

*Pràctica de Sistemes  
Basats en el Coneixement*

Intel·ligència Artificial

2025/2026 1Q

Facultat d'Informàtica de Barcelona

Iu Franquesa Tarté

Junzhe Xia

Yaoyao Guo Zhang

# Índex

<b>1. Introducció</b>	<b>2</b>
<b>2. Identificació del problema</b>	<b>3</b>
2.1. Descripció del problema	3
2.2 Anàlisi de la viabilitat del sistema basat en el coneixement	3
2.3. Requeriments principals del sistema	4
2.4. Fonts de coneixement utilitzades	5
<b>3. Conceptualització del domini</b>	<b>6</b>
3.1. Conceptes principals	6
3.3. Descomposició del problema en subproblemes	7
3.4. Ús de LLM's per a l'extracció de coneixement	8
<b>4. Formalització</b>	<b>10</b>
4.1. Construcció de la ontologia	10
4.2. Relacions	12
4.3. Metodologia de resolució adoptada	12
<b>5. Implementació</b>	<b>14</b>
5.1. Arquitectura del sistema expert	14
5.2. Representació del coneixement	14
5.3. Regles del sistema expert	14
5.4. Flux de funcionament del sistema	15
5.5. Tipus de raonament	15
5.6. Prototipatge incremental	15
<b>6. Proves</b>	<b>17</b>
6.1. Proves de recomanacions	17
6.1.1. No recomanat	17
6.1.2. Poc recomanat	19
6.1.3. Recomanat	22
6.1.4. Molt recomanat	25
6.1.5. Prova hard vs. soft	28
6.1.6. Prova “Red Flags”	31
6.2. Conclusions de les proves	33
<b>7. Conclusions finals</b>	<b>34</b>
<b>Annexos</b>	<b>35</b>
[Annex 1] - Codi CLIPS complet i comentat.	35
[Annex 2] - Converses rellevants amb els LLM's	35

# 1. Introducció

En aquesta pràctica desenvoluparem un sistema basat en el coneixement (SBC) orientat a la recomanació d'habitatges de lloguer, tenint en compte tant les característiques objectives dels immobles com les preferències, restriccions i perfils dels sol·licitants. El domini del mercat immobiliari és especialment adequat per a aquest tipus de sistemes, ja que la presa de decisions no es basa únicament en criteris numèrics simples, sinó que requereix integrar coneixement qualitatiu, regles de sentit comú i criteris experts relacionats amb l'entorn urbà i les necessitats humanes.

A diferència d'un algorisme clàssic d'optimització o filtratge, la recomanació d'habitatges implica gestionar restriccions estrictes (com el pressupost màxim o els requisits mínims d'espai), preferències flexibles (com la proximitat a determinats serveis) i criteris heurístics dependents del perfil del client (famílies, estudiants, persones grans, parelles, etc.). Aquest conjunt de factors fa que el problema no pugui ser resolt de manera satisfactòria amb una simple comparació de valors, sinó que requereixi un raonament basat en coneixement explícit i regles.

L'objectiu principal d'aquesta pràctica és construir un sistema capaç d'analitzar un conjunt d'ofertes d'habitatge en lloguer, considerar-ne les característiques físiques, la qualitat de l'immoble i la seva proximitat a serveis rellevants de l'entorn urbà, i generar, per a cada client, una llista d'ofertes recomanades. Cada recomanació s'acompanya d'un grau de recomanació (no recomanat, poc recomanat, recomanat o molt recomanat) i d'una justificació explicativa que indica quins criteris s'han complert, quins no, i quins aspectes fan que una oferta destaquï sobre les altres.

El desenvolupament del sistema segueix la metodologia d'enginyeria del coneixement treballada a classe, estructurant el procés en les fases d'identificació del problema, conceptualització del domini, formalització del coneixement mitjançant una ontologia, implementació del raonament en CLIPS i, finalment, prova i validació del sistema amb jocs de prova representatius. Aquesta aproximació permet no només obtenir un sistema funcional, sinó també justificar de manera rigorosa les decisions de disseny i demostrar la idoneïtat de l'ús d'un SBC per a aquest tipus de problema.

## 2. Identificació del problema

### 2.1. Descripció del problema

El problema a resoldre consisteix a determinar quines ofertes d'habitatge de lloguer disponibles s'ajusten millor a un perfil concret de sol·licitant, integrant informació heterogènia de naturalesa quantitativa i qualitativa. Aquesta tasca requereix combinar restriccions estrictes, preferències flexibles i coneixement de sentit comú sobre l'habitatge i el seu entorn, tal com ho faria un expert humà del domini immobiliari.

Cada oferta de lloguer està associada a un habitatge amb un conjunt d'atributs propis, com ara el preu mensual, la superfície habitable, el nombre d'habitacions, els equipaments/features disponibles o l'estat general de conservació. A més, cada habitatge té una ubicació geogràfica, que determina la seva proximitat a diferents serveis urbans rellevants (transport públic, centres de salut, zones verdes, escoles, supermercats, zones d'oci, entre d'altres). Aquesta informació d'entorn és clau, ja que pot ser percebuda com a avantatge o inconvenient segons el perfil i les necessitats del client.

Per la seva banda, el sol·licitant defineix un conjunt de criteris de selecció que inclouen tant restriccions fortes: pressupost màxim, requisits mínims d'espai o el nombre de dormitoris, com preferències subjectives, que poden variar considerablement en funció del seu perfil: una família pot prioritzar la proximitat a escoles i zones verdes, mentre que un estudiant pot valorar més la connexió amb el transport públic o la presència d'oci nocturn, i una persona gran pot tenir requeriments específics d'accessibilitat i proximitat a centres de salut.

El repte principal del problema rau en el fet que no totes les condicions tenen el mateix pes: la violació d'una restricció estricta pot descartar completament una oferta, mentre que el compliment parcial de certes preferències pot donar lloc a recomanacions intermèdies. Això fa necessari un mecanisme de raonament capaç de filtrar, avaluar i ponderar els diferents criteris de manera estructurada i explicable.

Com a resultat, el sistema ha de generar, per a cada parella client-oferta, una classificació qualitativa de l'oferta en una de les quatre categories estableertes: *no recomanat*, *poc recomanat*, *recomanat* o *molt recomanat*. Aquesta classificació ha d'anar acompanyada d'una justificació clara, indicant quins criteris no s'han complert i quines característiques positives fan que una oferta sigui més o menys adequada per al client considerat.

### 2.2 Anàlisi de la viabilitat del sistema basat en el coneixement

El problema de la recomanació d'habitacions de lloguer és viable i adequat per ser abordat mitjançant un SBC, ja que presenta diverses característiques pròpies dels dominis on aquest tipus de sistemes ofereixen avantatges clars respecte a altres aproximacions.

En primer lloc, la presa de decisions no depèn únicament de criteris numèrics objectius, sinó que requereix integrar coneixement qualitatiu i heurístic, similar al que utilitza un expert humà del sector immobiliari. Aspectes com la idoneïtat d'un habitatge segons el perfil del client, la interpretació de la proximitat a serveis, o la consideració de certs elements com a red flags (problemes estructurals, mala

seguretat de la zona, etc.) són difícils de formalitzar mitjançant algorismes clàssics, però es poden expressar de manera natural mitjançant regles simbòliques.

En segon lloc, el coneixement necessari per resoldre el problema és relativament estable, explícit i estructurable, i pot ser representat mitjançant una ontologia del domini combinada amb un conjunt de regles de producció. Les restriccions estrictes, les preferències del client i els criteris dependents del perfil poden ser codificats de manera modular, facilitant tant la seva comprensió com la seva extensió futura.

A més, el problema requereix que el sistema sigui explicable, ja que no només cal proporcionar una recomanació, sinó també justificar per què una oferta és considerada adequada o no. Aquesta necessitat d'explicació és un dels punts forts dels SBC, en contraposició a altres tècniques com els sistemes d'aprenentatge automàtic, que soLEN actuar com a caixes negres.

Finalment, el nombre d'instàncies i la complexitat del domini permeten un raonament eficient mitjançant regles, sense necessitat de mecanismes probabilístics o d'optimització complexa. Per tots aquests motius, l'ús d'un sistema basat en el coneixement implementat en CLIPS és una solució adequada, viable i coherent amb els objectius del problema plantejat.

## 2.3. Requeriments principals del sistema

Com a entrada, tenim la base de dades dels habitatges i dels barris, així com la informació de cada sol·licitant que vol llogar un habitatge.

En concret, de cada oferta de lloguer, tenim disponible la següent informació:

- Preu mensual en euros.
- Localització, barri i adreça. Serveis que estan a prop.
- Superfície habitable en m<sup>2</sup>.
- Nombre de dormitoris i si algun és doble o no.
- Nombre de lavabos.
- Si la vivenda és amoblada, si té electrodomèstics, terrassa, balcó, etc.
- Tipus de vivenda (pis, dúplex, vivenda unifamiliar) i pis/planta.
- Si té problemes. (okupes, fugues, etc.)
- Altres característiques.

Per altra banda, de cada sol·licitant sabem:

- El preu màxim que estan disposats a pagar i el grau de flexibilitat, i el preu mínim a partir del qual consideren que l'oferta és massa barata per ser bona.
- Nombre de dormitoris que necessiten.
- Restriccions i preferències específiques.
- Edat.
- Perfil del client. (família, parella, estudiants, etc.)
- Si treballa o estudia i on ho fa.
- Si té cotxe.
- Nombre d'integrants.
- Mínim nombre de mesos que vol llogar.
- Altres dades.

Com a sortida, a partir de les dades que ens donen i de coneixements previs en aquesta àrea (proporcionats per experts), el sistema genera, per cada client, una llista de recomanacions amb el grau de recomanació i amb breus descripcions de quins criteris no s'han complert i quines característiques extres té l'oferta, tenint en compte les restriccions estrictes i les seves preferències.

## 2.4. Fonts de coneixement utilitzades

Per elaborar el sistema, hem utilitzat les següents fonts de coneixement:

- Enunciat de la pràctica.
- Coneixement propi i sentit comú.
- Dades observades a portals immobiliaris.
- Experts humans simulats mitjançant LLMs.

### **3. Conceptualització del domini**

#### **3.1. Conceptes principals**

En la fase de conceptualització del domini s'han identificat els conceptes fonamentals que intervenen en el problema de la recomanació d'habitatges de lloguer. Aquests conceptes representen les entitats bàsiques amb les quals opera el sistema i permeten descriure tant les ofertes disponibles com les necessitats i preferències dels clients. Els principals conceptes identificats són els següents:

- **Habitatge (Property)**  
Representa l'entitat física que es posa en lloguer. Un habitatge té unes característiques pròpies (mida, nombre d'habitacions, estat, etc.) i es troba situat en una ubicació concreta. És l'element central sobre el qual s'avaluen les ofertes.
- **Oferta de lloguer (Rental Offer)**  
Representa la proposta concreta de llogar un habitatge sota unes determinades condicions econòmiques i contractuals, com el preu mensual o el temps mínim de lloguer. Aquest concepte permet separar la idea d'habitatge de la seva comercialització.
- **Client**  
Representa la persona o grup de persones que busquen un habitatge de lloguer. El client defineix restriccions estrictes i preferències, així com dades personals rellevants que influeixen en la recomanació.
- **Perfil de client (Client Profile)**  
Representa la tipologia del client, com ara famílies, estudiants o persones grans. Aquest concepte permet capturar comportaments i necessitats comunes dins de cada perfil i aplicar criteris específics en la recomanació.
- **Ubicació (Location)**  
Representa la posició geogràfica tant dels habitatges com dels serveis urbans. Aquest concepte és clau per determinar la proximitat entre elements i avaluar l'entorn de cada oferta.
- **Servei (Service)**  
Representa els diferents serveis urbans rellevants per als clients, com el transport públic, centres de salut, escoles, zones verdes o zones d'oci. La seva presència i distància respecte a l'habitatge influeix directament en la recomanació.
- **Proximitat (Proximity)**  
Representa una abstracció de la distància entre un habitatge i un servei, classificada en categories qualitatives com a prop, a mitja distància o lluny. Aquest concepte facilita la presa de decisions mitjançant regles.
- **Habitació (Room)**  
Representa les habitacions que formen part d'un habitatge, permetent diferenciar aspectes rellevants com si són dobles o no. (Més endavant, però no implementat a la pràctica, es podrà ampliar per considerar altres tipus d'habitacions més enllà de dormitoris.)

- Característica de l'habitatge (Property Feature)  
Representa característiques addicionals que pot tenir un habitatge, com ara ascensor, balcó o terrassa, i que poden ser desitjades o no pels clients.
- Barri (Neighbourhood)  
Representa una zona urbana que agrupa diverses ubicacions i permet associar-hi característiques comunes, com el nivell de seguretat o el preu mitjà de la zona.
- Recomanació (Recommendation)  
Representa el resultat final del sistema per a una parella client-oferta, indicant el grau d'adequació de l'oferta i servint de base per a la justificació explicativa.

### 3.3. Descomposició del problema en subproblemes

Filtratge bàsic de les ofertes. En una primera fase es penalitzen fortament aquelles ofertes que incompleixen restriccions estrictes definides pel client, com ara:

- pressupost màxim admissible. (considerant la flexibilitat)
- superfície mínima requerida.
- nombre mínim d'habitacions.

També penalitzem de la mateixa manera aquelles viviendes amb “red flags”:

- Problemes de fugues i humitats.
- Okupes il·legals.
- Barri perillós.

Aquest pas actua com a primer tall del raonament, assegurant que aquelles ofertes més dolentes no puguin sortir com a recomanat o molt recomanat, sense arribar a descartar-les del tot. (Qui sap si el client està disposat a prendre el risc si la resta de característiques són correctes.)

Avaluació de l'entorn urbà. Per a cada habitatge es valora la seva relació amb l'entorn, tenint en compte:

- Proximitat als serveis urbans rellevants (transport públic, centres de salut, zones verdes, supermercats, escoles, etc.) i la importància d'aquests serveis segons les preferències del client.
- Proximitat del client al seu lloc d'estudi/feina.
- Comparació del preu de la oferta segons la mitjana del seu barri.
- Serveis sorollosos propers a l'habitatge.

Aquest subproblema permet detectar tant avantatges com inconvenients associats a la ubicació de l'oferta.

Avaluació qualitativa de l'habitatge. En aquesta fase s'analitzen aspectes que no es poden descriure únicament amb valors numèrics, com ara:

- El nivell de llum natural.
- La presència d'equipaments i característiques addicionals (ascensor, balcó, terrassa, calefacció, etc.)
- L'estat de conservació.
- El número de banys respecte el nombre d'inquilins.
- La durada del contracte.

- ...

Aquests criteris influeixen en la percepció global de la qualitat de l'habitatge i poden aportar bonificacions o penalitzacions.

Avaluació específica segons el perfil del client. S'apliquen regles heurístiques basades en el perfil del client (família, estudiant, persona gran, parella, etc.), incorporant coneixement de sentit comú. Alguns exemples són:

- Penalitzar pisos en plantes altes sense ascensor per a persones grans.
- Considerar riscos en habitatges amb balcó o terrassa per a famílies amb infants.
- ...

Criteri de recomanació final. Finalment, el sistema integra els resultats dels subproblemes anteriors per:

- Combinar criteris complets i no complerts.
- Tenir en compte les característiques destacades de cada oferta
- Classificar cada oferta en una de les categories establertes: *no recomanat, poc recomanat, recomanat o molt recomanat.*

### 3.4. Ús de LLM's per a l'extracció de coneixement

Per millorar aquesta fase de conceptualització, vam utilitzar models de llenguatge com a “experts immobiliars” per extreure’n coneixement, característiques i regles interessants pel nostre sistema. En concret, hem utilitzat el ChatGPT i el Gemini.

El prompt inicial situava els models com un agent immobiliari expert i vam fer preguntes per obtenir criteris a tenir en compte en les nostres recomanacions (distàncies, prioritzacions per perfils, red flags, límits de preu, etc.).

Punts interessants que hem aplicat:

- Preferències/Restriccions segons perfils: persones grans necessiten ascensor si el pis no està en planta baixa, famílies (presumiblement amb nens petits) han de tenir cura en habitatges amb balcó/terrassa, un estudiant preferiria un pis amb balcó i sense sorolls propers, adults joves prefereixen pisos eficients (per no malgastar), les parelles preferirán tenir zones verdes a prop o transport en el seu defecte per arribar-hi...
- *Red flags:* problemes estructurals com humitats o filtracions, o problemes legals com els “okupas”.
- Afegir una nova classe Barri per a poder indicar-ne el nivell de seguretat i el preu mitjà.
- Afegir a Client el mínim nombre de mesos que vol llogar.
- Afegir el nombre de lavabos que té una vivenda i relacionar-ho amb el nombre d’integrants.
- S’han introduït atributs nous: safety (d’un barri), isSoundproof...

A l'[Annex 2](#) es poden veure en detall el prompt inicial utilitzat i parts interessants de les converses amb els dos models.

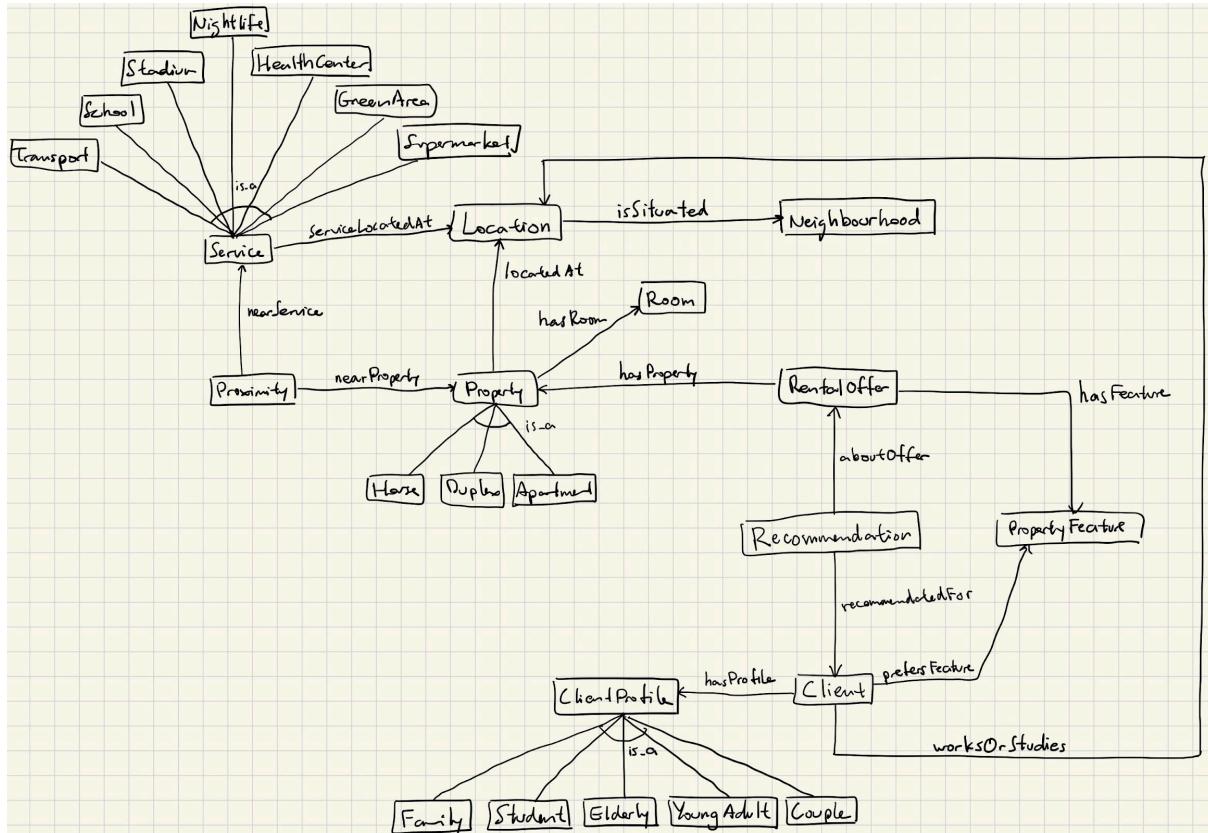
Com ja hem mencionat, hem utilitzat més d'un model de llenguatge per veure més varietat de respostes i poder-les comparar. El ChatGPT tendia a donar respostes més qualitatives i heurístiques generals, útils per a una primera conceptualització però amb menys concreció. En canvi, Gemini

proporcionava informació més estructurada i detallada, incloent llindars numèrics, taules per perfils i condicions més concretes. Tot això ens va permetre detectar criteris addicionals i enriquir la nostra ontologia i el conjunt final de restriccions i regles del sistema.

## 4. Formalització

### 4.1. Construcció de la ontologia

Es pot veure la ontologia (el codi CLIPS) a l'[\[Annex 1\]](#).



### Classes

- **Property**: Representa un habitatge
  - House: Casa
  - Dúplex: Pis Dúplex
  - Apartment: Apartament
- **Room**: Representa una habitació (dormitori)
- **Location**: Representa una localització
- **Proximity**: Representa el nivell de proximitat d'una propietat a un servei
- **Service**: Representa un servei
  - Transport: Serveis de transport
  - School: Escoles
  - Stadium: Estadis
  - Nightlife: Oci nocturn
  - Health Center: Centres de salut
  - Green Area: Àrees verdes (parcs, etc.)
  - Supermarket: Supermercats
- **Rental Offer**: Representa una oferta de lloguer sobre un habitatge
- **Property Feature**: Representa un tret del habitatge
- **Client**: Representa un client en busca d'ofertes de lloguer

- Client Profile: Representa un perfil del client
  - Family: És una família amb fills o persones grans a càrrec
  - Student: És un grup d'estudiants
  - Elderly: És una persona gran
  - Individual: És un individu
  - Couple: És una parella que no té fills
- Recommendation: Representa el nivell de recomanació de l'oferta per a un client
- Neighbourhood: Representa un barri que engloba localitzacions

## Atributs de les classes

- Property: adreça, area, si hi ha llum natural (0 - no; 1 - matí; 2 - tarda; 3 - tot el dia), estat de conservació (0 a 5), nombre de lavabos.
- Apartment: pis.
- Dúplex: pis.
- Room: és habitació doble o no.
- Location: la latitud i la longitud.
- Proximity: categoria de distància (0 - a prop; 1 - mitja distància; 2 - lluny).
- Service: nom del servei, nivell de soroll que produeix.
- Rental Offer: màxim número de persones permeses a la propietat, mínim número de mesos a llogar, preu mensual del lloguer.
- Client: edat, preu màxim, número d'integrants de la família/grup, àrea mínima de la propietat, mínim número d'habitacions, mínim número de mesos que es vol llogar, preu mínim raonable de una oferta de lloguer, si vol habitacions dobles, flexibilitat en el preu de lloguer, si vol àrea verda, si vol un centre de salut, si vol oci nocturn, si vol una escola, si vol un estadi, si vol supermercats, si vol serveis de transport.
- Family (de Client Profile): nombre de nens i de persones grans.
- Recommendation: nivell de recomanació.
- Neighbourhood: el nom del barri, el nivell de seguretat i el preu mitjà de la zona.

## Justificació sobre l'existència de les classes

1. Property: Necessari per representar l'habitatge com a entitat física
2. Room: Necessari per representar una habitació (com que poden ser dobles o no, és més senzill crear relacions amb Property que no pas que sigui un atribut de Property) i per a saber quantes en té una propietat.
3. Location: Necessari per a representar les posicions dels serveis i habitatges
4. Proximity: Necessari per categoritzar el nivell de distància entre un servei i una propietat
5. Service: Necessari per representar els diversos serveis que ofereix un habitatge
6. Rental Offer: Necessari per representar una oferta de lloguer sobre una propietat
7. Property Feature: Necessari per representar les característiques d'una propietat i per fer matching de les característiques que vol el client amb les que té l'oferta.
8. Client: Necessari per representar el client que busca ofertes
9. Recommendation: Necessari per categoritzar el nivell de recomanació d'una oferta respecte a un client
10. Neighbourhood: Necessari per englobar vivendes amb localitzacions properes, per a poder indicar característiques comunes (nivell seguretat, preu mitjà de la zona).

Les classes Service, Property i ClientProfile tenen subclasses per poder diferenciar els diferents tipus i guardar-ne informacions diferents.

## 4.2. Relacions

- Servei → es troba a → Localització
  - Relació per indicar que un servei es troba en una posició
- Servei → a prop de → Propietat
  - Relació per indicar la proximitat entre un servei i una propietat
- Propietat → es troba a → Localització
  - Relació per indicar que una propietat es troba en una posició
- Propietat → té → habitació
  - Relació per indicar que la propietat té una habitació
- Localització → està situada en → Barri
  - Relació per indicar a quin barri pertany una localització
- Client → vol → Característica
  - Relació per indicar que un client vol que la propietat tingui una característica
- Client → té → Perfil
  - Relació per indicar el tipus de perfil que té el client
- Client → treballa/estudia → Localització
  - Relació per indicar que el client treballa o estudia en un lloc (si ho fa)
- Oferta → té → Característiques
  - Relació per indicar que una oferta té una característica
- Oferta → té → Propietat
  - Relació per indicar que la oferta té com a habitatge en lloguer la propietat
- Recomanació → de → Oferta
  - Relació per indicar el nivell de recomanació d'una oferta
- Recomanació → a → Client
  - Relació per indicar el nivell de recomanació d'una oferta a un client

## 4.3. Metodologia de resolució adoptada

Per a la resolució del problema de recomanació d'habitacions s'ha adoptat una metodologia de resolució basada en classificació i raonament mitjançant regles (*"problem solving by classification and rule-based reasoning"*). Aquesta metodologia és especialment adequada per al domini tractat, ja que l'objectiu principal del sistema no és calcular una solució òptima única, sinó classificar cada oferta de lloguer en un nivell qualitatiu d'adequació respecte a un client concret, acompanyat d'una justificació explicable.

El model teòric seguit es basa en els següents principis:

- Classificació: Cada parella client-oferta és analitzada i assignada a una de les classes de sortida possibles (no recomanat, poc recomanat, recomanat o molt recomanat). Aquesta classificació es fa a partir de l'avaluació successiva de diversos criteris.
- Raonament basat en regles: El coneixement expert del domini es codifica mitjançant regles de producció, que permeten: aplicar restriccions estrictes, valorar preferències, incorporar criteris heurístics dependents del perfil del client, i generar justificacions de manera transparent.

Aquest enfocament encaixa de manera natural amb l'ús de CLIPS, ja que permet un raonament incremental, modular i explicable.

Per facilitar el raonament i reduir la complexitat del sistema, s'ha aplicat de manera sistemàtica la tècnica d'abstracció. En lloc de treballar amb valors continus o càlculs complexos, els atributs rellevants del domini es categoritzen en rangs o valors qualitatius, com ara:

- Distàncies agrupades en prop, mitja distància o lluny.
- Nivells qualitatius de llum natural o estat de conservació.
- ...

Aquesta abstracció permet que les regles no hagin de realitzar càlculs numèrics complexos, sinó únicament comprovacions lògiques i combinacions de condicions, fet que simplifica la implementació i millora la llegibilitat i mantenibilitat del sistema.

La descomposició del problema realitzada a l'apartat anterior encaixa directament amb aquesta metodologia de resolució:

- El filtratge bàsic correspon a l'aplicació de regles de classificació preliminar basades en restriccions estrictes.
- L'avaluació de l'entorn i la valoració qualitativa de l'habitatge es modelen mitjançant regles que assignen puntuacions o penalitzacions segons criteris abstractes.
- L'avaluació específica segons el perfil del client s'implementa amb conjunts de regles especialitzades que activen només quan es compleixen determinades condicions de perfil.
- Finalment, una regla de síntesi integra els resultats parcials i assigna el nivell final de recomanació, completant el procés de classificació.

Aquesta metodologia permet estructurar el raonament del sistema de manera clara i modular, facilitant tant l'extensió futura del coneixement com la justificació de les decisions preses. A més, garanteix que el sistema sigui explicable, un requisit fonamental en un domini on l'usuari necessita entendre per què una oferta és recomanada o descartada.

## 5. Implementació

### 5.1. Arquitectura del sistema expert

Podem veure els fitxer CLIPS usats en el sistema a l'[\[Annex 1\]](#).

El fitxer **expert.clp** implementa un **sistema expert basat en regles** desenvolupat amb **CLIPS**, que segueix la següent arquitectura:

- **Base de coneixement:** Conté fets estructurats (*deftemplate*, *deffacts*) i regles de producció (*defrule*) que encapsulen el coneixement expert. És on es defineixen els criteris d'avaluació de les ofertes d'allotjament.
- **Base de fets (memòria de treball):** Inclou instàncies de clients, ofertes, avaluacions, preferències i característiques. Aquesta base de fets s'actualitza dinàmicament durant l'execució del sistema.
- **Motor d'inferència:** Clips utilitzar forward chaining, estratègia de resolució de conflictes basada en salience (prioritat explícita de les regles) i ordre d'activació.
- **Mòdul d'explicació (sortida):** el sistema imprimeix puntuacions, penalitzacions, característiques destacables, resultats finals de cada oferta. Això actua com una explicació del raonament del sistema expert.

### 5.2. Representació del coneixement

El coneixement es representa mitjançant fets estructurats i plantilles:

**Deftemplates (representació declarativa):** S'utilitzen deftemplate per definir estructures de dades, per exemple:

- Avaluació, que conté els “punts” per la parella client/oferta.
- Característiques destacades / criteris no complerts, per poder recuperar la informació a la sortida.

Aquesta representació permet separar dades i regles i facilitar l'extensió del sistema.

**Deffacts (fets inicials):** Inicialitzem les diverses classes amb jocs de prova o exemple. Aquests fets activen les regles del sistema

### 5.3. Regles del sistema expert

El comportament del sistema expert es basa en un conjunt de regles de producció que implementen el procés de raonament definit en la fase de conceptualització. Aquestes regles operen sobre un fet d'avaluació associat a cada parella (Client, Oferta) i permeten valorar de manera incremental el grau d'adequació de l'oferta al client. De manera general, les regles segueixen l'estructura:

```
None
SI <condicions>
ALESHORES <accions>
```

Regles de filtratge bàsic (restriccions estrictes): Aquest primer conjunt de regles implementa el subproblema de filtratge bàsic, encarregat de detectar ofertes que incompleixen restriccions no negociables del client (ja definides formalització).

Aquestes regles soLEN aplicar penalitzacions fortes (~100 punts) i registrar explícitament el criteri no complert. L'objectiu no és descartar immediatament l'oferta, sinó reflectir de manera clara el seu incompliment en la recomanació final.

Regles de valoració de preferències, proximitats i característiques de l'habitatge: Aquest conjunt de regles correspon als subproblems d'avaluació qualitativa de l'habitatge i de coincidència amb les preferències del client. Aquestes regles puntuEN positivament o negativament una oferta en funció de si compleix o no determinades preferències (~15 punts).

Regles específiques segons el perfil del client: Aquest conjunt de regles correspon al subproblem d'avaluació segons el perfil del client i incorpora coneixement heurístic i de sentit comú. Aquestes regles només s'activen quan el client pertany a un perfil determinat. Igual que les anteriors, la seva influència no és gaire alta (~15 punts).

Les regles finals: Recopilen les característiques destacables, imprimeixen explicacions textuales i mostren el resultat final de l'avaluació. Aquestes regles no modifiquen el coneixement, només expliquen el resultat.

## 5.4. Flux de funcionament del sistema

1. Es carrega la ontología.
2. Es carreguen els fets inicials.
3. L'expert activa regles de criteris (sumen o resten punts).
4. Es fa l'avaluació final de les recomanacions.
5. Es mostren els resultats finals.

## 5.5. Tipus de raonament

- Raonament heurístic.
- Encadenament cap endavant (forward chaining).
- Sistema de puntuació multicriteri.
- Decisions basades en preferències del client.

## 5.6. Prototipatge incremental

### Primer prototip funcional

Inicialment vam començar dissenyant la nostra ontologia a Protege, ho vam transformar en CLIPS amb el programa owl2clips i a partir d'allà vam poder començar a escriure les regles i anar provant.

En el prototip inicial ens vam limitar a realitzar les funcions bàsiques (recomanació d'ofertes mitjançant puntuació) però sense tenir en compte els barris, els perfils dels clients i els respectius llocs de treball o estudi. A més a més, la lògica al darrere per calcular puntuacions era molt senzilla, sumar punts per les característiques complertes i si considerar llindars de punts per a ser poc recomanat, recomanat, etc.

Aquesta versió tenia com a limitacions que no es tenia en compte el tipus de client que era i l'entorn al voltant de la propietat. A més a més, una propietat podia ser recomanat tot i no complir totes les característiques del client.

#### Iteracions posteriors

Amb la informació extreta del LLM's, portals immobiliaris i la nostra imaginació, vam anar afegint noves característiques i regles per tenir en compte en el nostre sistema de recomanacions, com per exemple regles particulars per cada tipus de perfil de client, nous atributs de les propietats com okupes, fugues, humitat, nombre de lavabos, si està insonoritzat, etc. També vam afegir una nova classe Barri per poder tenir en compte el nivell de seguretat i el preu mitjà de la zona.

# 6. Proves

## 6.1. Proves de recomanacions

En aquest segment intentem probar un exemple per cada cas possible de les nostres recomanacions. Creem una inicialització fabricada: 1 client - 1 oferta, de tal manera que el resultat esperat sigui el de cada apartat.

A més a més, creem 2 proves més per a testejar altres característiques del nostre sistema:

- Un joc de prova per comparar els pesos de les restriccions hard i soft dels clients, i veure com afecten als resultats de la sortida del SBC.
- Un joc de prova per veure l'efecte de les “red flags” en una oferta molt recomanada, i comprovar si efectivament en baixa el grau de recomanació.

### 6.1.1. No recomanat

Primer veiem el client, que és un estudiant de 22 anys amb un pressupost molt limitat de només 400€ mensuals i una flexibilitat mínima del 5%. Malgrat el pressupost reduït, busca una vivenda gran de 80m<sup>2</sup> amb 3 dormitoris, cosa poc realista per aquest rang de preu. A més, treballa o estudia al campus nord i necessita serveis bàsics com zona verda, centre de salut i supermercat propers.

```
None

([perfil-test-estudiant] of Student)

([client-test-no-recomenat] of Client
(hasProfile [perfil-test-estudiant])
(clientAge 22)

;; Pressupost molt limitat
(clientMaxPrice 400.0)      ; Pressupost molt baix
(minReasonablePrice 350)
(priceFlexibility 5)        ; Només 5% de flexibilitat

;; Requisits de mida i habitacions
(minArea 80)                 ; Vol una vivenda gran
(minDorms 3)                  ; Vol 3 dormitoris
(numTenants 1)

;; Preferències d'ubicació
(worksOrStudies [loc-campus-nord])

;; Preferències de serveis
(wantsGreenArea si)          ; Necessita espais verds
(wantsHealthCenter si)        ; Necessita centre de salut proper
(wantsNightLife no)           ; No li interessa l'oci nocturn
(wantsSchool no)              ; No necessita escola
(wantsStadium no)             ; No necessita estadi
(wantsSupermarket si)         ; Necessita supermercat proper
```

```

(wantsTransport no)

(minMonthsClient 12)
)

```

I veiem també la oferta de lloguer, que és totalment inadequada per aquest client. Es tracta d'un pis petit de només 35m<sup>2</sup> amb una única habitació, quan el client en necessita 3. El preu és de 1.200€, tres vegades superior al pressupost màxim del client. A més, la propietat té múltiples problemes greus: presència d'okupes, humitats, goteres i mal estat general (valorat amb un 2/5). Està situada lluny del campus en una zona de perifèria cara, i no disposa de cap dels serveis que el client necessita.

```

None

([barri-periferia] of Neighbourhood
  (NeighbourhoodName "Periferia Verda")
  (safety 5)
  (averagePrice 1200.0)
)

;; Localització diferent i lluny del campus
([loc-test-lluny] of Location
  (latitude 41.50)           ; Molt allunyat del campus
  (longitude 2.25)
  (isSituated [barri-periferia])
)

;; Només 1 habitació (client en vol 3)
([dorm-test] of Room
  (isDouble FALSE)
)

;; Propietat petita i cara amb problemes
([pis-test-no-adequat] of Apartment
  (area 35)                  ; Massa petit (client vol 80m2)
  (locatedAt [loc-test-lluny])
  (hasRoom [dorm-test])      ; Només 1 habitació
  (floor 5)
  (numBathrooms 1)
  (naturalLight 3)
  (state 2)                  ; Mal estat
  (hasDampness TRUE)         ; Té humitats
  (hasSquatters TRUE)        ; Té okupes
  (hasLeaks TRUE)            ; Té fugues
  (isSoundproof FALSE)
)

;; Oferta de lloguer cara

```

```
([oferta-test-no-adequada] of RentalOffer
  (price 1200.0) ; Massa car (client té màxim 400€)
  (hasProperty [pis-test-no-adequat])
  (maxPeople 2)
  (minMonths 6)
)
```

Per aquest cas, el resultat esperat es un “No recomanat”. Aquest cas només es dóna a les pitjors parelles client-oferta possibles. Veiem que el sistema retorna el resultat esperat a la sortida:

```
None
=====
Oferta: [oferta-test-no-adequada]
Adreça: nil
Barri: Periferia Verda
Seguretat: 5/5
Preu mitjà zona: 1200.0 €/mes
Preu: 1200.0 €/mes
Superfície: 35 m2
Nivell: no recomenat
-----
Criteris NO complerts:
  1. Preu massa alt: 1200.0€ > 420.0€ (màxim amb flexibilitat)
  2. Superfície insuficient: 35 m2 < 80 m2 sol·licitats
  3. Dormitoris insuficients: 1 < 3 sol·licitats
  4. La propietat té ocupaçió il·legals
  5. La propietat té problemes de fugues
  6. La propietat té problemes d'humitat
-----
Característiques destacables:
  - Excel·lent llum natural tot el dia
  - Contracte molt flexible (6 mesos mínim)
=====
```

L'oferta no compleix les característiques demandades pel client, i a més a més té okupes, problemes de fugues i d'humitat... És més que clar que no es recomanable pel client.

### 6.1.2. Poc recomanat

Primer veiem el client, un jove professional de 28 anys amb un perfil individual que busca una vivenda d'almenys 50m<sup>2</sup> amb 3 dormitoris. Disposa d'un pressupost de fins a 800€ amb una flexibilitat del 15% (per tant fins a 920€), treballa al centre de la ciutat i valora especialment l'oci nocturn, a més de necessitar supermercat i transport públic propers.

```

None
([perfil-test-individual] of Individual
)

([client-test-poc-recomenat] of Client
(hasProfile [perfil-test-individual])
(clientAge 28)

;; Pressupost ajustat
(clientMaxPrice 800.0)
(minReasonablePrice 600)
(priceFlexibility 15)      ; 15% de flexibilitat

;; Requisits moderats
(minArea 50)
(minDorms 3)
(numTenants 1)

;; Preferències d'ubicació
(worksOrStudies [loc-centre])

;; Preferències de serveis
(wantsGreenArea no)
(wantsHealthCenter no)
(wantsNightLife si)      ; Vol oci nocturn
(wantsSchool no)
(wantsStadium no)
(wantsSupermarket si)
(wantsTransport si)      ; Vol transport

(minMonthsClient 6)
)

```

I veiem també l'oferta proposada, un pis de 55m<sup>2</sup> amb 2 dormitoris situat en una zona d'oci amb seguretat moderada (3/5). La propietat està en bon estat (4/5) amb bona llum natural, sense problemes estructurals i compleix parcialment les necessitats d'espai. No obstant això, el preu és de 900€ i només té 2 dormitoris.

```

None
([barri-test-oci] of Neighbourhood
(NeighbourhoodName "Zona d'Oci")
(safety 3)
(averagePrice 850.0)
)

([loc-test-oci] of Location
(latitude 41.385)

```

```

        (longitude 2.170)
        (isSituated [barri-test-oci])
    )

    ([dorm-test-1] of Room
        (isDouble TRUE)
    )

    ([dorm-test-2] of Room
        (isDouble FALSE))

;; Propietat adequada però cara
([pis-test-poc-adequat] of Apartment
    (area 55) ; Adequat (client vol 50m2)
    (locatedAt [loc-test-oci])
    (hasRoom [dorm-test-1] [dorm-test-2]) ; 2 dormitoris (adequat)
    (floor 3)
    (numBathrooms 1)
    (naturalLight 3)
    (state 4)
    (hasDampness FALSE)
    (hasSquatters FALSE)
    (hasLeaks FALSE)
    (isSoundproof FALSE))

;; Oferta amb preu lleugerament per sobre pero dins flexibilitat
([oferta-test-poc-adequada] of RentalOffer
    (price 900.0) ; 900€ > 800€ però <= 920€ (800*1.15)
    (hasProperty [pis-test-poc-adequat])
    (maxPeople 2)
    (minMonths 6)
)

```

Per aquest cas, el resultat esperat es un “Poc recomanat”. Aquest cas només es dóna a aquelles parelles client-oferta en les que no es compleixen totes les característiques demandades pel client però que la propietat no està del tot malament. Veiem que el sistema retorna el resultat esperat a la sortida:

```

None
=====
Oferta: [oferta-test-poc-adequada]
Adreça: nil
Barri: Zona d'Oci
Seguretat: 3/5
Preu mitjà zona: 850.0 €/mes
Preu: 900.0 €/mes
Superficie: 55 m2

```

Nivell: poc recomenat

Criteris NO complerts:

1. Dormitoris insuficients: 2 < 3 sol·licitats

Característiques destacables:

- Estat excel·lent de l'habitatge
- Excel·lent llum natural tot el dia

Veiem que es compleixen tots els criteris del client, inclús el preu, que està dins de la flexibilitat acceptada pel client, menys el del nombre de dormitoris, i per això surt poc recomanat.

No es descarta totalment com a “no recomanat” ja que un sol criteri incomplert no treu que l’oferta en general és bona. Qui sap, sempre pot dormir una persona al sofà, aprofitant així la resta de positius de la oferta...

### 6.1.3. Recomanat

Primer veiem el client, una parella jove de 30 anys que busca un pis de 60m<sup>2</sup> amb 2 habitacions per un màxim de 950€ mensuals. Treballen a Gràcia i necessiten un contracte mínim de 12 mesos. Les seves preferències inclouen zona verda, centre de salut, supermercat i transport públic.

None

```
([perfil-test-couple] of Couple)

([client-test-recomenat] of Client
  (hasProfile [perfil-test-couple])
  (clientAge 30)

  ;; Pressupost raonable
  (clientMaxPrice 950.0)
  (minReasonablePrice 700)
  (priceFlexibility 10)

  ;; Requisits estàndard
  (minArea 60)
  (minDorms 2)
  (numTenants 2)

  ;; Preferències d'ubicació
  (worksOrStudies [loc-gracia])

  ;; Preferències de serveis
  (wantsGreenArea si)
  (wantsHealthCenter si)
  (wantsNightLife no)
  (wantsSchool no)
```

```

(wantsStadium no)
(wantsSupermarket si)
(wantsTransport si)

(minMonthsClient 12))

```

I veiem també la oferta de lloguer, un pis de 65m<sup>2</sup> situat a Gràcia amb 2 dormitoris (un doble i un simple) per 850€ mensuals. La propietat està en estat acceptable (3/5), no molt lluminosa, està insonoritzada i no té problemes estructurals. El barri té una seguretat de 4/5 i un preu mitjà de 900€. Disposa de zona verda i transport públic propers a la mateixa localització.

None

```

([barri-test-gracia] of Neighbourhood
  (NeighbourhoodName "Gràcia")
  (safety 4)
  (averagePrice 900.0)
)

([loc-test-gracia] of Location
  (latitude 41.403)
  (longitude 2.160)
  (isSituated [barri-test-gracia])
)

([parc-test-gracia] of GreenArea
  (serviceName "Parc de Gràcia")
  (serviceNoiseLevel 0)
  (serviceLocatedAt [loc-test-gracia])
)

([metro-test-gracia] of Transport
  (serviceName "Metro Gràcia")
  (serviceNoiseLevel 0)
  (serviceLocatedAt [loc-test-gracia])
)

([room-test-1] of Room
  (isDouble TRUE) ; Dormitori doble
)

([room-test-2] of Room
  (isDouble FALSE)
)

;; Propietat adequada en tots els aspectes
([pis-test-adequat] of Apartment

```

```

(area 65) ; Adequat (client vol 60m2)
(locatedAt [loc-test-gracia])
(hasRoom [room-test-1] [room-test-2]) ; 2 dormitoris
(floor 2)
(numBathrooms 1)
(naturalLight 1)
(state 3)
(hasDampness FALSE)
(hasSquatters FALSE)
(hasLeaks FALSE)
(isSoundproof TRUE)
)

;; Oferta amb preu adequat dins del pressupost
([oferta-test-adequada] of RentalOffer
(price 850.0) ; Dins del pressupost (< 950€)
(hasProperty [pis-test-adequat])
(maxPeople 2)
(minMonths 12)
)

```

Per aquest cas, el resultat esperat es un “Recomanat”. Aquest cas només es dóna en les parelles client-oferta en les que es compleixen les característiques demandades pel client. Veiem que el sistema retorna el resultat esperat a la sortida:

```

None
=====
Oferta: [oferta-test-adequada]
Adreça: nil
Barri: Gràcia
Seguretat: 4/5
Preu mitjà zona: 900.0 €/mes
Preu: 850.0 €/mes
Superfície: 65 m2
Nivell: recomenat
-----
Compleix tots els criteris restrictius

Característiques destacables:
- Oferta favorable pel barri
=====
```

L’oferta compleix totes les restriccions bàsiques i per tant és “recomanat” (com el preu, l’àrea, el barri, té alguns dels serveis desitjats), però no és “molt recomanat” perquè hauria de tenir tots els serveis desitjats molt propers, i tenir característiques addicionals excepcionals (com per exemple molt més barat, tenir més metres quadrats o tenir terrassa, etc.).

#### 6.1.4. Molt recomanat

El client és una família de 4 persones (2 adults i 2 nens) de 35 anys que cerca una vivenda àmplia d'almenys 70m<sup>2</sup> amb 3 dormitoris, incloent un de doble. Disposen d'un pressupost generós de fins a 1.200€ i busquen un contracte de llarga durada de 24 mesos. Treballen a l'Eixample i necessiten múltiples serveis propers: zona verda, centre de salut, escola (important pels nens), supermercat i transport públic.

```
None

([perfil-test-family] of Family
  (numChildren 2)
  (numElderly 0)
)

([client-test-molt-recomenat] of Client
  (hasProfile [perfil-test-family])
  (clientAge 35)

  ;; Pressupost amb marge
  (clientMaxPrice 1200.0)
  (minReasonablePrice 800)
  (priceFlexibility 10)

  ;; Requisits familiars
  (minArea 70)
  (minDorms 3)
  (numTenants 4)
  (needsDoubleBedroom si)

  ;; Preferències d'ubicació
  (worksOrStudies [loc-eixample])

  ;; Preferències de serveis (família necessita molts serveis)
  (wantsGreenArea si)
  (wantsHealthCenter si)
  (wantsNightLife no)
  (wantsSchool si)           ; Important per als nens
  (wantsStadium no)
  (wantsSupermarket si)
  (wantsTransport si)

  (minMonthsClient 24)
)
```

L'oferta és una casa unifamiliar de 120m<sup>2</sup> amb 3 habitacions (una doble i dues individuals) situada en una zona residencial amb seguretat màxima (5/5). El preu és de només 900€ i també per sota del preu mitjà del barri (1.100€). La propietat està en estat excel·lent (5/5), té llum natural tot el dia, 2 lavabos, està insonoritzada i no presenta cap problema estructural. A més, disposa de tots els serveis que la família necessita a la mateixa localització: parc, centre de salut, escola, supermercat i metro.

None

```
([barri-test-residencial] of Neighbourhood
  (NeighbourhoodName "Zona Residencial")
  (safety 5)
  (averagePrice 1100.0))

([loc-test-residencial] of Location
  (latitude 41.395)
  (longitude 2.165)
  (isSituated [barri-test-residencial]))

([parc-test-residencial] of GreenArea
  (serviceName "Parc Residencial")
  (serviceNoiseLevel 0)
  (serviceLocatedAt [loc-test-residencial]))

([cap-test-residencial] of HealthCenter
  (serviceName "CAP Residencial")
  (serviceNoiseLevel 0)
  (serviceLocatedAt [loc-test-residencial]))

([escola-test-residencial] of School
  (serviceName "Escola Residencial")
  (serviceNoiseLevel 1)
  (serviceLocatedAt [loc-test-residencial]))

([super-test-residencial] of Supermarket
  (serviceName "Supermercat Residencial")
  (serviceNoiseLevel 0)
  (serviceLocatedAt [loc-test-residencial]))

([metro-test-residencial] of Transport
  (serviceName "Metro Residencial")
  (serviceNoiseLevel 0)
  (serviceLocatedAt [loc-test-residencial]))

;; Tres dormitoris (un d'ells doble)
([habitacio-principal] of Room
  (isDouble TRUE) ; Dormitori doble
)

([habitacio-nens-1] of Room
  (isDouble FALSE))

([habitacio-nens-2] of Room
  (isDouble FALSE))

;; Propietat excellent amb molts avantatges
([casa-test-excellent] of House
```

```

(area 120) ; Molt més gran que el mínim (70m2)
(locatedAt [loc-test-residencial])
(hasRoom [habitacio-principal] [habitacio-nens-1] [habitacio-nens-2])
(numBathrooms 2)
(naturalLight 3)
(state 5) ; Excel·lent estat
(hasDampness FALSE)
(hasSquatters FALSE)
(hasLeaks FALSE)
(isSoundproof TRUE)
)

;; Oferta amb preu excel·lent (molt per sota del màxim i del preu mitjà
del barri)
([oferta-test-excel·lent] of RentalOffer
(price 900.0) ; Excel·lent preu: < 75% del màxim (1200€)
; i < preu mitjà barri (1100€)
(hasProperty [casa-test-excel·lent])
(maxPeople 5)
(minMonths 12)
)

```

Per aquest cas, el resultat esperat es un “Molt recomanat”. Aquest cas només es dóna en les parelles client-oferta en les que es compleixen les característiques demandades pel client i a més hi han característiques extres de la propietat que la fan veure molt més atractiva. Veiem que el sistema retorna el resultat esperat a la sortida:

```

None
=====
Oferta: [oferta-test-excel·lent]
Adreça: nil
Barri: Zona Residencial
Seguretat: 5/5
Preu mitjà zona: 1100.0 €/mes
Preu: 900.0 €/mes
Superficie: 120 m2
Nivell: molt recomenat
-----
Compleix tots els criteris restrictius

```

**Característiques destacables:**

- Preu excel·lent: 900.0€, un 25% per sota del màxim
- Superficie generosa: 120 m<sup>2</sup>, un 71% més gran del sol·licitat
- Oferta favorable pel barri
- Estat excel·lent de l'habitatge

- Excel·lent llum natural tot el dia
  - Contracte molt flexible (12 mesos mínim)
  - Bons recursos: 2 banys per 4 tenants
- 

Aquesta oferta és "molt recomanat" perquè compleix tots els criteris restrictius i a més presenta múltiples característiques destacables: molt bon preu, una superfície que supera àmpliament el mínim (50m<sup>2</sup> més), un barri de màxima seguretat ideal per a famílies, i la disponibilitat de tots els serveis essencials que necessita la família amb nens.

#### 6.1.5. Prova hard vs. soft

Primer veiem el client, un altre jove professional de 28 anys que busca un pis d'almenys 50m<sup>2</sup> amb 2 dormitoris per un màxim de 800€ mensuals. Treballa a Gràcia i necessita serveis propers com zona verda, centre de salut, supermercat i transport públic.

```
None
([perfil-hardvssoft] of Individual)

([client-hardvssoft] of Client
  (hasProfile [perfil-hardvssoft])
  (clientAge 28)
  (clientMaxPrice 800.0)
  (numTenants 1)
  (minArea 50)
  (minDorms 2)
  (minReasonablePrice 600)
  (needsDoubleBedroom no)
  (priceFlexibility 5)
  (wantsGreenArea si)
  (wantsHealthCenter si)
  (wantsNightLife no)
  (wantsSchool no)
  (wantsStadium no)
  (wantsSupermarket si)
  (wantsTransport si)
  (minMonthsClient 12)
  (worksOrStudies [loc-gracia])
)
```

I veiem ara les dues ofertes proposades, que són completament oposades. La oferta-hard és un pis de 55m<sup>2</sup> amb 2 dormitoris per 750€, situat lluny de Gràcia. Compleix tots els criteris restrictius: preu adequat, superfície suficient i nombre correcte de dormitoris. Però falla en els criteris preferibles: està lluny del treball, sense serveis propers, amb baixa qualitat (estat 1/5), poca llum natural, i té problemes com humitats i goteres.

None

```
([pis-hard] of Apartment
  (address "Carrer Lluny, 1")
  (area 55)
  (naturalLight 1)
  (state 1)
  (floor 0)
  (numBathrooms 1)
  (hasSquatters FALSE)
  (hasDampness FALSE)
  (hasLeaks FALSE)
  (isSoundproof FALSE)
  (hasRoom [room-hard-1] [room-hard-2])
  (locatedAt [loc-oferta1]))


([oferta-hard] of RentalOffer
  (hasProperty [pis-hard])
  (maxPeople 2)
  (minMonths 24)
  (price 750.0))
```

Per contra, la oferta-soft és un pis excel·lent de 40m<sup>2</sup> amb 1 dormitori per 1.200€, ubicat al cor de Gràcia. Incompleix tots els criteris restrictius: preu excessiu (50% més car), superfície insuficient i només 1 dormitori. Però excelleix en els criteris preferibles: ubicació perfecta on treballa el client, tots els serveis propers, qualitat excepcional (estat 5/5), molta llum natural, 2 banys, insonorització i característiques destacables com balcó i climatització.

None

```
([pis-soft] of Apartment
  (address "Carrer de Gràcia, 123")
  (area 40)
  (naturalLight 5)
  (state 5)
  (floor 3)
  (numBathrooms 2)
  (hasSquatters FALSE)
  (hasDampness FALSE)
  (hasLeaks FALSE)
  (isSoundproof TRUE)
  (hasRoom [room-soft-1])
  (locatedAt [loc-oferta2]))
)

([oferta-soft] of RentalOffer
  (hasProperty [pis-soft])
  (hasFeature [FeatureBalcony] [FeatureAirOrHeating] [FeatureFurniture]
  [FeatureAppliances])
```

```
(maxPeople 1)
(minMonths 6)
(price 1200.0))
```

Per aquest cas, el resultat esperat es que la oferta-hard sigui més recomanada que la oferta-soft. Veiem que el sistema retorna el resultat esperat a la sortida:

```
None
=====
Oferta: [oferta-hard]
Adreça: Carrer Lluny, 1
Barri: Zona Lluny
Seguretat: 2/5
Preu mitjà zona: 600.0 €/mes
Preu: 750.0 €/mes
Superfície: 55 m²
Nivell: poc recomenat
-----
Criteris NO complerts:
1. Massa lluny del lloc de treball/estudi
2. Requereix 24 mesos mínim (client vol 12 mesos)

No té característiques especialment destacables
=====

=====
Oferta: [oferta-soft]
Adreça: Carrer de Gràcia, 123
Barri: Gràcia
Seguretat: 4/5
Preu mitjà zona: 900.0 €/mes
Preu: 1200.0 €/mes
Superfície: 40 m²
Nivell: no recomenat
-----
Criteris NO complerts:
1. Preu massa alt: 1200.0€ > 840.0€ (màxim amb flexibilitat)
2. Superfície insuficient: 40 m² < 50 m² sol·licitats
3. Dormitoris insuficients: 1 < 2 sol·licitats

Característiques destacables:
- Molt a prop del lloc de treball/estudi
- Estat excel·lent de l'habitatge
- Contracte molt flexible (6 mesos mínim)
```

Això ens dóna així, ja que la oferta-hard compleix amb tots els criteris forts: preu, nombre d'habitacions, superfície, però amb cap dels fluixos: llum natural, distància a serveis i lloc de treball, features de la vivenda... El cas de oferta-soft és exactament el contrari. Això demostra que el sistema prioritza adequadament els criteris restrictius sobre els preferibles: una vivenda que no compleix els requisits fonamentals de preu, superfície o dormitoris no pot ser adequada independentment de les seves qualitats. La oferta-hard, malgrat les seves mancances, proporciona l'espai necessari a un preu assequible, mentre que la oferta-soft, tot i ser superior en qualitat, no satisfà les necessitats bàsiques del client.

Així veiem que el sistema dóna els pesos corresponents a cada criteri, de tal manera que tinguin pesos diferents a l'hora de determinar el resultat final. Els criteris hard actuen com a barreres eliminatòries que penalitzen fortament les ofertes que no els compleixen, mentre que els criteris soft són bonificacions que milloren la puntuació però no poden compensar la mancança dels requisits fonamentals.

#### 6.1.6. Prova “Red Flags”

Primer veiem el client, un client d'edat gran amb 72 anys que busca un pis d'almenys 45m<sup>2</sup> amb 1 dormitori per un màxim de 950€ mensuals (997,5€ amb la flexibilitat). Treballa a l'Eixample i necessita serveis propers com zona verda, centre de salut, supermercat i transport públic.

```
None
([perfil-elderly-02] of Elderly)

([client-elderly-eixample] of Client
(hasProfile [perfil-elderly-02])
(prefersFeature [FeatureElevator])
(clientAge 72)
(clientMaxPrice 950.0)
(numTenants 1)
(minArea 45)
(minDorms 1)
(minReasonablePrice 700)
(needsDoubleBedroom no)
(priceFlexibility 5)
(wantsGreenArea si)
(wantsHealthCenter si)
(wantsNightLife no)
(wantsSchool no)
(wantsStadium no)
(wantsSupermarket si)
(wantsTransport si)
(minMonthsClient 12)
(worksOrStudies [loc-eixample-dreta])
)
```

I veiem també les dues ofertes proposades, que són exactament iguals excepte que un té okupes i l'altre no. Tots dos tenen una àrea bastant superior a la demandada pel client, excel·lent llum natural i

estat de conservació. Tenen una habitació de més i els serveis propers demanats pel client són tots propers a les propietats. Finalment, els mínims mesos de contracte també es compleixen.

None

```
([viv-poblenou-09] of Apartment
  (address "A/ d'Icària 204, Poblenou")
  (area 70)
  (naturalLight 2)
  (state 4)
  (floor 3)
  (hasSquatters TRUE)
  (numBathrooms 1)
  (hasRoom [room-51-01] [room-51-02])
  (locatedAt [loc-poblenou])
)

([oferta-squatters-01] of RentalOffer
  (hasProperty [viv-poblenou-09])
  (hasFeature [FeatureElevator] [FeatureBalcony]
  [FeatureAppliances])
  (price 950)
  (maxPeople 3)
  (minMonths 12)
)
```

None

```
([viv-poblenou-02] of Apartment
  (address "C/ Llull 182, Poblenou")
  (area 70)
  (naturalLight 2)
  (state 4)
  (floor 3)
  (numBathrooms 1)
  (hasRoom [room-30-01] [room-30-02])
  (locatedAt [loc-poblenou])
)

([oferta-poblenou-02] of RentalOffer
  (hasProperty [viv-poblenou-02])
  (hasFeature [FeatureElevator] [FeatureBalcony] [FeatureAppliances])
  (price 950.0)
  (maxPeople 3)
  (minMonths 12)
)
```

Per aquest cas, el resultat esperat es que el grau de recomanació baixi al detectar una “Red flag”. Veiem que el sistema retorna el resultat esperat a la sortida:

```
None
Oferta: [oferta-squatters-01]
Adreça: A/ d'Icària 204, Poblenou
Barri: Poblenou
Seguretat: 4/5
Preu mitjà zona: 1000.0 €/mes
Preu: 950 €/mes
Superfície: 70 m2
Nivell: poc recomenat
-----
Criteris NO complerts:
1. La propietat té ocupaçió il·legal

Característiques destacables:
- Superfície generosa: 70 m2, un 55% més gran del sol·licitat
- Dormitoris extra: 2 (sol·licitats: 1)
- Oferta favorable pel barri
- Estat excel·lent de l'habitatge
```

Això és així igual que ens dicta el nostre sentit comú: si a alguna cosa bona li trobes alguna falla crítica, instantàneament baixa de categoria. Veiem que els pesos negatius de les red flags són suficients per aconseguir aquest comportament.

En cas contrari, no hi haguessin okupes, l'oferta seria molt recomanada, degut a que compleix totes les característiques restrictives amb àrea superior, excel·lent llum natural i estat de conservació.

## 6.2. Conclusions de les proves

Amb els casos de prova hem comprovat que el nostre sistema diferencia correctament entre ofertes de diferents nivells de recomanació en funció de les preferències dels clients i les característiques de la propietat. El sistema identifica adequadament tant ofertes clarament inadequades com situacions intermèdies, així com casos correctes i excepcionals amb alta qualitat global. No obstant, presenta algunes limitacions, com per exemple:

- No es distingeix el tipus d'habitació que és (cuina, menjador, etc.)
- Les preferències negatives estrictes (característiques que estrictament no volen)
- No es penalitza l'absència de serveis quan el client els demana explícitament

## 7. Conclusions finals

El desenvolupament d'aquesta pràctica ha permès aplicar de manera pràctica els conceptes fonamentals de l'enginyeria del coneixement, així com adquirir una experiència real en la construcció d'un sistema basat en el coneixement implementat en CLIPS. Al llarg del procés s'ha pogut comprovar la importància de seguir una metodologia estructurada, des de l'anàlisi inicial del problema fins a la validació del sistema mitjançant jocs de prova.

Un dels principals aprenentatges ha estat entendre que la fase més crítica en la construcció d'un SBC no és la programació, sinó la conceptualització i formalització del coneixement. Identificar correctament els conceptes del domini, establir una ontologia adequada i decidir com representar el coneixement expert són passos essencials per obtenir un sistema coherent i extensible.

També s'ha après a transformar coneixement qualitatiu i heurístic en regles de producció, especialment mitjançant l'ús de tècniques d'abstracció que permeten simplificar el raonament. En aquest sentit, CLIPS ha resultat una eina molt adequada per implementar raonament basat en classificació, ja que facilita la modularització de regles, el control del flux d'execució i la generació de justificacions explicables.

A més, l'ús de models de llenguatge com a experts simulats ha permès experimentar una forma realista de buscar i entendre el coneixement, mostrant com fonts externes poden enriquir la conceptualització del domini i aportar criteris que no apareixen explícitament a l'enunciat.

El sistema funciona especialment bé en la detecció d'ofertes clarament inadequades, la diferenciació entre perfils de client, mitjançant regles específiques que capturen necessitats i preferències habituals i la generació de recomanacions explicables, ja que el sistema indica quins criteris s'han complert i quins no.

No obstant això, també s'han identificat diverses limitacions. En primer lloc, el model simplifica alguns aspectes del domini, com ara la tipologia detallada de les estances (cuina, menjador, despatx, etc.) o la representació més fina de preferències negatives estrictes. A més, tot i que l'ús de categories facilita el raonament, pot comportar una pèrdua de precisió en alguns casos límit.

Finalment, el sistema assumeix que tota la informació d'entrada és correcta i completa, i no gestiona incertesa ni informació incompleta, fet habitual en situacions reals.

En conjunt, aquesta pràctica ha demostrat el potencial dels sistemes basats en el coneixement per resoldre problemes complexos i explicables, i ha proporcionat una visió clara de les dificultats i avantatges associats a aquest enfocament.

# Annexos

[Annex 1] - Codi CLIPS complet i comentat.

Es troba a la carpeta adjunta en un fitxer .zip, anomenat codi-font.

[Annex 2] - Converses rellevants amb els LLM's

**Prompt inicial utilitzat:**

None

"We are going to do a role playing exercise. You are going to help a knowledge engineer perform knowledge elicitation for building a rule-based expert system for the recommendation of home rentals. You are a real estate agent with wide experience in this problem who knows how to match different kinds of people (families with or without children, students, single people, elderly) according to the characteristics of the home and its neighborhood. The knowledge engineer is going to ask about the characteristics, criteria, and knowledge that you use for making the decisions. Your answer should be direct and precise. The answers should be helpful for building rules for making decisions from the answers of people who are looking to rent a flat or a house."

**Preguntes interessants:**

None

**Pregunta:**

What are the most important neighborhood characteristics that influence your recommendations?

**ChatGPT:**

Key neighborhood factors I rely on:

**Safety level**

Crime rates, lighting, foot traffic, building upkeep.

High priority for families and elderly.

**Transport and commute access**

Distance to public transit, major roads, bike lanes, parking flexibility.

Critical for students and workers with fixed schedules.

**Noise level**

Proximity to nightlife, major roads, construction zones, schools.

Important for families with infants, elderly, and remote workers.

**Local services**

[ ... ]

None

**Pregunta:**

How do you weigh these different neighborhood characteristics against each other when a client has conflicting priorities?

**ChatGPT:**

I resolve conflicts by ranking needs in this order:

**Non-negotiable constraints** [...]

**Role-dependent essentials** [...]

**Lifestyle preferences** [...]

**Nice-to-have** [...]

**Rule-of-thumb:** Safety > Affordability > Commute practicality > Demographic/lifestyle match.

None

**Pregunta:**

In the case of a strict budget, what do you recommend to prioritize when looking for a small apartment?

**ChatGPT:**

Priority order:

**Safety**

**Commute cost/time**

**Structural condition** (avoid hidden maintenance issues)

**Noise acceptability**

**Basic appliances** (fridge + stove minimum)

Secondary: Natural light, Building management quality, Storage solutions

What they can compromise on: Size, Aesthetic finishes, Amenities like gym/pool, View or floor level, Trendy neighborhoods

None

**Pregunta:**

For students renting as a group, what are the minimum housing features that prevent problems later (noise tolerance, transport, shared spaces)?

**ChatGPT:**

**At least 2 bathrooms** if there are 3-4 tenants – to avoid scheduling conflicts.

**Good sound insulation** (walls, floors) – especially if students may have different schedules, or there's nightlife nearby.

**Shared but sufficient communal space:** a living/dining area where all can gather, plus a decent-sized kitchen. Even in a 3-4 bedroom flat, cramped common space causes friction.

**Easy access to public transport**

[...]

None

**Pregunta:**

What are typical price-quality thresholds that indicate an apartment is suspiciously cheap or overpriced (say in Barcelona)?

**ChatGPT:**

Using recent market data (2025):

Typical rent in Barcelona averages about **€23.5–€24 per m<sup>2</sup>/month**.

Idealista+2Idealista+2

If a small flat (say 50 m<sup>2</sup>) is offered significantly below ~€1,150–€1,200/month in a decent neighborhood and in acceptable condition, that's suspiciously cheap  
[...]

**Rule-of-thumb:** mark as suspicious if price < 70% of typical for similar size/area or price > 130% of typical without matching quality/amenities.

None

**Pregunta:**

What services become essential for elderly tenants, and how strict should the distance thresholds be?

**Gemini:**

For elderly or retired tenants, the following services become **essential non-negotiables**:

**Medical Facilities:** Proximity to a **Health Center (CAP)** or **Pharmacy**.

**Accessibility:** **Ground floor or Elevator** access. No steep hills or excessive stairs on approach.

[...]

Strictness of Distance Thresholds

Distance thresholds must be **strict** because mobility and carrying capacity are often reduced.

**Health/Pharmacy:**  $\leq 5 \text{ minute walk}$  (ideally  $\leq 400 \text{ meters}$ ).

[...]

None

**Pregunta:**

Which features are red flags that make you reject a property for most clients?

**Gemini:**

I will immediately or severely downgrade/reject a property for **most** clients if I find these features:

**Severe Damp/Mould:** Visible, extensive damp, or a strong, persistent musty odor. This is a health hazard and a sign of major structural/maintenance neglect.

**No Natural Light/Ventilation:** Apartments where every room requires artificial light

**The Risk of 'Okupas' (Squatters):** In areas like Catalonia, the risk of illegal occupation is a serious consideration for owners

[...]