

Práctica de Sistemas Basados en el Conocimiento

Recomendación de Viviendas en Alquiler

Grupo XX

Iván Alcubierre, Kai Knox y Kirian Roca

5 de diciembre de 2025

1. Introducción y planteamiento del problema

1.1. Estructura del documento

Este documento se organiza en tres partes principales, siguiendo las directrices de la rúbrica de evaluación:

- **Parte 1 (Introducción):** Planteamiento del problema, objetivos y metodología.
- **Parte 2 (Desarrollo):** Conceptualización, formalización (ontología) e implementación en CLIPS.
- **Parte 3 (Resultados):** Casos de prueba, análisis de resultados, conclusiones y trabajo en equipo.

1.2. Contexto y motivación

La práctica plantea el desarrollo de un sistema de recomendación de viviendas en alquiler que pueda ser utilizado por una entidad pública para ayudar a los ciudadanos a encontrar ofertas adecuadas a sus necesidades.

El problema implica combinar dos tipos de información:

- **Características de las viviendas:** precio, superficie, tipo de propiedad, amenities, ubicación, etc.
- **Perfil y preferencias del usuario:** presupuesto, composición familiar, necesidades de proximidad a servicios, restricciones, etc.

La complejidad del dominio y la necesidad de aplicar conocimiento experto para ponderar múltiples factores convierten este problema en un caso idóneo para un Sistema Basado en el Conocimiento (SBC).

1.3. Objetivos de la práctica

El objetivo principal de esta práctica es diseñar e implementar un **Sistema Basado en el Conocimiento (SBC)** que emule el razonamiento de un experto inmobiliario para recomendar viviendas en alquiler. Los objetivos específicos son:

- Analizar el dominio del problema e identificar las fuentes de conocimiento necesarias.
- Construir una ontología formal que represente los conceptos clave: **viviendas, solicitantes, servicios urbanos y zonas de la ciudad**.
- Implementar en CLIPS un sistema de reglas que realice:
 - Evaluación de compatibilidad entre perfil del solicitante y características de la vivienda.
 - Cálculo de proximidad a servicios relevantes (transporte, educación, ocio, salud, etc.).
 - Clasificación de las recomendaciones en tres categorías: *parcialmente adecuada, adecuada y muy recomendable*.
- Validar el sistema mediante casos de prueba representativos y documentar el proceso de desarrollo siguiendo la metodología de ingeniería del conocimiento.

1.4. Metodología de desarrollo

Para abordar este problema, se ha seguido la metodología de **Ingeniería del Conocimiento** explicada en clase, estructurada en las siguientes fases:

1. **Identificación:** Análisis del enunciado, definición de objetivos y alcance.
2. **Conceptualización:** Extracción y organización del conocimiento experto, identificación de conceptos y relaciones.
3. **Formalización:** Construcción de la ontología en Protégé y diseño de la estrategia de razonamiento.
4. **Implementación:** Codificación en CLIPS del sistema de reglas y hechos.
5. **Prueba:** Validación mediante casos de prueba y análisis de resultados.

2. Desarrollo de la solución

2.1. Conceptualización

2.1.1. Extracción de conocimiento

Entrevista con experto IA (Gemini 3.0)

Interviewer: "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."**Expert:** To build a robust recommendation system, we must classify clients into four specific archetypes, each with distinct priorities:

- **Elderly:** Their non-negotiable priority is Accessibility. If a property is not on the ground floor, it must have an elevator. They require essential services (Pharmacy, Supermarket) within short walking distance and strictly reject "Nightlife" zones due to noise.
- **Families:** They prioritize Space and Safety. They need a specific number of bedrooms to match their family size. They prioritize proximity to Schools and Green Areas and avoid "High Noise" or "Tourist" districts.
- **Students:** They are budget-driven but have specific technical needs. Internet and Furnishing are mandatory hard constraints. They will tolerate noise or older building conditions if the price is right. They prioritize proximity to the University or Public Transport.
- **Young Couples/Professionals:** They prioritize Lifestyle. They value proximity to Gyms, Restaurants, and Leisure. If they own a car, a Garage becomes a critical requirement due to the Lifestyle urban location.

Interviewer: "Now I will send you a basis of the attributes for clients and properties that I am sure they have to be. Can you use your expert knowledge to suggest some attributes to make it more complete?"

1. Monthly price in euros.
2. Location (city district, address, GPS coordinates).
3. Usable floor area in m².
4. Number of bedrooms and whether they are double or single.
5. Whether the dwelling has a terrace or balcony.
6. Whether the dwelling is rented furnished and/or with appliances.
7. Type of dwelling: flat, duplex, single-family house. For flats or duplexes, the floor level (mezzanine, first, second...).
8. Other features such as: no-pets rule, heating/air conditioning, whether the flat gets sunlight (morning, afternoon, all day), access to a communal pool, parking space included, property with views.
1. Maximum price they are willing to pay and whether the limit is strict or they could pay more if the offer is worth it.

2. Restrictions regarding the number/size of the bedrooms.
3. Minimum price, below which they believe the offer is too cheap to be adequate.
4. Specific restriction or preference regarding distance to certain services (schools nearby, public transport nearby...).
5. Whether they prefer to use public transport for commuting.
6. Age of the applicants.
7. Type of applicants: couple without children, couple planning to have children soon, family (single-parent, two-parent) with children/elderly dependents (number), group of students (number), individual...
8. Whether they work/study in the city and where the workplace/place of study is located.
9. Whether they own a car."

Expert: To strengthen the system and reduce ambiguity in decision rules, we need additional measurable attributes for both Property and Clients. These enable clearer constraints, preference scoring, and rule branching.

Property – Suggested Additional Attributes

- Noise Level Classification: Quiet / Moderate / High. Necessary for Families and Elderly.
- Accessibility Indicators: Presence of elevator, ramp access, door width for wheelchair. Critical for Elderly.
- Energy Efficiency Rating: Impacts long-term cost; students and families react strongly to energy bills.
- Internet Availability and Speed: Mandatory for Students; highly relevant for Couples/Professionals working remotely.
- Heating Type and Insulation Quality: Relevant in older buildings; impacts comfort and utility expenses.
- Proximity Metrics: Walking time (not just distance) to public transport, university/schools, supermarkets, pharmacy.
- Neighborhood Category: Residential / Tourist / Nightlife / Business. Used to match lifestyle vs. noise tolerance.
- Safety Indicators: Crime level or “perceived safe area” flag. Families care; students tolerate lower.
- Building Age and Renovation Condition: Students tolerate older; families avoid degraded.

- Contract Constraints: Minimum rental duration, deposit size. People with strict budgets (students) react strongly.
- Pets Allowed / Forbidden: Already noted, but must be categorical because it blocks many options.

Clients – Suggested Additional Attributes

- Noise Tolerance Level: Critical decision boundary between Elderly/Families vs. Students/Professionals.
- Mobility or Accessibility Needs: Presence of disability or reduced mobility; elevator becomes hard constraint.
- Internet Requirement: Binary but decisive.
- Expected Lease Duration: Students short-term; families long-term. Impacts landlord suitability.
- Work Modality: Remote/hybrid/on-site. Remote workers require strong internet and quiet environment.
- Lifestyle Priority: Quiet, central/leisure-oriented, green areas, nightlife. Makes rule pruning more accurate.
- Commute Distance Tolerance: Define acceptable walking/public transport travel time.
- Car Usage Frequency: Not only ownership; usage defines need for guaranteed parking.

These additions allow the rules to be actionable and conflict-resolving instead of vague.

Interviewer: “Can you suggest some filters that you apply to decide if a Property is good to a certain client?” **Expert:** First, we must apply a hard financial filter before looking at preferences.

Financial Filters

- The 40 % Rule: The monthly rent must not exceed 40 % of the household's total monthly income. This is a safety check for solvency.
- Budget Limit: We respect the client's "Maximum Price," but we should allow a small margin (e.g., +10 %) if the property is ideal, unless the client marks their budget as "Strict."

Next, we apply structural and capacity filters to guarantee functional suitability:

Structural Filters

- Bedroom/Occupancy Consistency: The number and type of bedrooms must align with the household size. A family of four cannot be matched with a single-bedroom flat. Couples planning children should not be placed in a studio.
- Accessibility Compliance: If any applicant has reduced mobility or is elderly, the property must have either ground-floor access or a functioning elevator. Absence of these eliminates the property immediately.
- Mandatory Utility Requirements: If the client requires high-speed internet (students, remote workers), or heating/air conditioning (elderly, families in cold/hot climates), properties without these features are discarded.
- Transportation or Parking Constraint: If the client relies on public transport, the property must be within a reasonable walking radius of a reliable connection. If the client owns a car and parking is required, the property must provide either a garage or a guaranteed parking spot.
- Neighborhood Compatibility: Noise and security conditions must be aligned with the sensitivity of the client type. Nightlife areas are automatically excluded for elderly or families. Tourist zones are low priority for families but acceptable for students.

These filters eliminate structurally incompatible options before any ranking or preference scoring begins.

Relación entre el conocimiento del experto y el código CLIPS:

Aplicado

1. **Presupuesto** Se solicita precio máximo y si es estricto o flexible. Se descartan propiedades que superan el máximo; si es flexible se permite hasta 10 %.
2. **Dormitorios y espacio** Filtrado por número de dormitorios dobles y simples.
3. **Mascotas** Se descartan viviendas donde no se permiten mascotas.
4. **Coche** Atr. `owns-car`, propiedades con `Garage`. Eliminación o penalización según cliente.
5. **Trabajo/estudio** Se registran coordenadas de trabajo/estudio.
6. **Regla del 40 %** Se registra ingreso mensual total y se descartan viviendas fuera del presupuesto.
7. **Accesibilidad** Atributos de ascensor y planta; reglas para clientes sensibles.
8. **Ruido** Atributos de ruido recibidos; filtros por tipo de cliente.
9. **Seguridad** Atributo de nivel de seguridad; filtrado según cliente.
10. **Proximidad a servicios** Coordenadas de servicios y propiedades.
11. **Condiciones climáticas (sol)** Atributos de AC, heating y orientación solar.

No aplicado

1. **Internet** Se considera que cada cliente contrata su propio servicio.
2. **Clima adicional no relacionado con sol** Se omiten factores climáticos globales para reducir complejidad del modelo.

2.1.2. Conceptos y relaciones principales

A partir del análisis del dominio y de la experiencia en portales inmobiliarios, identificamos los siguientes conceptos clave, que posteriormente se formalizarán en la ontología:

- **Cliente**: persona o grupo que busca vivienda. Se distingue entre:
 - **Individual**: Adulto, Joven, Estudiante, Anciano.
 - **Grupo**: Pareja (con o sin hijos previstos, joven o anciana), Familia (con o sin ancianos), Grupo de estudiantes, o por defecto grupo genérico.
- **Vivienda**: oferta de alquiler. Incluye subtipos como:
 - **Piso, Dúplex, Ático, Estudio**.
 - **Casa individual, Casa pareada, Casa adosada**.
 - **Habitación** para alquiler individual.
- **Servicio**: elemento urbano que influye en la calidad de vida:
 - **Transporte**: Parada de autobús, metro, tren, tranvía o aparcamiento.
 - **Educación**: Colegio, instituto, universidad.
 - **Salud**: Clínica, hospital, farmacia.
 - **Comercio**: Supermercado, hipermercado, centro comercial, tienda.
 - **Ocio**: Parque, piscina, gimnasio, cine, museo, zona de vida nocturna, restaurante, playa, polideportivo/centro deportivo.
- **Zona**: área de la ciudad con características homogéneas:
 - **Residencial, Centro (geográfico), Núcleo urbano (social/turístico), Negocios, Industrial**.

Relaciones principales identificadas:

- Una **Vivienda** *está ubicada en* una **Zona** (relación `is_located_in_zone`).
- Una **Vivienda** *está cerca de* uno o más **Servicios** (relación `is_near_service`).
- Un **Cliente** *tiene preferencias y restricciones* sobre:
 - Presupuesto máximo para el alquiler, flexibilidad presupuestaria, precio mínimo sospechoso (*too bargain*).
 - Número mínimo de dormitorios y baños para la vivienda.
 - Necesidad de transporte público, posesión de coche.

- Ubicación de trabajo/estudio (coordenadas).
- Mascotas, ruido tolerado, características deseadas/necesidades (cercanía a ciertos servicios, terraza, ascensor, amueblado, etc.).
- Una **Vivienda** *puede satisfacer o no* dichas preferencias, lo que determina su **grado de recomendación** (parcialmente adecuada, adecuada, muy recomendable).

2.1.3. Descomposición en subproblemas

Explicar cómo se divide el problema global en tareas más pequeñas:

- Subproblema 1: Cálculo de distancias a servicios para inicializar las viviendas.
- Subproblema 2: Captura de preferencias del usuario.
- Subproblema 3: Evaluación de viviendas respecto a preferencias.
- Subproblema 4: Clasificación y recomendación final.

2.2. Formalización

2.2.1. Ontología del dominio

La ontología se ha construido en Protégé siguiendo la metodología de desarrollo de ontologías 101, y está compuesta por 4 conceptos raíz principales, sus jerarquías de subclases, propiedades de objeto y datos, y restricciones de dominio/rango.

Jerarquía de clases

- **Client_Group**: representa a los solicitantes. Se divide en:
 - Individual: Adult, Young, Student, Elderly.
 - Group: Couple (Elderly_Couple, Planning_Kids, Young_No_Kids), Family (No_Elderly, With_Elderly), Student_Group.

Se ha modelado así para capturar perfiles con necesidades diferenciadas (ej: jóvenes buscan ocio, familias buscan escuelas).

- **Property**: representa las viviendas en alquiler. Incluye:
 - Tipos urbanos: Apartment, Duplex, Penthouse, Studio, Triplex, Room.
 - Tipos unifamiliares: Detached_House, Semidetached_House, Row_House, Single-family_House.

Se han definido como *disjoint* para evitar inconsistencias.

- **Service**: modela los servicios urbanos. Subclases:
 - Transport (Bus_stop, Metro_station, Train_station, Parking, Cable_car_station).
 - Education (School, High_School, University).
 - Healthcare (Clinic, Hospital, Pharmacy).
 - Shopping (Supermarket, Hipermarket, Mall, Store).

- Recreation (Park, Pool, Gym, Beach, Cinema, Museum, Nightlife, etc.).

Esta categorización permite evaluar la proximidad a servicios de forma estructurada.

- Zone: describe zonas de la ciudad:

- Residential, Business, Downtown, Industrial, Urban_core.

Cada zona tiene atributos como nivel de ruido y seguridad.

Propiedades de objeto

- **is_located_in_zone**: relaciona una **Property** con una **Zone**. Es funcional (cada vivienda está en una sola zona).
- **is_near_service**: relaciona una **Property** con un **Service**. Permite modelar proximidad a múltiples servicios.

Propiedades de datos Se han agrupado en tres categorías para facilitar la modularidad:

- **property_attribute**: atributos de la vivienda (precio, metros², habitaciones, terraza, ascensor, amueblado, etc.).
- **client_attribute**: atributos del solicitante (edad, presupuesto, preferencias, ubicación trabajo/estudio, etc.).
- **zone_attribute**: atributos de la zona (nivel de ruido, seguridad).

Se han usado tipos de datos específicos (**boolean**, **int**, **float**) y enumerados (ej: **Sun_Time**: Morning, Afternoon, All_Day, Never).

Decisiones de diseño justificadas

- **Coordenadas enteras**: se usan **geo_lat** y **geo_long** como enteros (representan metros) para simplificar el cálculo de distancias en CLIPS.
- **floor_level** solo aplica a **Apartment**, **Room** y **Studio**, no a viviendas unifamiliares.
- **Too_Bargain**: se incluye como atributo del cliente para detectar precios sospechosamente bajos.
- **Disjoint** entre clases: evita que una misma instancia sea, por ejemplo, un **Apartment** y una **Detached_House**.

2.2.2. Metodología de resolución de problemas

Explicar qué metodología se ha elegido (p. ej., clasificación, razonamiento basado en casos) y cómo los subproblemas identificados encajan en ella.

2.2.3. Representación en reglas

Descripción de cómo se traduce el conocimiento en reglas de producción. Estructura general del sistema de reglas (módulos, estrategia de control).

2.3. Implementación en CLIPS

2.3.1. Estructura del proyecto

Organización de módulos, templates, hechos iniciales.

2.3.2. Ejemplo de reglas clave

Fragmentos de código comentados que ilustren el razonamiento.

```
(defrule evaluar-precio
  ?s <- (solicitante (precio-max ?pmax) (flexible ?flex))
  ?v <- (vivienda (precio ?p) (id ?id))
  (test (<= ?p ?pmax))
  =>
  (assert (candidata (id ?id) (motivo "Dentro de presupuesto"))))
```

Listing 1: Ejemplo de regla en CLIPS

2.3.3. Desarrollo incremental

Descripción de los prototipos desarrollados, evolución desde el primer prototipo funcional hasta la versión final.

3. Resultados y validación

3.1. Juegos de prueba

Explicación de cómo se seleccionaron los casos: perfiles variados (estudiante, familia, pareja), casos límite, cobertura de funcionalidades.

3.2. Ejecución de pruebas

Tabla resumen con al menos 6 casos diferentes, mostrando:

- Perfil de entrada.
- Viviendas recomendadas (adecuadas, parcialmente adecuadas, muy recomendables).
- Criterios incumplidos o características destacadas.

Cuadro 1: Ejemplo de casos de prueba

Perfil	Vivienda	Grado	Observaciones
Estudiante, precio bajo	Atico céntrico	Parcial	Sin terraza
Familia con hijos	Dúplex con jardín	Muy recomendable	Cerca de colegio y parque

3.3. Análisis de resultados

Explicación de por qué el sistema toma ciertas decisiones, ejemplos concretos basados en el conocimiento codificado.

3.4. Conclusiones

3.4.1. Logros y dificultades

Qué se ha conseguido, qué partes fueron más complejas, limitaciones del sistema.

3.4.2. Trabajo en equipo

Breve descripción de cómo se organizó el grupo, reuniones, reparto de tareas, uso de la planificación propuesta.

3.4.3. Posibles mejoras

Extensiones futuras: integración con datos reales de mapas, más factores de ponderación, interfaz gráfica.

A. Anexo A: Ontología completa

Gráfico exportado desde Protégé con la jerarquía de clases y propiedades.

B. Anexo B: Diálogo con modelo de lenguaje

Si aplica: contexto usado, preguntas más relevantes y respuestas resumidas.

C. Anexo C: Código fuente completo

Listado completo del código CLIPS (o enlace al repositorio).