències de l'assistent de veu.

A continuació es descriuen les principals pàgines disponibles per a la gestió del local i les seves funcionalitats:

| Pàgina | Funcionalitat principal |
|------------------------------------|--|
| Informació del local | Permet modificar dades bàsiques com el nom, l'adreça o altres camps rellevants per al local. |
| Configuració general | Inclou configuracions específiques del local relacionades amb les reserves. |
| Horaris laborals | Permet definir i modificar els horaris d'obertura i tancament del local. |
| Connexió amb calendaris externs | Facilita l'enllaç amb un compte de Google Calendar per sincronitzar automàticament esdeveniments i bloquejos d'agenda, amb escalabilitat a altres serveis. |
| Configuració de l'assistent de veu | Dona control sobre paràmetres de l'assistent telefònic, com ara la veu, la velocitat o el missatge de benvinguda. |
| Estadístiques del local | Mostra gràfics i mètriques sobre les trucades, reserves i l'ús general del sistema per part dels clients del local. |

Taula 8. Pàgines de configuració dels locals al backoffice

Aquest conjunt de pàgines permet als usuaris adaptar el comportament del sistema a les necessitats específiques del seu negoci de forma autònoma i intuïtiva.

6.4.3 Gestió global per administradors

Els usuaris amb rol d'administrador disposen d'un accés ampli a funcionalitats orientades a la gestió global del sistema. Aquestes eines els permeten supervisar i controlar l'activitat general de la plataforma, així com gestionar els usuaris, els locals i les relacions entre ells. Tot i que poden accedir a les pàgines de gestió de locals, habitualment no tenen cap local associat, de manera que aquestes pàgines mostren un missatge informatiu i no permeten cap acció directa. Aquesta estratègia permet mantenir una estructura unificada i oberta a possibles escenaris futurs on els administradors també gestionin locals.

A continuació es descriuen les principals pàgines específiques per als administradors i les seves funcionalitats:

| Pàgina | Funcionalitat principal |
|------------------|--|
| Gestió d'usuaris | Permet visualitzar, cercar i gestionar els usuaris registrats, així com editar-ne les dades i afegir-ne de nous. |

| | |
|-------------------------------|--|
| Gestió de locals | Dona accés a la visualització i edició dels locals existents, permetent crear-ne de nous o modificar-ne la informació general. |
| Assignació d'usuaris a locals | Facilita la creació i modificació de les relacions entre usuaris i locals, definint quins usuaris poden gestionar cada local. |
| Gestió de sessions | Mostra les sessions actives dels usuaris del backoffice, per a poder revocar-les en cas de problemes de seguretat i tenir constància dels usuaris connectats en aquell moment o les sessions que no s'han tancat correctament. |
| Estadístiques generals | Presenta gràfics i mètriques més generals de cadascun dels locals, permetent una visió de l'ús individual del sistema i facilitant-ne la supervisió. |

Taula 9. Pàgines d'administració al backoffice

Aquest conjunt de funcionalitats garanteix que els administradors puguin mantenir el control del sistema de forma eficient, assegurant una gestió coherent i escalable dels recursos.

6.4.4 Visualització de dades i estadístiques

El backoffice incorpora funcionalitats de visualització de dades que permeten als diferents perfils d'usuari consultar informació rellevant sobre l'ús del sistema. Aquesta informació es presenta de manera visual mitjançant gràfics i mètriques dissenyades per ser entenedores i útils segons el rol i les necessitats de cada usuari.

Els usuaris associats a un o més locals poden accedir a una secció d'estadístiques orientada a l'operativa del negoci. Aquests gràfics mostren dades detallades sobre les trucades rebudes, incloent-hi el número, la seva duració o les accions realitzades. Aquestes dades permeten als gestors dels locals analitzar el comportament dels seus clients i obtenir indicadors útils per a la millora contínua del servei telefònic i l'atenció als usuaris.

Pel que fa als administradors, també poden seleccionar qualsevol local registrat al sistema i accedir a les estadístiques corresponents a aquell negoci. Tot i que algunes mètriques són les mateixes, el seu propòsit és diferent: en aquest cas, les dades serveixen com a eina de supervisió general i podrien resultar útils per definir una futura estratègia de monetització del servei. En un model de pagament per ús, per exemple, la informació sobre el nombre de trucades o la seva duració podria ser clau per calcular un preu just. Tanmateix, aquest sistema de cobrament encara no s'ha definit per part d'Andorra Telecom i, per tant, les estadístiques mostren dades amb una finalitat exclusivament informativa dins d'aquest projecte.

Aquesta doble visió —operativa per als gestors de locals i estratègica per als administradors— reforça el valor del backoffice com a eina de control i anàlisi, adaptada a les necessitats específiques de cada perfil d'usuari.

6.4.5 Flux d'activació i posada en marxa del servei

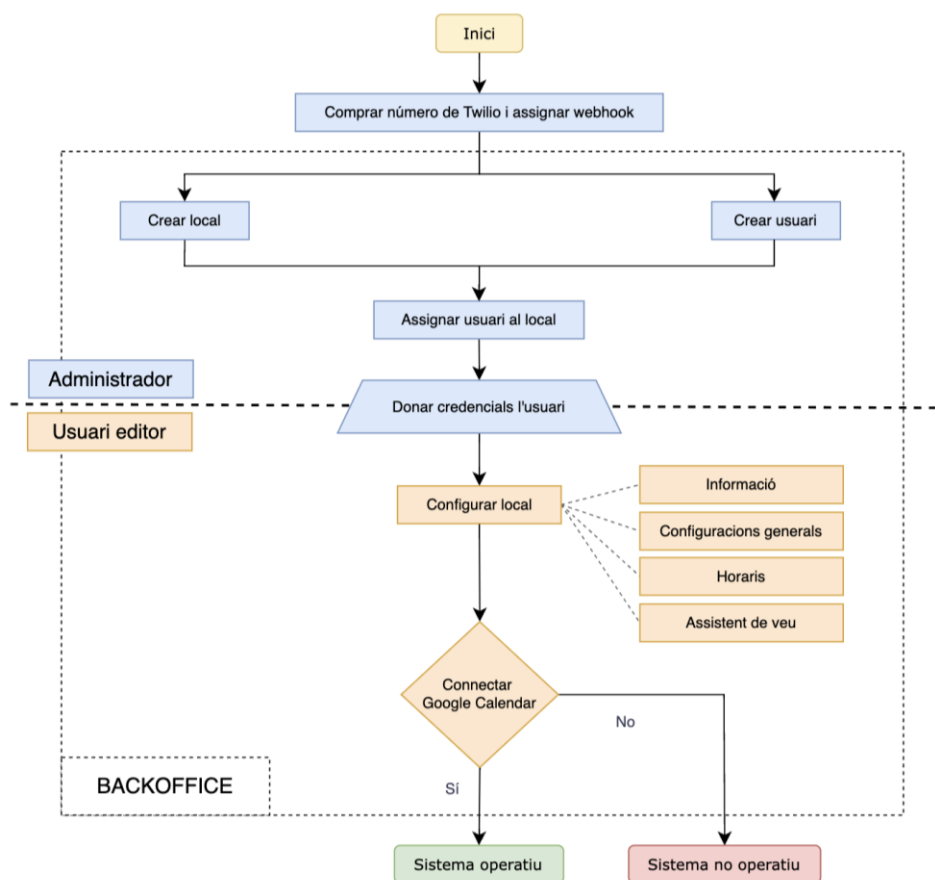
Per tal de garantir una experiència senzilla i estructurada tant per als administradors del sistema com per als usuaris finals, s'ha dissenyat un flux clar per a la posada en marxa del servei quan un nou negoci contracta l'assistent telefònic. Aquest procés s'articula principalment a través del backoffice i implica tant administradors com usuaris editors.

El flux comença quan un administrador d'Andorra Telecom dona d'alta un nou client. El primer pas habitual és la compra d'un número de telèfon a través de Twilio, que servirà com a número d'atenció automatitzada per al negoci. Tot seguit, l'administrador accedeix al backoffice i crea un nou local, al qual s'associarà aquest número. Aquesta acció estableix les bases per a la configuració posterior del servei.

Un cop creat el local, l'administrador ha de donar d'alta l'usuari que en serà responsable. Això es fa creant un nou usuari amb el rol d'editor si no està ja creat, i vinculant-lo al local recentment registrat. Aquesta assignació permet que l'usuari editor, un cop accedeixi amb les credencials proporcionades, pugui gestionar tota la informació i configuració del seu negoci. En aquest punt, el rol de l'administrador ja ha finalitzat, i l'editor pot operar de manera autònoma.

A partir d'aquí, l'usuari editor pot configurar el sistema al detall: modificar la informació bàsica del local, definir els horaris, ajustar els paràmetres de reserva, triar la veu i el comportament de l'assistent telefònic, i important, connectar el calendari de Google per sincronitzar la disponibilitat de cites. Si aquest últim pas no es realitza, es finalitzaran instantàniament les trucades informant als clients que el local al que truquen no té cap calendari configurat. A més, tot aquest procés pot dur-se a terme mitjançant una interfície intuïtiva i segmentada, adaptada a les necessitats dels usuaris no tècnics.

Aquest flux ha estat concebut per minimitzar la càrrega operativa i garantir que, amb una intervenció mínima per part dels administradors, els negocis puguin començar a utilitzar el sistema de forma ràpida i eficient. A continuació, es presenta un diagrama que resumeix visualment aquest procés, des de l'alta del número telefònic fins a l'activació completa del servei.



Il·lustració 11. Diagrama d'activació i posada en marxa del servei

6.5 Persistència i base de dades

Per tal de garantir la integritat, consistència i accessibilitat de les dades del sistema, aquest projecte utilitza un model de persistència basat en una base de dades relacional. Aquesta base de dades actua com a eix central d'informació, permetent emmagatzemar i recuperar les dades necessàries per al funcionament coordinat dels diferents components, com ara el backend, l'assistent de veu i el backoffice.

El disseny del sistema de persistència ha estat pensat per a ser modular, segur i escalable, facilitant tant el manteniment com l'evolució del projecte en el futur. A més, s'ha optat per l'ús de connexions asíncrones per garantir un bon rendiment en entorns altament concurrents, especialment durant la gestió simultània de trucades i consultes al backoffice.

A continuació s'explica la motivació darrere l'elecció d'aquest model, s'exposa l'esquema general de la base de dades i es detalla la funció de cada taula principal, així com diverses consideracions relacionades amb la seguretat i l'escalabilitat del sistema.

6.5.1 Model de persistència i gestió de connexions

Per garantir la consistència i eficiència en l'emmagatzematge i consulta de dades, el sistema utilitza un model de persistència basat en bases de dades relacionals. Aquesta elecció respon a la necessitat d'estructurar les dades de manera clara i coherent, especialment donada la naturalesa interrelacionada dels elements del sistema, com ara usuaris, locals o sessions. El model relacional facilita consultes complexes, manteniment de la integritat referencial i escalabilitat estructurada en cas de creixement.

El sistema fa ús d'un ORM (Object-Relational Mapping) per definir les entitats de la base de dades de forma declarativa, assegurant una integració eficient amb el backend i permetent la validació i migració de l'esquema de manera controlada.

A nivell de connexions, s'ha optat per una gestió asíncrona, ja que l'aplicació backend també funciona d'aquesta manera. Aquesta decisió permet millorar el rendiment global del sistema, especialment sota càrrega concurrent, ja que evita bloquejos i aprofita millor els recursos del servidor. Les connexions es creen i tanquen de forma eficient dins de cada petició, a través d'un sistema de *connection pooling* controlat pel motor de l'ORM.

Aquesta combinació de model relacional amb accés asíncron proporciona una base sòlida per a un sistema robust, escalable i fàcilment mantenible.

6.5.2 Esquema general de la base de dades

El sistema utilitza una base de dades relacional com a nucli per a la persistència de la informació. Aquesta elecció permet representar de manera clara les relacions entre entitats, garantir la integritat de les dades i aprofitar els avantatges dels llenguatges de consulta estructurats (SQL) per a operacions complexes.

L'esquema està dissenyat per mantenir una separació lògica entre les diferents àrees del sistema, com ara la gestió d'usuaris, la configuració dels locals o les sessions actives del backoffice. Cada taula representa una entitat significativa dins del model de negoci, i es connecta amb les altres mitjançant claus foranes que reflecteixen les relacions reals entre conceptes.

Aquesta estructura modular facilita l'escalabilitat i l'evolució del sistema. Per exemple, permet afegir funcionalitats futures —com tipus d'usuari o altres sistemes de calendari— sense comprometre el model existent.

A continuació, es descriuen les funcionalitats de cada taula.

6.5.3 Descripció de taules

L'estructura relacional de la base de dades s'ha dissenyat per reflectir de manera fidel la lògica del sistema i permetre una gestió eficient i escalable dels negocis, configuracions i usuaris. En la següent taula es descriuen les taules principals del model,:

| Taula | Descripció |
|---------------------------------|--|
| <i>premises</i> | Representa cada local registrat. Inclou informació bàsica com el nom, l'adreça, el telèfon o el correu electrònic, així com el tipus de local. |
| <i>premise_configurations</i> | Conté paràmetres generals de configuració associats a un local concret, com ara el temps mínim per fer una reserva. |
| <i>assistant_configurations</i> | Defineix les preferències específiques del funcionament de l'assistent de veu per cada local (veu, to, velocitat, etc.). |
| <i>schedules</i> | Emmagatzema els horaris d'obertura dels locals, identificant el dia de la setmana i les franges horàries disponibles. |
| <i>calendars</i> | Permet vincular un local amb calendaris externs, actualment Google Calendar, i inclou els camps d'autenticació necessaris. |
| <i>activity_logs</i> | Registra l'activitat vinculada a les trucades, com ara trucades rebudes o reserves creades. Serveix com a base per generar les estadístiques. |
| <i>backoffice_users</i> | Conté la informació dels usuaris amb accés al backoffice. |
| <i>user_premise_relation</i> | Estableix una relació entre usuaris de backoffice i locals. Aquesta taula permet que un usuari editor estigui associat a un o més locals, i viceversa. |
| <i>backoffice_sessions</i> | Gestiona les sessions actives o no tancades correctament dels usuaris al backoffice. |

Taula 10. Estructura de la base de dades i relacions

Aquest model relacional afavoreix la integritat referencial i facilita consultes eficients, tot mantenint una estructura modular i fàcilment extensible en cas d'evolució futura del sistema.

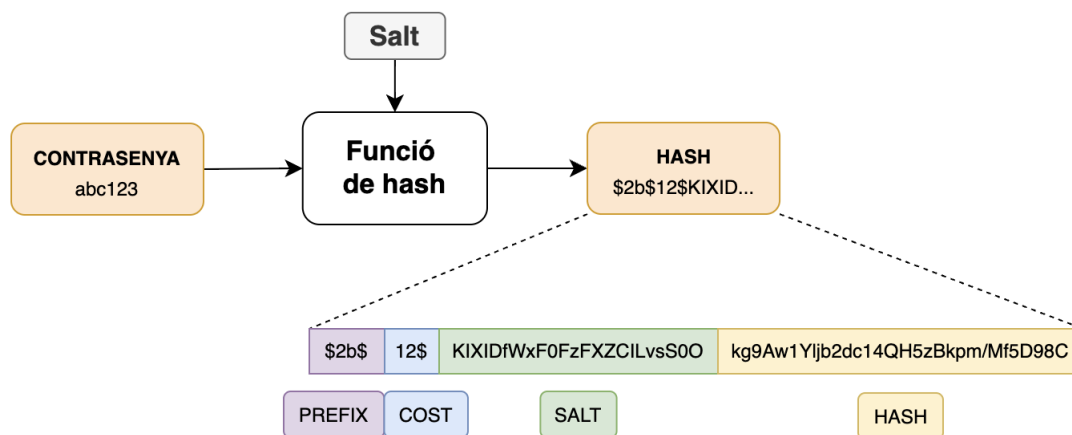
6.5.4 Consideracions de seguretat i escalabilitat

El disseny del model de dades i la seva persistència ha tingut en compte diversos aspectes relacionats amb la seguretat i l'escalabilitat del sistema. Pel que fa a la seguretat, s'ha procurat garantir la integritat i confidencialitat de les dades mitjançant la definició clara de les relacions entre taules i la restricció d'accessos segons el rol d'usuari. A més, s'han implementat mesures específiques per protegir dades sensibles com les contrasenyes dels usuaris.

Les contrasenyes es guarden mitjançant un procés d'encriptació unidireccional (hashing) que impedeix desxifrar el valor original. Aquest mètode assegura que, fins i tot en cas d'accés il·lícit a la base de dades, no es pugui recuperar la contrasenya original. Com a conseqüència, si un usuari oblida la seva contrasenya, l'única opció viable és la regeneració

d'una nova mitjançant un procés de recuperació que inclou l'enviament d'un correu electrònic amb un enllaç segur per restablir-la.

A continuació es mostra un esquema simplificat del procés de hash:



Il·lustració 12. Esquema simplificat del procés de hash en una contrasenya

Finalment, l'esquema relacional s'ha dissenyat per ser modular i extensible, de manera que es puguin afegir noves funcionalitats o integracions en el futur sense trencar l'estructura existent. Aquesta flexibilitat garanteix una bona escalabilitat del sistema tant a nivell funcional com d'infraestructura, la qual cosa és clau per a un servei SaaS que podria donar servei a un nombre creixent de negocis actius.

7 Implementació

No disponible en aquesta versió de la documentació.

8 Avaluació

Aquest capítol recull el procés d'avaluació del sistema desenvolupat, amb l'objectiu de comprovar el correcte funcionament de les funcionalitats implementades i verificar que es compleixen els requisits establerts durant la fase de disseny. Es presenten diferents casos de prova dissenyats per simular situacions reals en què el sistema ha de respondre de manera coherent i útil, així com un anàlisi dels resultats obtinguts. També s'identifiquen les limitacions detectades durant el procés, especialment pel que fa al comportament del model de llenguatge utilitzat.

8.1 Objectius de l'avaluació

L'objectiu principal d'aquesta avaluació és verificar que el sistema ofereix una resposta robusta, eficient i coherent davant dels diferents escenaris d'ús previstos. Es vol comprovar que les funcionalitats clau —com la gestió de reserves a través de trucades— es comporten tal com s'havia definit en els requisits funcionals i no funcionals del projecte.

A més del compliment dels requisits, es busca avaluar la capacitat del sistema per interpretar correctament el llenguatge natural, gestionar possibles ambigüitats o errors d'entrada, i oferir una experiència d'usuari satisfactòria. En aquest context, també és important analitzar les limitacions associades a la tecnologia d'intel·ligència artificial emprada, especialment pel que fa a la comprensió de dates, hores i contextos conversacionals per part del model de llenguatge d'OpenAI.

L'avaluació pretén doncs, identificar tant els punts forts com les debilitats del sistema, de manera que es puguin plantejar millores futures i garantir un nivell òptim de fiabilitat abans d'un possible desplegament real.

8.2 Metodologia i disseny de casos de prova

L'avaluació del sistema s'ha estructurat seguint una metodologia basada en proves funcionals i simulacions d'ús real. Aquestes proves han tingut com a objectiu validar el comportament del sistema en situacions concretes, avaluar el compliment dels requisits establerts i identificar possibles errors o limitacions.

Les proves s'han dividit en les següents categories:

- **Proves funcionals:** per comprovar que cada funcionalitat principal (crear, modificar i cancel·lar reserves; configuració del local; integració amb calendaris) funcioni correctament segons els requisits.
- **Proves d'usuari** (no formals): simulacions de trucades a través del sistema per validar-ne el comportament conversacional i l'experiència general d'usuari.
- **Proves d'error i límits:** situacions extremes o errònies, com intentar reservar fora de l'horari, duplicar reserves o parlar d'altres temes no relacionats amb la gestió de reserves per observar la robustesa del sistema.

Per simular un cas d'ús real, es va seguir una seqüència d'accions equivalent a la que seguiria una empresa en el procés d'adopció i configuració del sistema. Aquesta preparació garanteix que les proves es fan en un entorn representatiu i funcional. Els passos seguits van ser:

1. **Inicialització de l'usuari administrador**, mitjançant un script.
2. Accés al backoffice amb el compte d'administrador.

- a. **Creació d'un nou local**, indicant dades bàsiques i assignant un número contractat a Twilio per a rebre trucades.
 - b. **Creació d'un usuari editor**, indicant nom i contrasenya inicials.
 - c. **Assignació** del nou usuari al local creat.
3. Accés al backoffice amb l'usuari editor per configurar el local.
 - a. Modificació de les dades bàsiques del local (nom, adreça, etc.).
 - b. **Configuració dels horaris d'obertura**, definint dies laborables i franges horàries.
 - c. **Connexió amb Google Calendar** per permetre la sincronització de reserves i la seva visualització.
 - d. Personalització del comportament de l'assistent, en especial el missatge de benvinguda i el to de la conversa

Amb aquesta configuració, el sistema quedava preparat per rebre trucades reals o simulades, cosa que permetia validar tots els fluxos crítics en condicions properes a l'ús final.

Cada cas de prova es considera superat si es compleixen els següents criteris:

- **Resposta esperada:** el sistema respon de manera coherent i en temps adequat, tant per a operacions exitoses com per a errors gestionats.
- **Persistència correcta:** els canvis fets des del backoffice es guarden i es reflecteixen correctament a la base de dades i al comportament de l'assistent.
- **Resposta de veu clara i informativa:** en les proves de trucada, l'assistent comunica correctament les accions realitzades i informa de l'estat del sistema.
- **Comportament esperat davant errors:** situacions com intents de reserva fora d'horari, dades incompletes o errors de comprensió són gestionades amb missatges clars i sense excepcions internes.

8.3 Casos de prova i resultats

A continuació es detallen diversos casos de prova executats durant el procés de validació del sistema. Cada cas inclou una descripció de l'escenari provat, l'acció realitzada, el resultat esperat i el resultat obtingut durant les proves.

8.3.1 Afegir una reserva amb èxit

Descripció: L'usuari truca i demana fer una reserva un dia i hora concrets.

Acció realitzada: Trucada on l'usuari diu: “Voldria reservar per divendres a les 17:00”.

Resultat esperat: L'assistent confirma que l'horari està disponible, recull les dades del client (nom i nota si escau) i afegeix la reserva al calendari.

Resultat real: ✓ Reserva creada correctament, confirmació per veu i entrada visible al calendari.

8.3.2 Intentar reservar en una hora ocupada

Descripció: L'usuari demana una hora ja ocupada per una altra reserva.

Acció realitzada: Trucada on es demana una reserva per divendres a les 17:00, ja reservada.

Resultat esperat: L'assistent informa que l'horari no està disponible i demana que l'usuari esculli una altra franja horària.

Resultat real: ✓ L'assistent rebutja l'hora sol·licitada i demana una altra.

8.3.3 *Fer una reserva en un dia no laboral*

Descripció: L'usuari demana una hora per a un dia no laboral del local.

Acció realitzada: Trucada amb petició de reserva diumenge.

Resultat esperat: L'assistent indica que l'hora escollida està fora de l'horari laboral i demana que l'usuari esculli una altra.

Resultat real: ✓ Resposta clara de no disponibilitat i sol·licitud d'un altre dia.

8.3.4 *Fer una reserva en un hora fora de l'horari laboral*

Descripció: L'usuari demana una hora fora de l'horari definit pel local.

Acció realitzada: Trucada amb petició de reserva dilluns a les 5 del matí.

Resultat esperat: L'assistent indica que l'hora escollida està fora de l'horari laboral i demana que l'usuari esculli una altra.

Resultat real: ✓ Resposta clara de no disponibilitat i sol·licitud d'una altra hora que sí que ho estigui.

8.3.5 *Demandar una reserva per al mateix dia*

Descripció: L'usuari demana fer una reserva el mateix dia de la trucada.

Acció realitzada: Trucada a les 12:30 on l'usuari demana reservar per avui.

Resultat esperat: El sistema ofereix franges a partir de l'hora en la que rep la trucada.

Resultat real: ✓ L'assistent informa de la disponibilitat a partir de les 12:30 fins a l'hora de tancament.

8.3.6 *Demandar una reserva per a una hora passada del mateix dia*

Descripció: L'usuari demana fer una reserva el mateix dia de la trucada en una hora ja passada.

Acció realitzada: Trucada a les 12:30 on l'usuari demana reservar per avui a les 10:00.

Resultat esperat: El sistema no permet hores anteriors a la hora de la trucada.

Resultat real: ✓ L'assistent informa de que l'hora sol·licitada ja ha passat i demana que l'usuari en proposi una altra.

8.3.7 *Demandar reserves pendents*

Descripció: L'usuari vol confirmar si té alguna reserva feta i per quan.

Acció realitzada: Trucada amb la frase "Tinc alguna reserva feta?".

Resultat esperat: El sistema comprova l'agenda i informa si hi ha cap reserva programada amb el mateix número que s'ha fet la trucada.

Resultat real: ✓ L'assistent confirma l'existència d'una reserva el divendres a les 17:00.

8.3.8 *Modificar una reserva existent*

Descripció: L'usuari vol canviar l'hora d'una reserva ja feta.

Acció realitzada: Trucada amb la petició “*Puc canviar d'hora la reserva de divendres a les 17:00?*”.

Resultat esperat: El sistema comprova si l'usuari té la reserva, demana la nova hora a l'usuari, comprova la disponibilitat i fa el canvi si és possible.

Resultat real: ✓ L'assistent confirma l'existència d'una reserva el divendres a les 17:00, demana el nou horari, confirma la disponibilitat del nou horari (10:00) i mou la reserva.

8.3.9 *Cancel·lar una reserva existent*

Descripció: L'usuari vol cancel·lar una reserva prèviament creada.

Acció realitzada: Trucada amb la frase “*Vull cancel·lar la meva reserva de divendres a les 10:00?*”.

Resultat esperat: El sistema comprova la reserva, demana confirmació i la cancel·la.

Resultat real: ✓ L'assistent confirma l'existència d'una reserva el divendres a les 10:00, demana confirmació i la elimina del calendari.

8.3.10 *Resposta negativa a la confirmació*

Descripció: L'usuari no confirma la reserva després que l'assistent l'hi resumeixi.

Acció realitzada: L'assistent resumeix la reserva i l'usuari diu “*No, així no. Canvia-ho?*”.

Resultat esperat: El sistema no fa la reserva i demana nous detalls.

Resultat real: ✓ L'assistent entén que la reserva no s'ha de fer i torna a demanar les dades.

8.3.11 *Cancel·lació o modificació d'una reserva inexistent*

Descripció: L'usuari intenta cancel·lar o modificar una reserva que no existeix.

Acció realitzada: Trucada amb la frase “*Vull cancel·lar la meva reserva de dilluns?*”.

Resultat esperat: El sistema indica que no s'ha trobat cap reserva associada a aquest dia.

Resultat real: ✓ L'assistent informa que no ha trobat cap reserva associada al número de telèfon de la trucada i diu a l'usuari que igual es va fer amb un altre telèfon.

8.3.12 *Trucada amb informació incompleta*

Descripció: L'usuari parla de manera imprecisa o no especifica informació clau.

Acció realitzada: Trucada amb una frase com “*Vull reservar?*” sense cap detall.

Resultat esperat: El sistema demana informació addicional per completar la reserva.

Resultat real: ✓ L'assistent guia l'usuari amb preguntes per obtenir la informació necessària.

8.3.13 *Trucada amb una petició no relacionada*

Descripció: L'usuari fa una consulta que no té relació amb el servei de reserves.

Acció realitzada: Trucada amb la frase “*Demà plourà o farà sol?*”.

Resultat esperat: El sistema informa que només pot ajudar amb gestions de reserves i redirigeix la conversa si cal.

Resultat real: ✓ L'assistent respon amablement que només pot ajudar amb tema de reserves i ofereix alternatives si el que vol l'usuari és informació meteorològica.

8.4 Problemes detectats i limitacions

Durant les proves s'han detectat diversos punts on el sistema pot presentar comportaments no desitjats o millores potencials. Aquestes limitacions no impedeixen el funcionament general del servei, però sí que poden afectar casos concrets d'ús real.

8.4.1 *Errors causats per la interpretació del model (OpenAI)*

El sistema de veu fa ús del model d'OpenAI per interpretar les frases de l'usuari i generar respostes en temps real. En alguns casos puntuals, especialment quan l'usuari utilitza frases llargues o amb estructures poc habituals, el model pot:

- **Fer interpretacions incorrectes del dia o l'hora**, especialment si s'utilitzen expressions relatives com “aquesta setmana” o “el pròxim dilluns”, que poden dependre del context de la conversa o del dia actual.
- **Assignar una intenció errònia a la frase**, interpretant com una modificació el que era una nova reserva, o viceversa.
- **Confondre formats de data i hora**, especialment si s'expressen de manera ambigua o col·loquial (ex: entendre les 19:00 quan es diuen les 09:00).

Tot i que s'han implementat mecanismes per confirmar sempre la informació abans de realitzar cap acció, aquests errors poden requerir intervenció de l'usuari per reconduir la conversa.

8.4.2 *Casos en què el model confon hores o dates*

S'han registrat alguns casos puntuals durant les proves on:

- El model ha interpretat “dimarts vinent” com “dimarts d'aquesta setmana” quan la trucada era diumenge.
- En reserves demanades per a “les 10”, el model ha interpretat 10h com 22h o viceversa, especialment si l'usuari no afegeix el “del matí” o “de la nit”.
- En reserves demanades per a “les 7”, el model ha interpretat 7h com 17h.

Aquests comportaments són conseqüència del processament en llenguatge natural i podrien reduir-se amb millores en el model per part d'OpenAI.

8.5 Validació dels requisits

A continuació es presenta una taula de validació on s'encreuen els requisits funcionals (RF) i no funcionals (RNF) amb els casos de prova dissenyats durant el desenvolupament. Aquestes validacions s'han realitzat amb proves manuals dins l'entorn de desenvolupament i test.

Cada requisit s'avalua amb una marca que indica si ha estat validat (✓), parcialment validat (⚠) o no validat (✗).

Requisits funcionals

| Codi | Descripció | Estat | Observacions |
|------|--|-------|--|
| RF1 | Integració amb Twilio | ✓ | Provat amb trucades reals en entorn de test. |
| RF2 | Interpretació d'instruccions en llenguatge natural | ⚠ | Generalment correcta, però amb <u>errors puntuals</u> . |
| RF3 | Consulta de disponibilitat | ✓ | Provat amb múltiples locals i calendaris. |
| RF4 | Creació, modificació i cancel·lació de reserves | ✓ | Funcionalitat provada i confirmada. |
| RF5 | Recollida de dades del client | ✓ | Nom i telèfon extrets correctament; nota opcional recollida si es proporciona. |
| RF6 | Confirmació prèvia abans d'escriure al calendari | ✓ | Confirmació implementada en tots els fluxos. |
| RF7 | Preparació per integrar altres calendaris | ✓ | Arquitectura modular amb classe base per a calendaris. |
| RF8 | Backoffice per gestionar locals i configuracions | ✓ | Implementat i provat amb múltiples locals. |
| RF9 | Connexió/desconnexió de calendaris des del backoffice | ✓ | OAuth 2.0 funcional i desconnexió segura implementada. |
| RF10 | Personalització de l'assistent per negoci | ✓ | Missatge inicial i veu personalitzables per a cada local. |
| RF11 | Gestió d'usuaris, negocis i sessions per part d'administradors | ✓ | Gestió completa funcional des del panell d'administrador. |
| RF12 | Visualització d'estadístiques per negocis i administradors | ✓ | Gràfics i mètriques disponibles al backoffice. |

Taula 11. Validació dels requisits funcionals

Requisits no funcionals

| Codi | Descripció | Estat | Observacions |
|------|---------------------|-------|---|
| RNF1 | Disponibilitat 24/7 | ⚠ | No provat en entorn real continu, però preparat per desplegament estable. |

| | | | |
|------|---|---|--|
| RNF2 | Resposta en menys de 3 segons per interacció | ✓ | En condicions normals sí, pot variar lleugerament en funció de la cobertura. |
| RNF3 | Compliment GDPR i seguretat | ✓ | Xifrat, accés per token, i no es guarden dades sensibles innecessàries. |
| RNF4 | Escalabilitat per suportar múltiples negocis/trucades | ✓ | Arquitectura preparada per escalar; proves amb trucades simultànies. |
| RNF5 | Backoffice compatible amb diversos dispositius | ✓ | Provat en diferents resolucions i mides de pantalla. |
| RNF6 | Suport per trucades fixes i mòbils | ✓ | Twilio permet gestionar tots dos canals sense diferències funcionals. |
| RNF7 | Robustesa davant errors o comandes ambigües | ⚠ | En general robust, però millorable en casos de llenguatge molt ambigu. |
| RNF8 | Preparació per producció amb mínima intervenció tècnica | ✓ | Sistema operatiu un cop configurat, sense necessitat d'intervenció contínua. |

Taula 12. Validació dels requisits no funcionals

En conjunt, tots els requisits han estat validats o parcialment validats satisfactòriament, demostrant que el sistema compleix amb els objectius establerts per al seu desplegament inicial.

9 Avaluació de costos

Aquesta secció presenta una estimació dels costos associats al desenvolupament i posada en funcionament del sistema. Es consideren tant els costos humans (hores de treball invertides) com els costos materials (ús d'eines i serveis externs com OpenAI o Twilio).

9.1 Costos de personal

El projecte ha estat desenvolupat principalment per una única persona en el marc del Treball de Fi de Grau, amb el suport puntual del personal d'Andorra Telecom. Per tant, no hi ha hagut una despesa econòmica directa per hores treballades, però es pot fer una estimació aproximada del cost si aquest desenvolupament s'hagués externalitzat.

| Rol | Tasques | Hores estimades | Cost/hora (€) | Cost total (€) |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------|----------------|
| Desenvolupador Full Stack | Anàlisi, backend, frontend, proves | 300 h | 25 € | 7.500 € |
| Supervisor tècnic (AT) | Reunions, orientació i revisió | 10h | 40 € | 400 € |
| Total estimat | | | | 7.900 € |

Taula 13. Costos orientatius de personal

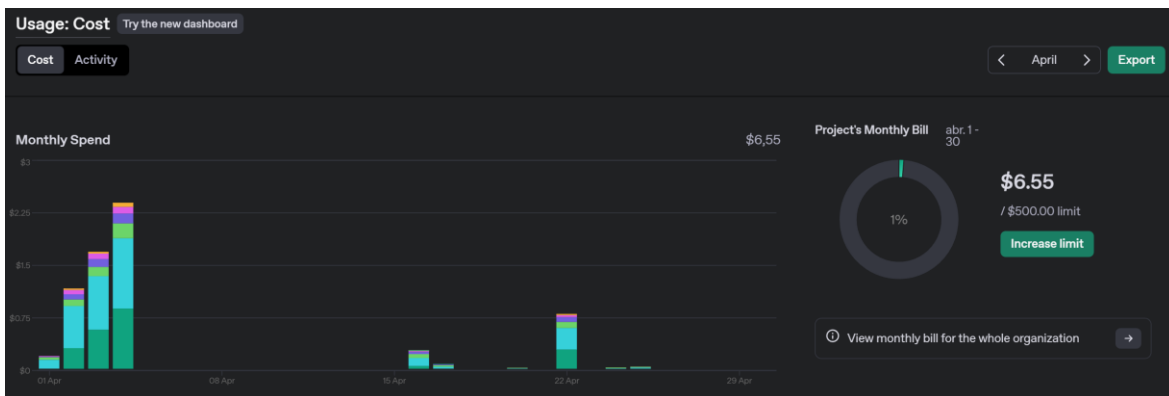
Nota: els valors són orientatius i es basen en tarifes habituals de mercat. Aquest cost no s'ha repercutit realment al projecte.

9.2 Costos de material i serveis

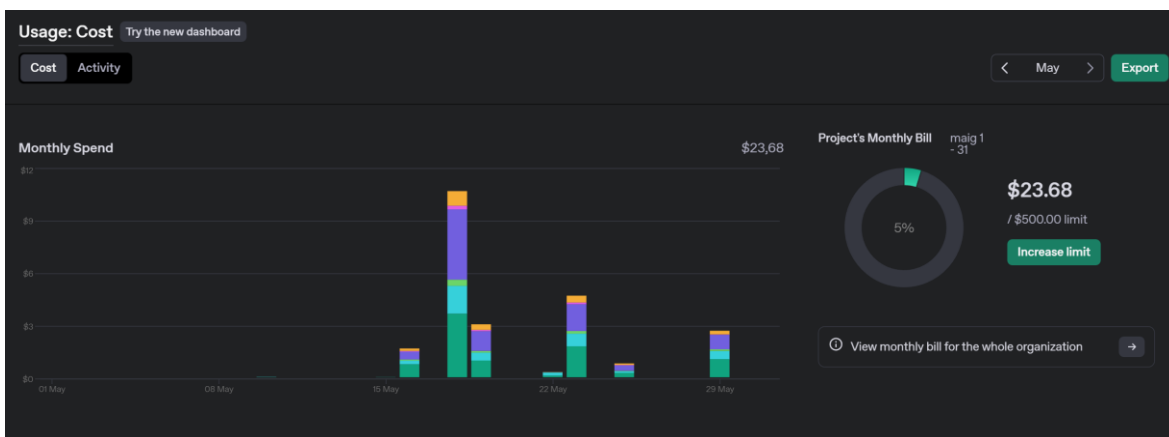
El sistema fa ús de serveis externs que poden comportar costos variables segons l'ús. A continuació es detallen els serveis principals:

| Servei | Ús en el projecte | Cost estimat | Observacions |
|-----------------------------|--|---------------|--|
| OpenAI API | Generació de respostes de l'assistent de veu | 26.5 € | Cost total durant el projecte. |
| Twilio | Trucades telefòniques | 0.016 € / min | Preus per minut, dependents del volum de trucades. |
| Google Cloud / Calendar API | Sincronització de calendaris | 0 € | Gratuit dins del nivell d'ús bàsic |

Taula 14. Costos de material i serveis



Il·lustració 13. Costos d'OpenAI el mes d'abril



Il·lustració 14. Costos d'OpenAI el mes de maig

10 Legislació i protecció de dades

Aquest projecte ha estat desenvolupat tenint en compte el marc legal vigent en matèria de protecció de dades personals, tant a nivell europeu com nacional, per garantir el compliment dels principis de privacitat des del disseny (*privacy by design*) i per defecte (*privacy by default*).

10.1 Legislació aplicable

El sistema s'ha dissenyat sota el compliment de les normatives següents:

- **Reglament (UE) 2016/679 (GDPR):** reglament general de protecció de dades aplicable a tots els països membres de la Unió Europea, especialment rellevant donada la integració amb serveis com Google Calendar i OpenAI, que poden operar en entorns internacionals.
- **Llei 29/2021, del 28 d'octubre, qualificada de protecció de dades personals (LQPD):** legislació andorrana que regula el tractament de dades personals dins del Principat d'Andorra.
- **Llei 34/2002, del 11 de juliol, de Serveis de la Societat de la Informació i de Comerç Electrònic (LSSI-CE):** aplicable als serveis digitals amb finalitat comercial, incloent-hi webs i aplicacions interactives.
- **Proposta de Reglament del Parlament Europeu i del Consell sobre la intel·ligència artificial (AI Act):** normativa que estableix els requisits per als sistemes d'IA segons el seu nivell de risc. El sistema presentat es classifica com a sistema de risc limitat, subjecte a requisits de transparència.

10.2 Aplicació pràctica de la normativa

Per tal de garantir la protecció de dades personals, s'han adoptat les mesures següents:

- **Dades mínimes:** només es recullen les dades estrictament necessàries per completar una reserva: nom, número de telèfon i, de manera opcional, una nota. Aquestes dades no es guarden de manera persistent, excepte quan calen per sincronitzar amb el calendari del local.
- **Xifrat de comunicacions:** totes les comunicacions amb l'usuari, amb serveis externs (Twilio, OpenAI, Google) i amb el sistema de backend es realitzen mitjançant protocols segurs (HTTPS, TLS).
- **Accés per token:** els panells d'administració i backoffice només són accessibles amb autenticació segura. Els accessos queden registrats i controlats per evitar usos no autoritzats.
- **Gestió de credencials:** les credencials tant d'accés a serveis externs (com Google Calendar) com dels usuaris del backoffice es guarden de forma segura, inclús encriptant de forma unidireccional les contrasenyes.
- **No es graven les trucades:** per evitar riscos legals i garantir la privacitat, el sistema no emmagatzema àudio ni transcripcions de les trucades telefòniques.
- **Responsabilitat del tractament:** en una eventual posada en producció, Andorra Telecom actuaria com a encarregat del tractament, mentre que cada negoci seria el responsable del tractament de les dades dels seus clients.

10.2.1 Compliment de la Llei de Serveis de la Societat de la Informació (LSSI-CE)

En cas que el sistema s'arribi a desplegar com a producte SaaS comercial, caldrà garantir el compliment de la LSSI-CE, que exigeix que tota plataforma digital amb finalitats comercials identifiqui clarament l'empresa responsable del servei. Es preveu fer-ho mitjançant un apartat legal accessible des del backoffice o pàgina d'inici, amb informació com la raó social, dades de contacte, política de privacitat i condicions d'ús.

10.2.2 Compliment de la legislació europea sobre sistemes d'IA

Segons la proposta de reglament europeu sobre IA, el sistema desenvolupat es considera un sistema de risc limitat (*Transparency Risk*), ja que permet la interacció directa d'usuaris amb una IA. D'acord amb aquesta classificació, cal informar els usuaris que estan parlant amb un sistema automatitzat.

Per tal de donar compliment als requisits de transparència establerts, el sistema incorpora un missatge de veu inicial que informa l'usuari que està sent atès per una intel·ligència artificial. Concretament, en iniciar-se la trucada, es reproduïx el següent missatge independentment del local:

Estàs parlant amb una intel·ligència artificial que t'ajudarà a fer la teva reserva. Un moment, si us plau...

Aquesta mesura assegura que l'usuari és informat abans d'interactuar amb el sistema automatitzat, d'acord amb el que estableix la normativa.

10.3 Avaluació de riscos

Tot i que el sistema tracta dades personals de forma limitada, s'han tingut en compte possibles escenaris de risc:

- **Fuites de dades:** minimitzades mitjançant l'ús de bases de dades protegides, xifrat i accés controlat.
- **Errors de processament:** el sistema inclou mecanismes de validació i confirmació per evitar crear reserves incorrectes. Impossibilitant l'opció de fer reserves en nom d'altres persones, degut a que com a identificadors s'utilitzen els números que realitzen les trucades.
- **Compliment de drets ARCO** (*accés, rectificació, cancel·lació i oposició*) en producció: si s'implementa comercialment, el sistema haurà d'incorporar canals perquè els usuaris puguin exercir aquests drets davant del responsable del tractament (el negoci).

10.4 Compromís amb la privacitat

El disseny i desenvolupament d'aquest projecte ha seguit una línia de responsabilitat ètica amb la privacitat dels usuaris. S'ha prioritzat en tot moment la minimització del tractament de dades, evitant qualsevol recollida innecessària i establint barreres tècniques per impedir-ne l'abús o l'ús indegut.

El sistema no emmagatzema àudios ni transcripcions de trucades, no realitza anàlisis comercials ni perfils d'usuari, i delega el control de les dades personals als locals, que poden definir i gestionar les seves polítiques de privacitat d'acord amb la normativa aplicable.

En definitiva, aquest projecte busca oferir una solució tecnològica útil i eficient sense comprometre els drets fonamentals dels usuaris.

10.5 Propietat intel·lectual

Tot el desenvolupament tècnic i conceptual del sistema ha estat realitzat per mi, com a autor d'aquest Treball de Fi de Grau. Per tant, em corresponen els drets morals d'autoria sobre el codi, la documentació i el disseny funcional del projecte.

Tanmateix, aquest treball s'ha dut a terme en el marc d'un conveni de col·laboració amb Andorra Telecom, i es preveu que, en cas d'explotació comercial futura, els drets d'ús i explotació del sistema siguin cedits a aquesta entitat. Aquesta cessió es fa amb l'objectiu que el projecte pugui evolucionar cap a una solució real, integrada dins dels serveis comercials de l'empresa.

11 Implicacions ètiques, d'igualtat i mediambientals

Andorra Telecom disposa d'un codi ètic on, a més de definir les pautes d'actuació i comportament laboral i professional de les persones que treballen en la companyia o en nom de la companyia, es fa manifest el seu compromís pel que fa a la igualtat i protecció del medi ambient.

11.1 Principis del codi ètic d'Andorra Telecom

Andorra Telecom és una empresa compromesa amb la seva missió, “*Apropem el món a les persones, connectant-te al que més t'importa*”, i amb la seva visió, “*Gaudir de la confiança incondicional dels nostres clients*”.

Andorra Telecom té un compromís ferm per avançar en el desenvolupament responsable en els àmbits Ambiental, Social i de bon Govern Corporatiu (A.S.G.).

Per aquests compromisos, Andorra Telecom ha desenvolupat un codi ètic on es reflecteixen els principis d'actuació aplicables per a les persones de la companyia i agents d'IA. El codi ètic es fonamenta en la mateixa cultura de l'empresa, basada en els valors “Confiança”, “Compta amb mi”, “Atreveix-te” i “Fem pinya”. I pel que fa a agents d'IA, es té en consideració el reglament europeu 2024/1689 o AI act.

Aquest codi ètic és d'aplicació a les persones treballadores d'Andorra Telecom, al personal extern i a totes aquelles persones que actuen per compte o en representació de l'empresa.

11.1.1 Principis del codi ètic en igualtat i protecció del medi ambient

11.1.1.1 Igualtat. Respecte dels drets humans

Andorra Telecom reafirma el seu compromís amb els drets humans i la igualtat d'oportunitats. La conducta de les persones treballadores de la companyia i agents/sistemes d'IA ha de garantir la no-discriminació en qualsevol forma.

11.1.1.2 Protecció del medi ambient

Andorra Telecom es compromet amb una activitat sostenible, minimitzant l'impacte ambiental mitjançant l'ús eficient de recursos i la gestió responsable de residus. També promou bones pràctiques mediambientals entre les empreses col·laboradores.

11.1.2 Actuacions amb els clients i la societat

Andorra Telecom aposta per la inclusió, la igualtat i la transparència, actuant amb respecte i professionalitat. L'ús de la IA es regeix pel seu codi ètic per garantir un impacte positiu en clients i societat.

11.1.2.1 Clients

S'inclouen en aquest grup les persones físiques o jurídiques que contracten productes i serveis amb Andorra Telecom.

Andorra Telecom es compromet a desenvolupar serveis adaptats a les necessitat dels clients, amb una oferta alineada amb l'entorn, vetllant per la innovació, la seguretat i la qualitat, amb la finalitat d'obtenir un alt nivell d'experiència i de confiança dels clients.

11.1.2.2 Societat

Andorra Telecom duu a terme la seva activitat de forma socialment responsable, mitjançant inversions en equipaments i infraestructures en telecomunicacions sòlides, avançades, segures i fiables. A través de la prestació dels seus serveis, Andorra Telecom es compromet amb el benestar digital del ciutadà i amb un impacte positiu en el desenvolupament econòmic i social del país.

11.2 Avaluació de les implicacions del projecte

11.2.1 Implicacions ètiques del projecte

El projecte aporta valor pel que fa a l'accessibilitat al sistema i automatització i, en consideració del codi ètic d'Andorra Telecom, parteix de tenir transparència i claredat en la parla, de protecció de dades, de finalitats legítimes i d'una supervisió responsable.

11.2.1.1 Transparència i claredat de parla

- **Identificació de la IA:** s'assegura que l'usuari sap que parla amb un agent d'intel·ligència artificial i no amb una persona. És per aquest motiu que es fa menció explícita i clara al principi de la conversa.
- **Sense manipulacions:** no s'imita la veu d'una persona real ni, com mencionat anteriorment, s'enganya l'usuari fent veure que parla amb una persona real.
- **Tons de veu respectuosos:** l'assistent utilitza un to educat, inclusiu i no ofensiu. En utilitzar el model d'intel·ligència artificial d'OpenAI s'ha buscat l'eficiència en donar una resposta clara i entenedora.

11.2.1.2 Finalitats legítimes i supervisió responsable

- **Ús exclusiu per reserves:** el sistema només s'utilitza per realitzar reserves. No té cap altre ús fora d'aquest.
- **Supervisió humana:** l'assistent estarà sota la supervisió de personal tècnic d'Andorra Telecom amb l'objectiu de fer les millores necessàries i, quan s'escaigui, corregir algunes respostes.

11.2.2 Implicacions en igualtat del projecte

Aquest sistema d'IA per reserves telefòniques té en compte criteris d'inclusió i igualtat tals com la facilitació de l'accés al servei a col·lectius sovint vulnerables per la bretxa digital, com la gent gran, persones amb discapacitat o sense connexió a internet. Així mateix, el possible ús ininterromput del servei promou una millor conciliació i una atenció més equitativa per a totes les franges de la població. També s'ha evitat, en la mesura possible, tenir biaixos tecnològics per tal de garantir la comprensió de diferents accents, llengües i maneres de parlar.

11.2.2.1 Accessibilitat per col·lectius vulnerables

Aquest sistema facilita l'accés a realitzar reserves per a persones que sovint tenen dificultats amb canals digitals o presencials:

- **Gent gran:** No tothom té facilitat amb aplicacions o webs. Poder fer una reserva només trucant sense haver de navegar per interfícies complexes és un gran

avantatge. S'ha treballat per garantir que sigui fàcil d'usar amb un llenguatge clar amb la repetició de la informació donada per l'usuari i confirmació de la mateixa.

- **Persones amb discapacitat visual o motriu:** poden tenir problemes per interactuar amb pantalles tàctils. Per a aquestes persones la veu és una interfície molt més accessible.

11.2.2.2 *Inclusió i no discriminació*

- **Diversitat lingüística i d'accent:** En aquests moments la IA entén diferents accents de la llengua oficial del Principat d'Andorra (català) i és fàcilment escalable a altres llengües principalment parlades al país per evitar exclusions (castellà i francès) i també l'anglès per poder arribar al màxim nombre de persones que puguin estar a Andorra.

11.2.2.3 *Disponibilitat 24/7*

El servei pot funcionar les 24 hores del dia, permetent fer reserves fora de l'horari d'oficina i beneficiant a persones amb horaris laborals molt diferents o amb múltiples feines.

11.2.3 *Implicacions mediambientals del projecte*

Aquest sistema de reserves automatitzades permet millorar l'eficiència del servei, la comoditat de l'usuari i també aporta beneficis mediambientals com la reducció de desplaçaments, de paper i del consum d'energia de manera indirecta.

11.2.3.1 *Reducció de desplaçaments innecessaris*

Un dels impactes més rellevants és la disminució de viatges físics per gestionar reserves, evitant que els usuaris es desplacin a establiments només per fer una reserva i reduint cues i repeticions per malentès en horaris ja que l'assistent pot oferir la cita adequada immediatament.

Així doncs, menys viatges amb vehicle menys emissions de CO₂ (especialment en el cas d'Andorra on moltes poblacions estan apartades dels centres i en zones elevades on les emissions de CO₂ dels vehicles són més altes).

11.2.3.2 *Eficiència energètica respecte a oficines físiques*

Un sistema de resposta telefònica basat en IA pot substituir part del personal dedicat exclusivament a atendre trucades de reserves reduint així la necessitat d'espais físics climatitzats i amb consum elèctric constant. A més, afegeix disponibilitat de resposta dels establiments a les reserves ja que aquestes es poden fer fora d'horari laboral evitant operadors humans i manteniment d'espai les 24 hores.

11.2.3.3 *Digitalització i eliminació del paper*

Amb una IA que gestiona reserves digitalment es poden eliminar impressions de fulls de reserves i comunicacions físiques de confirmació.

11.2.3.4 *Optimització de recursos*

El sistema ajusta disponibilitats d'agenda d'una forma ràpida i eficient evitant franges mortes i donant la possibilitat en un futur d'implementar recordatoris automàtics a través de SMS per reduir absències.

Així doncs, una optimització de l'agenda es tradueix en menys malbaratament de recursos (temps, espai i personal).

11.2.3.5 Contribució a la sostenibilitat del sector TIC

El servidors d'OpenAI s'allotgen principalment en infraestructures sostenibles de Microsoft Azure, on aquest proveïdor de serveis al núvol, també té un objectiu mediambiental de tecnologia digital amb petjada ecològica mínima.

12 Valoració

Aquest projecte ha representat una oportunitat única per posar en pràctica de manera integrada molts dels coneixements adquirits al llarg del grau en Enginyeria Informàtica. Des de l'anàlisi i el disseny d'arquitectures escalables, fins al desenvolupament d'interfícies d'usuari, sistemes backend, integració amb serveis externs i gestió de dades, el TFG m'ha obligat a fer servir eines i tecnologies reals en un entorn el més proper possible a un cas professional.

La col·laboració amb Andorra Telecom ha aportat un component pràctic i contextualitzat molt valuós. No es tractava només de fer una aplicació funcional, sinó de resoldre una necessitat concreta del mercat andorrà, adaptant-se a les condicions i limitacions reals d'empreses petites i mitjanes. Aquesta experiència m'ha ajudat a entendre millor la importància d'aspectes sovint menys visibles però fonamentals, com la gestió de permisos, la configurabilitat per a diferents usuaris o la robustesa del sistema davant situacions imprevistes.

Pel que fa als **objectius plantejats inicialment**, considero que s'han assolit de manera satisfactòria. S'ha desenvolupat un sistema complet que permet atendre trucades automàtiques, interpretar comandes en llenguatge natural, gestionar reserves a través de Google Calendar i oferir una interfície de gestió funcional per als negocis i administradors. A més, s'ha mantingut el compromís amb la seguretat, l'escalabilitat i la privacitat de les dades, integrant els requisits no funcionals des de l'inici del desenvolupament.

A nivell personal, aquest treball m'ha ajudat a consolidar habilitats tècniques però també a desenvolupar competències transversals com la planificació, la presa de decisions, la gestió del temps i la capacitat d'adaptar-me a canvis o limitacions durant el desenvolupament. També he après a documentar i justificar decisions tècniques, i a comunicar el funcionament del sistema amb claredat, tant per a perfils tècnics com no tècnics.

En definitiva, aquest TFG ha estat una experiència intensa, exigent i enriquidora, que m'ha permès demostrar la meua autonomia i maduresa com a desenvolupador, alhora que m'ha preparat per afrontar futurs projectes amb una visió més completa, crítica i professional.

13 Recursos utilitzats

13.1 Bibliografia

Per al desenvolupament del projecte, s'han consultat recursos tècnics, documentació oficial i articles especialitzats. Alguns dels més rellevants han estat:

- Twilio. (n.d.). *Twilio Voice API documentation*. Recuperat el maig de 2025, de <https://www.twilio.com/docs/voice>
- Google Developers. (n.d.). *Google Calendar API documentation*. Recuperat el maig de 2025, de <https://developers.google.com/calendar>
- OpenAI. (n.d.). *OpenAI API documentation*. Recuperat el maig de 2025, de <https://platform.openai.com/docs>
- Next.js (n.d.). *Next.js documentation*. Recuperat el maig de 2025, de <https://nextjs.org/docs>
- React (n.d.). *React documentation*. Recuperat el maig de 2025, de <https://react.dev/>

13.2 Programari (software)

- Backend (Python)
- Frontend (Next.js + React)

13.2.1 Entorn de desenvolupament i gestió de codi

- Visual Studio Code
- Git i Azure DevOps
- Docker i Docker Desktop (per base de dades MySQL local)
- MySQL Workbench

13.2.2 Altres eines

- Postman (proves d'API)
- Notion (planificació i Gantt)
- Arc (navegador)
- Draw.io (diagrames)
- Microsoft Word (documentació)

13.3 Maquinari (hardware)

- Ordinador portàtil personal (MacBook Pro amb chip M4 Pro i 24 GB de RAM)
- Connexió a Internet estable
- Dispositiu mòbil per fer proves reals de trucades

13.4 Altres recursos

- Compte de desenvolupador de Twilio (Andorra Telecom)
- Compte de Google amb accés a Google Cloud Console (personal)
- Compte a la plataforma d'OpenAI amb accés a la GPT-4 API (Andorra Telecom)
- Compte institucional de la URV per accedir a recursos acadèmics i correu
- Compte de Google vinculat a Google Calendar (personal)