

# Inteligencia artificial

## Sistemas basados en el conocimiento

Gispert Sánchez, Francesc-Xavier

Lorente García, Ester

Martín Alaminos, David

25 de mayo de 2015

---

### Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Identificación del problema</b>	<b>4</b>
2.1. Descripción del problema . . . . .	4
2.2. Viabilidad del desarrollo . . . . .	6
2.3. Fuentes de conocimiento disponibles . . . . .	7
2.4. Objetivos del sistema . . . . .	7
<b>3. Conceptualización</b>	<b>9</b>
3.1. Elementos del problema . . . . .	9
3.2. Estructura del problema . . . . .	11
3.3. Proceso de resolución . . . . .	12
3.4. Algunos ejemplos del conocimiento experto . . . . .	13
<b>4. Formalización</b>	<b>15</b>
4.1. Ontología del dominio . . . . .	15
4.2. Razonamiento para la resolución . . . . .	20
<b>5. Implementación</b>	<b>26</b>

<b>6. Prueba</b>	<b>28</b>
6.1. Primer juego de pruebas . . . . .	28
6.2. Segundo juego de pruebas . . . . .	33
6.3. Tercer juego de pruebas . . . . .	39
6.4. Cuarto juego de pruebas . . . . .	45
6.5. Quinto juego de pruebas . . . . .	53
6.6. Sexto juego de pruebas . . . . .	63
<b>7. Conclusión</b>	<b>74</b>

# 1. Introducción

Algunos problemas no se pueden resolver satisfactoriamente con algoritmos de carácter general, sino que su resolución requiere de conocimiento específico sobre elementos del dominio de definición del problema que permita tomar decisiones adecuadas. Por ello, la inteligencia artificial hace uso de sistemas basados en el conocimiento para solucionar problemas de alta complejidad.

En este trabajo, lo ejemplificamos mediante la implementación de un sistema de recomendación de asignaturas de la FIB a sus alumnos teniendo en cuenta sus preferencias y las restricciones sobre las asignaturas de la FIB, entre otros criterios. Esta tarea es altamente dependiente de la información disponible sobre la estructura de las asignaturas y sobre las características propias de los alumnos. Se trata, pues, de un problema para el cual tiene mucho sentido el uso de un sistema basado en el conocimiento, separando así el tratamiento de la información subyacente de los algoritmos de razonamiento que generan las recomendaciones.

Se desarrolla, pues, una ontología que almacena la información sobre las asignaturas y los estudiantes usando Protégé y un sistema de reglas que describen el proceso de toma de decisiones usando CLIPS. El desarrollo de la práctica, así como la estructura de este informe, siguen un modelo esencialmente en cascada basado en la ingeniería del conocimiento y que se divide en las siguientes fases: identificación del problema, conceptualización, formalización, implementación y prueba. A pesar de la dimensión reducida de esta práctica, sin embargo, hemos iterado algunas veces sobre este esquema, volviendo a fases anteriores para mejorar el diseño de nuestra solución.

En el resto de este documento, explicamos los pasos del desarrollo de nuestra solución y mostramos y analizamos los resultados obtenidos.

## **2. Identificación del problema**

La ingeniería del conocimiento parte de una fase de identificación y análisis del problema a tratar antes del inicio del proceso de creación de un sistema basado en el conocimiento para resolverlo. Es decir, es indispensable evaluar los requisitos del problema, así como los recursos disponibles para resolverlo y, en consecuencia, la viabilidad del proyecto. En función de este análisis, se pueden establecer unos objetivos concretos y empezar con el proceso de resolución en sí.

### **2.1. Descripción del problema**

El proceso de matriculación de asignaturas en la FIB por parte de los estudiantes requiere de la consideración de una multitud de factores muy variados e interdependientes. La gran diversidad de asignaturas con sus distintos requisitos, horarios y grupos puede plantear un reto a la hora de elegir un subconjunto de ellas adecuado a la situación y a la predilección por algunos temas del alumno. Con el objetivo de simplificar al máximo este trámite, se plantea el desarrollo de una aplicación de recomendación de asignaturas que tenga en cuenta todas estas variables.

El sistema empleado para hacer la recomendación se basa en las características de las asignaturas. Además, el sistema dispone de los expedientes de los alumnos de la FIB y se sirve de datos adicionales recopilados mediante preguntas a los usuarios (estudiantes) para aumentar la base de datos sobre estos. A partir de esta información, pues, se pueden construir recomendaciones personalizadas más ajustadas a la realidad individual del estudiante.

En particular, para cada asignatura de la FIB se almacena su nombre, el curso en el que está ubicada según el plan de estudios, el número de créditos a los que corresponde, su distribución en clases de teoría, problemas y laboratorio, si es de proyecto, si es obligatoria, de especialidad (y, en este caso, a qué especialidad corresponde) u optativa, qué temas trata, las competencias transversales asociadas a esta, los horarios en los que está disponible, el número de matriculados y de aprobados del cuatrimestre anterior, ...

Se dispone además de conjuntos de temas generales, especializados y no informáticos que engloban algunas asignaturas. De entre estos, los temas especializados se relacionan entre sí según un grado de afinidad. Esta clasificación de las asignaturas en temas permite ofrecer recomendaciones adecuadas a los intereses de los alumnos.

El sistema contiene también los expedientes académicos de los alumnos, es-

estructurados según las convocatorias a las que se han presentado de cada asignatura: para cada una de estas, se almacena el cuatrimestre y el horario en el que se cursó la asignatura y la calificación final obtenida.

Además de la información contenida en el sistema, se ofrece la posibilidad de que el alumno añada información adicional sobre sus intereses y restricciones que conciernen a la elección de las asignaturas. En particular, este puede especificar un número máximo de asignaturas a mostrar, un máximo de horas de dedicación esperadas o de dedicación a prácticas esperadas, los horarios en los que puede asistir a clase, los temas de su interés, un interés en terminar la especialidad o en adquirir determinadas competencias transversales, un nivel de dificultad aceptable para las asignaturas recomendadas, ...

Sin embargo, el alumno no tiene la obligación de introducir todos estos datos. En tal caso, algunas de estas preferencias y restricciones son inferidas por el sistema a partir de los datos de los que se dispone: su expediente hasta el momento y los datos sobre las asignaturas y el sistema docente de la FIB. Es decir, en ausencia de información explícitamente proporcionada por el propio alumno, el sistema toma decisiones sobre sus preferencias y restricciones basándose en la información previa (o sea, aquella proveniente de un análisis del expediente del alumno) y del conocimiento sobre el dominio (o sea, sobre las asignaturas disponibles y sus características y relaciones con los distintos elementos del plan de estudios de la FIB).

El conocimiento inferido se estructura según unos parámetros que permiten relacionar un alumno con distintas asignaturas para determinar la recomendación final: su disponibilidad horaria, la dedicación posible, el volumen de trabajo que puede asumir, la lista de temas de su interés, la especialidad que cursa, su interés por terminarla, ...

A partir de los parámetros descritos, es posible realizar una búsqueda sobre las asignaturas disponibles y asociar a cada una de ellas un grado de afinidad con el alumno para la recomendación (es decir, un índice que estima cuán apropiada es cada asignatura para el alumno). Finalmente, una vez determinados estos, se escogen hasta un máximo de seis asignaturas (aquellas que el sistema ha señalado más adecuadas) para elaborar la recomendación final, que incluye asimismo un grado de recomendación para cada una de ellas y los motivos que han conducido al sistema a recomendar esas asignaturas.

## 2.2. Viabilidad del desarrollo

De la descripción hecha en la Subsección 2.1, se deduce que el problema tratado es esencialmente un problema de análisis: mediante el conocimiento del que se dispone sobre las asignaturas y el estudiante, se espera que el sistema evalúe su compatibilidad y, a partir de esta evaluación, clasifique las asignaturas en recomendables (con ciertos grados) o no recomendables.

Por lo tanto, este problema no dispone de una solución algorítmica directa usando los métodos clásicos, puesto que se trata de un problema complejo y altamente dependiente del conocimiento sobre sus múltiples elementos (esencialmente, las particularidades asociadas a las asignaturas y al plan de estudios de la FIB y las necesidades y preferencias de los estudiantes). Además, este conocimiento es inicialmente incompleto (por ejemplo, un estudiante no tiene por qué rellenar todos los posibles campos a tener en cuenta en la recomendación) y no hay un método exacto para establecer los grados de recomendación de las asignaturas, sino que hay que usar métodos heurísticos que aproximen los razonamientos lógicos que podría hacer una persona (y sin disponer de un conocimiento completo).

Por ende, parece una elección razonable modelar este problema como un problema de clasificación heurística, que se puede resolver con un sistema basado en el conocimiento. Este puede seguir un esquema basado en la abstracción de los datos relevantes a partir de toda la información disponible para la creación posterior de una cierta asociación de asignaturas al alumno con métodos heurísticos de razonamiento, determinando así la recomendación final.

Si bien es cierto que no se dispone de todo el conocimiento del problema, el sistema almacena los datos de los elementos principales de la solución: las asignaturas y los alumnos. Concretamente, hay toda una serie de características y relaciones que describen (en algunos casos cualitativamente) las asignaturas y las preferencias y necesidades de los alumnos, permitiendo así razonar sobre estos para obtener un cierto conocimiento (aunque este puede no ser del todo preciso ante la falta de datos en la entrada) para generar una recomendación que se ajuste el máximo posible al alumno según la información de la que se dispone.

Los razonamientos que llevan a la recomendación de asignaturas según los criterios establecidos se pueden emular usando las reglas de producción de un sistema basado en el conocimiento.

En conclusión, la implementación de un sistema basado en el conocimiento para la resolución de este problema parece factible (puesto que se dispone de todos los elementos necesarios para ello) y, por otra parte, no se conocen algoritmos

en el sentido “clásico” para tratarlo de forma exacta.

### **2.3. Fuentes de conocimiento disponibles**

En todo momento se ha asumido que el sistema basado en el conocimiento diseñado para la resolución de nuestro problema dispone del conocimiento necesario sobre las asignaturas y los alumnos. Para que esto sea cierto, pues, hace falta considerar las fuentes de conocimiento disponibles y analizar si son suficientes para obtener el conocimiento descrito.

La primera y más importante fuente de conocimiento es la FIB. Como institución encargada de ello, la FIB dispone de toda la información relativa a las asignaturas y a los planes de estudios, así como del expediente académico de sus alumnos. Se trata, pues, de una fuente fiable que ya almacena la mayor parte del conocimiento requerido de forma estructurada e, incluso, mantiene parte de ello en sitios públicos (básicamente, su página web).

Observamos, aún así, que en el caso de esta práctica no vamos a disponer de los expedientes reales de los alumnos de la facultad. Por lo tanto, para la realización de la práctica nos inventaremos algunos ejemplos de distintos tipos de expedientes para probar el funcionamiento del sistema. Sin embargo, en un caso real sí podríamos tener acceso a estos datos a través de la FIB.

La otra fuente de conocimiento importante son los propios alumnos. Estos son los únicos conocedores reales de sus circunstancias: necesidades y preferencias relativas a las asignaturas que pueden cursar. Estos datos son vitales para generar recomendaciones ajustadas a su perfil. A pesar de todo, es posible que no proporcionen toda la información al sistema, en cuyo caso se infieren algunos datos razonables a partir de la información proporcionada por la FIB.

En definitiva, estas son las fuentes más fiables de las que podemos obtener todo el conocimiento necesario para nuestro sistema.

### **2.4. Objetivos del sistema**

Definimos finalmente los objetivos clave que debe satisfacer el sistema para resolver correctamente el problema que nos planteamos.

En primer lugar, el sistema debe ser capaz de obtener las restricciones y preferencias respecto a las asignaturas del alumno mediante la formulación de preguntas a este. Sin embargo, el usuario debe poder ignorar estas preguntas y, bajo estas circunstancias, el sistema tiene que ser capaz de inferir algunas restricciones y preferencias del alumno tras un análisis de su expediente.

El objetivo fundamental del programa es, una vez recopilado este conocimiento sobre el alumno, y sumado al conocimiento que ya tiene que haber almacenado en el sistema sobre las características particulares de las asignaturas y del plan de estudios, establecer una valoración de la adecuación de las asignaturas al perfil del alumno (es decir, teniendo en cuenta sus intereses, preferencias y restricciones). Basándose en esta valoración, el programa tiene que hacer una selección final de hasta un máximo de seis asignaturas (aquellas que se han determinado “más recomendables”) para ofrecer la recomendación final al alumno.

Finalmente, el sistema tiene que presentar al alumno la recomendación de asignaturas de forma clara. En particular, el sistema debe ser capaz de mostrar, para hasta un máximo de seis asignaturas recomendadas, un grado cualitativo de recomendación (altamente recomendable o solo recomendable) y los motivos que han conducido al sistema de razonamiento a determinar la recomendación de esa asignatura (es decir, una justificación del porqué de la recomendación). Evidentemente, estas asignaturas tienen que ser válidas para que el alumno las matricule el siguiente cuatrimestre y tienen que cumplir todas las restricciones impuestas.



### **3. Conceptualización**

Hasta el momento, se ha dado una descripción detallada del problema y un breve análisis que culmina con el establecimiento de unos objetivos concretos. Así, se da paso a la fase de conceptualización. En esta fase se abstraen los conceptos clave del problema (dando lugar así a un primer esquema de la ontología que recopila el conocimiento del dominio). A su vez, estos conceptos permiten estructurar correctamente el problema en subproblemas más sencillos y desarrollar una serie de estrategias de resolución para cada uno de estos mediante razonamientos basados en el conocimiento disponible. El análisis realizado en esta fase se basa principalmente en la perspectiva que podría ofrecer un experto en el dominio.

#### **3.1. Elementos del problema**

Tal y como se ha explicado en la Subsección 2.1, los elementos de este problema se pueden clasificar en dos grandes grupos: por un lado están las asignaturas, sus características particulares y las relaciones entre ellas y con el plan de estudios; por otro lado hay los alumnos, sus expedientes y sus restricciones y preferencias en cuanto a las asignaturas que pueden cursar.

Las asignaturas se identifican con las siglas de su nombre. Para cada asignatura del grado, hay que tener una serie de datos sobre su lugar en el plan de estudios y la cantidad de trabajo asociada, así como información acerca de su contenido, para poder satisfacer las restricciones que pueda imponer el alumno y tener en cuenta en la medida de lo posible sus preferencias.

Así, se almacena para cada asignatura el curso en el que está planeada y el tipo de asignatura de que se trata: obligatoria, de especialidad u optativa. En el caso de las asignaturas de especialidad, se sabe también a qué especialidades pertenecen. Con estos datos, se puede comprobar la adecuación de la asignatura al alumno según su progreso en el plan de estudios (por ejemplo, es importante saber si un alumno todavía tiene pendientes algunas asignaturas obligatorias o si está en una determinada especialidad a la hora de recomendarle asignaturas). Como el plan de estudios obliga a los alumnos a cursar por lo menos una asignatura con el nivel tres de cada una de las competencias transversales, se tiene en cuenta qué competencias transversales y a qué nivel se desarrollan en cada asignatura: con esta información, se puede ofrecer una recomendación que permita desarrollar las competencias restantes a un alumno que esté en una fase avanzada del grado. Se considera también el número de créditos a los que corresponde cada asignatura y la distribución de esta carga de trabajo en horas de teoría, de

problemas o de laboratorio, así como el número de matriculados y el porcentaje de aprobados del cuatrimestre anterior. A partir de estos datos, se puede hacer una estimación de la dificultad y el esfuerzo que conllevan las asignaturas para ofrecer una recomendación razonable según las capacidades y limitaciones del alumno en cuestión. Otro dato importante a tener en cuenta es la disponibilidad horaria de las asignaturas (algunas se ofrecen solo en horario de mañana o de tarde), puesto que habrá que respetar las restricciones horarias del alumno.

Hay que tener en cuenta asimismo el contenido de las asignaturas para hacer una recomendación adecuada a los gustos e intereses del alumno. Para ello, se tiene una clasificación de temas genéricos, especializados y no informáticos. Algunos temas especializados están interrelacionados según su afinidad. De este modo, se conocen los temas que trata cada asignatura y se puede utilizar esta información, junto a los intereses mostrados por un alumno, para ofrecerle una recomendación de asignaturas personalizada (es decir, se intentará recomendar asignaturas que traten los temas en los que el alumno está interesado o bien temas afines a estos).

Los alumnos se identifican con su DNI. Para cada alumno, se dispone de su expediente completo en la FIB y se le pregunta acerca de o se deducen una serie de preferencias y restricciones sobre la matrícula de asignaturas con el objetivo de ofrecer una recomendación adecuada.

Concretamente, el expediente de un alumno está formado por un registro de todas las convocatorias de examen de todas las asignaturas en las que ha estado matriculado. Para cada una de estas convocatorias, se conoce la toda la información ya descrita de la asignatura a la que corresponde, en qué cuatrimestre y con qué horario se cursó la asignatura y la calificación final obtenida. A partir de estos datos se pueden inferir algunas preferencias o restricciones del alumno: por ejemplo, se puede saber si está en alguna especialidad en concreto (y, en este caso, qué asignaturas le quedan para terminarla), los temas por los que ha mostrado interés hasta el momento, qué competencias transversales tiene evaluadas, o incluso se puede obtener una estimación de la carga de trabajo que puede asumir o de su preferencia horaria particular.

Sin embargo, se dará la oportunidad al alumno de introducir sus restricciones y preferencias de forma explícita, puesto que el conocimiento obtenido de este modo es más fiable que el inferido a partir de los datos pasados y puede marcar la diferencia con recomendaciones más precisas y ajustadas al perfil del alumno.

Las restricciones son de obligado cumplimiento en las asignaturas recomendadas, mientras que las preferencias afectan al grado de recomendación pero no

son estrictamente necesarias. Se consideran restricciones y preferencias de distintos tipos. Por un lado, hay preferencias y restricciones relacionadas con la carga de trabajo: un número máximo de asignaturas a matricular, un número máximo de horas de dedicación o un número máximo de horas dedicadas a laboratorios, o bien un nivel de dificultad máximo asumible en las asignaturas. También hay preferencias y restricciones de tipo horario (es decir, el alumno puede tener una mayor disponibilidad por la mañana o por la tarde) y otras en relación al plan de estudios del grado: un nivel de interés en terminar la especialidad cursada o algunas competencias transversales que prefiera obtener. Finalmente, hay aquellas preferencias y restricciones relacionadas con los temas tratados en las asignaturas (el alumno puede preferir cursar asignaturas que traten determinados temas y, en cambio, puede querer evitar otros temas).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el usuario tiene la posibilidad de añadir todas estas preferencias y restricciones explícitamente para que el sistema de recomendación las tenga en cuenta. En caso contrario, el sistema inferirá algunas de estas (mayoritariamente en forma de preferencias) basándose en el conocimiento disponible sobre los cuatrimestres pasados (es decir, en el expediente del alumno).

### **3.2. Estructura del problema**

A fin de resolver este problema, en el que intervienen muchos elementos altamente diferenciados, es importante descomponerlo en subproblemas más simples que faciliten un tratamiento sistemático mediante razonamientos sobre el conocimiento adquirido.

La descripción de los diversos elementos del problema en la Subsección 3.1 ya sugiere una cierta estructura en subproblemas diferenciados que se pueden resolver de forma individual.

Primeramente, hay que obtener el máximo de información posible del usuario (es decir, del alumno para el que hay que generar una recomendación de asignaturas). Es decir, este subproblema consiste en consultar al usuario sobre sus preferencias y las restricciones que quiera imponer a la recomendación mediante un sistema de preguntas directas que se adapte con nuevas preguntas en función de las respuestas obtenidas (de modo que el usuario pueda ofrecer suficiente conocimiento útil respondiendo al mínimo número de preguntas posible).

En segundo lugar, se debe obtener el conocimiento faltante a partir del expediente del alumno. Es decir, hay que inferir aquellas preferencias y restricciones que el usuario ha omitido mediante un sistema de reglas de razonamiento basa-

das en su expediente pasado. Con estas dos fases, se determinan completamente las restricciones que deberán cumplir las asignaturas recomendadas y las preferencias que guiarán el proceso de selección de asignaturas.

El tercer subproblema consiste en abstraer de las restricciones y preferencias del alumno obtenidas un conjunto de características clave suficientemente descriptivas y que vengan determinadas por unos valores mucho más restringidos. Esto facilitará la calificación de la adecuación de las asignaturas al alumno (puesto que el tamaño de los datos a analizar será menor).

Tras esta abstracción, hay que asociar a cada asignatura disponible para la matrícula del alumno un cierto grado de adecuación para la recomendación, basándose en las características del alumno y las de la asignatura. Es decir, el cuarto subproblema consiste en determinar una estimación de cuán recomendables son las asignaturas usando el conocimiento abstraído anteriormente (que no será el conocimiento completo sobre el alumno, sino una simplificación de este). De hecho, en el proceso hay que recordar las razones en las que se basa esta estimación.

Finalmente, una vez calculados estos niveles de recomendación, se puede elaborar la solución final seleccionando aquellas asignaturas más idóneas (hasta un máximo de seis). En este subproblema, puede ser necesario comprobar que las asignaturas elegidas cumplen en efecto todas las restricciones impuestas (puesto que la recomendación hecha en el subproblema anterior puede haber ignorado algunos detalles y, además, algunas restricciones y preferencias pueden afectar al conjunto total de asignaturas recomendadas).

### **3.3. Proceso de resolución**

Como se ha explicado en la Subsección 3.2, el proceso de resolución del problema empieza con una recopilación de información sobre las preferencias del alumno y las restricciones que este impone en las asignaturas que se le recomendarán. A tal efecto, se formulan una serie de preguntas para determinar la carga máxima de trabajo y la dificultad de las asignaturas que el alumno está dispuesto a asumir, sus preferencias o necesidades horarias, si quiere empezar una cierta especialidad o, en caso de que ya la haya empezado, si tiene especial interés en completarla, si da especial importancia a las competencias transversales que aún no ha obtenido, cuáles temas le interesan y cuáles no para las próximas asignaturas, ... El usuario puede decidir no responder a algunas de estas preguntas, en cuyo caso se adaptarán las preguntas restantes para evitar preguntar sobre temas similares a los ignorados.

Para todas aquellas preguntas que el usuario decida ignorar, se aplicará un

proceso de inferencia basado en su expediente para obtener un conocimiento equivalente en la medida de lo posible. En particular, se observarán los patrones en la carga de trabajo y la dificultad de las asignaturas cursadas en cuatrimestres anteriores y los resultados académicos obtenidos para estimar las capacidades y la dedicación del alumno, se buscarán algunos patrones básicos en los horarios de estas asignaturas previas para deducir la disponibilidad del alumno, se evaluará su progreso en el plan de estudios del grado para determinar si le conviene cursar unas determinadas asignaturas (por ejemplo, para terminar la especialidad o bien para completar todas las competencias transversales y poder obtener el título del grado), se considerarán los temas tratados en las asignaturas que haya elegido previamente para determinar sus intereses, ...

Tras la adquisición de todo el conocimiento necesario para resolver el problema original, se procede a una abstracción de aquellas características más relevantes del alumno para simplificar la evaluación de las asignaturas recomendables. Es decir, planteamos la resolución de este problema usando las técnicas de clasificación heurística (sin embargo, con una fase de refinamiento prácticamente insignificante en comparación con el resto del problema porque la asociación heurística ya proporciona la solución).

Posteriormente, las asignaturas se filtran en función de sus características (horarios, dificultad, carga de trabajo, temas tratados, ...) con el objetivo de retirar aquellas que no cumplen alguna de las restricciones impuestas por el alumno. Finalmente, se valoran las asignaturas restantes mediante reglas heurísticas de razonamiento y se les asigna una puntuación que estima cuán recomendables son, incentivando la elección de aquellas que más se acercan a las preferencias del usuario. Durante este proceso, se pueden almacenar también los motivos que llevan al sistema a establecer las puntuaciones (es decir, las reglas que se han podido aplicar en función de las preferencias consideradas). Con esto, el problema ya está prácticamente resuelto y solo queda mostrar al usuario aquellas asignaturas con una puntuación más elevada (es decir, las más recomendables) junto a una calificación cualitativa del grado de recomendación y los motivos por los que se recomiendan. Concretamente, se eligen hasta un máximo de seis asignaturas y todas ellas deben ser mínimamente apropiadas para el perfil del alumno.

### **3.4. Algunos ejemplos del conocimiento experto**

En las secciones previas, se ha hablado de la adecuación de las asignaturas a los alumnos de forma abstracta. Sin embargo, no se han establecido de ningún modo los criterios de valoración de las asignaturas que el sistema utilizará pa-

ra generar una recomendación. A continuación, procedemos a ofrecer algunos ejemplos concretos del conocimiento experto del sistema que permite efectuar esta valoración, a parte del conocimiento objetivo sobre el plan de estudios y el expediente del alumno ya descrito.

En el problema de inferencia de conocimiento a partir del expediente, se usa implícitamente una gran cantidad de conocimiento sobre el dominio para obtener conclusiones. Por ejemplo, el sistema asume que, si un alumno ha realizado todas las asignaturas del cuatrimestre previo en un mismo horario, es porque tiene preferencia por este horario. Del mismo modo, el sistema deduce que la carga de trabajo o la dificultad de las asignaturas soportada por el alumno es similar a la de los cuatrimestres previos (por lo tanto, si el alumno ha matriculado pocas asignaturas en los cuatrimestres anteriores, es razonable ofrecer una recomendación de pocas asignaturas a matricular). También se deduce que los temas de interés del alumno son aquellos que se han tratado en las asignaturas matriculadas anteriormente (es decir, es razonable pensar que un alumno se matricula de aquellas asignaturas que le interesan).

En el problema de valoración de las asignaturas también se utiliza conocimiento experto sobre el dominio. Entre otros usos, el sistema determina la dificultad aproximada de las asignaturas en función del porcentaje de aprobados y de la nota media del último cuatrimestre (parece razonable admitir que una asignatura es fácil si la gran mayoría de los matriculados la aprueban y si la nota media es alta y que es difícil en caso contrario).

## 4. Formalización

Tras el análisis detallado de los elementos que conforman el problema y las estrategias a seguir para resolverlo de forma estructurada, es necesario representar todo este conocimiento de forma adecuada. Para ello, se trabaja desde la perspectiva de un ingeniero del conocimiento y se desarrolla una ontología y unas reglas de razonamiento precisas para resolver los distintos subproblemas que conforman el problema original. Esta formalización es esencial para la posterior implementación de un sistema basado en el conocimiento.

### 4.1. Ontología del dominio

El conocimiento adquirido para este problema se representa mediante una ontología. En esta aparecen todos los conceptos detallados en la Sección 3 y las relaciones entre ellos, puesto que debe permitir al sistema basado en el conocimiento razonar sobre ellos de forma adecuada. Para formalizarlos, deberemos pensar en una forma para representarlos y que nuestro sistema basado en el conocimiento lo entienda. A continuación, pasamos a detallar las partes principales de la ontología desarrollada.

La ontología empieza con la clase *Alumno*, cuyas instancias se podrán identificar por su atributo *id* (correspondiente al DNI del alumno). Desde un alumno podremos acceder a todo su expediente de las asignaturas a las que se ha presentado y a sus preferencias sobre cómo le gustaría que fuese su próxima elección de matrícula. Esto nos sirve para que, desde la clase *Alumno*, podamos gestionar sus preferencias y restricciones o inferirlas si es necesario y así poder escoger las mejores asignaturas para una buena recomendación. Por ello, en la ontología tenemos las clases *Expediente*, *ResPref* y *Recomendacion* asociadas a la clase *Alumno*: con el conocimiento del expediente y de las restricciones y preferencias, construiremos la recomendación. La parte de la ontología asociada al alumno y a sus conceptos asociados se muestra en la Figura 1.

El expediente único del alumno almacenará los resultados de todas las convocatorias de exámenes del alumno. Para distinguir una convocatoria usaremos la asignatura y el cuatrimestre en el que se ha presentado. Esto nos permitirá que un alumno se pueda presentar a la misma asignatura en más de una ocasión si éste la suspendiera. Se asocia, pues, la clase *Expediente* a una clase *Nota\_examen* que almacena la nota en un atributo *nota* y, a su vez, está asociada a la clase *Convocatoria*, a partir de la cual se puede recuperar el resto de la información de la convocatoria: de qué asignatura se trata y el cuatrimestre y el horario en los

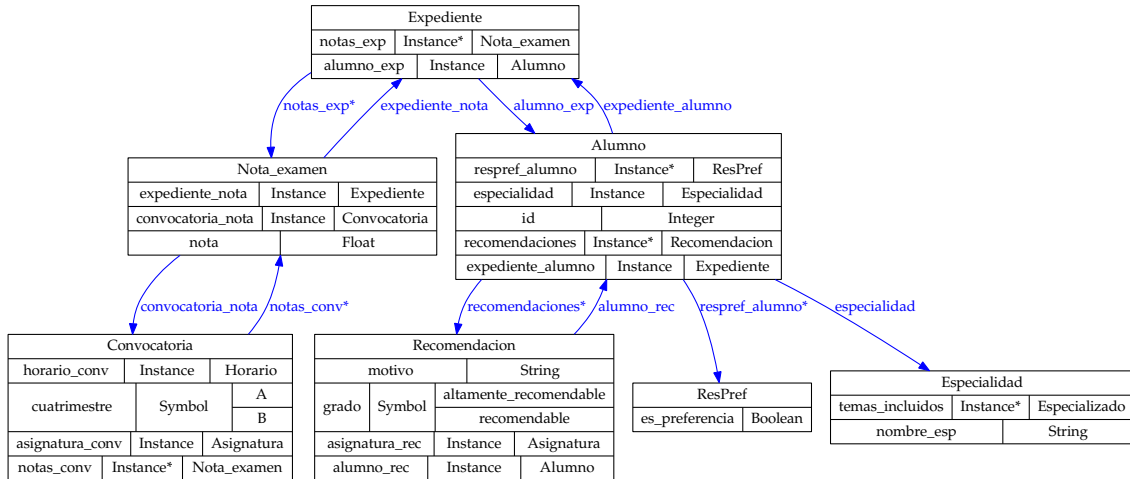


Figura 1: Representación gráfica de la parte de la ontología correspondiente a los alumnos.

que se cursó.

Las asignaturas son los conceptos que permanecerán estáticos durante toda la ejecución del sistema. El conocimiento asociado a estas no podrá ser modificado por el alumno porque es independiente de él y es algo nos proporciona la FIB. Cada asignatura consistirá en un nombre (tomaremos sus siglas para abreviar), el curso en el que aparece en el plan de estudios, su número de créditos ECTS (así como la distribución en horas de esta carga por los conceptos de teoría, problemas y laboratorio), el horario de impartición y si la asignatura consiste en un proyecto. También incluirá las estadísticas más recientes referentes al número de alumnos matriculados y el porcentaje de aprobados; y la relación de la asignatura con las competencias que desarrolla y con los temas en los que se ubica su contenido. Además, modelamos para cada asignatura las dependencias con otras asignaturas en forma de prerrequisitos (las asignaturas que se deben haber aprobado previamente a esta matrícula), correquisitos (las asignaturas que se deben haber aprobado previamente a esta matrícula o bien matricularlas conjuntamente), pre-correquisitos (las asignaturas que se deben haber matriculado previamente a esta matrícula) y orrequisitos (conjuntos de asignaturas al menos una de las cuales se debe haber aprobado previamente a esta matrícula).

Así, pues, se tiene una clase Asignatura con los atributos nombre, curso, num\_credits, horas\_teoría, horas\_prob, horas\_lab, es\_proyecto, matriculados\_ant y aprobados\_ant y relacionada con las clases Horario (de la cual habrá dos instancias: el horario de mañana y el horario de tarde), Competencia (que representa las competencias transversales) y Tema (que representa los temas tratados en la asignatura), así como cuatro relaciones prerrequisitos, correquisitos, precorrequisitos



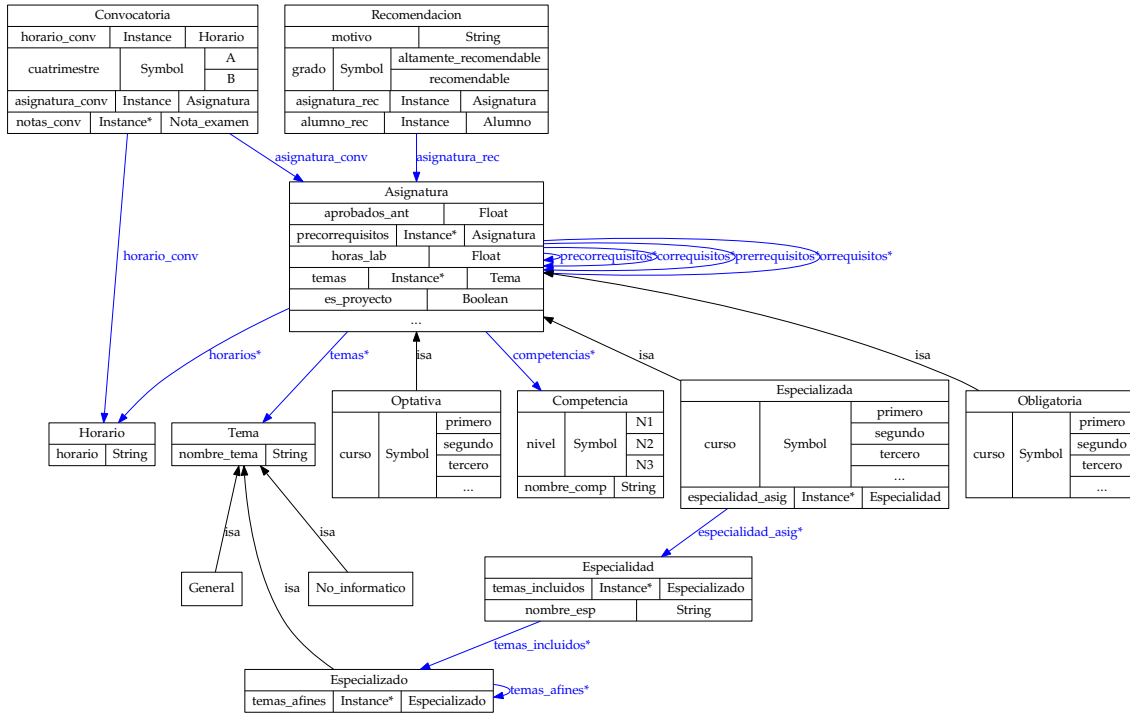


Figura 2: Representación gráfica de la parte de la ontología correspondiente a las asignaturas.

y orrequisitos consigo misma. Todos estos atributos y asociaciones son la forma de representar el contenido descrito en el párrafo anterior. Por otro lado, de la clase Asignatura se derivan tres clases que representan los diferentes tipos de asignaturas del plan de estudios: Especializada para las asignaturas de especialidad (contiene un atributo adicional que indica la especialidad a la que pertenece), Obligatoria para las asignaturas troncales y Optativa para las asignaturas de carácter opcional.

La clase Convocatoria mencionada anteriormente también está asociada con Asignatura y con Horario. La clase Tema, cuyo único atributo es nombre\_tema y sirve para identificarlo, se divide también en tres subclases: General para temas de ámbito general, Especializado para temas muy concretos y No\_informatico para temas que no tengan relación con la informática. En particular, los temas especializados pueden ser semejantes unos a otros, y esta similitud puede ser útil a la hora de generar las recomendaciones. Consecuentemente, se representa la relación temas\_afines entre instancias de Especializado. Estos temas también suelen estar asociados a una especialidad del grado, por lo que hay una relación entre Especializado y Especialidad. La parte correspondiente de la ontología se muestra en la Figura 2.

Para poder tener acceso a las preferencias y restricciones, hemos decidido

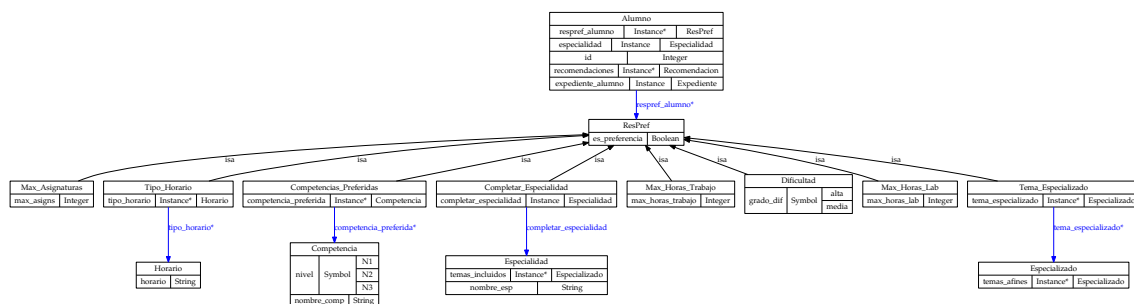


Figura 3: Representación gráfica de la parte de la ontología correspondiente a las preferencias y restricciones.

agruparlos en un solo concepto porque la información que debemos obtener es la misma para ambas, pero con un matiz distinto en su interpretación. Así, pues, creamos una clase ResPref que aglutina restricciones y preferencias con un atributo booleano es\_preferencia que nos indica si esa determinada condición se ha de cumplir siempre (es decir, se trata de una restricción) o si no es algo primordial asegurar su cumplimiento (es decir, es simplemente una preferencia). De esta clase se hereda un subconcepto para cada tipo de preferencia o restricción que modelamos para que se pueda introducir en el sistema. Concretamente, tenemos: Max\_Asignaturas, con un atributo max\_asigns que representa un número máximo de asignaturas a matricular; Max\_Horas\_Trabajo, con un atributo max\_horas\_trabajo que representa el máximo número de horas de dedicación semanales a las asignaturas matriculadas; Max\_Horas\_Lab, con un atributo max\_horas\_lab que representa el máximo número de horas de laboratorio asumibles; Dificultad, con un atributo grado\_dif que representa la dificultad de las asignaturas asumible; Tipo\_Horario, relacionada con Horario, que modela una cierta disponibilidad horaria; Competencias\_Preferidas, asociada con Competencia, que almacena las competencias transversales prioritarias para obtener; Completar\_Especialidad, relacionada con Especialidad, que representa la prioridad de completar una cierta especialidad con la matrícula; y Tema\_Especializado, relacionada con Especializado, que representa los temas de interés del alumno. De este modo, podremos tener una restricción y una preferencia de cada uno de estos subconceptos, y distinguiremos entre ellos gracias a la subclase y al booleano es\_preferencia. La Figura 3 muestra esta parte de la ontología.

Finalmente, en la Figura 4 se muestra el esquema completo de la jerarquía de la ontología anteriormente descrita.

La ontología mostrada es el resultado final de un proceso de diseño iterativo: partiendo de un modelo inicial que incluía los elementos más importantes, se han ido añadiendo los elementos y características que se han considerado necesarias

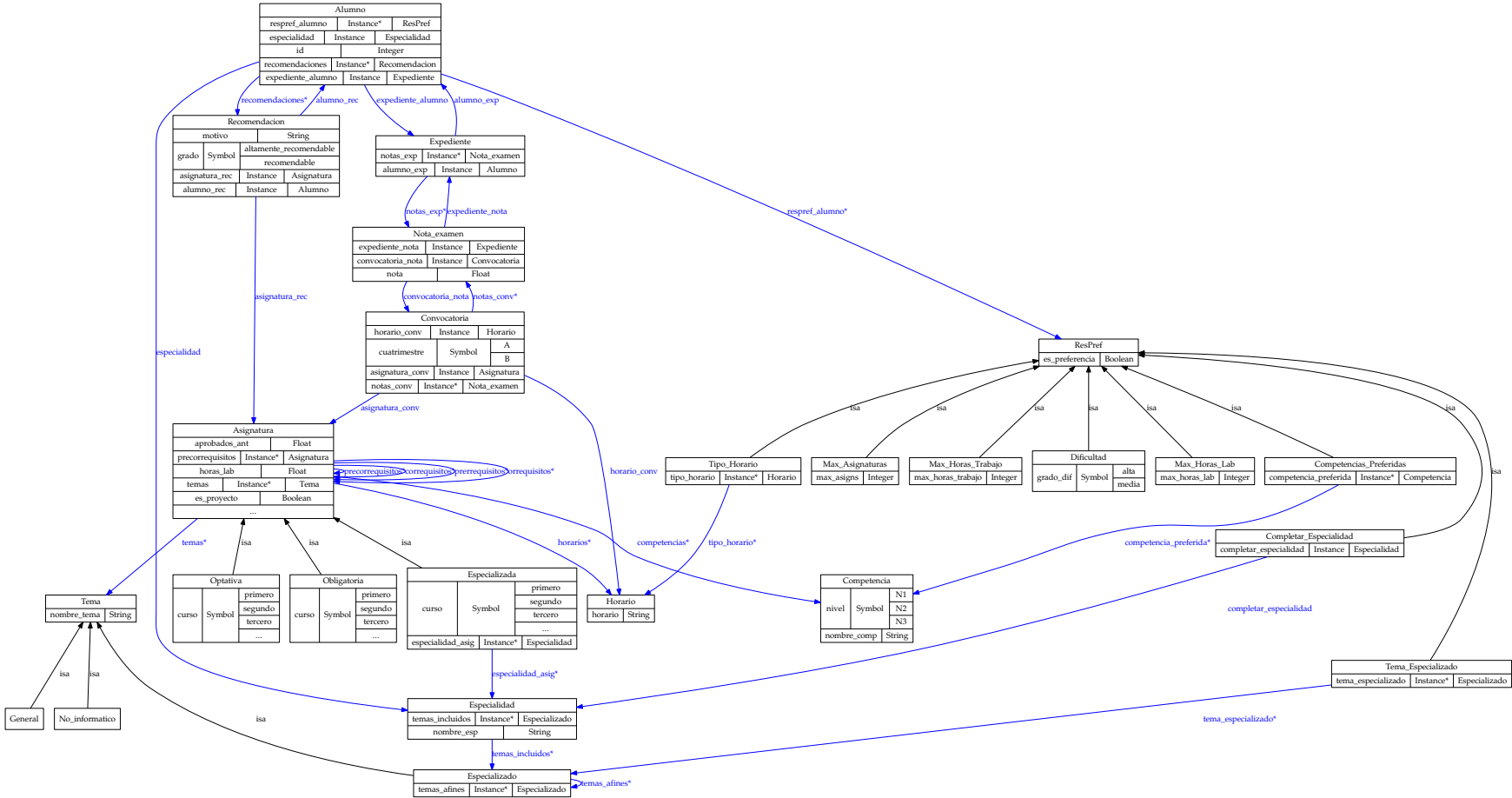


Figura 4: Representación gráfica de la ontología completa.

a lo largo del desarrollo de la práctica.

Antes de empezar con el diseño de la ontología en sí, se hizo un detallado análisis del problema (que se puede apreciar en parte de la Sección 3) para identificar los principales conceptos del dominio que resultarían importantes para la resolución del problema. Partiendo de estos, empezamos a diseñar las clases de la ontología. En esta fase, combinamos una aproximación *de arriba a abajo* (es decir, empezamos colocando los conceptos más importantes, representados por clases como Alumno o Asignatura, siguiendo con las especializaciones de estos) con una aproximación *de abajo a arriba* (para las restricciones y preferencias, empezamos con los tipos que queríamos representar y decidimos posteriormente aglutinarlas en una clase ResPref). Una vez establecidas las clases principales y su jerarquía, fuimos añadiendo los atributos que definen las características importantes de cada clase y las relaciones entre instancias de las clases, siguiendo el análisis de los requerimientos del problema para incluir precisamente aquello que consideramos necesario (puesto que, en este caso particular, no se espera reaprovechar la ontología para resolver otros problemas en el mismo dominio). Finalmente, tras completar el diseño de la ontología propiamente, añadimos las instancias de todos aquellos conceptos estrechamente relacionados con el plan de estudios del grado (asignaturas, competencias transversales, ...) y, a medida que avanzamos en el desarrollo, añadimos instancias con expedientes de alumnos ficticios para los juegos de prueba.

La primera versión de la ontología se completó en una fase muy temprana del desarrollo de la práctica. A lo largo de este desarrollo, sin embargo, la ontología ha sufrido ligeras modificaciones para adaptarse a cambios debidos a una mayor comprensión de la especificación del problema.

La información necesaria para crear las instancias de asignaturas acordes a la realidad han sido obtenidos del acta académica publicada por la FIB sobre el curso 2013–2014 (la última disponible en el momento de redacción de este documento).

## **4.2. Razonamiento para la resolución**

Una vez analizados informalmente todos los elementos que constituyen el problema y establecida una representación formal de todo el conocimiento necesario sobre el dominio (es decir, la ontología), se puede justificar formalmente que el método de resolución señalado es adecuado y detallarlo aún más.

Como se ha indicado en la Subsección 2.2, el problema al que nos enfrentamos

es un problema de análisis, en el que hay que escoger una solución de entre un conjunto finito: en particular, hay que seleccionar el subconjunto de asignaturas más adecuado para el alumno en función de sus preferencias y restricciones. Para ello, pues, el sistema debe evaluar la adecuación de cada asignatura a un estudiante teniendo en cuenta el conocimiento del que dispone sobre las asignaturas, el plan de estudios y el alumno, y así clasificar las asignaturas en recomendables o no recomendables (es decir, hay que interpretar los datos de entrada del problema para poder seleccionar una solución adecuada; esta es precisamente una caracterización de los problemas de análisis).

Además, partiendo de unos datos de entrada que proporcionan un conocimiento incompleto hay que asociar a estos una solución mediante razonamientos heurísticos. En conclusión, el método más adecuado para resolver este problema es la clasificación heurística. Para nuestro problema de recomendación la resolución consistirá en tres fases:

1. La abstracción de datos consiste en pasar de un problema concreto, la situación de nuestro alumno, a un problema abstracto, una generalización para tratar a todos los alumnos. En esta fase, pues, incluimos los subproblemas de obtención de conocimiento mediante preguntas al usuario y la inferencia del conocimiento restante a partir de su expediente. Si el alumno nos ha introducido preferencias y restricciones, la abstracción será sencilla porque ya tendremos toda la información que necesitaremos para el sistema. En caso contrario, deberemos deducir sus preferencias según su expediente mediante un sistema de reglas heurísticas (aproximaciones basadas en nuestro conocimiento del dominio). Así, en esta fase de abstracción, simplificamos todo este conocimiento concreto en un conjunto mucho más reducido (también más genérico e impreciso) que permitirá un tratamiento más eficiente para la generación de soluciones. Esta última parte se corresponde con el subproblema de abstracción de características clave.
2. La asociación heurística consiste en pasar de un problema abstracto a una solución abstracta. En esta fase se quiere obtener una posible solución que normalmente ha funcionado para un mismo patrón de estudiantes y del que se genera una serie de recomendaciones de asignaturas según si son altamente recomendables o solo recomendables. Más específicamente, en esta fase se usan una serie de reglas de razonamiento deductivo. Estas reglas, a partir del conocimiento simplificado de la situación del alumno obtenido en la fase previa, califican la adecuación de cada asignatura al alumno de

un modo que puede no ser totalmente preciso (puesto que se han omitido detalles para conseguir un método de resolución más eficiente). Por otro lado, se mantiene un registro con las reglas que se han podido aplicar para cada asignatura: este registro constituye un resumen de los motivos que llevan a la calificación final. En esta fase, pues, se incluye el subproblema de evaluación del grado de recomendación.

3. El refinamiento y la adaptación consisten en pasar de una solución abstracta a una solución concreta. De este modo, podremos pasar de una solución con distintas recomendaciones, que nos encajaría con el mismo tipo de estudiante, a nuestro alumno. En nuestro caso particular, escogeremos hasta un máximo de seis asignaturas entre todas las recomendadas por el sistema según los datos concretos del alumno para poder depurar mejor la recomendación. Concretamente, en esta fase se seleccionan las asignaturas que se mostrarán al usuario junto a los motivos por los cuales se recomiendan. Además, se garantiza (esta vez teniendo en cuenta todo el conocimiento concreto que se tiene del alumno) que la recomendación final cumple todas las restricciones requeridas. Esta fase, pues, corresponde al último de los subproblemas establecidos.

A continuación, detallamos el proceso de razonamiento seguido por el sistema basado en el conocimiento para resolver cada uno de los subproblemas explicados en la Subsección 3.2. Es decir, ofrecemos una descripción a alto nivel de las reglas de deducción que permiten al sistema encontrar una solución.

En el primer subproblema, la obtención de datos del usuario, no hay ningún tipo de razonamiento propiamente. Esta parte del sistema se limita a mostrar al usuario un conjunto de preguntas sobre sus preferencias y restricciones, ofreciendo la información necesaria sobre el formato de las respuestas esperado, y a almacenar apropiadamente el conocimiento obtenido a partir de las respuestas del usuario.

El segundo subproblema trata de inferir, a partir del expediente, todo aquel conocimiento acerca de las preferencias del alumno que no ha sido proporcionado explícitamente por este. Notamos que solo se infieren preferencias, puesto que no es posible conocer con certeza si las tendencias observadas en el expediente son debidas a alguna restricción estricta o no, si bien se puede asumir que es mejor que estas tendencias sigan cumpliéndose dentro de lo posible y, por ello, se expresan en forma de preferencias del alumno, con lo cual no se eliminan posibles soluciones. Es decir, este conocimiento inferido simplemente guiará

la recomendación hacia soluciones parecidas a las matrículas del alumno en los cuatrimestres anteriores.

En particular, se infiere que es preferible restringir el número máximo de asignaturas a matricular, la cantidad máxima de horas de dedicación y la cantidad máxima de horas destinadas a prácticas de laboratorio a las medias por cuatrimestre de asignaturas matriculadas, cargas de trabajo (en horas) asumidas y prácticas de laboratorio, respectivamente. Si el último cuatrimestre el alumno cursó todas las asignaturas en un mismo horario, se asume que ese es su horario preferido. Asimismo, si el alumno ya está cursando una especialidad del grado y, de hecho, ya le quedan muy pocas asignaturas para completarla, se infiere que es prioritario terminarla. En cuanto a las competencias transversales, se asume que el alumno da prioridad a aquellas que se desarrollan en las asignaturas que ha cursado hasta el momento. Del mismo modo, se infiere que el alumno está interesado en aquellos temas especializados tratados en las asignaturas que ha cursado previamente. Finalmente, un análisis más detallado del expediente del alumno permite estimar la capacidad de este para asumir asignaturas más o menos difíciles. Concretamente, se comprueba si el alumno ha aprobado a la primera todas las asignaturas consideradas fáciles (donde se determina que una asignatura es fácil si la gran mayoría de la gente que se matricula la aprueba) y, en ese caso, si ha obtenido una calificación de al menos cuatro puntos en las asignaturas difíciles cursadas.

El tercer subproblema consiste en simplificar los datos de los que disponemos mediante descripciones cualitativas que permitirán realizar la recomendación de forma más eficiente y sencilla, puesto que se reduce el número de factores a tener en cuenta. Es decir, para cada restricción o preferencia disponible, se evalúan los parámetros que la caracterizan y, según unos rangos, se sustituyen por valores más genéricos (con un dominio mucho más reducido).

En particular, el volumen de trabajo asumible se califica como *alto*, *medio* o *bajo* según si el número máximo de asignaturas a matricular es superior a cinco, entre tres y cuatro o como mucho dos, respectivamente. Similarmente, el número de horas de dedicación semanales se divide en *alto*, *medio* y *bajo*. El resto de conocimiento del problema, como por ejemplo la dificultad asumible, la especialidad que se cursa y si es importante completarla, la disponibilidad horaria o los temas de interés, no se abstrae: se trata de parámetros que no se pueden agrupar de forma más general y que son necesarios de esta forma para el proceso de asociación posterior.

En el subproblema de asociación, esencialmente se comprueban algunas res-

tricciones por asignatura y se calcula qué preferencias satisface cada asignatura. Esto permite, de entre las asignaturas que cumplen todas las restricciones satisfechas, establecer un orden de prioridad en la recomendación según la cantidad de preferencias cumplidas. Además, estas preferencias conforman los motivos que se ofrecerán al alumno para la recomendación. Sin embargo, algunas de las restricciones conciernen a todo el conjunto de asignaturas recomendadas (por ejemplo, el número máximo de asignaturas a matricular) y, por ello, no se tratan en esta fase, sino que se aseguran en el refinamiento final.

Concretamente, para cada asignatura se registra si está disponible en el horario preferido, si tiene la dificultad adecuada, si es de la especialidad que el alumno desea completar (en caso de que este desee completar la especialidad cursada), si trata algunos de los temas de interés del alumno o si desarrolla alguna de las competencias transversales preferidas. Se calcula también cuántas restricciones satisface cada asignatura para la criba de aquellas que no las cumplen todas. Asimismo, entre las restricciones comprobadas en esta fase, se analiza qué asignaturas están disponibles para el alumno; es decir, cuáles son las asignaturas que aún no ha cursado y que está en disposición de cursar porque ya ha completado el número de créditos necesarios (por ejemplo, un alumno no puede empezar la especialidad ni matricularse de asignaturas optativas hasta que no ha completado una cantidad mínima de créditos) y cumple todos sus requisitos, precorequisitos y orrequisitos (se trata, de hecho, de un tipo de restricciones implícitas dadas por el plan de estudios).

El último subproblema consiste en generar la recomendación final y mostrarla al usuario. En este paso, además, hay que refinar las soluciones que se obtendrían directamente del subproblema anterior, puesto que algunas restricciones y preferencias no han podido ser comprobadas correctamente con el conocimiento simplificado de la abstracción o bien conciernen a todo el conjunto de asignaturas a recomendar.

En esta parte, pues, se tratan las restricciones y preferencias relacionadas con la carga de trabajo permitida (puesto que es necesario conocer los valores exactos introducidos por el alumno): la cantidad máxima de asignaturas a matricular, el número de horas de dedicación semanales y el número de horas en prácticas de laboratorio. En esta parte también se comprueba la compleción de la especialidad (si procede) y el cumplimiento de los correquisitos de las asignaturas recomendadas. Teniendo en cuenta toda esta información concreta, se genera la recomendación final, constituida por un máximo de seis asignaturas que se adecúan en la medida de lo posible a las preferencias del alumno. Es decir, se intenta



que se cumpla el máximo número posible de preferencias. Además, se asegura la satisfacción de todas las restricciones en esta recomendación. En caso de que sea imposible ofrecer una recomendación con todas las restricciones impuestas, se advierte al alumno de ello.

## 5. Implementación

En la Sección 4, se ha descrito de forma detallada la versión final del sistema basado en el conocimiento que resuelve este problema y que se encuentra implementado en el código adjunto a este documento. En esta sección, pues, se describen las distintas fases del proceso de implementación.

Para implementar el sistema, se ha optado por una metodología de prototipado rápido incremental. Esta metodología consiste en la realización de prototipos funcionales en los que se van añadiendo funcionalidades del sistema final. Es decir, partiendo de un sistema básico de funcionalidad muy limitada, se han ido añadiendo elementos a tener en cuenta en el proceso de resolución hasta llegar al sistema final ya descrito. Con este método, pues, hemos podido tener un sistema funcional desde una fase temprana del desarrollo y que se ha podido probar a medida que se expandía con nuevas características. Además, esto ha facilitado las mejoras basadas en los resultados obtenidos con distintos juegos de prueba. En alguna de estas fases de expansión, ha sido necesario hacer alguna modificación menor de la ontología, como ya se ha explicado en la Subsección 4.1. Aun así, el esmero en obtener una especificación correcta de los elementos del dominio ha permitido desarrollar sin problemas el sistema basado en la ontología desarrollada esencialmente durante las primeras semanas.

Inicialmente, se desarrolló un primer prototipo que sirvió para evaluar el funcionamiento y las posibilidades del lenguaje CLIPS. Esta primera versión constaba de dos módulos simples de funcionalidad reducida. El primero de ellos constaba de funciones para hacer preguntas al usuario sobre algunas de sus preferencias y restricciones y añadir las respuestas obtenidas al sistema en forma de hechos estructurados con `def templates`. El segundo módulo generaba una recomendación prácticamente aleatoria, sin tener en cuenta de ninguna manera las preferencias o restricciones del alumno, simplemente elegía hasta seis asignaturas que no se hubiesen cursado anteriormente. Esto sirvió para aprender a navegar en las reglas de CLIPS entre los diferentes conceptos representados en la ontología.

Un segundo prototipo añadió el tratamiento de algunas preferencias y restricciones en la generación de la recomendación. En particular, se añadió un módulo para la fase de abstracción y otro módulo para la fase de asociación (fases explicadas en la Subsección 4.2). En esta versión, sin embargo, solo se trataban las restricciones y preferencias de horario y de la especialidad cursada (en caso de que se introdujesen explícitamente como respuestas a las preguntas del sistema, ya que no había inferencia a partir del expediente todavía), puesto que eran las más sencillas de evaluar. Por lo tanto, el último módulo del primer prototipo se

modificó para que eligiese asignaturas que cumplieran estas restricciones y preferencias (dentro de lo posible) y lo mostrase explícitamente (es decir, que diese una breve descripción de los motivos de la elección).

En el tercer prototipo, se expandió el conjunto de restricciones y preferencias que el sistema era capaz de tener en cuenta en la recomendación. Así, el módulo de preguntas se mejoró con la inclusión de algunas preguntas adicionales para poder obtener más información del alumno. Asimismo, se añadieron las reglas pertinentes a los módulos de abstracción y de asociación para poder determinar qué restricciones y preferencias cumplían las distintas asignaturas a recomendar. En esta fase, ya se trataban todas las restricciones y preferencias descritas en la Subsección 4.2 exceptuando las del refinamiento final. Por ello, el último módulo también se adaptó para recomendar aquellas asignaturas que cumplían todas estas restricciones y el mayor número posible de preferencias, detallando los motivos de la elección.

El cuarto prototipo supuso un gran avance hacia la versión final. En este prototipo, se añadieron un módulo de inferencia de preferencias a partir del expediente del alumno, así como un módulo de refinamiento de soluciones. El módulo de inferencia contiene las reglas que crean hechos para expresar preferencias del alumno que no ha introducido explícitamente y que se deducen de su expediente. Por otro lado, el módulo de refinamiento incluye el tratamiento de las restricciones y preferencias que conciernen a la recomendación final o que requieren de conocimiento concreto, como se explica en la Subsección 4.2.

Finalmente, a partir de este último prototipo, se construyó la versión final del sistema. Esta versión final incluyó ligeras mejoras en las reglas y en su estructura. Asimismo, se mejoró el módulo de selección de las asignaturas a recomendar para tener en cuenta todas las restricciones y preferencias. También se modificó el sistema de preguntas al usuario para hacerlo más “amigable” y se expresó la salida (es decir, la recomendación final de asignaturas) de forma más ordenada y detallada. La estructura en módulos del programa final se asemeja a la división en subproblemas explicada en Subsección 3.2. Para obtener una descripción más detallada de las reglas implementadas, se puede consultar el código fuente, donde las reglas tienen un nombre bastante descriptivo y están debidamente comentadas.

## 6. Prueba

Finalmente, tras la implementación del sistema basado en el conocimiento que resuelve el problema de recomendación de asignaturas, solamente queda comprobar y estudiar las soluciones obtenidas para instancias concretas del problema. Así, a continuación se muestran y analizan los resultados logrados mediante algunos juegos de prueba representativos.

Los juegos de prueba seleccionados pretenden emular las distintas situaciones en las que se pueden encontrar los alumnos de la FIB. Concretamente, se han planteado tres casos de alumnos que se encuentran en distintas fases del plan de estudios y que prácticamente no tienen restricciones ni preferencias muy estrictas (estos casos deberían resultar relativamente sencillos de resolver para el programa) y tres casos más complicados de alumnos con algunas circunstancias más excepcionales (estos casos deberían ser más difíciles de resolver, puesto que hay más factores a tener en cuenta, y deberían servir para evaluar la capacidad del sistema desarrollado para ofrecer recomendaciones adecuadas).

### 6.1. Primer juego de pruebas

El primer sujeto de prueba es alguien que acaba de iniciar sus estudios en la FIB. Debido a la dificultad inicial para adaptarse a la universidad, esta persona ha suspendido la mitad de las asignaturas del primer cuatrimestre y busca una recomendación sobre las asignaturas que debería matricular para el segundo cuatrimestre. Esta persona se dedica exclusivamente a sus estudios universitarios, por lo cual no presenta ningún tipo de restricción ni preferencia explícita: prefiere que el sistema evalúe las opciones más convenientes.

Dadas las circunstancias de esta persona, el sistema debería ofrecer una recomendación en la que se incluyan las dos asignaturas suspendidas del primer cuatrimestre (puesto que la opción más sensata es recuperarlas cuanto antes mejor, aprovechando los conocimientos que se hayan podido adquirir a pesar del suspenso y reforzándolos) y probablemente una o dos asignaturas del segundo cuatrimestre (de forma que se cumplan los requisitos del plan de estudios).

Así, con este juego de pruebas se pretende comprobar si el sistema razona correctamente dando prioridad a las asignaturas que ya se han matriculado previamente y se han suspendido.

1	=====	
2	= Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB =	

```

3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 111
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
  sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manyana
    tarde cualquiera] (opcional) -
14 >> Que especialidad desea matricular? (opcional)
15     (1) Tecnologias de la informacion
16     (2) Sistemas de informacion
17     (3) Ingenieria del software
18     (4) Ingenieria de computadores
19     (5) Computacion
20 Indique un numero [1, 5] -
21 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
22     (1) Logica
23     (2) Geometria computacional
24     (3) Tratamiento de datos
25     (4) Investigacion operativa
26     (5) Graficos
27     (6) Lenguajes de programacion
28     (7) Calculo numerico
29     (8) Inteligencia artificial
30     (9) Videojuegos
31     (10) Tratamiento de imagenes
32     (11) Targetas graficas
33     (12) Software libre
34     (13) Robotica
35     (14) Criptografia
36     (15) Aplicaciones mobiles
37     (16) Seguridad

```

38 (17) Protocolos  
 39 (18) Aplicaciones web  
 40 (19) Procesadores  
 41 (20) Sistemas operativos  
 42 (21) Disenyo de algoritmos  
 43 (22) Sistemas de informacion  
 44 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -  
 45 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)  
 46 (1) Actitud frente al trabajo  
 47 (2) Aprendizaje autonomo  
 48 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita  
 49 (4) Emprendeduria e innovacion  
 50 (5) Razonamiento  
 51 (6) Sostenibilidad y compromiso social  
 52 (7) Tercera lengua  
 53 (8) Trabajo en equipo  
 54 (9) Uso solvente de los recursos de informacion  
 55 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -  
 56  
 57 Introduccion de RESTRICCIONES  
 58 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]  
 (opcional) -  
 59 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?  
 [0, 50] (opcional) -  
 60 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas  
 semanales? [0, 50] (opcional) -  
 61 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana  
 tarde cualquiera] (opcional) -  
 62 >> Que especialidad desea matricular? (opcional)  
 63 (1) Tecnologias de la informacion  
 64 (2) Sistemas de informacion  
 65 (3) Ingenieria del software  
 66 (4) Ingenieria de computadores  
 67 (5) Computacion  
 68 Indique un numero [1, 5] -  
 69 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)  
 70 (1) Logica  
 71 (2) Geometria computacional  
 72 (3) Tratamiento de datos  
 73 (4) Investigacion operativa

74 (5) Graficos  
 75 (6) Lenguajes de programacion  
 76 (7) Calculo numerico  
 77 (8) Inteligencia artificial  
 78 (9) Videojuegos  
 79 (10) Tratamiento de imagenes  
 80 (11) Targetas graficas  
 81 (12) Software libre  
 82 (13) Robotica  
 83 (14) Criptografia  
 84 (15) Aplicaciones mobiles  
 85 (16) Seguridad  
 86 (17) Protocolos  
 87 (18) Aplicaciones web  
 88 (19) Procesadores  
 89 (20) Sistemas operativos  
 90 (21) Disenyo de algoritmos  
 91 (22) Sistemas de informacion  
 92 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -  
 93 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)  
 94 (1) Actitud frente al trabajo  
 95 (2) Aprendizaje autonomo  
 96 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita  
 97 (4) Emprendeduria e innovacion  
 98 (5) Razonamiento  
 99 (6) Sostenibilidad y compromiso social  
 100 (7) Tercera lengua  
 101 (8) Trabajo en equipo  
 102 (9) Uso solvente de los recursos de informacion  
 103 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -  
 104  
 105 =====  
 106 = Inferencia =  
 107 =====  
 108  
 109 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:  
 110 \* Curso: 1  
 111 \* Dificultad: Facil  
 112 \* Competencias: Razonamiento, Aprendizaje autonomo,  
 Comunicacion eficaz oral y escrita, Uso solvente de los

```

recursos de informacion
113 * No se puede inferir una especialidad
114 * Num max asignaturas: 4
115 * Max horas dedicacion semanal: 25.27 h
116 * Max horas lab/prob semanal: 9.0 h
117 * Temas: Matematicas, Programacion, Fisica, Arquitectura de
    computadores
118 * Tipo de horario: Manyana
119
120 =====
121 =                      Recomendacion                      =
122 =====
123
124 La recomendacion del sistema consta de 4 asignaturas (cumple
    preferencia),
125 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:
126 * Horas de dedicacion autonoma: 25.55 h (no cumple la
    preferencia)
127 * Horas de laboratorio/problemas: 8.11 h (cumple la
    preferencia)
128
129
130 IC (altamente-recomendable):
131 * Asignatura suspendida
132 * Sigue plan de estudios: curso 1
133 * Dificultad: Facil
134 * Tipo de Horario: Manyana
135 * Temas: Arquitectura de computadores
136 * Competencias: Uso solvente de los recursos de informacion
    nivel 1
137
138 PR01 (altamente-recomendable):
139 * Asignatura suspendida
140 * Sigue plan de estudios: curso 1
141 * Tipo de Horario: Manyana
142 * Temas: Programacion
143 * Competencias: Aprendizaje autonomo nivel 1
144
145 M2 (recomendable):
146 * Sigue plan de estudios: curso 1

```



```
147 * Tipo de Horario: Manyana
148 * Temas: Matematicas
149 * Competencias: Aprendizaje autonomo nivel 1
150
151 M1 (recomendable):
152 * Sigue plan de estudios: curso 1
153 * Tipo de Horario: Manyana
154 * Temas: Matematicas
155
156 El sistema tambien encontro las siguientes asignaturas para
    recomendar:
157 EC, PR02, EEE
```

Texto 1: Salida original del primer juego de pruebas.

En el Texto 1 se muestra la salida original del programa con este ejemplo de prueba. Se observa que, en este caso tan simple, el sistema ofrece exactamente la recomendación esperada (e incluso es capaz de distinguir que las asignaturas repetidas son altamente recomendables, en contraposición con las del segundo cuatrimestre, que son solo recomendables). Se observa también que las asignaturas del segundo cuatrimestre recomendadas son las de matemáticas (porque el alumno ya ha aprobado la asignatura de matemáticas del primer cuatrimestre); es decir, las continuaciones naturales de las asignaturas suspendidas han tenido menos prioridad para el sistema de recomendación, como cabría esperar.

En conclusión, para este caso sencillo el sistema ofrece una recomendación que nos parece muy acertada, teniendo en cuenta nuestro conocimiento del dominio.

## 6.2. Segundo juego de pruebas

Este segundo caso de prueba se centra en una persona que ha superado todas las asignaturas del primer curso siguiendo el plan de estudios propuesto por la FIB. Se trata también de una persona con dedicación completa a sus estudios universitarios y que, por lo tanto, no impone restricciones sobre la recomendación ni tiene ninguna preferencia particular.

Por lo tanto, parece que lo más razonable sería que el sistema recomendase que el alumno se matriculara de todas las asignaturas del tercer cuatrimestre según el plan de estudios (ya que el alumno parece tener capacidad y disponibilidad suficiente para asumir esta carga de trabajo y aún no se encuentra en

disposición de elegir asignaturas de especialidad u optativas).

El objetivo de este segundo juego de pruebas es, pues, determinar si el sistema es capaz de ofrecer la recomendación “obvia” en un caso simple, teniendo en cuenta su conocimiento sobre la estructura del plan de estudios propuesto por la FIB.

```
1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 222
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
7 sus
8 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
9
10 Introduccion de PREFERENCIAS
11 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
12     (opcional) -
13 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
14     [0, 50] (opcional) -
15 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
16     semanales? [0, 50] (opcional) -
17 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manyana
18     tarde cualquiera] (opcional) -
19 >> Que especialidad desea matricular? (opcional)
20     (1) Tecnologias de la informacion
21     (2) Sistemas de informacion
22     (3) Ingenieria del software
23     (4) Ingenieria de computadores
24     (5) Computacion
25 Indique un numero [1, 5] -
26 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
27     (1) Logica
28     (2) Geometria computacional
29     (3) Tratamiento de datos
30     (4) Investigacion operativa
31     (5) Graficos
32     (6) Lenguajes de programacion
33     (7) Calculo numerico
```

29 (8) Inteligencia artificial  
 30 (9) Videojuegos  
 31 (10) Tratamiento de imagenes  
 32 (11) Targetas graficas  
 33 (12) Software libre  
 34 (13) Robotica  
 35 (14) Criptografia  
 36 (15) Aplicaciones mobiles  
 37 (16) Seguridad  
 38 (17) Protocolos  
 39 (18) Aplicaciones web  
 40 (19) Procesadores  
 41 (20) Sistemas operativos  
 42 (21) Disenyo de algoritmos  
 43 (22) Sistemas de informacion  
 44 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -  
 45 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)  
 46 (1) Actitud frente al trabajo  
 47 (2) Aprendizaje autonomo  
 48 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita  
 49 (4) Emprendeduria e innovacion  
 50 (5) Razonamiento  
 51 (6) Sostenibilidad y compromiso social  
 52 (7) Tercera lengua  
 53 (8) Trabajo en equipo  
 54 (9) Uso solvente de los recursos de informacion  
 55 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -  
 56  
 57 Introduccion de RESTRICCIONES  
 58 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]  
 (opcional) -  
 59 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?  
 [0, 50] (opcional) -  
 60 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas  
 semanales? [0, 50] (opcional) -  
 61 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manayana  
 tarde cualquiera] (opcional) -  
 62 >> Que especialidad desea matricular? (opcional)  
 63 (1) Tecnologias de la informacion  
 64 (2) Sistemas de informacion

```

65 (3) Ingenieria del software
66 (4) Ingenieria de computadores
67 (5) Computacion
68 Indique un numero [1, 5] -
69 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
70 (1) Logica
71 (2) Geometria computacional
72 (3) Tratamiento de datos
73 (4) Investigacion operativa
74 (5) Graficos
75 (6) Lenguajes de programacion
76 (7) Calculo numerico
77 (8) Inteligencia artificial
78 (9) Videojuegos
79 (10) Tratamiento de imagenes
80 (11) Targetas graficas
81 (12) Software libre
82 (13) Robotica
83 (14) Criptografia
84 (15) Aplicaciones mobiles
85 (16) Seguridad
86 (17) Protocolos
87 (18) Aplicaciones web
88 (19) Procesadores
89 (20) Sistemas operativos
90 (21) Diseno de algoritmos
91 (22) Sistemas de informacion
92 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
93 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
94 (1) Actitud frente al trabajo
95 (2) Aprendizaje autonomo
96 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
97 (4) Emprendeduria e innovacion
98 (5) Razonamiento
99 (6) Sostenibilidad y compromiso social
100 (7) Tercera lengua
101 (8) Trabajo en equipo
102 (9) Uso solvente de los recursos de informacion
103 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
104

```

```

105 =====
106 =                               Inferencia                               =
107 =====
108
109 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
110 * Curso: 1
111 * Dificultad: Dificil
112 * Competencias: Razonamiento, Aprendizaje autonomo, Uso
    solvente de los recursos de informacion, Comunicacion
    eficaz oral y escrita, Sostenibilidad y compromiso social,
    Trabajo en equipo
113 * No se puede inferir una especialidad
114 * Num max asignaturas: 4
115 * Max horas dedicacion semanal: 25.41 h
116 * Max horas lab/prob semanal: 8.26 h
117 * Temas: Matematicas, Programacion, Arquitectura de
    computadores, Fisica
118 * Tipo de horario: Tarde
119
120 =====
121 =                               Recomendacion                               =
122 =====
123
124 La recomendacion del sistema consta de 4 asignaturas (cumple
    preferencia),
125 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:
126 * Horas de dedicacion autonoma: 21.22 h (cumple la
    preferencia)
127 * Horas de laboratorio/problemas: 7.44 h (cumple la
    preferencia)
128
129
130 SO (altamente-recomendable):
131 * Sigue plan de estudios: curso 2
132 * Dificultad: Facil
133 * Tipo de Horario: Tarde
134 * Temas: Arquitectura de computadores, Programacion
135
136 PE (altamente-recomendable):
137 * Sigue plan de estudios: curso 2

```

```

138 * Dificultad: Facil
139 * Tipo de Horario: Tarde
140 * Temas: Matematicas
141 * Competencias: Razonamiento nivel 2
142
143 EDA (recomendable):
144 * Sigue plan de estudios: curso 2
145 * Tipo de Horario: Tarde
146 * Temas: Programacion
147 * Competencias: Uso solvente de los recursos de informacion
    nivel 2
148
149 BD (recomendable):
150 * Sigue plan de estudios: curso 2
151 * Dificultad: Facil
152 * Tipo de Horario: Tarde
153
154 El sistema tambien encontro las siguientes asignaturas para
    recomendar:
155 EEE, CI, TGA, ROB, SLDS, ASMI, DCS, CDI

```

#### Texto 2: Salida original del segundo juego de pruebas.

El Texto 2 muestra la salida original del programa con este caso particular. Otra vez, la recomendación obtenida se asemeja mucho a lo esperado desde nuestro punto de vista de expertos en el dominio. Concretamente, se recomiendan cuatro de las cinco asignaturas del tercer cuatrimestre del grado. En particular, de estas, se recomiendan las más parecidas a las del primer curso, es decir, las continuaciones de estas (puesto que es mejor hacerlas cuanto antes, cuando los conocimientos todavía son recientes para aumentarlos y reforzarlos).

La única diferencia es que solamente se han recomendado cuatro asignaturas (y no las cinco disponibles en este cuatrimestre) debido al proceso de inferencia: como el alumno no ha especificado un número máximo de asignaturas a cursar, el sistema ha deducido que el alumno prefiere cursar cuatro asignaturas por cuatrimestre, puesto que es precisamente lo que ha hecho en los dos cuatrimestres previos. Se podría discutir que, en este caso, sería mejor recomendar las cinco asignaturas (ya que las asignaturas de segundo curso tienen menos créditos), pero como el alumno no ha sacado notas muy altas hasta el momento (a pesar de haber aprobado todas las asignaturas), el sistema concluye que es mejor recomen-

dar esas cuatro asignaturas.

En definitiva, en este caso también se ha obtenido una recomendación adecuada a la situación del alumno; de hecho, la recomendación del sistema es prácticamente la misma que hubiésemos ofrecido como expertos en el dominio.

### 6.3. Tercer juego de pruebas

El tercer juego de pruebas es esencialmente la continuación natural del anterior. En este caso, se considera una persona que ha seguido bastante fielmente el plan de estudios propuesto por la FIB, aprobando todas las asignaturas en su primera convocatoria gracias a su dedicación exclusiva a la universidad. Esta persona ha completado todas las asignaturas obligatorias excepto una y ya ha cursado tres asignaturas de la especialidad de computación. Como en los casos anteriores, esta persona no ofrece restricciones ni preferencias de forma explícita y deja esta tarea para el sistema de recomendación.

Teniendo en cuenta las asignaturas cursadas previamente, se espera que el sistema ofrezca una recomendación compuesta mayoritariamente por asignaturas de la especialidad de computación (por la que el alumno en cuestión ya ha demostrado interés). También sería lógico recomendar la asignatura obligatoria que le queda o, incluso, alguna optativa que guarde cierta relación con las asignaturas de la especialidad cursadas (si el sistema es capaz de inferir algún tema de particular interés a partir de estas).

Con esta entrada, pues, se pretende comprobar el tratamiento que el sistema construido es capaz de dar a los distintos tipos de asignatura (en particular, a las asignaturas de una especialidad concreta y a las optativas). Además, el hecho de incluir asignaturas de especialidad en este caso añade otro factor a tener en cuenta por el sistema: los temas de interés del alumno.

```
1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 333
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
   sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
```

```

10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana
    tarde cualquiera] (opcional) -
14 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
16 (1) Logica
17 (2) Geometria computacional
18 (3) Tratamiento de datos
19 (4) Investigacion operativa
20 (5) Graficos
21 (6) Lenguajes de programacion
22 (7) Calculo numerico
23 (8) Inteligencia artificial
24 (9) Videojuegos
25 (10) Tratamiento de imagenes
26 (11) Targetas graficas
27 (12) Software libre
28 (13) Robotica
29 (14) Criptografia
30 (15) Aplicaciones mobiles
31 (16) Seguridad
32 (17) Protocolos
33 (18) Aplicaciones web
34 (19) Procesadores
35 (20) Sistemas operativos
36 (21) Diseno de algoritmos
37 (22) Sistemas de informacion
38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
40 (1) Actitud frente al trabajo
41 (2) Aprendizaje autonomo
42 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
43 (4) Emprendeduria e innovacion
44 (5) Razonamiento

```



```

45 (6) Sostenibilidad y compromiso social
46 (7) Tercera lengua
47 (8) Trabajo en equipo
48 (9) Uso solvente de los recursos de informacion
49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
50
51 Introduccion de RESTRICCIONES
52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana
    tarde cualquiera] (opcional) -
56 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
58 (1) Logica
59 (2) Geometria computacional
60 (3) Tratamiento de datos
61 (4) Investigacion operativa
62 (5) Graficos
63 (6) Lenguajes de programacion
64 (7) Calculo numerico
65 (8) Inteligencia artificial
66 (9) Videojuegos
67 (10) Tratamiento de imagenes
68 (11) Targetas graficas
69 (12) Software libre
70 (13) Robotica
71 (14) Criptografia
72 (15) Aplicaciones mobiles
73 (16) Seguridad
74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Disenyo de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion

```

```

80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82   (1) Actitud frente al trabajo
83   (2) Aprendizaje autonomo
84   (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
85   (4) Emprendeduria e innovacion
86   (5) Razonamiento
87   (6) Sostenibilidad y compromiso social
88   (7) Tercera lengua
89   (8) Trabajo en equipo
90   (9) Uso solvente de los recursos de informacion
91 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
92
93 =====
94 =                                     Inferencia                                     =
95 =====
96
97 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
98 * Curso: 3
99 * Dificultad: Dificil
100 * Competencias: Razonamiento, Comunicacion eficaz oral y
    escrita, Uso solvente de los recursos de informacion,
    Aprendizaje autonomo, Trabajo en equipo, Emprendeduria e
    innovacion, Actitud frente al trabajo, Tercera lengua,
    Sostenibilidad y compromiso social
101 * Su especialidad matriculada: Computacion
102 * Num max asignaturas: 4
103 * Max horas dedicacion semanal: 24.52 h
104 * Max horas lab/prob semanal: 8.18 h
105 * Temas: Seguridad, Aplicaciones web, Inteligencia artificial,
    Geometria computacional, Targetas graficas, Tratamiento de
    imagenes, Matematicas, Fisica, Arquitectura de computadores
    , Programacion, Ingenieria de software, Redes, Protocolos,
    Diseno de algoritmos, Estadistica, Lenguajes de
    programacion, Logica, Graficos, Aplicaciones mobiles,
    Organizacion de empresas, Bases de datos
106 * Tipo de horario: Tarde
107
108 =====
109 =                                     Recomendacion                                     =

```

```

110 =====
111
112 La recomendacion del sistema consta de 4 asignaturas (cumple
    preferencia),
113 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:
114 * Horas de dedicacion autonoma: 20.0 h (cumple la preferencia
    )
115 * Horas de laboratorio/problemas: 5.83 h (cumple la
    preferencia)
116
117
118 IA (altamente-recomendable):
119 * Sigue plan de estudios: curso 3
120 * Dificultad: Facil
121 * Tipo de Horario: Tarde
122 * Especialidad: Computacion
123 * Temas: Programacion, Lenguajes de programacion, Inteligencia
    artificial
124 * Competencias: Trabajo en equipo nivel 3, Emprendeduria e
    innovacion nivel 3
125
126 CL (altamente-recomendable):
127 * Sigue plan de estudios: curso 3
128 * Dificultad: Facil
129 * Tipo de Horario: Tarde
130 * Especialidad: Computacion
131 * Temas: Lenguajes de programacion, Programacion
132 * Competencias: Trabajo en equipo nivel 3
133
134 G (altamente-recomendable):
135 * Sigue plan de estudios: curso 3
136 * Tipo de Horario: Tarde
137 * Especialidad: Computacion
138 * Temas: Lenguajes de programacion, Graficos, Programacion
139 * Competencias: Sostenibilidad y compromiso social nivel 3
140
141 IM (altamente-recomendable):
142 * Sigue plan de estudios: curso 3
143 * Dificultad: Facil
144 * Temas: Protocolos, Aplicaciones mobiles, Redes

```

145	* Competencias: Sostenibilidad y compromiso social nivel 3
146	
147	El sistema tambien encontro las siguientes asignaturas para
	recomendar :
148	CPD , AD , SOAD , GPS , SIM , CAP , ER , DBD

### Texto 3: Salida original del tercer juego de pruebas.

El Texto 3 muestra la salida del programa obtenida con este juego de pruebas. En este caso, el sistema recomienda tres asignaturas de la especialidad de computación: dos de ellas son obligatorias y la otra es complementaria (se trata de la asignatura de compiladores; parece razonable que el sistema la considere adecuada para el alumno porque ha cursado la asignatura de lenguajes de programación previamente y ambas asignaturas están estrechamente relacionadas). Esta parte de la recomendación, pues, es muy parecida a lo que esperábamos al diseñar este juego de pruebas. Sin embargo, puede resultar sorprendente que la última asignatura de la recomendación sea una asignatura de la especialidad de tecnologías de la información (que se recomienda aquí en calidad de optativa). Esto se debe a que, por la falta de información proporcionada por el alumno, el sistema ha inferido temas de interés a partir de las asignaturas cursadas, la gran mayoría de las cuales son obligatorias. Y, casualmente, ha resultado que los temas tratados en la asignatura de internet móvil son parecidos a los temas tratados en algunas asignaturas cursadas por el alumno, por lo cual el sistema ha juzgado que esa asignatura podría interesarle. Quizás hubiera sido más acertado recomendar la asignatura de paralelismo (la única asignatura obligatoria que le queda) u otra asignatura de la especialidad de computación, en vista de la falta de información acerca de los gustos del alumno.

En conclusión, la recomendación obtenida para este juego de pruebas es bastante buena en general (se recomiendan bastantes asignaturas de la especialidad cursada por el alumno e incluso se razona de forma acertada sobre las preferencias del alumno mostradas con las pocas asignaturas de especialidad completadas) pero se desvía ligeramente de lo esperado porque se ha forzado al sistema a inferir la mayor parte del conocimiento (y el proceso de inferencia puede dar lugar a equívocos en casos puntuales porque no hay forma perfecta de sacar conclusiones siempre correctas).

## 6.4. Cuarto juego de pruebas

En este cuarto juego de pruebas, se plantea el caso de un alumno que se encuentra cursando la especialidad de ingeniería del software. Sin embargo, esta persona está involucrada en actividades ajenas a la universidad que solo le permiten acudir a clase en horario de mañana (a pesar de que las asignaturas de su especialidad solo están disponibles por la tarde durante el cuatrimestre). Aun así, este sujeto dispone de una gran capacidad de trabajo y, por lo tanto, puede asumir la carga de trabajo correspondiente a una dedicación completa a la universidad.

Sin ser consciente de los horarios, la persona en cuestión utiliza el sistema para obtener una recomendación de asignaturas expresando explícitamente su interés en matricularse de asignaturas de la especialidad de ingeniería del software y sobre temas con una cierta relación con esta especialidad que le han interesado. Asimismo, muestra preferencia por algunas competencias transversales.

En estas circunstancias, se espera que el sistema sea capaz de recomendar asignaturas optativas (o bien asignaturas de otras especialidades que puedan satisfacer de algún modo las preferencias del alumno) relacionadas con los temas que interesan y que desarrollen las competencias transversales deseadas por esta persona. El sistema de inferencia debería determinar que se puede recomendar un gran número de asignaturas sin preocuparse demasiado por la carga de trabajo.

Con este juego de pruebas, pues, se puede comprobar el correcto comportamiento del sistema cuando se enfrenta a una mezcla de preferencias y restricciones explícitas además del proceso de inferencia.

```
1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 444
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
   sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
```

semanales? [0, 50] (opcional) -

13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana  
tarde cualquiera] (opcional) -

14 >> Su especialidad es Ingenieria del software. Desea completar  
su especialidad? [si no] (opcional) si

15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)

16 (1) Logica

17 (2) Geometria computacional

18 (3) Tratamiento de datos

19 (4) Investigacion operativa

20 (5) Graficos

21 (6) Lenguajes de programacion

22 (7) Calculo numerico

23 (8) Inteligencia artificial

24 (9) Videojuegos

25 (10) Tratamiento de imagenes

26 (11) Targetas graficas

27 (12) Software libre

28 (13) Robotica

29 (14) Criptografia

30 (15) Aplicaciones mobiles

31 (16) Seguridad

32 (17) Protocolos

33 (18) Aplicaciones web

34 (19) Procesadores

35 (20) Sistemas operativos

36 (21) Diseno de algoritmos

37 (22) Sistemas de informacion

38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] 12 15 18

39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)

40 (1) Actitud frente al trabajo

41 (2) Aprendizaje autonomo

42 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita

43 (4) Emprendeduria e innovacion

44 (5) Razonamiento

45 (6) Sostenibilidad y compromiso social

46 (7) Tercera lengua

47 (8) Trabajo en equipo

48 (9) Uso solvente de los recursos de informacion

49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] 3 4

```

50
51 Introduccion de RESTRICCIONES
52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [maniana
    tarde cualquiera] (opcional) maniana
56 >> Su especialidad es Ingenieria del software. Desea completar
    su especialidad? [si no] (opcional) -
57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
58 (1) Logica
59 (2) Geometria computacional
60 (3) Tratamiento de datos
61 (4) Investigacion operativa
62 (5) Graficos
63 (6) Lenguajes de programacion
64 (7) Calculo numerico
65 (8) Inteligencia artificial
66 (9) Videojuegos
67 (10) Tratamiento de imagenes
68 (11) Targetas graficas
69 (12) Software libre
70 (13) Robotica
71 (14) Criptografia
72 (15) Aplicaciones mobiles
73 (16) Seguridad
74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Disenyo de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion
80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82 (1) Actitud frente al trabajo
83 (2) Aprendizaje autonomo
84 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita

```

```

85  (4) Emprendeduria e innovacion
86  (5) Razonamiento
87  (6) Sostenibilidad y compromiso social
88  (7) Tercera lengua
89  (8) Trabajo en equipo
90  (9) Uso solvente de los recursos de informacion
91  Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
92
93  =====
94  =                                     Inferencia                                     =
95  =====
96
97  Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
98  * Curso: 3
99  * Dificultad: Dificil
100 * Su especialidad matriculada: Ingenieria del software
101 * Num max asignaturas: 4
102 * Max horas dedicacion semanal: 26.67 h
103 * Max horas lab/prob semanal: 8.43 h
104 * Tipo de horario: Tarde
105
106  =====
107  =                                     Recomendacion                                     =
108  =====
109
110 Restricciones aplicadas a la solucion:
111 * Tipo de horario: Manyana
112
113 Preferencias aplicadas a la solucion:
114 * Temas de interes: Aplicaciones web, Aplicaciones mobiles,
    Software libre
115 * Especialidad: Ingenieria del software
116 * Competencias transversales: Comunicacion eficaz oral y
    escrita, Emprendeduria e innovacion
117
118 La recomendacion del sistema consta de 4 asignaturas (cumple
    preferencia),
119 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:
120 * Horas de dedicacion autonoma: 20.11 h (cumple la
    preferencia)

```



```

121 * Horas de laboratorio/problemas: 5.72 h (cumple la
    preferencia)
122
123
124 AD (recomendable):
125 * Sigue plan de estudios: curso 3
126 * Dificultad: Facil
127 * Temas: Aplicaciones web, Aplicaciones mobiles
128
129 IM (recomendable):
130 * Sigue plan de estudios: curso 3
131 * Dificultad: Facil
132 * Temas: Aplicaciones mobiles
133
134 CPD (recomendable):
135 * Sigue plan de estudios: curso 3
136 * Dificultad: Facil
137 * Competencias: Comunicacion eficaz oral y escrita nivel 3
138
139 PAR (recomendable):
140 * Sigue plan de estudios: curso 3
141 * Dificultad: Facil
142 * Tipo de Horario: Tarde
143
144 El sistema tambien encontro las siguientes asignaturas para
    recomendar:
145 TXC, SOA, SI, PI, ASO, PDS, PCA, XC2

```

Texto 4: Salida original del cuarto juego de pruebas.

El Texto 4 muestra los resultados obtenidos. Como se esperaba, el sistema ha recomendado principalmente asignaturas de otras especialidades (tecnologías de la información e ingeniería de computadores) en calidad de optativas para suplir la imposibilidad de cursar asignaturas de la especialidad de ingeniería del software en el horario deseado. Estas asignaturas, además, tratan los temas de interés que el usuario ha introducido como preferencias o bien desarrollan alguna de las competencias transversales deseadas. Además, se ha recomendado la única asignatura obligatoria que el alumno todavía no había cursado. La recomendación obtenida, pues, parece muy razonable teniendo en cuenta las fuertes restricciones con las que se ha encontrado el sistema en este caso. A pesar de todo,

el sistema ha marcado estas asignaturas simplemente como recomendables (y no como altamente recomendables) porque encuentra relativamente pocos motivos para recomendarlas (aunque no haya otras asignaturas candidatas más acordes a los criterios evaluados). Esto alerta de que podría haber otras recomendaciones igualmente válidas en este caso.

Con este juego de pruebas, podemos concluir que el sistema es capaz de adaptarse y ofrecer un buen comportamiento incluso ante casos complejos en los que no hay una opción claramente superior.

```
1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 444
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
   sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manyana
    tarde cualquiera] (opcional) -
14 >> Su especialidad es Ingenieria del software. Desea completar
    su especialidad? [si no] (opcional) -
15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
16 (1) Logica
17 (2) Geometria computacional
18 (3) Tratamiento de datos
19 (4) Investigacion operativa
20 (5) Graficos
21 (6) Lenguajes de programacion
22 (7) Calculo numerico
23 (8) Inteligencia artificial
24 (9) Videojuegos
```

```

25 (10) Tratamiento de imagenes
26 (11) Targetas graficas
27 (12) Software libre
28 (13) Robotica
29 (14) Criptografia
30 (15) Aplicaciones mobiles
31 (16) Seguridad
32 (17) Protocolos
33 (18) Aplicaciones web
34 (19) Procesadores
35 (20) Sistemas operativos
36 (21) Disenyo de algoritmos
37 (22) Sistemas de informacion
38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] 12 15 18
39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
40 (1) Actitud frente al trabajo
41 (2) Aprendizaje autonomo
42 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
43 (4) Emprendeduria e innovacion
44 (5) Razonamiento
45 (6) Sostenibilidad y compromiso social
46 (7) Tercera lengua
47 (8) Trabajo en equipo
48 (9) Uso solvente de los recursos de informacion
49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
50
51 Introduccion de RESTRICCIONES
52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manyana
    tarde cualquiera] (opcional) manyana
56 >> Su especialidad es Ingenieria del software. Desea completar
    su especialidad? [si no] (opcional) si
57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
58 (1) Logica
59 (2) Geometria computacional

```

```

60 (3) Tratamiento de datos
61 (4) Investigacion operativa
62 (5) Graficos
63 (6) Lenguajes de programacion
64 (7) Calculo numerico
65 (8) Inteligencia artificial
66 (9) Videojuegos
67 (10) Tratamiento de imagenes
68 (11) Targetas graficas
69 (12) Software libre
70 (13) Robotica
71 (14) Criptografia
72 (15) Aplicaciones mobiles
73 (16) Seguridad
74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Diseno de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion
80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82 (1) Actitud frente al trabajo
83 (2) Aprendizaje autonomo
84 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
85 (4) Emprendeduria e innovacion
86 (5) Razonamiento
87 (6) Sostenibilidad y compromiso social
88 (7) Tercera lengua
89 (8) Trabajo en equipo
90 (9) Uso solvente de los recursos de informacion
91 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
92
93 =====
94 = Inferencia =
95 =====
96
97 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
98 * Curso: 3
99 * Dificultad: Dificil

```

```

100 * Competencias: Sostenibilidad y compromiso social, Actitud
    frente al trabajo, Tercera lengua, Uso solvente de los
    recursos de informacion, Emprendeduria e innovacion,
    Comunicacion eficaz oral y escrita, Razonamiento,
    Aprendizaje autonomo, Trabajo en equipo
101 * Su especialidad matriculada: Ingenieria del software
102 * Num max asignaturas: 4
103 * Max horas dedicacion semanal: 26.67 h
104 * Max horas lab/prob semanal: 8.43 h
105 * Tipo de horario: Tarde
106
107 =====
108 =                                Recomendacion                                =
109 =====
110
111 Restricciones aplicadas a la solucion:
112 * Tipo de horario: Manyana
113 * Especialidad: Ingenieria del software
114
115 Preferencias aplicadas a la solucion:
116 * Temas de interes: Aplicaciones web, Aplicaciones mobiles,
    Software libre
117
118 El sistema no ha encontrado una solucion acorde a sus
    restricciones/preferencias

```

Texto 5: Salida original de la versión alternativa del cuarto juego de pruebas.

Se ha considerado también una versión alternativa de este juego de pruebas para poner a prueba la robustez del sistema. En esta otra versión, el alumno impone como restricciones que tiene que completar la especialidad de ingeniería del software y que las asignaturas recomendadas deben estar disponibles en horario de tarde. Por lo tanto, no existe ninguna recomendación posible que se adecúe a los criterios requeridos y, por lo tanto, el sistema informa de esta situación, tal y como muestra el Texto 5.

## 6.5. Quinto juego de pruebas

El quinto sujeto de pruebas es alguien que trabaja a la vez que estudia. Por ello, se trata de una persona con una baja disponibilidad temporal para la univer-

sidad y con dificultades para asumir grandes cargas de trabajo. Esta persona ha iniciado ya la especialidad de computación, pero solo ha completado un par de asignaturas de esta porque en los últimos cuatrimestres ha podido matricularse de muy pocas asignaturas. Por otro lado, el alumno tiene mucho interés en algunos temas relacionados con la especialidad de computación y, además, le gustaría desarrollar algunas competencias transversales en concreto.

Consideramos dos versiones de este juego de pruebas. En la primera de ellas, el alumno impone restricciones para garantizar que la recomendación que obtiene supone una carga de trabajo reducida y que se tratan los temas que más le apasionan. En la segunda, en cambio, el alumno confía en el sistema de inferencia para detectar su baja disponibilidad (teniendo en cuenta la carga de trabajo asumida en los cuatrimestres previos) y simplemente expresa como preferencias los temas y las competencias transversales que le interesan, dando así una mayor libertad al sistema de recomendación. En ambas versiones, las asignaturas recomendadas tienen que ofrecerse en horario de tarde, ya que esta persona trabaja en una empresa por la mañana.

Este juego de pruebas pretende contrastar las recomendaciones obtenidas cuando se imponen restricciones estrictas respecto a cuando se deja que el sistema infiera preferencias basadas en el conocimiento pasado. En el primero de los casos, se espera que la recomendación se adecúe totalmente a las necesidades del alumno aunque sea bastante limitada; en el segundo caso, en contraposición, se espera obtener una recomendación más amplia pero menos precisa.

```

1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 555
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
   sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) 3
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas

```

semanales? [0, 50] (opcional) -

13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana  
tarde cualquiera] (opcional) -

14 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su  
especialidad? [si no] (opcional) -

15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)

16 (1) Logica

17 (2) Geometria computacional

18 (3) Tratamiento de datos

19 (4) Investigacion operativa

20 (5) Graficos

21 (6) Lenguajes de programacion

22 (7) Calculo numerico

23 (8) Inteligencia artificial

24 (9) Videojuegos

25 (10) Tratamiento de imagenes

26 (11) Targetas graficas

27 (12) Software libre

28 (13) Robotica

29 (14) Criptografia

30 (15) Aplicaciones mobiles

31 (16) Seguridad

32 (17) Protocolos

33 (18) Aplicaciones web

34 (19) Procesadores

35 (20) Sistemas operativos

36 (21) Diseno de algoritmos

37 (22) Sistemas de informacion

38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -

39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)

40 (1) Actitud frente al trabajo

41 (2) Aprendizaje autonomo

42 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita

43 (4) Emprendeduria e innovacion

44 (5) Razonamiento

45 (6) Sostenibilidad y compromiso social

46 (7) Tercera lengua

47 (8) Trabajo en equipo

48 (9) Uso solvente de los recursos de informacion

49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] 5 8

```

50
51 Introduccion de RESTRICCIONES
52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) 20
54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) 6
55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [maniana
    tarde cualquiera] (opcional) tarde
56 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
58 (1) Logica
59 (2) Geometria computacional
60 (3) Tratamiento de datos
61 (4) Investigacion operativa
62 (5) Graficos
63 (6) Lenguajes de programacion
64 (7) Calculo numerico
65 (8) Inteligencia artificial
66 (9) Videojuegos
67 (10) Tratamiento de imagenes
68 (11) Targetas graficas
69 (12) Software libre
70 (13) Robotica
71 (14) Criptografia
72 (15) Aplicaciones mobiles
73 (16) Seguridad
74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Disenyo de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion
80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] 1 8
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82 (1) Actitud frente al trabajo
83 (2) Aprendizaje autonomo
84 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita

```



```

85  (4) Emprendeduria e innovacion
86  (5) Razonamiento
87  (6) Sostenibilidad y compromiso social
88  (7) Tercera lengua
89  (8) Trabajo en equipo
90  (9) Uso solvente de los recursos de informacion
91  Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
92
93  =====
94  =                                     Inferencia                                     =
95  =====
96
97  Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
98  * Curso: 3
99  * Dificultad: Dificil
100 * Su especialidad matriculada: Computacion
101 * Max horas dedicacion semanal: 18.75 h
102 * Max horas lab/prob semanal: 6.43 h
103 * Temas: Seguridad, Aplicaciones web, Geometria computacional,
      Targetas graficas, Tratamiento de imagenes, Programacion,
      Matematicas, Fisica, Arquitectura de computadores,
      Estadistica, Bases de datos, Ingenieria de software, Redes,
      Protocolos, Graficos, Aplicaciones mobiles, Disenyo de
      algoritmos
104 * Tipo de horario: Tarde
105
106 =====
107 =                                     Recomendacion                                     =
108 =====
109
110 Restricciones aplicadas a la solucion:
111 * Max. horas de dedicacion semanales: 20
112 * Max. horas de laboratorio/problemas semanales: 6
113 * Tipo de horario: Tarde
114 * Temas de interes: Inteligencia artificial, Logica
115
116 Preferencias aplicadas a la solucion:
117 * Num. asignaturas a matricular: 2
118 * Competencias transversales: Razonamiento, Trabajo en equipo
119

```

```

120 La recomendacion del sistema consta de 2 asignaturas (cumple
    preferencia),
121 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:
122 * Horas de dedicacion autonoma: 9.88 h (cumple la preferencia
    )
123 * Horas de laboratorio/problemas: 3.33 h (cumple la
    preferencia)
124
125
126 IA (altamente-recomendable):
127 * Sigue plan de estudios: curso 3
128 * Dificultad: Facil
129 * Tipo de Horario: Tarde
130 * Especialidad: Computacion
131 * Temas: Programacion
132 * Competencias: Trabajo en equipo nivel 3
133
134 LI (recomendable):
135 * Sigue plan de estudios: curso 3
136 * Tipo de Horario: Tarde
137 * Especialidad: Computacion
138 * Temas: Programacion

```

Texto 6: Salida original de la versión con restricciones del quinto juego de pruebas.

El Texto 6 muestra la salida obtenida con la versión más restrictiva de este juego de pruebas. En esta versión, el usuario ha impuesto restricciones explícitas para señalar su baja disponibilidad y que desea que las asignaturas que matricule traten sobre lógica e inteligencia artificial. Además de esto, expresa su preferencia por matricularse de un máximo de tres asignaturas y por desarrollar las competencias transversales de trabajo en equipo y de razonamiento. Por lo tanto, la recomendación ofrecida por el sistema es muy acertada: las dos asignaturas recomendadas son de la especialidad cursada por el alumno y, entre las dos, tratan los dos temas y desarrollan las dos competencias transversales por los que ha mostrado interés. Además, se respetan la disponibilidad horaria y la imposibilidad de asumir cargas de trabajo intensas.

En este caso, pues, el sistema responde a la perfección a las necesidades del alumno, aunque es muy conservador en la recomendación debido a las restricciones impuestas.

```

1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 555
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
   sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manyana
    tarde cualquiera] (opcional) -
14 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
16 (1) Logica
17 (2) Geometria computacional
18 (3) Tratamiento de datos
19 (4) Investigacion operativa
20 (5) Graficos
21 (6) Lenguajes de programacion
22 (7) Calculo numerico
23 (8) Inteligencia artificial
24 (9) Videojuegos
25 (10) Tratamiento de imagenes
26 (11) Targetas graficas
27 (12) Software libre
28 (13) Robotica
29 (14) Criptografia
30 (15) Aplicaciones mobiles
31 (16) Seguridad
32 (17) Protocolos
33 (18) Aplicaciones web

```

34 (19) Procesadores  
 35 (20) Sistemas operativos  
 36 (21) Diseno de algoritmos  
 37 (22) Sistemas de informacion  
 38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] 1 8  
 39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)  
 40 (1) Actitud frente al trabajo  
 41 (2) Aprendizaje autonomo  
 42 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita  
 43 (4) Emprendeduria e innovacion  
 44 (5) Razonamiento  
 45 (6) Sostenibilidad y compromiso social  
 46 (7) Tercera lengua  
 47 (8) Trabajo en equipo  
 48 (9) Uso solvente de los recursos de informacion  
 49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] 5 8  
 50  
 51 Introduccion de RESTRICCIONES  
 52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]  
 (opcional) -  
 53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?  
 [0, 50] (opcional) -  
 54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas  
 semanales? [0, 50] (opcional) -  
 55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana  
 tarde cualquiera] (opcional) tarde  
 56 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su  
 especialidad? [si no] (opcional) -  
 57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)  
 58 (1) Logica  
 59 (2) Geometria computacional  
 60 (3) Tratamiento de datos  
 61 (4) Investigacion operativa  
 62 (5) Graficos  
 63 (6) Lenguajes de programacion  
 64 (7) Calculo numerico  
 65 (8) Inteligencia artificial  
 66 (9) Videojuegos  
 67 (10) Tratamiento de imagenes  
 68 (11) Targetas graficas

```

69 (12) Software libre
70 (13) Robotica
71 (14) Criptografia
72 (15) Aplicaciones mobiles
73 (16) Seguridad
74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Disenyo de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion
80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82 (1) Actitud frente al trabajo
83 (2) Aprendizaje autonomo
84 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
85 (4) Emprendeduria e innovacion
86 (5) Razonamiento
87 (6) Sostenibilidad y compromiso social
88 (7) Tercera lengua
89 (8) Trabajo en equipo
90 (9) Uso solvente de los recursos de informacion
91 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
92
93 =====
94 = Inferencia =
95 =====
96
97 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
98 * Curso: 3
99 * Dificultad: Dificil
100 * Su especialidad matriculada: Computacion
101 * Num max asignaturas: 3
102 * Max horas dedicacion semanal: 18.75 h
103 * Max horas lab/prob semanal: 6.43 h
104 * Tipo de horario: Tarde
105
106 =====
107 = Recomendacion =
108 =====

```

109  
110 Restricciones aplicadas a la solucion:  
111 \* Tipo de horario: Tarde  
112  
113 Preferencias aplicadas a la solucion:  
114 \* Temas de interes: Inteligencia artificial, Logica  
115 \* Competencias transversales: Razonamiento, Trabajo en equipo  
116  
117 La recomendacion del sistema consta de 3 asignaturas (cumple  
preferencia),  
118 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:  
119 \* Horas de dedicacion autonoma: 15.0 h (cumple la preferencia  
)  
120 \* Horas de laboratorio/problemas: 5.0 h (cumple la  
preferencia)  
121  
122  
123 IA (altamente-recomendable):  
124 \* Sigue plan de estudios: curso 3  
125 \* Dificultad: Facil  
126 \* Tipo de Horario: Tarde  
127 \* Especialidad: Computacion  
128 \* Temas: Inteligencia artificial  
129 \* Competencias: Trabajo en equipo nivel 3  
130  
131 CL (altamente-recomendable):  
132 \* Sigue plan de estudios: curso 3  
133 \* Dificultad: Facil  
134 \* Tipo de Horario: Tarde  
135 \* Especialidad: Computacion  
136 \* Competencias: Trabajo en equipo nivel 3  
137  
138 CN (recomendable):  
139 \* Sigue plan de estudios: curso 3  
140 \* Dificultad: Facil  
141 \* Tipo de Horario: Tarde  
142 \* Especialidad: Computacion  
143  
144 El sistema tambien encontro las siguientes asignaturas para  
recomendar:

Texto 7: Salida original de la versión con preferencias e inferencia del quinto juego de pruebas.

El Texto 7 muestra la salida obtenida con la versión menos restrictiva de este juego de pruebas. A diferencia de la versión anterior, en esta el usuario expresa sus intereses temáticos y las limitaciones debidas a su trabajo como preferencias (y no como restricciones). Por este motivo, la recomendación ofrecida en este caso es menos conservadora y, tal vez, menos precisa también. En este caso, se recomiendan tres asignaturas de la especialidad de computación bastante relacionadas con los temas y competencias transversales de interés, pero no se incluye ninguna asignatura de lógica (porque no es un requisito, sino una preferencia simplemente).

En conclusión, observamos que el sistema ofrece recomendaciones más precisas pero conservadoras (en el sentido que la cantidad de asignaturas que se tienen en cuenta para la recomendación es bastante más limitada) cuando se imponen más restricciones. En cambio, cuando estas limitaciones se expresan como preferencias, el sistema es capaz de tener en cuenta más asignaturas para la recomendación y, por ello, también puede ofrecer una recomendación que cumpla menos criterios de los deseados.

## 6.6. Sexto juego de pruebas

Este último sujeto de prueba es una persona en su último curso del grado. Esta persona ha completado todas las asignaturas obligatorias y todas las de la especialidad de computación siguiendo el plan de estudios propuesto por la FIB y, además, obteniendo calificaciones bastante buenas. Por ello, este alumno desea que se le recomienden asignaturas optativas acordes a sus gustos y que desarrollen las competencias transversales que todavía no ha obtenido. Además, este alumno ya empieza a pensar en su futuro fuera de la universidad y, por lo tanto, tiene algunas preocupaciones adicionales.

Consideramos también dos versiones de este juego de pruebas. En la primera de ellas, el alumno está especialmente preocupado por su insuficiente conocimiento del inglés y el impacto que esto podría tener en su futuro laboral. Por este motivo, impone como restricción estricta que las asignaturas de las que quiere matricularse desarrollen la competencia transversal de la tercera lengua. Además, prefiere no tener una carga de trabajo excesiva para poder ir pensando en el trabajo de final de grado, así que impone algunas restricciones (no muy res-

trictivas) en cuanto a la dedicación a la universidad. Además de ello, el alumno muestra un cierto interés por algunos temas concretos. Por contra, en la segunda versión, el alumno se plantea la posibilidad de desarrollar el trabajo de final de grado en inglés y, por lo tanto, ya no es tan importante que las asignaturas trabajen la tercera lengua. En este caso, pues, la restricción sobre la competencia transversal pasa a ser una preferencia y ya no se imponen restricciones sobre la carga de trabajo asumible.

Teniendo en cuenta la situación del alumno, se espera que se recomienden principalmente asignaturas optativas (o de alguna especialidad que se puedan cursar en concepto de optativas) sobre algunos de los temas que interesan al alumno y que desarrollen algunas de las competencias transversales preferidas, dando una especial importancia a la competencia de la tercera lengua en la primera versión.

Con este juego de pruebas, pues, se intenta confirmar el distinto comportamiento del sistema frente a entradas más o menos restrictivas, reforzando así los resultados observados en el juego de pruebas anterior. Además, este caso es sustancialmente distinto a los anteriores porque este alumno se encuentra ya cerca del final del plan de estudios y, por lo tanto, solo se pueden tener en cuenta asignaturas optativas, de otras especialidades o incluso alguna de la especialidad de computación que no se haya cursado. Es decir, el conjunto de asignaturas a tener en cuenta es mucho más reducido (a pesar de que no hay restricciones impuestas por el plan de estudios sobre requisitos o la necesidad de completar una especialidad).

```

1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4
5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 666
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
   sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) 5
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -

```



```

12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana
    tarde cualquiera] (opcional) cualquiera
14 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
16 (1) Logica
17 (2) Geometria computacional
18 (3) Tratamiento de datos
19 (4) Investigacion operativa
20 (5) Graficos
21 (6) Lenguajes de programacion
22 (7) Calculo numerico
23 (8) Inteligencia artificial
24 (9) Videojuegos
25 (10) Tratamiento de imagenes
26 (11) Targetas graficas
27 (12) Software libre
28 (13) Robotica
29 (14) Criptografia
30 (15) Aplicaciones mobiles
31 (16) Seguridad
32 (17) Protocolos
33 (18) Aplicaciones web
34 (19) Procesadores
35 (20) Sistemas operativos
36 (21) Diseno de algoritmos
37 (22) Sistemas de informacion
38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] 3 7 9 21
39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
40 (1) Actitud frente al trabajo
41 (2) Aprendizaje autonomo
42 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
43 (4) Emprendeduria e innovacion
44 (5) Razonamiento
45 (6) Sostenibilidad y compromiso social
46 (7) Tercera lengua
47 (8) Trabajo en equipo
48 (9) Uso solvente de los recursos de informacion

```

```

49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] 8 9
50
51 Introduccion de RESTRICCIONES
52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) 30
54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) 10
55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manyana
    tarde cualquiera] (opcional) -
56 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
58 (1) Logica
59 (2) Geometria computacional
60 (3) Tratamiento de datos
61 (4) Investigacion operativa
62 (5) Graficos
63 (6) Lenguajes de programacion
64 (7) Calculo numerico
65 (8) Inteligencia artificial
66 (9) Videojuegos
67 (10) Tratamiento de imagenes
68 (11) Targetas graficas
69 (12) Software libre
70 (13) Robotica
71 (14) Criptografia
72 (15) Aplicaciones mobiles
73 (16) Seguridad
74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Disenyo de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion
80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82 (1) Actitud frente al trabajo
83 (2) Aprendizaje autonomo

```

84 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita  
 85 (4) Emprendeduria e innovacion  
 86 (5) Razonamiento  
 87 (6) Sostenibilidad y compromiso social  
 88 (7) Tercera lengua  
 89 (8) Trabajo en equipo  
 90 (9) Uso solvente de los recursos de informacion  
 91 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] 7  
 92  
 93 =====  
 94 = Inferencia =  
 95 =====  
 96  
 97 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:  
 98 \* Curso: 3  
 99 \* Dificultad: Dificil  
 100 \* Su especialidad matriculada: Computacion  
 101 \* Max horas dedicacion semanal: 25.45 h  
 102 \* Max horas lab/prob semanal: 8.47 h  
 103  
 104 =====  
 105 = Recomendacion =  
 106 =====  
 107  
 108 Restricciones aplicadas a la solucion:  
 109 \* Max. horas de dedicacion semanales: 30  
 110 \* Max. horas de laboratorio/problemas semanales: 10  
 111 \* Competencias transversales: Tercera lengua  
 112  
 113 Preferencias aplicadas a la solucion:  
 114 \* Num. asignaturas a matricular: 4  
 115 \* Tipo de horario: Manyana  
 116 \* Temas de interes: Disenyo de algoritmos, Videojuegos,  
 117       Calculo numerico, Tratamiento de datos  
 118 \* Competencias transversales: Trabajo en equipo, Uso solvente  
 119       de los recursos de informacion  
 120 La recomendacion del sistema consta de 4 asignaturas (cumple  
 121       preferencia),  
 122 y conlleva los siguientes tiempos de dedicacion semanal:

```

121 * Horas de dedicacion autonoma: 19.88 h (cumple la
    preferencia)
122 * Horas de laboratorio/problemas: 6.36 h (cumple la
    preferencia)
123
124
125 APSS (recomendable):
126 * Sigue plan de estudios: curso 4
127 * Dificultad: Facil
128
129 WSE (recomendable):
130 * Sigue plan de estudios: curso 4
131 * Dificultad: Facil
132
133 ASDP (recomendable):
134 * Sigue plan de estudios: curso 4
135 * Dificultad: Facil
136
137 GEOC (recomendable):
138 * Sigue plan de estudios: curso 4
139 * Temas: Disenyo de algoritmos

```

Texto 8: Salida original de la primera versión del sexto juego de pruebas.

Los resultados obtenidos con la primera versión de este juego de pruebas se muestran en Texto 8. Se observa que, en este caso, el sistema ha dado mucha prioridad a las asignaturas que desarrollan la tercera lengua y ha sugerido una recomendación muy conservadora en este sentido. Así, las cuatro asignaturas recomendadas son optativas y tres de ellas están enfocadas básicamente a habilidades importantes para el mundo laboral y cursadas en inglés. Sin embargo, esto ha hecho que prácticamente se ignoren los temas de interés del alumno (solamente la asignatura de geometría computacional tiene en cuenta los intereses temáticos) y el resto de competencias transversales. En definitiva, se trata de una recomendación más limitada de lo esperado en un principio, pero se puede entender por la importancia que da el sistema a las restricciones.

```

1 =====
2 =      Sistema de recomendacion de asignaturas de la FIB      =
3 =====
4

```

```

5 >> Introduzca su identificador (DNI): [0, 9999] 666
6 A continuacion se le formularan una serie de preguntas sobre
  sus
7 preferencias/restricciones para poder recomendarle asignaturas
8
9 Introduccion de PREFERENCIAS
10 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) 5
11 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
12 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
13 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [manana
    tarde cualquiera] (opcional) cualquiera
14 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
15 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
16 (1) Logica
17 (2) Geometria computacional
18 (3) Tratamiento de datos
19 (4) Investigacion operativa
20 (5) Graficos
21 (6) Lenguajes de programacion
22 (7) Calculo numerico
23 (8) Inteligencia artificial
24 (9) Videojuegos
25 (10) Tratamiento de imagenes
26 (11) Targetas graficas
27 (12) Software libre
28 (13) Robotica
29 (14) Criptografia
30 (15) Aplicaciones mobiles
31 (16) Seguridad
32 (17) Protocolos
33 (18) Aplicaciones web
34 (19) Procesadores
35 (20) Sistemas operativos
36 (21) Disenyo de algoritmos
37 (22) Sistemas de informacion
38 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] 3 7 9 21

```

```

39 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
40   (1) Actitud frente al trabajo
41   (2) Aprendizaje autonomo
42   (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
43   (4) Emprendeduria e innovacion
44   (5) Razonamiento
45   (6) Sostenibilidad y compromiso social
46   (7) Tercera lengua
47   (8) Trabajo en equipo
48   (9) Uso solvente de los recursos de informacion
49 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] 7 8 9
50
51 Introduccion de RESTRICCIONES
52 >> Cual es el numero maximo de asignaturas a matricular? [1, 6]
    (opcional) -
53 >> Cual es el numero maximo de horas de dedicacion semanales?
    [0, 50] (opcional) -
54 >> Cual es el numero maximo de horas de laboratorio/problemas
    semanales? [0, 50] (opcional) -
55 >> Que horario se ajusta mejor a su disponibilidad? [maniana
    tarde cualquiera] (opcional) -
56 >> Su especialidad es Computacion. Desea completar su
    especialidad? [si no] (opcional) -
57 >> Que temas especializados le interesan? (opcional)
58   (1) Logica
59   (2) Geometria computacional
60   (3) Tratamiento de datos
61   (4) Investigacion operativa
62   (5) Graficos
63   (6) Lenguajes de programacion
64   (7) Calculo numerico
65   (8) Inteligencia artificial
66   (9) Videojuegos
67   (10) Tratamiento de imagenes
68   (11) Targetas graficas
69   (12) Software libre
70   (13) Robotica
71   (14) Criptografia
72   (15) Aplicaciones mobiles
73   (16) Seguridad

```

```

74 (17) Protocolos
75 (18) Aplicaciones web
76 (19) Procesadores
77 (20) Sistemas operativos
78 (21) Disenyo de algoritmos
79 (22) Sistemas de informacion
80 Indique los numeros separados por un espacio [1, 22] -
81 >> Cuales son sus competencias favoritas? (opcional)
82 (1) Actitud frente al trabajo
83 (2) Aprendizaje autonomo
84 (3) Comunicacion eficaz oral y escrita
85 (4) Emprendeduria e innovacion
86 (5) Razonamiento
87 (6) Sostenibilidad y compromiso social
88 (7) Tercera lengua
89 (8) Trabajo en equipo
90 (9) Uso solvente de los recursos de informacion
91 Indique los numeros separados por un espacio [1, 9] -
92
93 =====
94 = Inferencia =
95 =====
96
97 Los siguientes datos se han inferido a partir de su Expediente:
98 * Curso: 3
99 * Dificultad: Dificil
100 * Su especialidad matriculada: Computacion
101 * Max horas dedicacion semanal: 25.45 h
102 * Max horas lab/prob semanal: 8.47 h
103
104 =====
105 = Recomendacion =
106 =====
107
108 Preferencias aplicadas a la solucion:
109 * Num. asignaturas a matricular: 5
110 * Tipo de horario: Manyana
111 * Temas de interes: Disenyo de algoritmos, Videojuegos,
    Calculo numerico, Tratamiento de datos
112 * Competencias transversales: Tercera lengua, Trabajo en

```

equipo, Uso solvente de los recursos de informacion

113

114 La recomendacion del sistema consta de 5 asignaturas (cumple  
preferencia),

115 y conllevaria los siguientes tiempos de dedicacion semanal:

116 \* Horas de dedicacion autonoma: 25.72 h (no cumple la  
preferencia)

117 \* Horas de laboratorio/problemas: 8.0 h (cumple la  
preferencia)

118

119

120 CAIM (recomendable):

121 \* Sigue plan de estudios: curso 3

122 \* Dificultad: Facil

123 \* Especialidad: Computacion

124 \* Temas: Tratamiento de datos

125

126 APA (recomendable):

127 \* Sigue plan de estudios: curso 3

128 \* Dificultad: Facil

129 \* Especialidad: Computacion

130 \* Temas: Tratamiento de datos

131

132 AA (recomendable):

133 \* Sigue plan de estudios: curso 3

134 \* Dificultad: Facil

135 \* Especialidad: Computacion

136 \* Temas: Diseno de algoritmos

137

138 CSI (recomendable):

139 \* Sigue plan de estudios: curso 3

140 \* Dificultad: Facil

141 \* Temas: Tratamiento de datos

142

143 SID (recomendable):

144 \* Sigue plan de estudios: curso 3

145 \* Dificultad: Facil

146 \* Especialidad: Computacion

147

148 El sistema tambien encontro las siguientes asignaturas para



	recomendar :
149	ADEI , IM , CPD , AD , TXC , SOA , SI

Texto 9: Salida original de la segunda versión del sexto juego de pruebas.

El Texto 9 muestra los resultados obtenidos con la versión menos restrictiva. En este caso, como era de esperar, se da una mayor importancia a los intereses temáticos del alumno y, en consecuencia, se recomiendan muchas asignaturas de la especialidad de computación basadas en los temas listados en las preferencias. En este caso, sin embargo, las competencias transversales preferidas han tenido un peso prácticamente nulo en la recomendación porque la mayoría de ellas ya se habían obtenido con las asignaturas cursadas previamente (y el sistema ha sido capaz de detectarlo a partir del expediente). Además, hay un cierto solapamiento entre las asignaturas recomendadas (tres de ellas se recomiendan por tratar el tema de tratamiento de datos). Esto se debe a las limitaciones del sistema a la hora de considerar los subconjuntos de asignaturas válidos para la recomendación (puesto que hay un gran número de ellos y, por lo tanto, el sistema aplica razonamientos heurísticos y voraces para obtener recomendaciones válidas en un tiempo factible a la práctica) y a su mayor facilidad para evaluar las asignaturas de forma individual. A pesar de todo, la recomendación presentada sigue siendo aceptable.

Con este juego de pruebas más complicado, hemos observado algunas limitaciones del sistema de recomendación. Así, en casos más complejos o con mayores restricciones, el sistema recomienda muchas asignaturas parecidas entre ellas y puede obviar algunas de las preferencias (porque se prioriza el número de preferencias satisfechas por asignatura). Aun así, es capaz de ofrecer recomendaciones aceptables, aunque no sean las mejores posibles desde el punto de vista de un experto.

## 7. Conclusión

En este trabajo hemos resuelto un problema práctico aplicando algunas de las metodologías de la ingeniería del conocimiento vistas en clase. A pesar de tratarse de un problema un poco simplificado respecto al problema que podría plantearse la FIB (que podría tener en cuenta más factores debido a la mayor disponibilidad de información del plan de estudios y del expediente de los alumnos), esta versión del problema ya nos ha permitido hacernos una idea del tipo de problemas a los que se pueden aplicar las técnicas de inteligencia artificial aprendidas.

En particular, hemos analizado con todo detalle el problema de recomendación de asignaturas a los alumnos y hemos desarrollado un sistema basado en el conocimiento capaz de resolverlo usando el conocimiento experto disponible sobre el dominio. Este sistema se compone esencialmente de una ontología desarrollada con Protégé en la que se representa el conocimiento del dominio y un programa en CLIPS que sintetiza el proceso de razonamiento seguido en la obtención de recomendaciones adecuadas mediante reglas de deducción lógica. Todo el desarrollo se ha llevado a cabo siguiendo las fases de la ingeniería del conocimiento: identificación del problema, conceptualización, formalización, implementación y prueba. Más precisamente, la resolución planteada se enmarca en las técnicas de asociación heurística.

De este modo, hemos podido comprobar como, en este tipo de problemas, si bien puede ser complicado o incluso imposible dar una solución perfecta usando las técnicas de programación más tradicionales, se puede aprovechar la mayor expresividad de un lenguaje de reglas de deducción y la potencia proporcionada por su motor de inferencia para expresar de forma relativamente simple un proceso de razonamiento que lleva a la obtención de soluciones razonablemente buenas.