

Universitat Politècnica de Catalunya

FACULTAT D'INFORMÀTICA DE BARCELONA

PRÁCTICA 1 SBC - SISTEMAS BASADOS EN REGLAS

Sistemas Basados en el Conocimiento
Grado en Inteligencia Artificial

Jana Roman Garrido
Nadia Fernández Domínguez
Daniel Álvarez Sarroca

2/11/2025

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	4
3. ARCHIVOS Y CARPETAS ADJUNTAS	5
4. ENTREVISTA CON EL EXECUTIVE CHEF MARC DE MARTÍN GARRIDO	6
5. ONTOLOGÍA	7
6. BASES DE DATOS	9
6.1. PLATOS	9
6.2. BEBIDAS	11
6.3. PASTELES	11
6.4. CONVERSIÓN DE .CSV A .CLP	11
7. CLIPS	13
7.1. ONTOLOGIA EN CLIPS	13
7.2. MÓDULO MAIN.CLP	16
7.3. MÓDULO RECAP_INFO.CLP	18
6.3.1. Estructura y funcionamiento	19
6.3.2. Ejemplo de interacción con el usuario	20
6.3.3. Control del flujo y finalización	21
7.4. MÓDULO ABSTRACCIÓN	21
7.5. MÓDULO ASOCIACIÓN	22
6.5.1. Estructura y funcionamiento	22
6.5.2. Ejemplo de ejecución	23
6.5.3. Finalización	23
7.6. MÓDULO REFINAMIENTO	24
6.6.1 - Estructura y funcionamiento	24
Fase 1: Generación de menús	24
Fase 2: Elección de menús	25
Fase 3: Generación de pasteles + elección (solo en evento familiar)	26
Fase 4: Explicación de los menús escogidos por el sistema	26
Fase 5: Finalización	27
6.6.2 - Ejemplo de ejecución	27
8. CÓMO SE REALIZA LA EJECUCIÓN	29
9. JUEGOS DE PRUEBA	31
9.1. Juego de Prueba 1: Ponemos Estilo de los platos	31
9.2. Juego de Prueba 2: Añadimos temperatura en algunos de los platos	33
9.3. Juego de Prueba 3: Añadimos que haya más de una dieta	35
9.4. Juego de Prueba 4: No se permite alcohol	38
9.5. Juego de Prueba 5: Se añaden las alergias	41
9.5.1. Añadimos algunas alergias	41
9.5.2. Añadimos todas alergias	44



9.6. Juego de Prueba 6: Presupuesto muy bajo que no puede generar menús	45
9.7. Juego de Prueba 7: Introducimos ingredientes prohibidos.	46
10. COMPETENCIA “USO SOLVENTE DE LA INFORMACIÓN”	48
11. CONCLUSIONES	49
11.1. Verificación	49
11.2. Validación	50
11.3. Evaluación	50
11.4. Posibles mejoras	50
12. REFERENCIAS	52

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño, desarrollo y validación de un sistema experto orientado a la planificación de menús gastronómicos, combinando técnicas de inteligencia artificial simbólica con conocimiento culinario real proporcionado por un profesional del sector. El proyecto forma parte de una práctica académica centrada en la representación del conocimiento mediante **ontologías** y en la implementación de **reglas de inferencia** en el lenguaje **CLIPS**, con el objetivo de simular el razonamiento humano a la hora de componer un menú equilibrado, coherente y adaptado a distintas condiciones.

Para la adquisición del conocimiento experto se llevó a cabo una entrevista con el chef **Marc de Martín Garrido**, Executive Chef del Hotel Mandarin Oriental de Barcelona, quien compartió su experiencia en la planificación y diseño de menús para diferentes tipos de eventos. Durante la entrevista se abordaron aspectos como la importancia del presupuesto, las intolerancias alimentarias, el estilo del evento, la compatibilidad entre platos y la estacionalidad de los ingredientes. Además, el chef facilitó ejemplos reales de su propia base de datos de recetas, que sirvieron como punto de partida para la creación de las bases de datos de platos, bebidas y postres del sistema, siempre dentro de un marco ético y académico.

A partir de esta información, se elaboró una **ontología gastronómica** que recoge los principales conceptos y relaciones del dominio, tales como tipos de platos, ingredientes, restricciones, estilos culinarios y condiciones de compatibilidad. Esta ontología constituye el núcleo semántico del sistema, ya que permite representar de forma estructurada el conocimiento adquirido y facilita su posterior implementación en CLIPS.

El sistema experto se implementa mediante distintos **módulos** que reflejan las fases del proceso de razonamiento:

- El módulo **MAIN** gestiona el flujo principal de ejecución.
- **RECAP_INFO** recopila la información inicial del evento.
- **ABSTRACCIÓN** transforma los datos del usuario en hechos utilizables por el sistema.
- **ASOCIACIÓN** se encarga de encontrar las combinaciones adecuadas de platos, bebidas y postres.
- **REFINAMIENTO** ajusta y valida el menú final según restricciones adicionales o preferencias.

Con esta estructura modular, el sistema es capaz de analizar las condiciones de un evento (como presupuesto, tipo de dieta o número de asistentes) y **proponer un menú completo y compatible**, razonando de manera similar a como lo haría un experto humano.

Es importante destacar que el sistema se ha centrado en el contexto de un restaurante de **cocina gourmet**, por lo que los platos seleccionados presentan una elaboración cuidada y de alto nivel culinario. Del mismo modo, se ha decidido **no contemplar menús infantiles**, ya que el enfoque está orientado a la gastronomía para adultos en eventos formales o de carácter profesional. Asimismo, todos los platos definidos en la base de datos siguen una línea de **cocina mediterránea**, coherente con el perfil gastronómico del chef entrevistado y con la tradición culinaria del entorno.

Finalmente, el informe incluye la descripción de los **juegos de prueba realizados** para verificar el correcto funcionamiento del sistema, así como una reflexión final con las conclusiones y posibles líneas de mejora.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un sistema experto capaz de planificar menús gastronómicos completos, aplicando técnicas de representación del conocimiento y razonamiento simbólico mediante el lenguaje CLIPS.

El sistema debe ser capaz de **simular el proceso de decisión de un chef profesional**, considerando factores como la compatibilidad entre platos, el presupuesto disponible, las restricciones alimentarias y el tipo de evento.

A partir de este objetivo principal, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. **Adquirir conocimiento experto real** mediante la entrevista con un profesional del sector gastronómico (el chef Marc de Martín Garrido), identificando los criterios y reglas que utiliza en la planificación de menús.
2. **Diseñar una ontología** que represente de forma estructurada los conceptos y relaciones más relevantes del dominio gastronómico (platos, bebidas, ingredientes, estilos, restricciones, etc.).
3. **Construir las bases de datos** que alimentarán el sistema experto, incluyendo los diferentes tipos de platos, postres y bebidas, con sus respectivos atributos y relaciones.
4. **Implementar el conocimiento adquirido en CLIPS**, desarrollando un conjunto de módulos que reflejen las distintas fases del razonamiento (recopilación, abstracción, asociación y refinamiento).
5. **Garantizar la coherencia y compatibilidad de los menús generados**, evitando repeticiones de ingredientes, manteniendo equilibrio entre los platos y respetando las restricciones definidas.
6. **Validar el funcionamiento del sistema experto** mediante distintos juegos de prueba, analizando su capacidad para generar menús adecuados bajo diferentes condiciones (presupuesto, estación del año, tipo de dieta, etc.).
7. **Evaluar las limitaciones del sistema** y proponer posibles mejoras o ampliaciones futuras, tanto a nivel de conocimiento como de funcionalidad técnica.

En conjunto, estos objetivos buscan demostrar la viabilidad de aplicar la inteligencia artificial simbólica en el ámbito culinario, mostrando cómo un sistema experto puede servir como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la planificación gastronómica.

3. ARCHIVOS Y CARPETAS ADJUNTAS

Junto con el presente informe, se entrega la estructura completa de archivos y carpetas que conforman el proyecto del sistema experto desarrollado. A continuación, se detallan los distintos elementos incluidos y su función dentro del trabajo:

- **Carpeta Módulos de CLIPS:** contiene los **cinco archivos principales en formato .clp**, que constituyen el núcleo del sistema experto implementado en CLIPS.
 - *main.clp*: módulo principal encargado de inicializar el sistema.
 - *recap_info.clp*: módulo responsable de recopilar la información inicial del evento (presupuesto, dietas, alergias, etc.).
 - *abstraccion.clp*: traduce las condiciones introducidas por el usuario en hechos e inicia el proceso de inferencia.
 - *asociacion.clp*: módulo encargado de preparar los platos, bebidas y postres disponibles para después generar los menús.
 - *refinamiento.clp*: aplica las reglas finales de ajuste y validación de menús, garantizando la coherencia gastronómica y las restricciones establecidas.
- **Carpeta convertidors:** incluye los **tres scripts en formato .py** utilizados para la conversión automática de las bases de datos en archivos compatibles con CLIPS.
 - *convertidor_bebidas.py*
 - *convertidor_platos.py*
 - *convertidor_pasteles.py*

Estos programas transforman los archivos CSV originales en código CLIPS (.clp), generando las instancias necesarias de cada tipo de objeto (platos, bebidas y postres) que el sistema utiliza durante la ejecución.

- **Archivo PDF del informe:** documento que recopila todo el desarrollo teórico y práctico del proyecto, incluyendo la descripción de la ontología, la estructura de los módulos, la metodología empleada, los juegos de prueba realizados y las conclusiones obtenidas.

4. ENTREVISTA CON EL EXECUTIVE CHEF MARC DE MARTÍN GARRIDO

Con el objetivo de extraer conocimiento experto sobre la **planificación y diseño de menús** en la gastronomía, realizamos una entrevista con el chef Marc de Martín Garrido, actual Executive Chef del Mandarin Oriental Hotel Group.

Lo primero que hicimos fue enseñarle y explicarle un esquema de nuestra ontología inicial y ver si le faltaba alguna cosa. Destacó que al diseñar un menú es esencial conocer el **presupuesto disponible**, las **posibles intolerancias alimentarias** y el **estilo del evento**, ya que estos factores determinan las opciones viables de platos y bebidas. Además, hablamos también de que, a la hora de combinar los diferentes platos, uno de los aspectos clave es **evitar la repetición de ingredientes entre el primer y el segundo**, de modo que no coincidan ni en tipo de producto ni en estilo de cocción.

Luego también hablamos de que, en el caso de que el segundo plato sea de carne, nos recomienda elegir un postre fresco que aporte más ligereza y contraste al menú. Un aspecto que no habíamos pensado es el del orden de planificación, ya que se realiza generalmente a partir del primer plato, seleccionando después un segundo. Cuando existen limitaciones de presupuesto, nos recomendó optar por platos más genéricos, con pocos ingredientes y fáciles de emplatar, priorizando la eficacia en el servicio. En este caso, las sopas frías o platos templados resultan más adecuados, ya que permiten una preparación más ágil sin comprometer la calidad.

Finalmente, remarcó la importancia de adaptar el menú a la **estación del año**, eligiendo ingredientes y temperaturas acordes: platos fríos y ligeros en verano, y preparaciones más cálidas y consistentes en invierno.

Además de compartir su experiencia profesional, el chef facilitó una serie de **platos reales de su propia base de datos** para que pudieran ser utilizados en el desarrollo del proyecto. De este modo, el grupo pudo trabajar con ejemplos auténticos de recetas y combinaciones gastronómicas sin vulnerar ningún principio ético ni de propiedad intelectual, ya que el material fue cedido expresamente por el chef con fines académicos.

5. ONTOLOGÍA

Para la representación del conocimiento del dominio gastronómico se ha diseñado una ontología que define los principales conceptos relacionados con la planificación de menús, así como sus relaciones jerárquicas y semánticas.

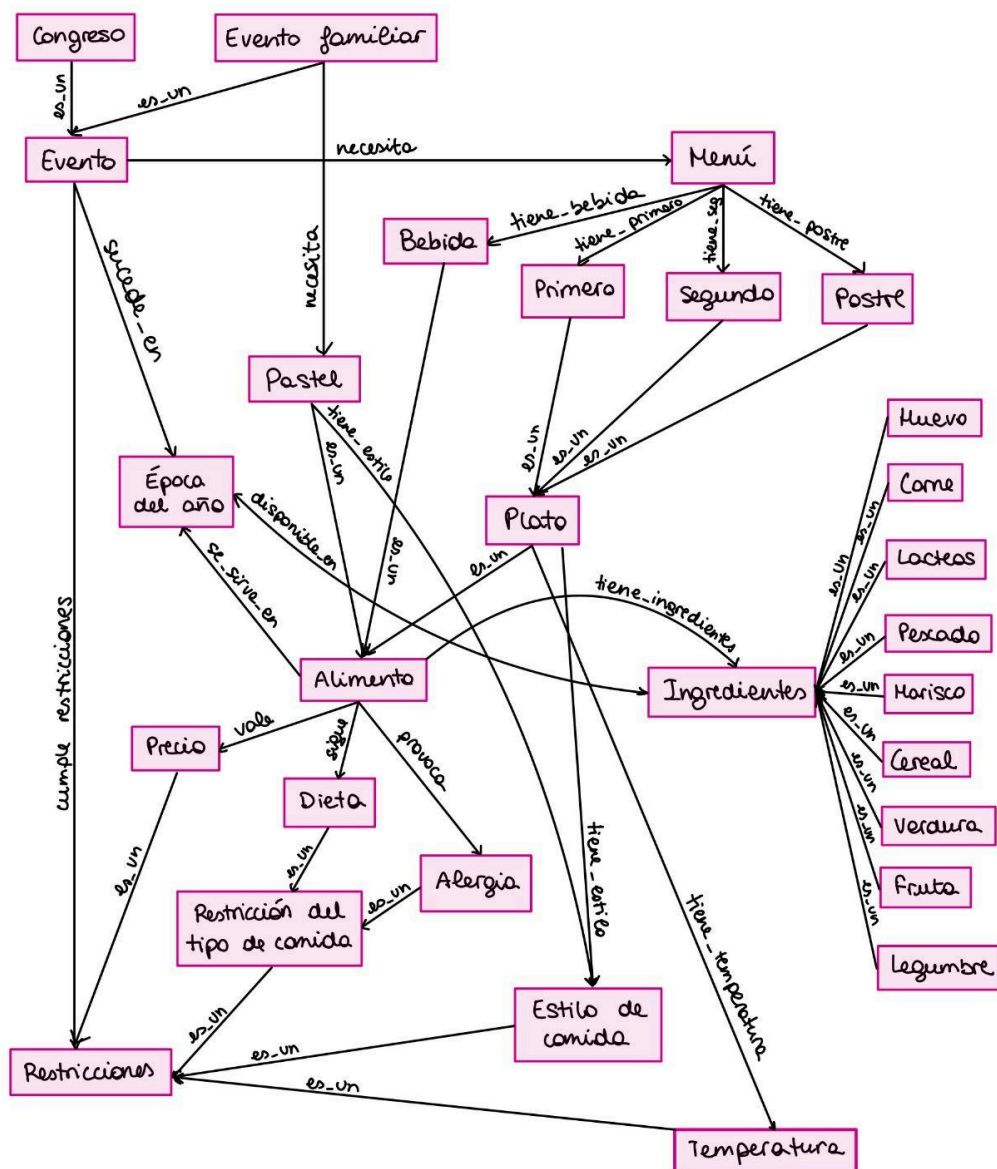
Esta ontología constituye la base conceptual del sistema experto y permite estructurar la información de manera que pueda ser interpretada por CLIPS.

La ontología parte del concepto principal de **Evento** que puede corresponder a distintos tipos de celebraciones como un Congreso o un Evento Familiar. Cada evento está asociado a un **Menú** el cual agrupa los diferentes componentes que lo forman: primer plato, segundo plato, postre y bebida.

Luego tenemos una estructura más general que representan condiciones que se tienen que cumplir:

- **Plato:** se divide en tres subclases: Primero, Segundo y Postre. Cada uno de estos platos está formado por varios ingredientes, tiene un precio, un estilo culinario, una temperatura (frío o caliente), diferentes alergias que provoca y dietas que sigue.
- **Bebida:** es un elemento complementario del menú, que puede estar asociada a determinados platos según el tipo de alimento o el estilo del menú.
- **Ingrediente:** se clasifica según su tipo (carne, pescado, marisco, verdura, fruta, legumbre, lácteo, huevo y cereal). Estos ingredientes se relacionan con las estaciones del año en las cuales están disponibles.
- **Restricciones del tipo de comida:** incluyen factores como las **dietas específicas** (vegana, vegetariana o halal) y las **alergias**.
- **Restricciones:** son restricciones que se tienen que cumplir en el momento de crear el menú como el Precio, Restricciones del tipo de comida, Temperatura del plato y Estilo de la Comida.
- **Estilo de comida:** representa la tipología culinaria que puede ser Sibarita, Moderno o Clásico.
- **Pastel:** para los eventos familiares, se añade un pastel a parte del postre que está relacionado tanto con los ingredientes como con el estilo de la comida.

Para cada clase se ha definido una relación como por ejemplo que cada **Evento** → *necesita* → **Menú** o por ejemplo que cada **Plato** → *tiene una* → **Temperatura**... Con esta estructura le permite al sistema relacionar la información de forma jerárquica y coherente. A parte con las relaciones podemos añadir restricciones, reglas, mirar combinaciones...



Figural: Esquema de la ontología

6. BASES DE DATOS

Para poder verificar que nuestro código funcione correctamente, hemos creado tres bases de datos acorde a lo que queremos que nuestro sistema devuelva. Estas las hemos dividido en tres subpartes; una base de datos de **platos**, otra de **bebidas**, y finalmente una base de datos para **pasteles**, en caso que el usuario escoja que el evento será un evento familiar en lugar de un congreso.

6.1. PLATOS

La base de datos de que trata sobre los platos es básicamente nuestro esqueleto del sistema, hemos construido el código en base a la ontología y la base de datos con sus características. Está compuesta por un total que supera los **500 platos distintos** aproximadamente, recopilados a partir del repertorio real que se nos ha proporcionado, sumándole variaciones añadidas propiamente por nosotros más consultando en internet. Cada registro describe un plato de forma estructurada, incluyendo información tanto culinaria como contextual que permite al sistema realizar inferencias y razonamientos.

Cada entrada contiene campos como el **nombre del plato**, el **estilo de comida** (*Clásico, Moderno o Sibarita*), el **tipo de plato** (*Primero, Segundo o Postre*), la **dieta asociada** (*Omnívora, Vegetariana, Vegana, Halal*), y el **precio medio por ración**. Los platos principales presentan precios diferenciados según su categoría: los primeros platos se sitúan entre 10 y 18 euros, los segundos platos entre 16 y 28 euros, y los postres entre 6 y 10 euros.

Además, la base de datos especifica la **época del año** más adecuada para servir cada plato, la **temperatura del plato** (*frío o caliente*), las **alergias relacionadas** (como *Alergia al gluten* o *Alergia a los frutos con cáscara*), las cuales hemos obtenido de las 14 alergias que por ley tienen que tener un plato, y finalmente un listado detallado de **ingredientes** clasificados por categorías (por ejemplo, *Pimiento rojo | Verdura, Bacalao | Pescado, Queso feta | Lácteos*).

Esta estructura de datos nos ha ayudado a optimizar la recuperación y filtrado de información en función de restricciones, además también permite al sistema establecer relaciones entre ingredientes, épocas del año o combinaciones de sabores. Gracias a esto, el razonador puede proponer menús equilibrados y coherentes con las preferencias y necesidades del cliente, simulando las decisiones que tomaría un chef profesional.

PULPO CON CAPONATA, APIO ENCURTIDO Y PAN DE AJO			
			
	PVP KG	GRAMAJE	PVP PLATO
PULPO		0,080	
SALSA CAPONATA		0,120	
ALCAPARRONES		0,006	
APIO ENCURTIDO		0,004	
TOMATE CHERRI PELADO		0,045	
PAN DE AJO		0,010	
ALBAHACA HOJAS			
FLOR DE AJO UD		1,000	

Figura2: Ejemplo de definición de plato con sus ingredientes, proporcionado por el chef

Por otra parte, nos hemos querido asegurar que los datos no estaban desbalanceados, es por eso que hemos hecho que en la medida de lo posible, la mayoría de variables están bien repartidas:

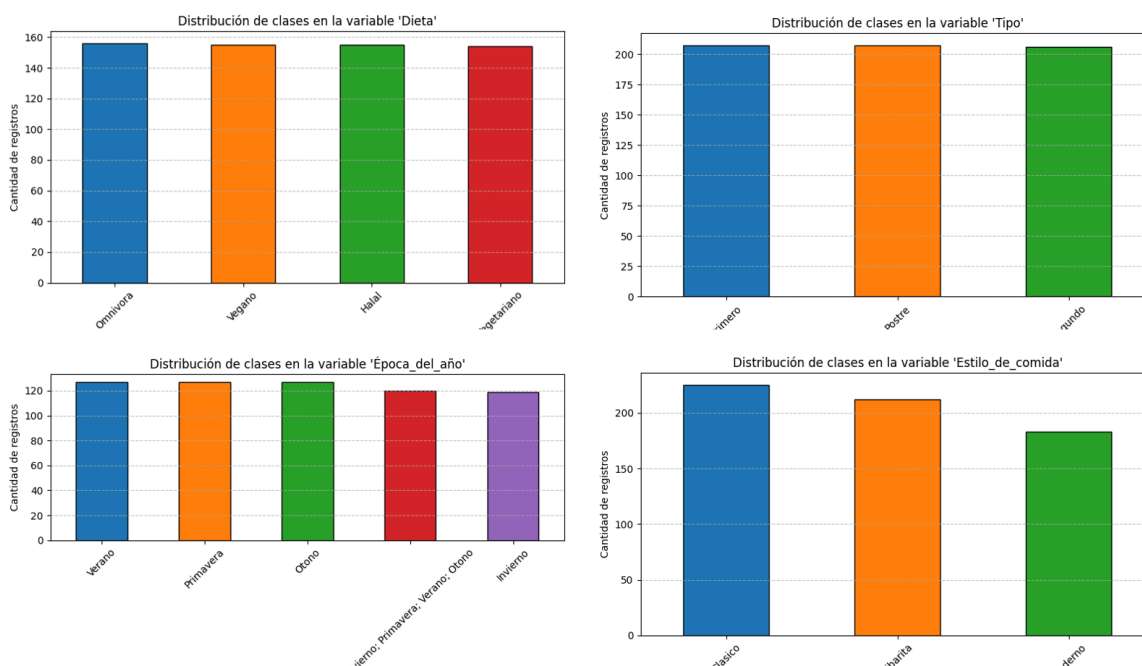


Figura3: Ejemplo de las distribuciones de distintas variables

Como podemos ver, la distribución de clases en la base de datos es equilibrada, lo que garantiza una buena representatividad en cada categoría. Las dietas (*Omnívora*, *Vegana*, *Halal* y *Vegetariana*) tienen un número similar de platos, al igual que los tipos (*Primeros*, *Segundos* y *Postres*). En cuanto a la época del año, las cuatro estaciones están bien distribuidas, reflejando variedad estacional. Por último, los estilos de comida muestran una ligera predominancia del *Clásico*, seguido del *Sibarita* y del *Moderno*.

6.2. BEBIDAS

Como se ha mencionado en la introducción, además de la base de datos de platos, hemos creado una base de datos de bebidas. Está compuesta por aproximadamente **75 bebidas**, tanto con como sin alcohol, clasificadas en distintas categorías que permiten su combinación con los menús generados por el sistema experto. A diferencia de la base de datos de platos, aquí se diferencian claramente las clases “**Con_alcohol**” y “**Sin_alcohol**”, lo que facilita la adaptación a eventos con restricciones o preferencias específicas.

Cada bebida incluye información sobre su **precio**, **ingredientes**, **tipo de dieta** para la que es apta (Omnívora, Vegetariana o Vegana) y los **alérgenos que puede contener**. Esta estructura mantiene coherencia con la de los platos, pero simplifica las relaciones al centrarse únicamente en los componentes líquidos y su compatibilidad con distintas dietas y menús. De esta forma, la base de datos de bebidas complementa a la de platos, permitiendo seleccionar maridajes adecuados según las condiciones del evento y las preferencias de los comensales.

Como con la base de datos anterior, las clases están equitativamente distribuidas, para asegurar fiabilidad y que el sistema siempre encuentre una solución, a pesar de todas las restricciones que se incluyan.

6.3. PASTELES

Como se ha mencionado anteriormente, además de los platos principales y las bebidas, el chef nos facilitó una **base de datos específica de pasteles**, diseñada para complementar los menús con opciones de postre gourmet. Esta base de datos mantiene la misma estructura que la de platos (incluyendo información sobre el **precio**, **tipo de dieta**, **ingredientes**, **época del año**, **estilo** y **alérgenos**), garantizando la coherencia y compatibilidad dentro del sistema experto.

En total, la base cuenta con decenas de pasteles cuidadosamente seleccionados. Sin embargo, destaca el hecho de que la mayoría de ellos no son omnívoros, ya que en un entorno de alta cocina se considera que los mejores postres no requieren ingredientes de origen animal como carne o pescado. Por este motivo, la mayor parte de los pasteles son aptos para dietas vegetarianas, lo que permite ofrecer opciones más inclusivas sin comprometer la calidad ni la sofisticación gastronómica.

6.4. CONVERSIÓN DE .CSV A .CLP

Para pasar las tres bases distintas de datos en formato csv a formato CLIPS, hemos ejecutado un script de Python que hacía esta conversión correctamente para los platos, bebidas y pasteles:

```

;;; Platos
([Sopa_de_Perejil_Hinojo_y_Sandia_levantina] of Primero
  (Precio 19.23)
  (tiene_estilo [Sibarita])
  (tiene_temperatura [Frio])
  (es_apto_para [Omnivora])
  (contiene_alergenos [Alergia_a_lactosa] [Alergia_a_sesamo] [Alergia_al_pescado])
  (se_sirve_en [Verano])
  (usa_ingredientes [Cebolla] [Perejil] [Hinojo] [Queso_feta] [Bacalao] [Sesamo] [Sandia])
)

;;; Bebidas
([Vino_tinto_crianza] of Con_alcohol
  (Precio 8.9)
  (usa_ingredientes [Uva])
  (es_apto_para [Omnivora] [Vegetariano] [Vegano])
  (contiene_alergenos [Alergia_a_sulfitos])
  (marida_con [Carne] [Lacteos] [Legumbre])
  (disponible_en [Invierno] [Primavera] [Verano] [Otono])
)

;;; Pastel de boda
([Pastel_de_boda_de_frutos_rojos] of Pastel
  (Precio 220.0)
  (tiene_estilo [Moderno])
  (tiene_temperatura [Frio])
  (se_sirve_en [Primavera])
  (usa_ingredientes [Harina] [Fresas] [Frambuesas] [Arandanos] [Queso_crema] [Azucar])
  (es_apto_para [Vegetariano])
  (contiene_alergenos [Alergia_al_gluten])
)

```

Figura4: Ejemplo de instancias convertidas de plato, bebida y pastel

7. CLIPS

Cuando ya teníamos la ontología definida en el esquema y las bases de datos preparadas, lo siguiente fue implementar el conocimiento adquirido en el lenguaje CLIPS. CLIPS es una herramienta desarrollada por la NASA para la creación de sistemas expertos basados en reglas, que permite representar conocimiento mediante hechos, plantillas y reglas de inferencia.

En este proyecto, CLIPS se usó como entorno principal de desarrollo y ejecución del sistema experto, ya que ofrece una estructura modular que facilita la organización del conocimiento en distintas fases del razonamiento.

Existen módulos implementados en CLIPS que corresponden a una parte del proceso lógico definido previamente en la ontología y en el modelo conceptual del sistema. Estos módulos se dividen en varios archivos principales:

- ***main.clp***: es el módulo principal que se encarga de iniciar y coordinar la ejecución del sistema.
- ***recap_info.clp***: es el encargado de recoger y estructurar la información básica del evento, como el tipo de menú, el número de asistentes, las restricciones de los alérgenos...
- ***abstraccion.clp***: traduce los datos del usuario en hechos que pueden ser interpretados por el motor de inferencia.
- ***asociacion.clp***: se encarga de encontrar los platos que se pueden añadir en los menús respetando las restricciones como de evento, temperatura, ingredientes disponibles o los prohibidos
- ***refinamiento.clp***: realiza el ajuste final del menú, dónde se hacen todas las posibles combinaciones mirando los precios, que no se repitan los ingredientes...

La ejecución del sistema en CLIPS permite **razonar de manera automática** a partir de las condiciones definidas por el usuario, simulando el proceso de toma de decisiones de un chef experto.

7.1. ONTOLOGIA EN CLIPS

La base de conocimiento del sistema experto se apoya en una ontología gastronómica que recoge los principales conceptos, relaciones y jerarquías del dominio culinario. Su objetivo es representar de manera estructurada el conocimiento necesario para la planificación de menús, permitiendo al sistema razonar sobre las distintas combinaciones posibles de platos, bebidas y postres.

En una primera fase, la ontología fue diseñada en **Protégé**, empleando el lenguaje OWL (Web Ontology Language). Este entorno facilitó la definición de clases, propiedades y relaciones entre los distintos elementos del dominio (platos, bebidas, ingredientes, dietas, alergias, estilos de comida, etc.), así como la validación conceptual del modelo.

Una vez finalizada la versión conceptual, la ontología se exportó a formato CLIPS mediante la herramienta **OWL2CLIPS**, que genera automáticamente la estructura correspondiente en forma de

definiciones de clases (*defclass*). Esta conversión permitió disponer de una primera versión funcional del modelo dentro del entorno CLIPS.

A medida que avanzó el desarrollo, la ontología inicial se fue adaptando y ampliando según las necesidades que surgieron durante la implementación. Se añadieron nuevos slots y relaciones para representar mejor la información relevante (como la estacionalidad de los ingredientes, las restricciones alimentarias o la compatibilidad entre platos y bebidas), y se reorganizaron ciertas jerarquías para facilitar el razonamiento del sistema.

La versión final en CLIPS está compuesta por un conjunto de clases interrelacionadas que reflejan las entidades principales del dominio gastronómico. Entre ellas destacan:

- Clases base de **conocimiento culinario**, como Plato, Bebida, Ingrediente, Postre, Primero y Segundo. Estas clases recogen la información esencial de cada elemento gastronómico. Por ejemplo, un Plato puede tener slots como precio, usa_ingrediente, dietas_apropiadas, alergenicos, temporada, o popularidad. A partir de Plato, se pueden especializar otras clases: por ejemplo, Primero y Segundo heredan sus propiedades, pero pueden incluir detalles específicos como el tipo de cocción o la cantidad de proteínas.
- Clases de **restricciones**, como Dieta, Alergia, Estilo_de_comida o Temperatura. Estas clases representan condiciones o limitaciones que influyen en la selección de los platos. Por ejemplo, la clase Dieta tiene instancias como Omnívora, Vegetariana, Halal o Vegana, y la clase Alergia puede especificar ingredientes que deben evitarse. De esta forma, el sistema puede filtrar automáticamente opciones no compatibles con las necesidades del comensal o del evento.
- Clases **contextuales**, como Evento, Congreso o Evento_familiar. Estas clases describen el contexto en el que se generará el menú. Incluyen información como el número de comensales, el presupuesto disponible, la época del año o las dietas presentes. Gracias a esta información, el sistema puede adaptar los menús a las características concretas del evento.
- Clases **compuestas**, como Menu o Pastel. Estas integran varios elementos del conocimiento base. Por ejemplo, una instancia de Menu puede estar compuesta por un Primero, un Segundo, un Postre y una Bebida, combinando así los distintos componentes en una estructura coherente y evaluable (por precio, compatibilidad o preferencias).

Por ejemplo, la clase Plato muestra la estructura general utilizada en la ontología, donde se combinan slots simples (como el precio o la temperatura de servicio) y multislots (como los ingredientes, alérgenos o dietas asociadas):


```
(defclass Plato
  (is-a USER)
  (role concrete)
  (pattern-match reactive)

  ; Épocas del año en las que se sirve tradicionalmente el plato
  (multislot se_sirve_en
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Epoca_del_ano)
    (create-accessor read-write))

  ; Épocas del año en las que el plato está disponible (por ingredientes o temporada)
  (multislot disponible_en
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Epoca_del_ano)
    (create-accessor read-write))

  ; Estilo de comida (Clasico, Moderno, Sibarita...)
  (slot tiene_estilo
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Estilo_de_comida)
    (create-accessor read-write))

  ; Temperatura a la que se sirve (Caliente o Frio)
  (slot tiene_temperatura
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Temperatura)
    (create-accessor read-write))

  ; Ingredientes que usa el plato
  (multislot usa_ingredientes
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Ingredientes)
    (create-accessor read-write))

  ; Alérgenos que contiene el plato
  (multislot contiene_alergenos
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Alergia)
    (create-accessor read-write))

  ; Dietas para las que es apto (Omnivora, Vegetariano, Vegano, Halal...)
  (multislot es_apto_para
    (type INSTANCE)
    (allowed-classes Dieta)
    (create-accessor read-write))

  ; Precio del plato
  (slot Precio
    (type FLOAT)
    (create-accessor read-write))
)
```

Figura5: Ejemplo de clase de la ontología

Este formato permite representar de forma explícita las relaciones entre los elementos del dominio, haciendo posible que el sistema razone sobre la compatibilidad entre ingredientes, la adecuación de los platos a distintas dietas o la coherencia general de un menú.

En definitiva, la ontología en CLIPS constituye el núcleo declarativo del conocimiento del sistema experto, ya que formaliza la experiencia del chef en una estructura lógica y manipulable por las reglas del motor de inferencia. Su diseño modular y jerárquico garantiza la extensibilidad del sistema, permitiendo incorporar en el futuro nuevos tipos de platos, restricciones o criterios de selección.

7.2. MÓDULO MAIN.CLP

El módulo *main.clp* constituye el punto de inicio del sistema experto y tiene como objetivo definir la estructura base del conocimiento general del dominio, así como establecer las instancias iniciales y el flujo de ejecución del resto de módulos.

En este archivo se agrupan los elementos fundamentales que permiten al sistema contextualizar cada ejecución dentro de un evento concreto y preparar la información necesaria para el razonamiento posterior.

En primer lugar, se define el *template “condiciones_evento”*, que actúa como una ficha o estructura de datos donde se almacenan todas las variables que describen las condiciones del evento gastronómico. Este template incluye los **slots** que recogen la información básica del escenario: tipo de evento (familiar o congreso), época del año, número de asistentes, disponibilidad de alcohol, estilo del menú, presupuesto total, dietas y alergias. Además, también contempla *temperaturas preferidas* para cada tipo de plato (primero, segundo y postre), así como posibles *ingredientes prohibidos* y el tipo de dieta asociada al pastel o postre final.

```

7 ; -----
8 ; TEMPLATE EVENTO
9 ; -----
10
11 (deftemplate condiciones_evento
12   (slot tipo (type SYMBOL) (allowed-symbols Evento_familiar Congreso Indefinido) (default Indefinido))
13   (slot epoca (type SYMBOL) (allowed-symbols Verano Invierno Primavera Otoño Indefinido) (default Indefinido))
14   (slot asistentes (type INTEGER) (default 0))
15   (slot alcohol (type SYMBOL) (allowed-symbols si no Indefinido) (default si))
16   (slot estilo (type SYMBOL) (allowed-symbols Sibarita Moderno Clasico Any Indefinido) (default Any))
17   (slot presupuesto (type FLOAT) (default 0.0))
18   (slot presupuesto_pastel (type FLOAT) (default 0.0))
19   (slot dietas_omnivoras (type INTEGER) (default 0))
20   (slot dietas_veganas (type INTEGER) (default 0))
21   (slot dietas_vegetarianas (type INTEGER) (default 0))
22   (slot dietas_halal (type INTEGER) (default 0))
23   (slot alergias_a_altramuces (type SYMBOL) (default FALSE))
24   (slot alergias_a_apio (type SYMBOL) (default FALSE))
25   (slot alergias_a_cacahuets (type SYMBOL) (default FALSE))
26   (slot alergias_a_crustaceos (type SYMBOL) (default FALSE))
27   (slot alergias_a_frutos_cascara (type SYMBOL) (default FALSE))
28   (slot alergias_a_huevo (type SYMBOL) (default FALSE))
29   (slot alergias_a_lactosa (type SYMBOL) (default FALSE))
30   (slot alergias_a_moluscos (type SYMBOL) (default FALSE))
31   (slot alergias_a_mostaza (type SYMBOL) (default FALSE))
32   (slot alergias_a_sesamo (type SYMBOL) (default FALSE))
33   (slot alergias_a_soja (type SYMBOL) (default FALSE))
34   (slot alergias_a_sulfitos (type SYMBOL) (default FALSE))
35   (slot alergias_a_gluten (type SYMBOL) (default FALSE))
36   (slot alergias_a_pescado (type SYMBOL) (default FALSE))
37   (slot temperatura_primero (type SYMBOL) (allowed-symbols Frio Caliente Any Indefinido) (default Any))
38   (slot temperatura_segundo (type SYMBOL) (allowed-symbols Frio Caliente Any Indefinido) (default Any))
39   (slot temperatura_postre (type SYMBOL) (allowed-symbols Frio Caliente Any Indefinido) (default Any))
40   (multislot ingredientes_prohibidos (type SYMBOL))
41   (slot dieta_pastel (type SYMBOL) (allowed-symbols Omnivora Vegano Vegetariano Halal Indefinido))
42 )

```

Figura6: template “condiciones_evento”

Posteriormente, el módulo incluye la definición de un conjunto de **instancias base** que representan los elementos fundamentales del dominio gastronómico, tales como:

- **Épocas del año** (*Invierno, Primavera, Verano, Otono*).
- **Temperaturas** de los platos (*Frío, Caliente, Any*).
- **Estilos culinarios** (*Clásico, Moderno, Sibarita, Any*).
- **Tipos de dieta** (*Halal, Omnívora, Vegana, Vegetariana*).
- **Alergias** (*gluten, lactosa, frutos secos, pescado, mariscos...* en total las 14 alergias)

```

446 ; -----
447 ; INSTANCIAS VARIAS
448 ; -----
449 (definstances generado
450   ([Invierno] of Epoca_del_ano)
451   ([Primavera] of Epoca_del_ano)
452   ([Verano] of Epoca_del_ano)
453   ([Otono] of Epoca_del_ano)
454   ([Caliente] of Temperatura)
455   ([Frio] of Temperatura)
456   ([Clasico] of Estilo_de_comida)
457   ([Moderno] of Estilo_de_comida)
458   ([Sibarita] of Estilo_de_comida)
459   ([AnyEstilo] of Estilo_de_comida)
460   ([Halal] of Dieta)
461   ([Omnivora] of Dieta)
462   ([Vegano] of Dieta)
463   ([Vegetariano] of Dieta)
464   ([Alergia_a_frutos_con_cascara] of Alergia)
465   ([Alergia_a_huevos] of Alergia)
466   ([Alergia_a_lactosa] of Alergia)
467   ([Alergia_a_soja] of Alergia)
468   ([Alergia_a_sulfitos] of Alergia)
469   ([Alergia_al_gluten] of Alergia)
470   ([Alergia_al_pescado] of Alergia)
471   ([Alergia_a_altramuces] of Alergia)
472   ([Alergia_a_apio] of Alergia)
473   ([Alergia_a_cacahuetes] of Alergia)
474   ([Alergia_a_crustaceos] of Alergia)
475   ([Alergia_a_moluscos] of Alergia)
476   ([Alergia_a_mostaza] of Alergia)
477   ([Alergia_a_sesamo] of Alergia)
478 )

```

Figura7: Instancias base

Estas instancias proporcionan las **categorías generales** sobre las que se fundamenta el razonamiento del sistema y permiten clasificar los diferentes platos, bebidas e ingredientes.

A continuación, se definen las **instancias de ingredientes**, donde cada alimento se asocia a su tipo de ingrediente (verdura, fruta, legumbre, cereal, etc.) y a su disponibilidad estacional, indicando en qué épocas del año puede utilizarse. Del mismo modo, se incluyen las instancias de ingredientes específicos para bebidas, que recogen los productos empleados en su elaboración (como uva, cebada o limón) y su relación con las estaciones del año.

```

480 ; -----
481 ; INSTANCIAS DE INGREDIENTES
482 ; -----
483
484 (definstances ingredientes
485   ;; Ingredientes
486   ([Aceitunas] of Fruta
487    | (disponible_en [Otono])
488   )
489   ([Acelgas] of Verdura
490    | (disponible_en [Invierno] [Primavera])
491   )
492   ([Ajo] of Verdura
493    | (disponible_en [Primavera] [Verano])
494   )
495   ([Albahaca] of Verdura
496    | (disponible_en [Invierno] [Primavera] [Verano] [Otono])
497   )
498   ([Alcachofa] of Verdura
499    | (disponible_en [Invierno] [Primavera])
500   )

```

Figura8: instancias de ingredientes

Finalmente, el archivo *main.clp* integra las **bases de datos de platos, bebidas y postres**, generadas automáticamente a partir de archivos CSV mediante los scripts *convertidor_bebidas.py*, *convertidorplatos.py* y *convertidor_pasteles.py*. Este proceso permite convertir la información tabular en instancias legibles por CLIPS, garantizando la coherencia entre los datos de entrada y la estructura definida en la ontología.

El módulo concluye con una regla de control denominada “*iniciar-recap-info*”, que redirige el flujo de ejecución hacia el módulo RECAP_INFO, encargado de iniciar la interacción con el usuario y recopilar la información necesaria para la inferencia:

```

8370 ; -----
8371 ; CAMBIAR DE MÓDULO
8372 ; -----
8373
8374 (defrule iniciar-recap-info
8375   (declare (salience 1001))
8376   =>
8377   (focus RECAP_INFO)
8378 )

```

Figura9: pasar al módulo recap_info

7.3. MÓDULO RECAP_INFO.CLP

El módulo RECAP_INFO constituye la primera **fase interactiva** del sistema experto y tiene como objetivo recopilar de forma guiada toda la información necesaria sobre el evento gastronómico antes de iniciar el razonamiento automático. Mientras que el módulo *main.clp* define la estructura general y las instancias base del dominio culinario, RECAP_INFO se encarga de llenar esa estructura con los datos específicos proporcionados por el usuario en cada ejecución.

Este módulo actúa como un bloque de diálogo estructurado que, mediante reglas encadenadas, va realizando preguntas al usuario para obtener información completa y coherente sobre el evento.

Las respuestas del usuario se almacenan en el hecho dinámico *condiciones_evento*, creado automáticamente al inicio si aún no existe. Este hecho contiene todos los atributos relevantes del evento, como tipo, época, número de asistentes, presupuesto, restricciones dietéticas, alergias, estilo o ingredientes prohibidos.

6.3.1. Estructura y funcionamiento

En primer lugar, el módulo crea el hecho inicial *condiciones_evento* con todos sus campos definidos pero sin valores concretos (por defecto Indefinido, 0 o FALSE). A partir de ahí, las reglas del módulo se activan secuencialmente, solicitando y validando cada dato hasta completar toda la información necesaria.

Cada pregunta está gestionada por una regla independiente que:

1. **Comprueba** si el dato correspondiente aún no ha sido rellenado.
2. **Solicita la respuesta** al usuario mediante *printout* y *read*.
3. **Valida el formato y el rango** de la respuesta (por ejemplo, asegurando que un número sea positivo o que una categoría pertenezca a un conjunto permitido).
4. **Actualiza el hecho** principal mediante *modify*.

De este modo, el sistema garantiza que todas las condiciones del evento sean coherentes y válidas antes de avanzar al razonamiento de menús.

Las reglas del módulo se agrupan por temática:

- **Datos generales** del evento: tipo (Evento_familiar o Congreso), época del año, número de asistentes y presupuesto disponible. Estas preguntas establecen el contexto básico del evento. Por ejemplo, un evento familiar solicitará además un presupuesto específico para el pastel, mientras que un congreso no.
- Preferencias sobre el **consumo de alcohol**: el sistema pregunta si el evento incluirá bebidas alcohólicas, lo que condiciona las combinaciones posibles en fases posteriores.
- **Dietas**: se pide al usuario cuántos asistentes siguen cada tipo de dieta (omnívora, vegetariana, vegana o halal). El sistema valida que la suma total de dietas coincida con el número total de asistentes, garantizando la consistencia de la información introducida. Además, en los eventos familiares, se consulta qué tipo de dieta debe respetar el pastel, permitiendo adaptar el postre a los comensales.
- **Estilo** gastronómico preferido: el usuario elige entre Sibarita, Moderno o Clásico (o puede indicar “Any” si no tiene preferencia). Este dato influirá en la selección de los platos durante la fase de razonamiento.

- **Temperatura** deseada de los platos: se recopilan las preferencias para el primer plato, segundo y postre (Frío, Caliente o Any). Esto permite que los menús propuestos sean adecuados a la época del año o al tipo de evento.
- **Alergias alimentarias:** el sistema inicia un bucle interactivo que pregunta si existen alergias y, en caso afirmativo, el tipo exacto (por ejemplo, gluten, pescado, huevo, soja, etc.). Cada alergia indicada modifica el hecho principal y se marca como restricción activa para la selección de platos.
- **Ingredientes prohibidos:** finalmente, el sistema permite al usuario introducir libremente una lista de ingredientes que no desea incluir en ningún plato (por ejemplo, “Cebolla”, “Pimiento”, etc.). Esta lista se almacena en el slot *ingredientes_prohibidos*.

6.3.2. Ejemplo de interacción con el usuario

A continuación se muestra un ejemplo de cómo el sistema solicita información al usuario durante la fase de recopilación de datos para un evento familiar:

```
¿Qué tipo de evento es? (Evento_familiar o Congreso): Evento_familiar
¡Registrado! Tipo de evento: Evento_familiar

¿En qué época se celebra el evento? (Verano, Invierno, Primavera, Otoño): Verno
Respuesta incorrecta. Debe ser Verano, Invierno, Primavera u Otoño.
¿En qué época se celebra el evento? (Verano, Invierno, Primavera, Otoño): Verano

¿Cuál es el número de asistentes del evento? (número > 0): 60

¿Cuál es el presupuesto para el del evento? (número > 0): 1000

¿Cuál es el presupuesto para el pastel? (número > 0): 300

¿Habrá alcohol? (sí/no): si

¿Cuántos asistentes seguirán una dieta omnívora? (número ≥ 0): 50
¿Cuántos asistentes seguirán una dieta vegetariana? (número ≥ 0): 5
¿Cuántos asistentes seguirán una dieta vegana? (número ≥ 0): 5
¿Cuántos asistentes seguirán una dieta halal? (número ≥ 0): 0

¿Qué dieta quieres que siga el pastel? (Omnívora, Vegetariano, Vegano, Halal): Vegetariano

¿De qué estilo quieres que sea la comida? (Sibarita, Moderno, Clásico)
Si te da igual escribe: Any
Moderno

Temperatura del primer plato (Frio, Caliente)
Si te da igual escribe: Any
Frio
Temperatura del segundo plato (Frio, Caliente)
Si te da igual escribe: Any
Any
Temperatura del postre (Frio, Caliente)
Si te da igual escribe: Any
Frio

¿Alguien tiene alguna alergia? (sí/no): si
¿Qué tipo de alergia?
(altramuces, apio, cacahuètes, crustaceos, frutos_cascara, huevo, lactosa, moluscos, mostaza, sesamo, soja, sulfitos, gluten, pescado): gluten

¿Alguien tiene alguna alergia? (sí/no): si
¿Qué tipo de alergia?
(altramuces, apio, cacahuètes, crustaceos, frutos_cascara, huevo, lactosa, moluscos, mostaza, sesamo, soja, sulfitos, gluten, pescado): soja
¿Alguien tiene alguna alergia? (sí/no): no
No hay más alergias.

¿Hay algún ingrediente que NO quieras en los platos?
Escribe uno a uno los ingredientes prohibidos (primera letra mayúscula) y pulsa Enter tras cada uno.
Cuando hayas terminado, escribe: FIN

Ingrediente prohibido (o 'FIN' para terminar): Gamba
Ingrediente prohibido (o 'FIN' para terminar): FIN

Ingredientes prohibidos guardados: (Gamba)

¡Tus respuestas han sido registradas! [PRNTUTIL1] Unable to find defmodule 'ABSTRACCION'.
```

Figura10: Ejemplo de interacción con el usuario

6.3.3. Control del flujo y finalización

Durante el proceso, el módulo emplea **hechos de control** (*control* y *control-alergias*) para marcar el avance entre etapas y asegurar que las preguntas se ejecutan en el orden correcto.

Cuando todos los datos han sido recopilados, la regla *final-RECAP_INFO* confirma que el proceso ha terminado, informa al usuario de que sus respuestas han sido registradas y transfiere el control al módulo ABSTRACCION, encargado de iniciar la fase de razonamiento sobre los menús posibles.

En conjunto, el módulo RECAP_INFO transforma la interacción con el usuario en un conjunto de datos estructurados y validados, sirviendo como puente entre el conocimiento general del sistema y la personalización del evento concreto sobre el que se desarrollará el razonamiento experto.

7.4. MÓDULO ABSTRACCIÓN

El módulo de **abstracción** se encarga de transformar la información detallada de los platos, bebidas y pasteles en un conjunto de **conceptos y relaciones** que facilitan el razonamiento del sistema experto. En lugar de trabajar con cada instancia concreta, el módulo agrupa los elementos según sus características, como el tipo de ingrediente, la dieta, la temperatura o la época del año, permitiendo que el sistema extraiga patrones y tome decisiones más eficientes. De esta forma, la abstracción actúa como un puente entre los datos específicos y el conocimiento conceptual necesario para las reglas de refinamiento y recomendación.

Hemos comenzado con la implementación de una regla denominada **crear_evento**, cuyo objetivo principal es **facilitar la ejecución de los juegos de prueba** del sistema. Esta regla verifica si no existen condiciones de evento previamente definidas y, en caso de devolver TRUE, genera un conjunto de condiciones por defecto que permiten al sistema funcionar sin necesidad de introducir manualmente todos los parámetros. De esta forma, se agiliza el proceso de validación y prueba de las reglas posteriores, asegurando que siempre exista un contexto base con valores preestablecidos para el tipo de evento, la época del año, el número de asistentes, el presupuesto, las dietas, las alergias y otros factores relevantes.

La regla **crear-instancia-evento** actúa como un “traductor” entre lo que el usuario define y lo que el sistema necesita para razonar. Coge las condiciones del evento (tipo de evento, estación del año, estilo de cocina deseado, temperaturas de servicio, ingredientes prohibidos, alergias y presencia de dietas) y, solo cuando están suficientemente completas, **construye un evento real** dentro del sistema. Piensa en ello como pasar de un formulario con opciones marcadas a un perfil de evento coherente y listo para usar.

Al crearlo, la regla consolida todo el contexto culinario: fija la época (para respetar la estacionalidad), el estilo (para encajar el tono del menú), las temperaturas preferidas por plato, y los ingredientes que no se deben usar. Además, reúne las alergias indicadas y determina qué dietas hay que contemplar (omnívora, vegetariana, vegana, halal). Todo queda guardado en un único objeto “evento”, que es el punto de verdad que consultarán las siguientes fases del sistema.

Con ese evento ya formado, el motor puede pasar a la siguiente etapa (búsqueda y asociación de platos, bebidas y pasteles) con **criterios claros y unificados**. Esto evita contradicciones, acelera los cálculos y garantiza que, desde ese momento, cualquier propuesta gastronómica **respeta automáticamente** las preferencias, restricciones y el contexto definidos al inicio.

Para agilizar las pruebas durante el desarrollo, nuestro módulo de Abstracción permite ejecutar el sistema con unas condiciones predefinidas sin necesidad de pasar por la interacción del diálogo en cada ejecución. Esto se consigue simplemente escribiendo (**focus ABSTRACCION**) en CLIPS antes de iniciar el programa. De esta forma, el motor de inferencia toma directamente las restricciones establecidas en el módulo (por ejemplo, tipo de evento, dietas presentes, alergias y presupuesto) y genera el evento automáticamente, permitiendo probar el resto del sistema de manera rápida y consistente. Una vez activado este foco, el comportamiento del sistema refleja exactamente los parámetros definidos en el módulo de abstracción, hecho especialmente útil para depurar, validar reglas y repetir pruebas sin intervención manual.

7.5. MÓDULO ASOCIACIÓN

El módulo ASOCIACION constituye una de las piezas centrales del sistema de gestión de menús para eventos. Su función principal es **asociar los platos, bebidas y postres** disponibles a un evento concreto, teniendo en cuenta las restricciones alimentarias, las dietas de los asistentes y las características del evento. Este módulo recibe la información del evento previamente definida en el módulo ABSTRACCION y genera listas de opciones compatibles que serán posteriormente refinadas para seleccionar el menú final.

6.5.1. Estructura y funcionamiento

El módulo ASOCIACION se organiza en torno a los `deftemplates control_asociacion` y `comida_compatible`, que permiten almacenar el estado del proceso y las listas de platos, bebidas y postres compatibles con el evento.

El funcionamiento del módulo se basa en reglas que procesan la información de manera secuencial y controlada. Estas reglas se encargan de:

- **Filtrar los elementos** según la dieta y restricciones del evento: Cada regla toma como entrada la información del evento (dietas, alergias, ingredientes prohibidos) y compara los elementos disponibles (ingredientes, platos, bebidas, postres) para seleccionar únicamente los compatibles. Por ejemplo, una regla puede seleccionar todos los platos veganos que no contengan ingredientes prohibidos.
- **Actualizar la instancia `comida_compatible`**: Una vez filtrados los elementos, las reglas almacenan los resultados en los multislots correspondientes (`primeros_vegano`, `segundos_omnivoros`, `bebidas_halal`, etc.), organizando así los datos de manera estructurada y accesible para el siguiente módulo.

- **Controlar el flujo del proceso** mediante el estado: Cada regla modifica el slot estado de la instancia *control_asociacion* para indicar qué categoría de elementos se ha procesado y cuál es la siguiente. Por ejemplo, después de seleccionar los primeros platos, el estado se actualiza a segundos, y así sucesivamente hasta finalizar.
- **Evitar errores y asegurar compatibilidad:** Las reglas incluyen comprobaciones para que no se incluyan elementos repetidos, ni incompatibles con la dieta o restricciones del evento. Esto garantiza que las listas generadas sean confiables y listas para el refinamiento posterior.

En conjunto, las reglas permiten que el módulo ASOCIACION procese automáticamente la información del evento, filtre los elementos disponibles y genere listas de platos, bebidas y postres compatibles, estructuradas según la dieta y características del evento. Esto asegura que el proceso sea ordenado, seguro y fácilmente integrable con el módulo de refinamiento, que elegirá el menú final.

6.5.2. *Ejemplo de ejecución*

A continuación, se muestra un ejemplo simplificado de cómo se vería la ejecución del módulo en la terminal de CLIPS. Este ejemplo refleja cómo se van activando las reglas y cómo se registran las combinaciones de elementos:

```

=== BUSCANDO INGREDIENTES DISPONIBLES EN Verano ===

Ingredientes encontrados: ([Aceite_vegetal] [Azucar] [Cacao] [Cafe] [Canela] [Chocolate] [Chocolate_blanco] [Chocolate_negro] [Jengibre] [Miel] [Sal] [

=== BUSCANDO PRIMEROS ===

--- PRIMEROS COMPATIBLES ---
Omnivoros (7): ([Ensalada_de_Tenera_Atun_y_Habas_helenica] [Crema_de_Atun_Garbanzos_y_Hinojo_iberica] [Ensalada_de_Cebolla_Ricotta_y_Oregano_italica]
Veganos (1): ([Sopa_de_Pimiento_rojo_Tomillo_y_Setas_mediterranea])
Vegetar. (1): ([Sopa_de_Pimiento_rojo_Tomillo_y_Setas_mediterranea])
Halal (3): ([Ensalada_de_Cebolla_Ricotta_y_Oregano_italica] [Sopa_de_Tomate_Merluza_y_Setas_levantina] [Caprese_de_Garbanzos_Tofu_de_soja_y_Queso_
Primeros compatibles añadidos a comida_compatible.

=== BUSCANDO SEGUNDOS ===

--- SEGUNDOS COMPATIBLES ---
Omnivoros (14): ([Plancha_de_Ajo_Naranja_y_Manzana_italica] [Salteado_de_Sardinas_Perejil_y_Zanahoria_levantina] [Papillote_de_Berenjena_Higo_y_Aceitur
Veganos (4): ([Papillote_de_Berenjena_Higo_y_Aceitunas_iberica] [Plancha_de_Setas_Tofu_de_soja_y_Calabacin_mediterranea] [Plancha_de_Berenjena_Aceitu
Vegetar. (4): ([Papillote_de_Berenjena_Higo_y_Aceitunas_iberica] [Plancha_de_Setas_Tofu_de_soja_y_Calabacin_mediterranea] [Plancha_de_Berenjena_Aceitu
Halal (4): ([Papillote_de_Sandia_Tenera_y_Altramuces_levantina] [Plancha_de_Garbanzos_Mozzarella_italica] [Braseado_de_Oregano_Hinojo_y_Sardinas_
Segundos compatibles añadidos a comida_compatible.

=== BUSCANDO POSTRES ===

--- POSTRES COMPATIBLES ---
Omnivoros (20): ([Mousse_de_Sandia_Granada_y_Cerdo_levantina] [Sorbete_de_Uva_Sandia_y_Pulpo_italica] [Macedonia_de_Cordero_Melon_y_Melocoton_italica]
Veganos (4): ([Helado_de_Manzana_Melocoton_iberica] [Tarta_de_Granada_Melon_y_Melocoton_italica] [Sorbete_de_Pera_Melocoton_y_Uva_balear] [Sorbete_de
Vegetar. (4): ([Helado_de_Manzana_Melocoton_iberica] [Tarta_de_Granada_Melon_y_Melocoton_italica] [Sorbete_de_Pera_Melocoton_y_Uva_balear] [Sorbete_de
Halal (7): ([Sorbete_de_Pera_Leche_y_Melon_helenica] [Helado_de_Uva_Melocoton_y_Granada_iberica] [Sorbete_de_Yogur_griego_Sandia_y_Higo_levantina]
Postres compatibles añadidos a comida_compatible.

=== BUSCANDO BEBIDAS ===

--- BEBIDAS DISPONIBLES ---
Omnivoros (20): ([Cerveza_lager] [Cerveza_ipa] [Cerveza_trigo] [Aperitivo_herbal] [Agua_mineral] [Agua_con_gas] [Gaseosa] [Refresco_cola_seco] [Tisar
Veganas (17): ([Aperitivo_herbal] [Agua_mineral] [Agua_con_gas] [Gaseosa] [Refresco_cola_seco] [Tisana_de_hierbas] [Te_frio_melocoton] [Tonica_con
Vegetarianas(0): ()
Halal (16): ([Agua_mineral] [Agua_con_gas] [Gaseosa] [Refresco_cola_seco] [Tisana_de_hierbas] [Te_frio_melocoton] [Tonica_con_romero] [Sifon] [Zi

```

Figura11: Ejemplo de ejecución del módulo ASOCIACIÓN

6.5.3. *Finalización*

El módulo ASOCIACION concluye su ejecución de manera controlada mediante la instancia *control_asociacion*. Esta instancia mantiene un slot estado que indica cuándo todas las fases de selección de elementos (primeros, segundos, bebidas y postres) han finalizado.

Cuando todas las reglas han completado su tarea y los elementos compatibles han sido registrados en *comida_compatible*, la última regla actualiza *estado* = *finalizado*. Este valor sirve como señal clara de que el módulo ha terminado y que la información generada está lista para ser utilizada por otros módulos, como el de refinamiento.

La finalización controlada garantiza:

- Integridad de los datos, evitando que se consulten resultados incompletos.
- Seguridad en la ejecución, al impedir que reglas de fases posteriores se activen prematuramente.
- Preparación para el siguiente módulo, asegurando que los menús generados sean consistentes y completos.

En definitiva, el módulo termina su proceso de forma ordenada y confiable, centralizando la información de los elementos compatibles y preparando los datos para su posterior procesamiento.

7.6. MÓDULO REFINAMIENTO

El módulo Refinamiento constituye la parte del sistema encargada de transformar las preferencias y restricciones del evento en menús completos. A partir de las condiciones definidas previamente (tipo de dieta, presupuesto, alergias, ingredientes prohibidos, estación del año, temperatura de servicio, etc.), este módulo busca en la base de conocimiento de platos_disponibles todos los platos y bebidas posibles, los combina y filtra para generar opciones de menú coherentes y viables. Durante este proceso se asegura, entre otras cosas, que no se repitan tipos de proteínas (como carne o pescado) entre platos, que los ingredientes cumplan las restricciones dietéticas y que la selección se adapte al presupuesto disponible. Finalmente, el módulo escoge y muestra tres versiones del menú, barato, medio, caro, y también selecciona un pastel apropiado según las mismas condiciones, ofreciendo así una propuesta gastronómica completa y personalizada para el evento.

6.6.1 - Estructura y funcionamiento

Fase 1: Generación de menús

Este módulo lo hemos dividido en distintas partes, la primera de ellas es la fase **generar menú** de para todas las dietas por igual (omnívora, vegetariana, vegana y halal) el sistema toma las listas ya filtradas por ASOCIACION y crea combinaciones primero–segundo–bebidas–postre dentro del presupuesto por persona. A todas les aplica las mismas reglas: maridaje de cada bebida con su plato, política de alcohol del evento y variedad (evitar repeticiones de carne/pescado/legumbre/fruta según toque). Las combinaciones que superan estos filtros se materializan como instancias menú con su precio total, dejando un **conjunto de candidatos por dieta**; lo único que cambia entre dietas es son los elementos disponibles y sus restricciones propias. Este es el funcionamiento que sigue:

- **Entrada, preparación y presupuesto.** La fase toma las listas filtradas en comida_compatible (primeros, segundos, bebidas y postres por dieta) y las condiciones_evento (presupuesto total, asistentes y política de alcohol). Con ello calcula el presupuesto por persona y, cuando hay margen, reserva de bebidas extra (agua y refrescos), descontando su coste antes de combinar platos para trabajar siempre con el presupuesto disponible.
- **Generación y validación de combinaciones.** Seguidamente, el sistema recorre las tuplas primero + segundo + bebida del primero + bebida del segundo + postre y solo acepta aquellas que cumplen tres bloques de reglas: La primera, **maridaje y alcohol**: cada bebida debe maridar con su plato; si el evento no permite alcohol se filtran las alcohólicas, y en Halal se exige siempre sin alcohol. La segunda, **variedad de platos**: se evita repetir carne entre primero y segundo, acumular pescado/marisco a la vez, repetir legumbres en vegetariano/vegano, y que el postre comparta la misma fruta con los platos salados. Finalmente, **presupuesto**: el coste acumulado de la combinación, tras restar las extras, debe quedar por debajo del tope por comensal.
- **Materialización y salvaguardas.** Cada combinación válida se materializa como instancia menú con sus slots (precio total, primero, segundo, bebidas asociadas, postre, extras y sigue_dieta). Si para alguna dieta no aparece ninguna combinación dentro de las restricciones, se activa una búsqueda de contingencia ligeramente menos restrictiva (sin comprometer presupuesto ni maridajes básicos) para garantizar al menos una propuesta.
- **Orquestación por estados y salida.** El proceso avanza por estados en *control_refinamiento* (omnívoro → vegetariano → vegano → halal), manteniendo un flujo ordenado. Al finalizar, queda un conjunto de menús candidatos por dieta (equilibrados, dentro de presupuesto y listos) que alimenta las siguientes fases: escoger (barato/medio/caro) y explicar el menú propuesto.

Fase 2: Elección de menús

La segunda fase del módulo arranca una vez generados todos los menús candidatos por dieta y se materializa en las reglas de *escoger-menú*. Estas reglas, idénticas en estructura para Omnívora, Vegetariana, Vegana y Halal, recorren las instancias Menu ya filtradas y, guiadas por el *control_refinamiento*, seleccionan en orden el caro, el medio ($\approx 90\%$ del caro) y el barato ($\approx 90\%$ del medio), evitando repetir platos entre opciones y manteniendo las restricciones. Cada menú elegido se etiqueta con *tipo_según_precio*, se añade al evento en la lista de su dieta y se imprime en un formato claro para el informe, dejando el sistema listo para la tercera fase: **explicar** por qué se ha seleccionado cada propuesta.

- **Patrón común por dieta.** Las tres reglas de *escoger menú* que hay para Omnívora se replican con la misma lógica para las demás dietas (Vegetariano, Vegano y Halal), cambiando únicamente el filtro de dieta (*get-sigue_dieta* = Vegetariano/Vegano/Halal) y los estados de control asociados. En todas ellas el flujo es idéntico: al terminar de generar menús se activa la selección del **caro**, después la del **medio** y por último la del **barato**, siempre dentro de los menús ya construidos para esa dieta.

- **“Caro” en cada dieta.** Para cada dieta, la primera regla recorre todas las instancias Menu de esa dieta, elige el de **mayor precio**, lo imprime, lo marca con *tipo_según_precio* = caro y lo guarda en la lista correspondiente del evento (*menus_omnivoros*, *menus_vegetarianos*, *menus_veganos*, *menus_halal*). Si no hay candidatos, informa y avanza el estado para no bloquear la ejecución.
- **“Medio” en cada dieta.** Tomando el “caro” como referencia, fija un **objetivo = 90%** del precio del caro y selecciona el **mejor candidato \leq objetivo**, **distinto** del caro y **sin repetir** sus platos (primero, segundo y postre). Si lo encuentra, lo imprime, lo etiqueta como medio y lo añade a la lista de menús de esa dieta; si no, avisa y pasa a buscar el “barato”.
- **“Barato” en cada dieta.** Repite el patrón usando como ancla el “medio”: **objetivo = 90%** del medio, evitando repetir platos y la propia instancia. Si hay candidato, se imprime, se marca como barato y se agrega a la lista; si no lo hay, se informa. Con ello, para cada dieta se intenta construir el trío **caro-medio-barato** (en la medida de lo posible), manteniendo las restricciones ya garantizadas en la fase de generación (presupuesto por persona, maridajes, alergias, ingredientes prohibidos y reglas de variedad entre platos).

Fase 3: Generación de pasteles + elección (solo en evento familiar)

Una vez realizado el proceso de selección de qué menú desea el usuario, se activa la regla *recomendar-3-pasteles-solo-dieta* y únicamente para eventos de tipo *familiar*. Su objetivo es proponer **tres alternativas de pastel** (barato, medio y caro) **coherentes con la dieta** fijada para el pastel en *condiciones_evento* (*dieta_pastel*). Para ello, la regla limpia cualquier recomendación previa y **selecciona la lista de candidatos** que el módulo ASOCIACION dejó preparada (omnívora, vegetariana, vegana o halal), filtrando así desde el inicio.

Con la lista válida, el sistema **ordena los pasteles por precio** y determina los tres representantes: el más barato, el más caro y, si hay suficientes opciones, un “medio” que se toma alrededor del valor central. Cada candidato se registra en hechos *pastel_recomendado* con su dieta, categoría, nombre y coste, y se muestra por pantalla para trazabilidad. A continuación, la regla establece un pequeño **diálogo de confirmación** con la persona usuaria (“caro, medio o barato”), **valida la disponibilidad** (p. ej., no permite elegir “medio” si no hay al menos tres) y, cuando la respuesta es válida, **fija la elección** en la estructura *menus_elegidos*. El estado de control pasa a *pasteles_buscados*, dejando constancia de una recomendación explicable, consistente con la dieta y cerrada con la **confirmación explícita** de la preferencia de precio.

Fase 4: Explicación de los menús escogidos por el sistema

La **fase final del refinamiento** convierte la decisión del motor en una justificación clara y legible para el usuario. Su pieza central es la función **explica-uno**, que toma el menú finalmente elegido (primero, segundo, postre y sus bebidas), el **contexto del evento** (época y si se permite alcohol) y las **preferencias del usuario** (alérgenos y prohibidos), y redacta una explicación estructurada y entendible. Para que esto sea posible, se apoya en un conjunto de utilidades que limpian nombres, unifican formatos y extraen evidencias culinarias desde la base de conocimiento.

Al iniciar, *_explica-uno* normaliza todas las entradas y las **convierte en nombres legibles** (sin corchetes ni guiones bajos). A partir de ahí, explica primero el **bloque de bebidas**: indica si el evento permite alcohol y, para cada bebida, especifica si es *con* o *sin* alcohol (*bebida-es-sin-alcohol*). Después justifica el **maridaje** con ingredientes concretos del plato gracias a ingredientes-que-maridan y, si no hay coincidencias específicas, recurre al maridaje general del plato.

A continuación describe los platos por características básicas, mostrando **estilo, temperatura, época e ingredientes** de primero, segundo y postre. El apartado de **alérgenos** lista lo que contiene cada plato (*lista-alergenos-nombres*) y, acto seguido, explicita los alérgenos declarados por el usuario, dejando constancia de que la selección los evita.

Por último, la regla razona sobre el **equilibrio entre platos**. Con '*_plato-tiene-clase*' detecta si un plato incluye **Carne, Pescado, Marisco, Legumbre o Huevos** y comunica reglas de variedad: no repetir carne, no duplicar pescado/marisco (ni combinaciones cruzadas), y evitar repeticiones de legumbres o huevo. Si existen ingredientes prohibidos en el evento, los muestra para evidenciar su ausencia en la propuesta final.

Finalmente, la función **explica-desde-lista**, que localiza **el menú exacto** a explicar dentro de las listas por dieta usando el **precio elegido** como clave. Esa búsqueda se dispara desde la regla explicar-eleccion-menus, que, una vez completadas las fases anteriores (incluidos los pasteles), **genera la explicación** para cada dieta seleccionada (omnívora, vegetariana, vegana o halal). El resultado es una justificación para todas las dietas: si el conocimiento crece (nuevos estilos, reglas o maridajes), la explicación se mantiene consistente sin cambiar su estructura.

Fase 5: Finalización

Finalmente, la regla **acabar** cierra el ciclo del módulo de refinamiento y deja el sistema en estado **acabado**. Se dispara sólo cuando ya existe una explicación generada (estado *explicacion_realizada*) y, por tanto, hay un conjunto definitivo de precios por dieta en el hecho *menus_elegidos* (omnívoro, vegetariano, vegano, halal) y, opcionalmente, el precio del pastel. Con esa información y los **contadores de asistentes por dieta** tomados de *condiciones_evento* (*dietas_omnivoras*, *dietas_vegetarianas*, *dietas_veganas*, *dietas_halal*), la regla calcula el **coste total de menús** multiplicando cada precio unitario por el número de comensales de esa dieta y suma, si existe, el **coste del pastel**. Finalmente imprime el **presupuesto final** y deja trazado, de forma transparente, el desglose: precio agregado de menús y, si procede, precio del pastel.

Además de la suma y el informe, al hacer (*modify ?c (estado acabado)*) impide la ejecución de reglas posteriores del refinamiento, garantizando que no se generen cambios después de comunicar el total. Si el evento no incluye pastel (precio 0), la salida muestra sólo el total y el coste de menús; si lo incluye, muestra ambas partidas por separado. Así, el cierre es consistente con las decisiones previas (selección y explicación del menú) y deja un rastro claro para auditoría o presentación al cliente.

6.6.2 - Ejemplo de ejecución

Ahora dejaremos una imagen que reflejan el flujo de ejecución de refinamiento, donde se ve como se activan las reglas de generar todos los menús y explicaciones. Nota: Solo pondremos imagen para una dieta, ya que sinó la imagen de toda la ejecución ocuparía mucho espacio.

```

*** Generando menús omnívoros ***

*** Generando menús vegetarianos ***

*** Generando menús veganos ***

*** Generando menús halal ***

---- OPCIONES DE MENÚS OMNÍVOROS ----

-- CARO
Primero: [Timbal_de_Remolacha_Rucula_y_Tofu_de_soja_italica]
Bebida para el primero: [Cerveza_ipa]
Segundo: [Parrillada_de_Calabacin_Granada_y_Dorada_helenica]
Bebida para el segundo: [Aperitivo_herbal]
Postre: [Helado_de_Queso_manchego_Pera_y_Granada_italica]
Bebidas extras:([Agua_mineral] [Refresco_cola_seco])
Precio por persona: 80.94

-- MEDIO
Primero: [Timbal_de_Rucula_Champinones_y_Higo_helenica]
Bebida para el primero: [Cerveza_trigo]
Segundo: [Horno_de_Higo_Pollo_y_Melon_italica]
Bebida para el segundo: [Cerveza_ipa]
Postre: [Sorbete_de_Uva_Sandia_y_Pulpo_italica]
Bebidas extras: ([Agua_mineral] [Refresco_cola_seco])
Precio por persona: 72.81

-- BARATO
Primero: [Gazpacho_de_Queso_feta_Rucula_y_Dorada_italica]
Bebida para el primero: [Cerveza_trigo]
Segundo: [Estofado_de_Calabacin_Uva_y_Pollo_mediterranea]
Bebida para el segundo: [Aperitivo_herbal]
Postre: [Tarta_de_Yogur_griego_Melocoton_y_Higo_levantina]
Bebidas extras: ([Agua_mineral] [Refresco_cola_seco])
Precio por persona: 65.52
¿Qué tipo de menú quieres? (caro, medio, barato)
caro

===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

*** Omnivora (caro) - 80.94€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
- El evento permite alcohol.
- Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
- Primero: Timbal de Remolacha Rucula y Tofu de soja italica
  · Estilo: Sibarita
  · Temperatura: Frio
  · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  · Ingredientes: Tofu de soja, Pistachos, Rucula, Remolacha y Granada
- Segundo: Parrillada de Calabacin Granada y Dorada helenica
  · Estilo: Sibarita
  · Temperatura: Caliente
  · Época: Verano
  · Ingredientes: Pinones, Granada, Avellanas, Calabacin, Masa de pizza y Dorada
- Postre: Helado de Queso manchego Pera y Granada italica
  · Estilo: Sibarita
  · Temperatura: Frio
  · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  · Ingredientes: Granada, Almendras, Pistachos, Pera, Pinones y Queso manchego
3) Alérgenos:
- Primero: Alergia a frutos con cascara y Alergia a soja
- Segundo: Alergia a frutos con cascara, Alergia al gluten y Alergia al pescado
- Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- No contienen: Alergia a cacahuetes
4) Equilibrio entre platos:
- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE
5) Ingredientes prohibidos: Ajo

```

Figuras12: Ejemplos de la fase de refinamiento

8. CÓMO SE REALIZA LA EJECUCIÓN

Para llevar a cabo la ejecución del sistema experto, se trabaja dentro del entorno del programa **CLIPS**, utilizando un directorio específico denominado **“Módulos de CLIPS”**, que contiene todos los archivos necesarios para el funcionamiento del sistema. Esta carpeta actúa como el **director principal del proyecto**, desde donde se cargan los distintos módulos que componen la arquitectura del sistema experto.

El proceso de ejecución se inicia abriendo CLIPS y situándose en dicho directorio. A continuación, se deben ejecutar los siguientes comandos de forma secuencial:

```
Dir: C:\Users\jarog\Desktop\IA\3r\SBC\Modules de CLIPS
CLIPS (6.4.2 1/14/25)
CLIPS> (clear)
CLIPS> (load main.clp)
+#####@@@@@*
TRUE
CLIPS> (load recap_info.clp)
+*****%*****%
TRUE
CLIPS> (load abstraccion.clp)
+***
TRUE
CLIPS> (load asociacion.clp)
+%%*****
TRUE
CLIPS> (load refinamiento.clp)
+%%!!!*****%!!!**
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS>
```

Figura13: Ejemplo de los comandos de ejecución

Una vez cargados todos los módulos, hay que ejecutar el comando *(reset)* para que se creen todas las instancias definidas y así poder usarlas durante la ejecución del programa. Una vez hecho esto, el sistema está listo para iniciar el razonamiento.

Instances
X

☒ Display Defaulted Values

Search:

Module	Name	Class
MAIN	Invierno	Epoca_del_ano
RECAP_INFO	Primavera	Epoca_del_ano
ABSTRACCION	Verano	Epoca_del_ano
ASOCIACION	Otono	Epoca_del_ano
	Caliente	Temperatura
	Frio	Temperatura
	Clasico	Estilo_de_comida
	Moderno	Estilo_de_comida
	Sibarita	Estilo_de_comida
	AnyEstilo	Estilo_de_comida
	Halal	Dieta
	Omnivora	Dieta
	Vegano	Dieta
	Vegetariano	Dieta
	Alergia a frutos con ci	Alergia

Figura14: Aplicación de CLIPS con las instancias creadas

En este punto, existen **dos formas de proceder** según la fase del proyecto o el tipo de prueba que se desee realizar:

- **Modo interactivo:** Si se quiere ejecutar el sistema completo desde el inicio, permitiendo que CLIPS formule las preguntas al usuario (por ejemplo, sobre presupuesto, dietas o tipo de evento), se utiliza el comando (**run**).

```
Dir: C:\Users\jarog\Desktop\IA\3\SBC\Modulos de CLIPS
CLIPS (6.4.2 1/14/25)
CLIPS> (clear)
CLIPS> (load main.clp)
+#####@@@@@*
TRUE
CLIPS> (load recap_info.clp)
+*****%*****
TRUE
CLIPS> (load abstraccion.clp)
+***
TRUE
CLIPS> (load asociacion.clp)
+%%*****
TRUE
CLIPS> (load refinamiento.clp)
+%%!!*****%!!**
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
¿Qué tipo de evento es? (Evento_familiar o Congreso):
```

Figura15: Ejemplo de los comandos de ejecución Modo interactivo

- **Modo directo (definición manual de condiciones):** En algunos casos, especialmente durante las pruebas, es posible definir directamente los hechos iniciales dentro del módulo ABSTRACCIÓN, sin pasar por la fase de preguntas. De esta forma, CLIPS parte directamente de los hechos definidos, permitiendo comprobar el comportamiento del sistema bajo condiciones específicas o personalizadas. Para ejecutar el sistema en este modo, se debe establecer el foco en dicho módulo antes de iniciar la ejecución:

```
Dir: C:\Users\jarog\Desktop\IA\3\SBC\Modulos de CLIPS
CLIPS (6.4.2 1/14/25)
CLIPS> (clear)
CLIPS> (load main.clp)
+#####@@@@@*
TRUE
CLIPS> (load recap_info.clp)
+*****%*****
TRUE
CLIPS> (load abstraccion.clp)
+***
TRUE
CLIPS> (load asociacion.clp)
+%%*****
TRUE
CLIPS> (load refinamiento.clp)
+%%!!*****%!!**
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS> (focus ABSTRACCION)
TRUE
CLIPS> (run)
```

Figura16: Ejemplo de los comandos de ejecución Modo directo

En resumen, el proceso de ejecución combina la carga modular del conocimiento con la posibilidad de realizar tanto pruebas automáticas como manuales, lo que facilita la validación del sistema experto y el análisis detallado de su razonamiento interno.

9. JUEGOS DE PRUEBA

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del sistema y comprobar que las reglas de inferencia responden adecuadamente a distintas combinaciones de condiciones, se han realizado diversos juegos de prueba. El objetivo de estas pruebas es evaluar la **coherencia**, **compatibilidad** y **adaptabilidad** de los menús generados, asegurando que el sistema aplica correctamente las restricciones definidas en la ontología y en los módulos de CLIPS.

Para agilizar el proceso de validación, hemos definido directamente las condiciones del evento en el módulo **abstraccion.clp**, en lugar de realizar el proceso completo de preguntas al usuario a través de la interfaz interactiva del sistema.

En los apartados siguientes se presentan varios ejemplos de juegos de prueba, cada uno diseñado para evaluar un conjunto concreto de condiciones (como eventos con dietas especiales, presupuestos limitados o estacionalidad de los ingredientes), mostrando los resultados obtenidos y analizando si el sistema se comporta conforme a lo esperado.

9.1. Juego de Prueba 1: Ponemos Estilo de los platos

En esta primera prueba se ha querido comprobar el correcto funcionamiento del sistema en relación con el **atributo “estilo” de los platos**, el cual puede tomar valores como *Clásico*, *Moderno* o *Sibarita*. El objetivo es verificar que el sistema es capaz de **mantener coherencia estética y conceptual** en el menú completo, seleccionando platos, postres y bebidas que pertenezcan a un mismo estilo culinario o compatibles entre sí.

Para realizar esta prueba, se definieron directamente las condiciones del evento en el módulo **abstraccion.clp**, evitando el proceso de preguntas iniciales. En este caso, se estableció un evento con las siguientes características principales:

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol si)
  (estilo Clasico)
  (presupuesto 10000.0)
  (presupuesto_pastel 200.0)
  (dietas_omnivoras 50)
  (dietas_veganas 0)
  (dietas_vegetarianas 0)
  (dietas_halal 0)
  (alergias_a_altramuces FALSE)
  (alergias_a_apio FALSE)
  (alergias_a_cacahuets FALSE)
  (alergias_a_crustaceos FALSE)
  (alergias_a_frutos_cascara FALSE)
  (alergias_a_huevo FALSE)
  (alergias_a_lactosa FALSE)
  (alergias_a_moluscos FALSE)
  (alergias_a_mostaza FALSE)
  (alergias_a_sesamo FALSE)
  (alergias_a_soja FALSE)
  (alergias_a_sulfitos FALSE)
  (alergias_a_gluten FALSE)
  (alergias_a_pescado FALSE)
  (temperatura_primero Any)
  (temperatura_segundo Any)
  (temperatura_postre Any)
  (ingredientes_prohibidos (create$))
  (dieta_pastel Omnivora)
```

Figura17: condiciones del Juego de Prueba 1

Como podemos observar hemos puesto que es un evento de tipo familiar, que se realiza en Verano, hay unos 50 asistentes, todos con la misma dieta (ya que éste juego de prueba nos queremos focalizar sólo con el estilo) y luego con un presupuesto para los menús y para el pastel. No se indicaron alergias

ni restricciones adicionales, y las temperaturas de los platos se mantuvieron abiertas a cualquier valor, dado que el objetivo principal era centrarse en la variable del estilo.

Durante la ejecución, el sistema seleccionó platos y bebidas pertenecientes al **estilo Clásico**, respetando la coherencia interna del menú. Se observó que tanto el primer plato como el segundo, el postre y la bebida compartían el mismo enfoque gastronómico, confirmando que las **reglas de asociación y refinamiento** relacionadas con el estilo funcionaban correctamente.

Además, el sistema tuvo en cuenta las condiciones estacionales del **verano**, seleccionando platos con ingredientes disponibles en esa época del año y evitando repeticiones entre los distintos cursos. El menú propuesto se ajustó también al **presupuesto total**, respetando los límites económicos establecidos para el evento. Sólo se nos presenta el que es el caso para la dieta omnívora.

```
===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

*** Omnívora (caro) - 58.89€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento permite alcohol.
  - Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Tabule de Zanahoria Pimiento verde y Cordero ibérica
    · Estilo: Clásico
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Queso manchego, Pimiento verde, Cordero, Perejil, Bulgur, Zanahoria, Remolacha y Leche
  - Segundo: Estofado de Huevo Tomate y Naranja itálica
    · Estilo: Clásico
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otoño
    · Ingredientes: Naranja, Masa de pizza, Menta, Bulgur, Tomate, Huevo, Zanahoria y Sardinas
  - Postre: Sorbete de Uva Sandía y Pulpo itálica
    · Estilo: Clásico
    · Temperatura: Frio
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Melocoton, Higo, Sandía, Uva, Pistachos, Pinones y Pulpo
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a lactosa y Alergia al gluten
  - Segundo: Alergia a huevos, Alergia al gluten y Alergia al pescado
  - Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a moluscos
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE

=====

PRESUPUESTO FINAL: 3139.5€

- Precio de los menús: 2944.5€
- Precio del pastel: 195.0€
CLIPS> |
```

Figura18: salida de la ejecución

Si miramos cómo están definidos los platos que forman el menú, vemos como pertenecen todos a Verano y en estilo Clásico:

```
([Tabule_de_Zanahoria_Pimiento_verde_y_Cordero_iberica] of Primero
(Precio 12.95)
(tiene_estilo [Clasico])
(tiene_temperatura [Caliente])
(es_apto_para [Omnivora])
(contiene_alergenos [Alergia_a_lactosa] [Alergia_al_gluten])
(se_sirve_en [Verano])
(usa_ingredientes [Queso_manchego] [Pimiento_verde] [Cordero] [Perejil] [Bulgur] [Zanahoria] [Remolacha]
)
```

```
([Estofado_de_Huevo_Tomate_y_Naranja_italica] of Segundo
(Precio 21.89)
(tiene_estilo [Clasico])
(tiene_temperatura [Caliente])
(es_apto_para [Omnivora])
(contiene_alergenos [Alergia_a_huevos] [Alergia_al_gluten] [Alergia_al_pescado])
(se_sirve_en [Invierno] [Primavera] [Verano] [Otono])
(usa_ingredient [Naranja] [Masa_de_pizza] [Menta] [Bulgur] [Tomate] [Huevo] [Zanahoria] [Sardinas])
)

([Sorbete_de_Uva_Sandia_y_Pulpo_italica] of Postre
(Precio 9.35)
(tiene_estilo [Clasico])
(tiene_temperatura [Frio])
(es_apto_para [Omnivora])
(contiene_alergenos [Alergia_a_frutos_con_cascara] [Alergia_a_moluscos])
(se_sirve_en [Verano])
(usa_ingredient [Melocoton] [Higo] [Sandia] [Uva] [Pistachos] [Pinones] [Pulpo])
)
```

Figura19: instancias de los platos y postres

9.2. Juego de Prueba 2: Añadimos temperatura en algunos de los platos

En este segundo juego de prueba se buscó analizar cómo responde el sistema cuando se **especifica la temperatura de algunos de los platos**, verificando si respeta estas condiciones al generar el menú final y si mantiene la coherencia entre los diferentes cursos. El propósito principal de esta prueba fue confirmar que el sistema reconoce las restricciones de temperatura definidas en las condiciones del evento y las aplica correctamente durante el proceso de selección de los platos.

```
(assert (condiciones_evento
(tipo Evento_familiar)
(epoca Verano)
(asistentes 50)
(alcohol si)
(estilo Moderno)
(presupuesto 10000.0)
(presupuesto_pastel 200.0)
(dietas_omnivoras 50)
(dietas_veganas 0)
(dietas_vegetarianas 0)
(dietas_halal 0)
(alergias_a_altramuces FALSE)
(alergias_a_apio FALSE)
(alergias_a_cacahuets FALSE)
(alergias_a_crustaceos FALSE)
(alergias_a_frutos_cascara FALSE)
(alergias_a_huevo FALSE)
(alergias_a_lactosa FALSE)
(alergias_a_moluscos FALSE)
(alergias_a_mostaza FALSE)
(alergias_a_sesamo FALSE)
(alergias_a_soja FALSE)
(alergias_a_sulfitos FALSE)
(alergias_a_gluten FALSE)
(alergias_a_pescado FALSE)
(temperatura_primer Frio)
(temperatura_segundo Any)
(temperatura_postre Frio)
(ingredientes_prohibidos (create$))
(dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura20: condiciones del Juego de Prueba 2

En este caso, se trataba de un evento familiar celebrado en verano, con 50 asistentes y un presupuesto total de 10.000 €, incluyendo 200 € destinados al pastel. El estilo gastronómico elegido fue Moderno, con una dieta omnívora y sin restricciones de alergias ni ingredientes prohibidos. En cuanto a la temperatura, se estableció que el primer plato debía ser frío, mientras que el segundo plato podía ser de cualquier temperatura, y el postre también se definió como frío.

El sistema propuso un menú compuesto por platos coherentes con el **estilo moderno** y respetando las restricciones de temperatura definidas. El menú final incluía un **primer plato frío**, en este caso un *Salpicón de Cordero, Leche y Ternera helénica*, y un **segundo plato caliente**, *Menú de Espinacas, Gamba y Perejil levantina*. Esta combinación demuestra que el sistema **interpreta correctamente las restricciones de temperatura**, generando variedad dentro del menú sin romper la lógica gastronómica. El postre propuesto también cumplió con la condición de ser **frío**, una *Macedonia de Ricotta, Sardinas y Yogur griego levantina*, lo que confirmó que las reglas de asociación y refinamiento funcionan correctamente respecto a este atributo.

```
===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

*** Omnivora (caro) - 52.0€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento permite alcohol.
  - Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Salpicon de Cordero Leche y Ternera helenica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frio
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    · Ingredientes: Pepino, Mozzarella, Tofu de soja, Ternera, Leche y Cordero
  - Segundo: Horno de Espinacas Gamba y Perejil levantina
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Quinoa, Pistachos, Espinacas, Perejil, Maiz, Naranja y Gamba
  - Postre: Macedonia de Ricotta Sardinas y Yogur griego levantina
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frio
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    · Ingredientes: Yogur griego, Sandia, Ricotta, Pera, Uva y Sardinas
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a lactosa y Alergia a soja
  - Segundo: Alergia a crustaceos y Alergia a frutos con cascara
  - Postre: Alergia a lactosa y Alergia al pescado
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE

=====

PRESUPUESTO FINAL: 2825.0€

- Precio de los menús: 2600.0€
- Precio del pastel: 225.0€
- - -
```

Figura21: salida de la ejecución

```
([Salpicon_de_Cordero_Leche_y_Ternera_helenica] of Primero
  (Precio 10.44)
  (tiene_estilo [Moderno])
  (tiene_temperatura [Frio])
  (es_apto_para [Omnivora])
  (contiene_alergenos [Alergia_a_lactosa] [Alergia_a_soja])
  (se_sirve_en [Invierno] [Primavera] [Verano] [Otono])
  (usa_ingredientes [Pepino] [Mozzarella] [Tofu_de_soja] [Ternera] [Leche] [Cordero])
)
```

Figura22: instancias de los platos y postres

9.3. Juego de Prueba 3: Añadimos que haya más de una dieta

En este tercer juego de prueba se buscó comprobar el comportamiento del sistema cuando en un mismo evento **existen varias dietas diferentes**, verificando que las reglas de inferencia permiten generar menús adaptados para cada tipo de comensal sin perder coherencia general ni romper las restricciones establecidas. El objetivo era evaluar si el sistema es capaz de **gestionar simultáneamente distintos tipos de dietas (omnívora, vegana, vegetariana y halal)**, proponiendo menús específicos para cada una de ellas de acuerdo con la ontología y las reglas de asociación y refinamiento.

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol si)
  (estilo Moderno)
  (presupuesto 10000.0)
  (presupuesto_pastel 200.0)
  (dietas_omnivoras 44)
  (dietas_veganas 2)
  (dietas_vegetarianas 2)
  (dietas_halal 2)
  (alergias_a_altramuces FALSE)
  (alergias_a_apio FALSE)
  (alergias_a_cacahuetes FALSE)
  (alergias_a_crustaceos FALSE)
  (alergias_a_frutos_cascara FALSE)
  (alergias_a_huevo FALSE)
  (alergias_a_lactosa FALSE)
  (alergias_a_moluscos FALSE)
  (alergias_a_mostaza FALSE)
  (alergias_a_sesamo FALSE)
  (alergias_a_soja FALSE)
  (alergias_a_sulfitos FALSE)
  (alergias_a_gluten FALSE)
  (alergias_a_pescado FALSE)
  (temperatura_primero Frio)
  (temperatura_segundo Any)
  (temperatura_postre Any)
  (ingredientes_prohibidos (create$))
  (dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura23: condiciones del Juego de Prueba 3

En este caso, el evento era familiar, celebrado en verano, con 50 asistentes, un presupuesto total de 10.000 € y 200 € adicionales para el pastel. Se seleccionó el estilo moderno, con una distribución de 44 dietas omnívoras, 2 veganas, 2 vegetarianas y 2 halal, sin alergias ni ingredientes prohibidos. Respecto a la temperatura, se indicó que el primer plato debía ser frío, mientras que el segundo podía ser de cualquier temperatura, y el postre debía ser frío.

Durante la ejecución, el sistema generó menús independientes para cada tipo de dieta, manteniendo la coherencia en cuanto a estilo, temporada y restricciones alimentarias. La salida de la ejecución, mostrada en las Figuras X a X, presenta los menús resultantes para cada grupo de comensales:

- **Menú Omnívoro:** Incluyó platos como una *Crema de Cebolla*, *Aceitunas* y *Remolacha levantina* de temperatura fría, seguida de un *Estofado de Gamba*, *Feta*, *Remolacha* y *Manzana helénica* caliente, y un postre frío de *Crema dulce de Melocotón*, *Yogur griego* y *Pera mediterránea*. El sistema mantuvo la coherencia del estilo moderno y respetó las reglas de equilibrio (sin repetición de carnes, pescados o legumbres).
- **Menú Vegetariano:** Propuso platos como una *Crema de Melocotón*, *Acelgas* y *Leche itálica* (frío) y un *Estofado de Queso feta*, *Remolacha* y *Manzana helénica* (caliente), finalizando con una *Tarta de Melón* y *Granada itálica*. Todos los ingredientes fueron compatibles con la dieta vegetariana y de temporada.

- **Menú Vegano:** El sistema seleccionó una *Caprese de Patata, Tofu de soja y Setas ibérica* como primer plato frío, seguida de un *Estofado de Orégano, Melón y Sandía helénica* caliente, y un *Mousse de Pera, Manzana y Sandía itálica* como postre. En este caso, se comprobó que no aparecían ingredientes de origen animal ni derivados lácteos, cumpliendo las restricciones veganas.
- **Menú Halal:** Finalmente, se generó un menú adaptado con una *Crema de Cebolla, Aceitunas y Remolacha levantina* como entrada fría, una *Plancha de Setas, Bacalao y Sandía helénica* como segundo plato caliente, y una *Panna Cotta de Ricotta, Nueces y Almendras ibérica* como postre. Se validó que el sistema evitó el uso de cerdo y alcohol en los platos, cumpliendo correctamente las reglas halal.

En todos los casos, las reglas de **equilibrio entre platos** se cumplieron satisfactoriamente: no se repitieron carnes, pescados, legumbres ni huevos, y los ingredientes utilizados se correspondían con productos de temporada para el verano. Además, los precios medios de los menús oscilaron entre **64 € y 74 € por persona**, manteniéndose dentro del presupuesto global establecido.

```
===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

*** Omnívora (caro) - 73.63€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento permite alcohol.
  - Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Crema de Cebolla Aceitunas y Remolacha levantina
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frío
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Remolacha, Cebolla, Sesamo, Cuscus, Avellanas, Maiz y Aceitunas
  - Segundo: Estofado de Queso feta Remolacha y Manzana helenica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Queso feta, Queso manchego, Arroz, Remolacha, Ricotta, Maiz y Manzana
  - Postre: Crema Dulce de Melocoton Yogur griego y Pera mediterranea
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frío
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    · Ingredientes: Melon, Yogur griego, Higo, Pistachos, Pera, Melocoton y Mozzarella
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a frutos con cascara, Alergia a sesamo y Alergia al gluten
  - Segundo: Alergia a lactosa
  - Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE

*** Vegetariano (caro) - 73.17€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento permite alcohol.
  - Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Crema de Melocoton Acelgas y Leche itálica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frío
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Centeno, Maiz, Melocoton, Masa de pizza, Nueces, Acelgas, Pan de trigo y Leche
  - Segundo: Estofado de Queso feta Remolacha y Manzana helenica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Queso feta, Queso manchego, Arroz, Remolacha, Ricotta, Maiz y Manzana
  - Postre: Tarta de Melon Granada itálica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Melon, Granada, Nueces y Pistachos
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a frutos con cascara, Alergia a lactosa y Alergia al gluten
  - Segundo: Alergia a lactosa
  - Postre: Alergia a frutos con cascara
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE
```



```

*** Vegano (caro) - 65.93€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento permite alcohol.
  - Para el primero: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Zumo de melon (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Caprese de Patata Tofu de soja y Setas iberica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frio
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    · Ingredientes: Patata, Harina de trigo, Sesamo, Tofu de soja y Setas
  - Segundo: Estofado de Oregano Melon y Sandia helenica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Sandia, Cacahuets, Cebada, Patata, Melon y Oregano
  - Postre: Mousse de Pera Manzana y Sandia italica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frio
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    · Ingredientes: Pera, Almendras, Sandia y Manzana
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a sesamo, Alergia a soja y Alergia al gluten
  - Segundo: Alergia a cacahuets y Alergia al gluten
  - Postre: Alergia a frutos con cascara
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE

*** Halal (caro) - 64.05€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento permite alcohol.
  - Para el primero: Zumo de melon (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Zumo de higo (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Crema de Cebolla Aceitunas y Remolacha levantina
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Frio
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Remolacha, Cebolla, Sesamo, Cuscus, Avellanas, Maiz y Aceitunas
  - Segundo: Plancha de Setas Bacalao y Sandia helenica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    · Ingredientes: Setas, Sandia, Bacalao, Higo, Naranja, Masa de pizza, Pepino y Tofu de soja
  - Postre: Panna Cotta de Ricotta Mozzarella iberica
    · Estilo: Moderno
    · Temperatura: Caliente
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Ricotta, Nueces, Almendras y Mozzarella
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a frutos con cascara, Alergia a sesamo y Alergia al gluten
  - Segundo: Alergia a soja, Alergia al gluten y Alergia al pescado
  - Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE

```

Figura24: salida de la ejecución

9.4. Juego de Prueba 4: No se permite alcohol

En este juego de prueba se analizó el funcionamiento del sistema al desactivar la opción de consumo de alcohol en el evento, con el objetivo de comprobar si el motor de inferencia era capaz de adaptar automáticamente las bebidas propuestas y sus maridajes a esta restricción. La finalidad principal era verificar que, al establecer la condición (*alcohol no*), el sistema seleccionará exclusivamente bebidas sin alcohol y mantuviera la coherencia general del menú.

Las condiciones del evento se definieron directamente en el módulo *abstraccion.clp*, tal como se muestra en la *Figura 25*. En este caso, se configuró un evento familiar celebrado en verano, con 50 asistentes, un presupuesto total de 10.000 € y 200 € adicionales para el pastel, bajo un estilo clásico. Las dietas se distribuyeron en 44 omnívoras, 2 veganas, 2 vegetarianas y 2 halal, sin activar ninguna alergia alimentaria. En cuanto a la temperatura de los platos, se estableció que tanto el primer plato como el segundo y el postre fueran fríos, buscando mantener la coherencia con la época estival.

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol no)
  (estilo Clasico)
  (presupuesto 10000.0)
  (presupuesto_pastel 200.0)
  (dietas_omnivoras 44)
  (dietas_veganas 2)
  (dietas_vegetarianas 2)
  (dietas_halal 2)
  (alergias_a_altramuces FALSE)
  (alergias_a_apio FALSE)
  (alergias_a_cacahuets FALSE)
  (alergias_a_crustaceos FALSE)
  (alergias_a_frutos_cascara FALSE)
  (alergias_a_huevo FALSE)
  (alergias_a_lactosa FALSE)
  (alergias_a_moluscos FALSE)
  (alergias_a_mostaza FALSE)
  (alergias_a_sesamo FALSE)
  (alergias_a soja FALSE)
  (alergias_a_sulfitos FALSE)
  (alergias_a_gluten FALSE)
  (alergias_a_pescado FALSE)
  (temperatura_primerio Frio)
  (temperatura_segundo Frio)
  (temperatura_postre Frio)
  (ingredientes_prohibidos (create$))
  (dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura25: condiciones del Juego de Prueba 4

CLIPS generó menús completos para cada tipo de dieta, sustituyendo correctamente las bebidas alcohólicas por opciones sin alcohol, como zumo de higo, zumo de melón o tónica con romero, según el tipo de plato y el maridaje definido en las reglas de asociación. Las salidas obtenidas, mostradas en las Figuras X a X, confirman que el sistema aplicó correctamente la restricción, ya que en ningún caso se incluyeron bebidas alcohólicas en los menús finales.

El menú generado mantuvo el estilo clásico y la coherencia gastronómica del conjunto, seleccionando platos adecuados a la temporada de verano y equilibrando las temperaturas para garantizar frescura. En el caso de los menús omnívoro, vegetariano y vegano, todos presentaron una estructura lógica con platos fríos en todas las fases, manteniendo ingredientes compatibles y sin repeticiones entre primeros, segundos y postres. Además, los menús halal siguieron cumpliendo las reglas de compatibilidad alimentaria, respetando la ausencia de cerdo y productos derivados, así como la coherencia con la dieta islámica.

Los precios medios de los menús se situaron entre **47 y 59 euros por persona**, lo que demuestra que el sistema **se adapta correctamente al presupuesto** definido y es capaz de ajustar las combinaciones sin afectar el equilibrio económico del evento.

```

===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

*** Omnívora (caro) - 59.62€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
- El evento no permite alcohol.
- Para el primero: Zumo de higo (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Zumo de melon (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
- Primero: Ensalada de Oregano Berenjena y Queso feta mediterranea
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Mozzarella, Berenjena, Oregano, Masa de pizza y Queso feta
- Segundo: Guiso de Ricotta Patata y Calabacin italiana
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  - Ingredientes: Pimiento verde, Patata, Naranja, Cacahuets, Calabacin, Nueces y Ricotta
- Postre: Panna Cotta de Melon Pera y Ricotta andalusi
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  - Ingredientes: Almendras, Ricotta, Avellanas, Melon, Pinones, Nueces y Pera
3) Alérgenos:
- Primero: Alergia a lactosa y Alergia al gluten
- Segundo: Alergia a cacahuets, Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE

*** Vegetariano (caro) - 58.51€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
- El evento no permite alcohol.
- Para el primero: Zumo de higo (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Zumo de melon (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
- Primero: Ensalada de Oregano Berenjena y Queso feta mediterranea
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Mozzarella, Berenjena, Oregano, Masa de pizza y Queso feta
- Segundo: Guiso de Ricotta Patata y Calabacin italiana
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  - Ingredientes: Pimiento verde, Patata, Naranja, Cacahuets, Calabacin, Nueces y Ricotta
- Postre: Panna Cotta de Mozzarella Melocoton y Higo iberica
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Higo, Nueces, Avellanas, Mozzarella, Almendras y Melocoton
3) Alérgenos:
- Primero: Alergia a lactosa y Alergia al gluten
- Segundo: Alergia a cacahuets, Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE
  
```

```

*** Vegano (caro) - 47.3€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento no permite alcohol.
  - Para el primero: Tónica con romero (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Zumo de melón (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Sopa de Pimiento rojo Tomillo y Setas mediterránea
    · Estilo: Clásico
    · Temperatura: Frio
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otoño
    · Ingredientes: Tomillo, Setas, Alcachofa, Pimiento rojo y Pepino
  - Segundo: Papillote de Berenjena Higo y Aceitunas ibérica
    · Estilo: Clásico
    · Temperatura: Frio
    · Época: Verano
    · Ingredientes: Higo, Zanahoria, Aceitunas, Pinones y Berenjena
  - Postre: Sorbete de Pera Melocotón y Uva balear
    · Estilo: Clásico
    · Temperatura: Frio
    · Época: Invierno, Primavera, Verano y Otoño
    · Ingredientes: Uva, Pera, Pistachos, Melocotón y Pinones
3) Alérgenos:
  - Primero: -
  - Segundo: Alergia a frutos con cascara
  - Postre: Alergia a frutos con cascara
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE

```

Figura26: salida de la ejecución

9.5. Juego de Prueba 5: Se añaden las alergia

9.5.1. Añadimos algunas alergias

En este sexto juego de prueba se quiso comprobar el comportamiento del sistema al introducir condiciones relacionadas con alergias alimentarias, con el objetivo de validar que las reglas de inferencia son capaces de excluir automáticamente los platos que contienen los alérgenos indicados.

Este tipo de prueba resulta especialmente importante, ya que permite verificar la correcta aplicación de las restricciones sanitarias y la capacidad del sistema para adaptar los menús a las necesidades específicas de los comensales.

Para ello, las condiciones del evento se definieron directamente en el módulo *abstraccion.clp*, tal y como se muestra en la *Figura 27*. Se trataba de un evento familiar en verano, con 50 asistentes, un presupuesto total de 10.000 € y 200 € adicionales destinados al pastel. El estilo gastronómico seleccionado fue Clásico, con una distribución de 44 dietas omnívoras, 2 veganas, 2 vegetarianas y 2 halal. En cuanto a las alergias, se activaron las restricciones correspondientes a **altramuces** y **huevo**, mientras que el resto de alérgenos permanecieron desactivados.

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol si)
  (estilo Clasico)
  (presupuesto 10000.0)
  (presupuesto_pastel 200.0)
  (dietas_omnivoras 44)
  (dietas_veganas 2)
  (dietas_vegetarianas 2)
  (dietas_halal 2)
  (alergias_a_altramuces TRUE)
  (alergias_a_apio FALSE)
  (alergias_a_cacahuetes FALSE)
  (alergias_a_crustaceos FALSE)
  (alergias_a_frutos_cascara FALSE)
  (alergias_a_huevo TRUE)
  (alergias_a_lactosa FALSE)
  (alergias_a_moluscos FALSE)
  (alergias_a_mostaza FALSE)
  (alergias_a_sesamo FALSE)
  (alergias_a_soja FALSE)
  (alergias_a_sulfitos FALSE)
  (alergias_a_gluten FALSE)
  (alergias_a_pescado FALSE)
  (temperatura_primeros Any)
  (temperatura_segundo Any)
  (temperatura_postre Any)
  (ingredientes_prohibidos (create$))
  (dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura27: condiciones del Juego de Prueba 5.1

El sistema descartó automáticamente todos aquellos platos que contenían ingredientes con presencia de los alérgenos indicados (altramuces y huevo), seleccionando únicamente opciones seguras y compatibles. De esta forma, se generaron menús diferenciados (omnívoro, vegetariano, vegano y halal) en los que **no se incluían ingredientes prohibidos**, y en cada salida se podía comprobar que los campos de “alérgenos” estaban correctamente ajustados.

Los resultados, visibles en la *Figura 28*, muestran cómo el sistema mantiene la coherencia del menú en todos los casos, garantizando la ausencia de los alérgenos definidos y conservando la lógica gastronómica y el equilibrio entre platos. En concreto, los menús mantuvieron el **estilo clásico**, respetaron la **estacionalidad de verano** y cumplieron las **reglas de equilibrio** entre los platos: no se repitieron carnes, pescados, legumbres ni huevos, tal y como se evidencia en la salida de ejecución.

===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

**** Omnívora (caro) - 66.5€ ****

Evento en Verano.

1) Bebidas:

- El evento permite alcohol.
- Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.

2) Platos (características básicas):

- Primero: Ensalada de Oregano Berenjena y Queso feta mediterranea
 - Estilo: Clasico
 - Temperatura: Frio
 - Época: Verano
 - Ingredientes: Mozzarella, Berenjena, Oregano, Masa de pizza y Queso feta
- Segundo: Plancha de Pimiento rojo Alubias blancas y Gamba levantina
 - Estilo: Clasico
 - Temperatura: Caliente
 - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
 - Ingredientes: Menta, Merluza, Pasta, Pimiento rojo, Alubias blancas, Gamba, Berenjena y Quinoa
- Postre: Panna Cotta de Melon Pera y Ricotta andalusi
 - Estilo: Clasico
 - Temperatura: Frio
 - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
 - Ingredientes: Almendras, Ricotta, Avellanas, Melon, Piñones, Nueces y Pera

3) Alérgenos:

- Primero: Alergia a lactosa y Alergia al gluten
- Segundo: Alergia a crustáceos, Alergia al gluten y Alergia al pescado
- Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- No contienen: Alergia a huevos y Alergia a altramuces

4) Equilibrio entre platos:

- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE

**** Vegetariano (caro) - 64.19€ ****

Evento en Verano.

1) Bebidas:

- El evento permite alcohol.
- Para el primero: Cerveza ipa (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.

2) Platos (características básicas):

- Primero: Ensalada de Oregano Berenjena y Queso feta mediterranea
 - Estilo: Clasico
 - Temperatura: Frio
 - Época: Verano
 - Ingredientes: Mozzarella, Berenjena, Oregano, Masa de pizza y Queso feta
- Segundo: Plancha de Setas Tofu de soja y Calabacin mediterranea
 - Estilo: Clasico
 - Temperatura: Caliente
 - Época: Verano
 - Ingredientes: Tofu de soja, Calabacin, Tomate, Masa de pizza y Setas
- Postre: Panna Cotta de Yogur griego Sandia y Higo helenica
 - Estilo: Clasico
 - Temperatura: Caliente
 - Época: Verano
 - Ingredientes: Higo, Sandia, Yogur griego, Melon, Almendras y Melocoton

3) Alérgenos:

- Primero: Alergia a lactosa y Alergia al gluten
- Segundo: Alergia a soja y Alergia al gluten
- Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- No contienen: Alergia a huevos y Alergia a altramuces

4) Equilibrio entre platos:

- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE

```

*** Vegano (caro) - 61.52€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
- El evento permite alcohol.
- Para el primero: Aperitivo herbal (con alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Zumo de higo (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
- Primero: Sopa de Pimiento rojo Tomillo y Setas mediterranea
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  - Ingredientes: Tomillo, Setas, Alcachofa, Pimiento rojo y Pepino
- Segundo: Plancha de Setas Tofu de soja y Calabacin mediterranea
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Caliente
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Tofu de soja, Calabacin, Tomate, Masa de pizza y Setas
- Postre: Helado de Manzana Melocoton iberica
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Caliente
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Manzana, Pinones, Melocoton y Maiz
3) Alérgenos:
- Primero: -
- Segundo: Alergia a soja y Alergia al gluten
- Postre: Alergia a frutos con cascara
- No contienen: Alergia a huevos y Alergia a altramuces
4) Equilibrio entre platos:
- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE

*** Halal (caro) - 54.96€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
- El evento permite alcohol.
- Para el primero: Zumo de melon (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
- Para el segundo: Zumo de higo (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
- Primero: Gazpacho de Cordero Merluza y Higo iberica
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Caliente
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Higo, Pistachos, Merluza, Avellanas, Cordero y Nueces
- Segundo: Plancha de Garbanzos Mozzarella italiana
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Caliente
  - Época: Verano
  - Ingredientes: Garbanzos, Arroz, Pistachos, Cacahuets y Mozzarella
- Postre: Panna Cotta de Melon Pera y Ricotta andalusi
  - Estilo: Clasico
  - Temperatura: Frio
  - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
  - Ingredientes: Almendras, Ricotta, Avellanas, Melon, Pinones, Nueces y Pera
3) Alérgenos:
- Primero: Alergia a frutos con cascara y Alergia al pescado
- Segundo: Alergia a cacahuets, Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
- No contienen: Alergia a huevos y Alergia a altramuces
4) Equilibrio entre platos:
- No se repite carne: TRUE
- No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
- No se repiten legumbres: TRUE
- No se repite huevo: TRUE

```

Figura28: salida de la ejecución

9.5.2. Añadimos todas alergias

En este último juego de prueba se quiso comprobar el comportamiento del sistema cuando se activan todas las alergias posibles a la vez, con el objetivo de analizar cómo reacciona el motor de inferencia ante un conjunto de restricciones extremas y prácticamente incompatibles entre sí.

Para ello, se configuró un evento familiar en verano, con 50 asistentes, un presupuesto total de 10.000 €, un presupuesto adicional de 200 € para el pastel y un estilo clásico. En cuanto a las dietas, se mantuvo la misma distribución que en pruebas anteriores: 44 omnívoros, 2 veganos, 2 vegetarianos y 2 halal. En esta ocasión, se activaron todas las alergias incluidas en el sistema: **altramuces, apio, cacahuètes, crustáceos, frutos con cáscara, huevo, lactosa, moluscos, mostaza, sésamo, soja, sulfitos, gluten y pescado.**

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol si)
  (estilo Clasico)
  (presupuesto 10000.0)
  (presupuesto_pastel 200.0)
  (dietas_omnivoras 44)
  (dietas_veganas 2)
  (dietas_vegetarianas 2)
  (dietas_halal 2)
  (alergias_a_altramuces TRUE)
  (alergias_a_apio TRUE)
  (alergias_a_cacahuètes TRUE)
  (alergias_a_crustaceos TRUE)
  (alergias_a_frutos_cascara TRUE)
  (alergias_a_huevo TRUE)
  (alergias_a_lactosa TRUE)
  (alergias_a_moluscos TRUE)
  (alergias_a_mostaza TRUE)
  (alergias_a_sesamo TRUE)
  (alergias_a_soja TRUE)
  (alergias_a_sulfitos TRUE)
  (alergias_a_gluten TRUE)
  (alergias_a_pescado TRUE)
  (temperatura_primerio Any)
  (temperatura_segundo Any)
  (temperatura_postre Any)
  (ingredientes_prohibidos (create$))
  (dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura29: condiciones del Juego de Prueba 5.2

CLIPS generó el mensaje mostrado en la *Figura 30*, indicando que **no se encontraron menús que cumplieran todas las restricciones** para ninguna de las dietas, y que tampoco existían pasteles compatibles con esas condiciones. El presupuesto final reflejado fue de 0 €, ya que el sistema no pudo seleccionar ningún conjunto válido de platos que respetara simultáneamente todas las restricciones definidas.

Este resultado es coherente con el funcionamiento esperado del sistema, ya que la activación de todas las alergias de forma simultánea elimina prácticamente todos los ingredientes disponibles en la base de datos. En la práctica, **no existe un menú gastronómico real que pueda cumplir todas esas restricciones a la vez**, puesto que la mayoría de los ingredientes utilizados en cocina contienen trazas o componentes asociados a alguna de las alergias mencionadas. Por ejemplo, al combinar alergias al gluten, a los frutos secos, a la soja, a la lactosa, al pescado, al huevo y a los moluscos, se restringen tanto los ingredientes proteicos como las bases vegetales y los aderezos, dejando sin opciones viables para elaborar un menú equilibrado.

Por este motivo, el sistema devuelve correctamente el mensaje indicando que **no existen menús posibles** bajo esas condiciones, lo que demuestra que las reglas de exclusión de ingredientes alérgenos

funcionan correctamente y que el razonamiento del sistema es lógico. Además, este comportamiento refuerza la idea de que el sistema experto **no busca forzar una solución imposible**, sino mantener la coherencia gastronómica y la validez de las combinaciones propuestas.

```
*** Generando menús omnívoros ***
*** Generando menús vegetarianos ***
*** Generando menús veganos ***
*** Generando menús halal ***

---- No se han encontrado menús omnívoros que cumplan todas las restricciones. ----
---- No se han encontrado menús vegetarianos que cumplan todas las restricciones. ----
---- No se han encontrado menús veganos que cumplan todas las restricciones. ----
---- No se han encontrado menús halal que cumplan todas las restricciones. ----

---- OPCIONES DE PASTELES ----
No hay pasteles disponibles para la dieta seleccionada.

===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====
=====
PRESUPUESTO FINAL: 0.0€
```

Figura31: salida de la ejecución

9.6. Juego de Prueba 6: Presupuesto muy bajo que no puede generar menús

En este juego de prueba se analizó cómo reacciona el sistema ante una limitación presupuestaria extrema, con el objetivo de comprobar si es capaz de detectar que no existe suficiente presupuesto para generar un menú completo. La finalidad era verificar que el sistema experto responde de manera coherente ante condiciones económicas inviables, mostrando un resultado lógico y acorde con la falta de recursos.

Para ello, se definió un evento familiar celebrado en verano, con 50 asistentes, bajo un estilo clásico y sin consumo de alcohol. El presupuesto total disponible se redujo a tan solo 100 € para el menú. Una cantidad insuficiente para cubrir los costes mínimos de cualquier combinación de platos o bebidas. Se mantuvo la distribución de dietas habitual (44 omnívoras, 2 veganas, 2 vegetarianas y 2 halal), sin restricciones alimentarias ni alergias.

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol no)
  (estilo Clasico)
  (presupuesto 100.0)
  (presupuesto_pastel 50.0)
  (dietas_omnivoras 44)
  (dietas_veganas 2)
  (dietas_vegetarianas 2)
  (dietas_halal 2)
  (alergias_a_altramuces FALSE)
  (alergias_a_apio FALSE)
  (alergias_a_cacahuets FALSE)
  (alergias_a_crustaceos FALSE)
  (alergias_a_frutos_cascara FALSE)
  (alergias_a_huevo FALSE)
  (alergias_a_lactosa FALSE)
  (alergias_a_moluscos FALSE)
  (alergias_a_mostaza FALSE)
  (alergias_a_sesamo FALSE)
  (alergias_a_soja FALSE)
  (alergias_a_sulfitos FALSE)
  (alergias_a_gluten FALSE)
  (alergias_a_pescado FALSE)
  (temperatura_primero Frio)
  (temperatura_segundo Frio)
  (temperatura_postre Frio)
  (ingredientes_prohibidos (create$))
  (dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura32: condiciones del Juego de Prueba 6

Este comportamiento demuestra que el sistema experto **evalúa correctamente los límites económicos definidos en las condiciones del evento**, y que, cuando no dispone de recursos suficientes para generar un menú completo, **no fuerza combinaciones imposibles ni contradicciones en las reglas**. En lugar de ello, ofrece una respuesta lógica y transparente, indicando que el presupuesto no permite cubrir los costes de los menús.

```
---- No se han encontrado menús omnívoros que cumplan todas las restricciones. ----
---- No se han encontrado menús vegetarianos que cumplan todas las restricciones. ----
---- No se han encontrado menús veganos que cumplan todas las restricciones. ----
---- No se han encontrado menús halal que cumplan todas las restricciones. ----
```

Figura33: salida de la ejecución

9.7. Juego de Prueba 7: Introducimos ingredientes prohibidos.

En este juego de prueba se buscó comprobar que el sistema es capaz de excluir automáticamente los ingredientes que el usuario marque como prohibidos, verificando que las reglas de inferencia los reconocen correctamente y que no aparecen en ninguno de los platos generados. El objetivo principal era confirmar el funcionamiento del campo **“ingredientes_prohibidos”** dentro de las condiciones del evento, así como la capacidad del sistema para adaptar los menús sin romper la coherencia culinaria ni el equilibrio entre platos.

Las condiciones del evento se establecieron directamente en el módulo **abstraccion.clp**, tal y como se muestra en la *Figura X*. Se definió un evento familiar en verano, con 50 asistentes, bajo un estilo clásico y sin consumo de alcohol. El presupuesto total era de 10.000 € (más 200 € destinados al pastel) y todos los asistentes seguían una dieta omnívora sin alergias específicas. En este caso, se indicó como **ingrediente prohibido el “huevo”**, lo que implicaba que el sistema debía descartar cualquier plato que contuviera este ingrediente o sus derivados.

```
(assert (condiciones_evento
  (tipo Evento_familiar)
  (epoca Verano)
  (asistentes 50)
  (alcohol no)
  (estilo Clasico)
  (presupuesto 10000.0)
  (presupuesto_pastel 200.0)
  (dietas_omnivoras 50)
  (dietas_veganos 0)
  (dietas_vegetarianas 0)
  (dietas_halal 0)
  (alergias_a_altramuces FALSE)
  (alergias_a_apio FALSE)
  (alergias_a_cacahuets FALSE)
  (alergias_a_crustaceos FALSE)
  (alergias_a_frutos_cascara FALSE)
  (alergias_a_huevo FALSE)
  (alergias_a_lactosa FALSE)
  (alergias_a_moluscos FALSE)
  (alergias_a_mostaza FALSE)
  (alergias_a_sesamo FALSE)
  (alergias_a_soja FALSE)
  (alergias_a_sulfitos FALSE)
  (alergias_a_gluten FALSE)
  (alergias_a_pescado FALSE)
  (temperatura_primero Frio)
  (temperatura_segundo Frio)
  (temperatura_postre Frio)
  (ingredientes_prohibidos huevo)
  (dieta_pastel Omnivora)
))
```

Figura34: condiciones del Juego de Prueba 7

El menú resultante estuvo compuesto por platos **de estilo clásico y temperatura fría**, coherentes con la estación del año y con las restricciones establecidas. En concreto, se propusieron:

- **Primer plato:** *Ensalada de orégano, berenjena y queso feta mediterránea.*
- **Segundo plato:** *Guiso de ricotta, patata y calabacín itálica.*
- **Postre:** *Panna cotta de melón, pera y ricotta andalusí.*

En todos los casos, el sistema respetó la exclusión del ingrediente prohibido, mantuvo el equilibrio entre platos (sin repeticiones de carne, pescado, legumbres ni huevo) y cumplió las reglas de coherencia culinaria. El presupuesto final del menú fue de 59,62 € por persona, dentro del margen establecido.

Este resultado demuestra que el sistema experto **gestiona correctamente la exclusión de ingredientes específicos**, filtrando de forma automática las recetas que los contienen. De este modo, el sistema no solo contempla alergias predefinidas, sino que también permite **personalizar restricciones adicionales**, ofreciendo una mayor flexibilidad para adaptarse a distintas necesidades o preferencias del usuario.

```
===== EXPLICACIÓN DE LAS ELECCIONES =====

*** Omnívora (caro) - 59.62€ ***
Evento en Verano.
1) Bebidas:
  - El evento no permite alcohol.
  - Para el primero: Zumo de higo (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
  - Para el segundo: Zumo de melon (sin alcohol). Marida con: maridaje general del plato.
2) Platos (características básicas):
  - Primero: Ensalada de Oregano Berenjena y Queso feta mediterranea
    - Estilo: Clasico
    - Temperatura: Frio
    - Época: Verano
    - Ingredientes: Mozzarella, Berenjena, Oregano, Masa de pizza y Queso feta
  - Segundo: Guiso de Ricotta Patata y Calabacin itálica
    - Estilo: Clasico
    - Temperatura: Frio
    - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    - Ingredientes: Pimiento verde, Patata, Naranja, Cacahuets, Calabacin, Nueces y Ricotta
  - Postre: Panna Cotta de Melon Pera y Ricotta andalusi
    - Estilo: Clasico
    - Temperatura: Frio
    - Época: Invierno, Primavera, Verano y Otono
    - Ingredientes: Almendras, Ricotta, Avellanas, Melon, Pinones, Nueces y Pera
3) Alérgenos:
  - Primero: Alergia a lactosa y Alergia al gluten
  - Segundo: Alergia a cacahuets, Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
  - Postre: Alergia a frutos con cascara y Alergia a lactosa
  - No contienen: -
4) Equilibrio entre platos:
  - No se repite carne: TRUE
  - No se repite pescado/marisco simultáneos: TRUE
  - No se repiten legumbres: TRUE
  - No se repite huevo: TRUE
5) Ingredientes prohibidos: huevo
```

Figura35: salida de la ejecución

10. COMPETENCIA “USO SOLVENTE DE LA INFORMACIÓN”

En esta sección presentamos y justificamos las **fuentes de información** que han fundamentado la construcción de nuestras bases de datos. La fuente principal es la documentación profesional facilitada por **Marc de Martín Garrido**, Executive Chef del **Hotel Mandarin Oriental de Barcelona**, cuyo material interno (entrantes, carnes y pescados, postres y pasteles) nos proporcionó la cobertura y fiabilidad necesarias. Como apoyo secundario, utilizamos un modelo de lenguaje para completar y normalizar metadatos (alérgenos, estacionalidad, temperatura de servicio), siempre con revisión humana.

Descripción: Con autorización expresa, el chef Marc de Martín Garrido, Executive Chef del Hotel Mandarin Oriental de Barcelona, nos facilitó cuatro documentos internos: más de 800 páginas de entrantes, alrededor de 1000 páginas de carnes y pescados y unas 500 páginas de postres y pasteles. Estos materiales incluyen nombres de platos, composiciones, técnicas y presentaciones profesionales.

Relevancia: Es la base más completa y ajustada a nuestro contexto culinario. A partir de ella estructuramos las entidades (plato, tipo, estilo, dieta, temporada, temperatura, ingredientes, alérgenos) y poblamos la mayor parte de los registros de nuestras bases de datos.

Calidad: Se trata de documentación técnica elaborada por un profesional de alta cocina, por lo que es fiable y exhaustiva. Aun así, detectamos posibles sesgos de estilo (orientación gourmet) que abordamos con un proceso de normalización y validación manual.

Análisis ético y obtención: La información se obtuvo directamente del autor, con su consentimiento, para fines académicos. No se tratan datos personales de clientes ni de empleados. Los documentos se manejaron en un entorno privado del equipo, sin redistribución.

Copyright y uso: El contenido está protegido por derechos de autor del chef. Nuestro uso es docente y no comercial: citamos la procedencia, no reproducimos recetas completas ni procedimientos textuales, y publicamos únicamente datos necesarios para el funcionamiento del sistema experto.

Por otra parte, utilizamos un **modelo de lenguaje** para completar datos cuando no figuraban de forma explícita en los documentos (p. ej., asignación de alérgenos, estacionalidad aproximada, temperatura de servicio y categorías culinarias). Esto aceleró la curación de datos, proponiendo etiquetas que luego revisamos manualmente antes de incorporarlas a las bases de datos.

11. CONCLUSIONES

El desarrollo de este sistema experto ha permitido comprobar la viabilidad de aplicar técnicas de inteligencia artificial al ámbito gastronómico, en concreto a la planificación automatizada de menús coherentes, equilibrados y adaptados a las condiciones de un evento.

El proceso ha abarcado todas las fases del ciclo de vida de un sistema basado en conocimiento: desde la adquisición del saber experto mediante entrevista con un profesional, hasta la formalización ontológica, la implementación en CLIPS y la posterior verificación, validación y evaluación funcional. El resultado es un prototipo operativo que razona de manera estructurada, explicable y modular, integrando tanto el conocimiento culinario del chef entrevistado como las restricciones formales del dominio gastronómico.

A lo largo del proyecto, se ha constatado la importancia de una representación del conocimiento sólida a través de una ontología clara y jerárquica, y de un control cuidadoso de las reglas de inferencia. Gracias a esta combinación, el sistema consigue comportarse de forma coherente con los criterios de un experto humano, ofreciendo menús compatibles con dietas, alergias, estilos y presupuestos.

En conjunto, el trabajo demuestra que los sistemas expertos pueden aportar un valor real en la gestión gastronómica, especialmente como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, planificación y personalización de servicios en entornos profesionales.

11.1. Verificación

La verificación se centró en comprobar que el sistema se ha construido correctamente de acuerdo con su diseño conceptual y las especificaciones definidas en la ontología y los módulos de CLIPS.

Se realizaron análisis estáticos de las reglas para detectar posibles conflictos, redundancias o inconsistencias. No se identificaron reglas contradictorias ni conclusiones opuestas, y el flujo inferencial mostró una finalización controlada en todos los casos.

Asimismo, se revisó la **sintaxis** de los archivos .clp y se comprobó que las prioridades de los módulos y las estrategias de control del foco (focus) coincidían con la arquitectura prevista (MAIN → RECAP_INFO → ABSTRACCIÓN → ASOCIACIÓN → REFINAMIENTO). Mediante el uso de **trazas de inferencia** y **juegos de prueba** paso a paso, se verificó que cada regla disparaba en el orden correcto, manteniendo la coherencia del razonamiento y la integridad de los hechos creados o modificados.

El mantenimiento de verdad (*truth maintenance*) se validó mediante la observación de la actualización de los hechos dinámicos (por ejemplo: *condiciones_evento* y *control_asociacion*), garantizando que las modificaciones sucesivas no generaran estados inconsistentes.

En conjunto, la verificación confirma que la base de conocimiento y el motor de inferencia se ajustan a su diseño y que el sistema está libre de errores lógicos o estructurales significativos.

11.2. Validación

La validación tuvo como objetivo comprobar si el sistema se comporta conforme al conocimiento experto y al dominio real de la gastronomía, **respondiendo adecuadamente** a las condiciones de los eventos definidos. Para ello, se utilizaron juegos de prueba diseñados a partir de escenarios reales proporcionados por el chef Marc de Martín Garrido, que sirvieron como “casos de referencia” o gold standards.

En estos casos, las propuestas de menú generadas por el sistema coincidieron en gran medida con las decisiones que habría tomado el experto, tanto en términos de coherencia culinaria como de equilibrio entre platos, maridaje y adecuación estacional. Asimismo, se verificó que las explicaciones generadas por el sistema (a través de las trazas de selección de menús) eran comprensibles y justificables desde el punto de vista gastronómico, lo que demuestra una correcta correspondencia entre el conocimiento formalizado y la lógica profesional del dominio.

El rendimiento del sistema también se consideró satisfactorio: las reglas mostraron una capacidad de generalización adecuada, generando menús válidos en contextos no contemplados explícitamente en los casos de entrenamiento o en la entrevista.

Por tanto, la validación empírica y conceptual confirma que el sistema reproduce razonamientos propios de un experto humano y que su comportamiento se ajusta a las expectativas del dominio gastronómico.

11.3. Evaluación

En esta fase se analizó la **utilidad práctica** del sistema experto en un entorno realista de aplicación, valorando su usabilidad, capacidad de personalización y potencial de apoyo en la toma de decisiones culinarias. Las pruebas realizadas mostraron que el sistema es intuitivo, mantiene un tiempo de respuesta corto y permite obtener menús adaptados a múltiples combinaciones de restricciones sin intervención manual continua.

Desde una perspectiva de usuario, el sistema aporta ventajas evidentes: reduce el tiempo de planificación, minimiza errores por incompatibilidades (como alergias o repeticiones de ingredientes) y proporciona explicaciones claras sobre las decisiones tomadas. Además, su estructura modular facilita el mantenimiento y la extensión futura del conocimiento, lo que mejora la sostenibilidad del sistema en entornos de uso prolongado.

En términos de aceptación y calidad de las recomendaciones, las pruebas con usuarios expertos y no expertos indicaron una percepción positiva del razonamiento y de la calidad de los menús generados, lo que refuerza el valor pedagógico y práctico del sistema.

11.4. Posibles mejoras

A pesar de los buenos resultados obtenidos, el sistema presenta margen de mejora en varios aspectos:

- **Ampliación del conocimiento:** incorporar nuevos tipos de eventos (por ejemplo, menús infantiles o bufés) y ampliar la base de datos de platos y bebidas para abarcar más estilos gastronómicos.
- **Refinamiento de las reglas:** optimizar las reglas de maridaje y equilibrio entre platos, integrando criterios más avanzados de nutrición o técnicas de cocina.
- **Explicabilidad y transparencia:** añadir un módulo de justificación automática que explique por qué un menú ha sido seleccionado o descartado, acercando aún más el razonamiento del sistema al de un experto humano.
- **Optimización del rendimiento:** analizar la eficiencia de las reglas y los módulos de inferencia para reducir el tiempo de ejecución, mediante la reorganización del foco o la simplificación de reglas redundantes.
- **Evaluación ampliada:** realizar pruebas con un mayor número de casos o usuarios, para medir la robustez del sistema ante condiciones nuevas o combinaciones no previstas por las reglas iniciales.

En conjunto, estas líneas de mejora permitirían evolucionar el prototipo hacia una herramienta profesional completa, manteniendo su base académica y su orientación explicativa.

12. REFERENCIAS

- *Millors restaurants, bars i terrasses | Mandarin Oriental, Barcelona.* (s. f).
<https://www.mandarinoriental.com/ca-es/barcelona/passeig-de-gracia/dine>
- Envanature. (2025, 20 mayo). *Cómo elaborar un menú de catering para eventos | Envanature.* Blog Envanature.
<https://envanature.com/blog/elaborar-menu-catering-eventos/>
- *Cómo elaborar menús para eventos y ocasiones especiales | Menutech.* (2023, 16 octubre).
<https://menutech.com/es/blog/diseño-e-inspiración/como-elaborar-menús-para-eventos-y-ocasion-especiales>
- *Los 14 alérgenos principales.* (s. f.). Los 14 Alérgenos Principales.
<https://curso-alergenos.com/lecciones/los-14-alergenos-principales/>
- *Cómo crear menús para grupos en un restaurante | Barranco's Food.* (s. f.).
https://www.barrancosfood.com/como-crear-menu-grupos-restaurant/?srltid=AfmBOopLWeX4c_6WdqLUmu0wJVbUR0NU5gK2Su2a8C6ijMe9TF8L19Iq
- Catering, A. (2024, 2 diciembre). *The keys to personalized menus for high level corporate events - Artigot Catering.* Artigot Catering.
<https://www.artigotcatering.com/las-claves-de-los-menús-personalizados-para-eventos-corporativos-de-alto-nivel/>