**BORRADOR TFM**

**Mejora de la Eficiencia en**

**Sistemas de Atención al Ciudadano mediante IA:**

***Ayuda Inteligente*, *Detección Automática de Errores* y *Consultas Personalizadas***

Autor: Amparo Valenzuela Juan

Tutor: Óscar Corcho

**Resumen**

Pendiente.

**Abstract**

Pendiente.

Tabla de contenido

[Parte 1 6](#_Toc196167272)

[1. Introducción 6](#_Toc196167273)

[1.1 Motivación 7](#_Toc196167274)

[1.2 Objetivos 9](#_Toc196167275)

[1.3 Estado de la cuestión 10](#_Toc196167276)

[1.3.1 Contexto del Sistema de Información de Atención a la Ciudadanía 10](#_Toc196167277)

[1.3.2 Limitaciones de SIAC y necesidad de mejora 11](#_Toc196167278)

[1.3.3 Aplicación de la Web Semántica e IA para mejorar SIAC 11](#_Toc196167279)

[1.3.4 Relevancia de esta investigación 12](#_Toc196167280)

[1.4 Estado del arte 12](#_Toc196167281)

[1.4.1 Enfoques y estudios relacionados 13](#_Toc196167282)

[Parte 2 18](#_Toc196167283)

[2. Modelo Semántico y Arquitectura del Sistema basado en Ontología 18](#_Toc196167284)

[2.1 Creación de la Ontología “Atención al Ciudadano” (ontoAC) 18](#_Toc196167285)

[2.1.1 Especificación de requisitos 19](#_Toc196167286)

[2.1.2 Conceptualización 34](#_Toc196167287)

[2.1.3 Implementación 35](#_Toc196167288)

[2.1.4 Evaluación 37](#_Toc196167289)

[2.2 Arquitectura del Sistema basado en Ontología 55](#_Toc196167290)

[2.2.1 Componentes principales 55](#_Toc196167291)

[2.2.2 Modelo de datos en Oracle 58](#_Toc196167292)

[2.2.3 Flujo de interacción 59](#_Toc196167293)

[2.2.4 Comunicación entre módulos 60](#_Toc196167294)

[2.2.5 Lógica de diseño 61](#_Toc196167295)

[2.2.6 Fundamentos del uso exclusivo de Ontop como motor SPARQL 62](#_Toc196167296)

[2.2.7 Elección de OpenAI para la generación de consultas SPARQL 63](#_Toc196167297)

[Parte 3 65](#_Toc196167298)

[3. Desarrollo de la Ayuda Inteligente 65](#_Toc196167299)

[3.1 Metodología 65](#_Toc196167300)

[3.2 Implementación del Botón de Ayuda Inteligente 68](#_Toc196167301)

[3.2.1 Arquitectura del backend en Spring Boot 69](#_Toc196167302)

[3.2.2.1 Comunicación con Ontop y Oracle 70](#_Toc196167303)

[3.2.2.2 Metodología de diseño del prompt para la generación de consultas SPARQL 71](#_Toc196167304)

[3.2.2 Implementación del frontend y visualización de resultados 73](#_Toc196167305)

[3.2.3 Instalación en distintos entornos 74](#_Toc196167306)

[3.3 Evaluación y validación 75](#_Toc196167307)

[3.3.1 Metodología de evaluación 75](#_Toc196167308)

[3.3.2 Resultados de la evaluación por iteraciones 76](#_Toc196167309)

[3.3.3 Análisis de resultados 77](#_Toc196167310)

[Parte 4 78](#_Toc196167311)

[4. Desarrollo de la Detección automática de errores 78](#_Toc196167312)

[Parte 5 79](#_Toc196167313)

[5. Desarrollo de Consultas personalizadas 79](#_Toc196167314)

[5.1 Adaptación técnica específica para la generación de listados 79](#_Toc196167315)

[5.2 Evaluación y validación 80](#_Toc196167316)

[5.2.1 Metodología de evaluación 80](#_Toc196167317)

[5.2.2 Resultados de la evaluación por consultas 81](#_Toc196167318)

[5.2.3 Análisis de resultados 82](#_Toc196167319)

[Parte 6 83](#_Toc196167320)

[6. Conclusiones 83](#_Toc196167321)

[6.1 Líneas de trabajo futuro 83](#_Toc196167322)

[ANEXOS 84](#_Toc196167323)

[Anexo I. Ontología “Atención al Ciudadano” (ontoAC) 84](#_Toc196167324)

[Anexo II. Modelo base de datos AC 84](#_Toc196167325)

[Anexo III. Doc. Backend y frontend “Botón Ayuda Inteligente” 85](#_Toc196167326)

[Anexo IV. Archivo .odba y Ontop 96](#_Toc196167327)

[Anexo V. Doc. Backend y frontend “Consultas personalizadas” 98](#_Toc196167328)

[Anexo VI. Evaluación “Botón de Ayuda Inteligente” 101](#_Toc196167329)

[Anexo VII. Evaluación “Consultas personalizadas” 104](#_Toc196167330)

[Referencias 106](#_Toc196167331)

# Parte 1

# Introducción

En la actualidad, la administración pública, independientemente de su ámbito o nivel, emplea aplicaciones web para gestionar y publicar información dirigida a los ciudadanos a través de portales oficiales. Estas plataformas permiten a los usuarios acceder a diversos servicios y trámites administrativos, como solicitudes de empleo público, enlaces informativos, oposiciones, guías de funcionarios, procedimientos en áreas clave como educación, justicia y sanidad, entre otros. Además, estas herramientas no solo facilitan la relación entre la administración y el ciudadano, sino que también proporcionan funcionalidades esenciales para los propios funcionarios, incluyendo interoperabilidad con sistemas gubernamentales como el Directorio Común DIR3 y el Sistema de Información Administrativa (SIA).

A pesar de su utilidad, estos sistemas presentan diversas limitaciones que afectan a la eficiencia y la experiencia del usuario. En primer lugar, la mayoría de estas plataformas ofrecen una ayuda estática y limitada, basada en documentos fijos o guías predefinidas que no se adaptan a las necesidades específicas del usuario en tiempo real. Esto dificulta la correcta cumplimentación de la información y puede derivar en errores o ineficiencias en la gestión de procedimientos o servicios. Se propone, por tanto, la incorporación de una ayuda inteligente basada en IA, que permita ofrecer asistencia dinámica, personalizada y contextualizada según las acciones del usuario.

Otro desafío recurrente es la detección y gestión de errores cuando se realizan actualizaciones en el sistema. En muchas ocasiones, la introducción de nuevas versiones puede generar fallos funcionales inesperados que alteran la operatividad del sistema y afectan la calidad del servicio. La falta de mecanismos automatizados para identificar y corregir estos problemas aumenta el tiempo de respuesta ante incidencias. En este sentido, se plantea la implementación de un sistema de detección automática de errores, que analice las diferencias entre versiones, identifique anomalías y notifique automáticamente las incidencias a los responsables técnicos.

Por último, las plataformas actuales suelen ofrecer opciones limitadas para la consulta y extracción de información, lo que dificulta la obtención de datos específicos dentro del sistema de forma autónoma para el usuario. Para mejorar la accesibilidad y la interacción con los datos, se propone el desarrollo de un asistente inteligente que permita a los usuarios realizar consultas en lenguaje natural, generando listados e información personalizada directamente conectada con el modelo de datos de la aplicación.

La Web Semántica permite estructurar y enlazar datos de manera que las máquinas puedan interpretar su significado, mejorando la interacción entre los sistemas y los usuarios. Aplicada a la administración pública, facilita la generación de conocimiento estructurado, lo que permite ofrecer asistencia inteligente, automatizar la detección de errores y optimizar consultas de información mediante lenguaje natural. Estas características convierten a la Web Semántica en una base sólida sobre la cual integrar técnicas de IA para optimizar la gestión de información en estos sistemas.

Este trabajo plantea el desarrollo de un modelo escalable y adaptable, basado en Web Semántica y tecnologías de inteligencia artificial, aplicable a diferentes entornos sin depender de una aplicación específica. Se evaluará su impacto en la optimización del Sistema de Información de Atención a la Ciudadanía (SIAC) de la Generalitat Valenciana (GVA), con el propósito de mejorar la gestión de datos administrativos, la experiencia del usuario y la eficiencia en la toma de decisiones.

## Motivación

La motivación de este trabajo surge a partir de la colaboración en el Sistema de Información de Atención a la Ciudadanía (SIAC), utilizado en la Generalitat Valenciana (GVA) para gestionar la información administrativa antes de su publicación en el portal público. Actualmente, dicha aplicación no incorpora inteligencia en la Web, lo que limita su eficiencia y capacidad de adaptación a las necesidades del usuario. Este escenario no es exclusivo de este sistema, sino que es un problema recurrente en muchas aplicaciones utilizadas en la administración pública, donde la gestión de información sigue dependiendo en gran medida de estructuras estáticas y procesos manuales.

En este contexto, surge una pregunta clave:

Si la Web Semántica permite estructurar la información de manera inteligible para las máquinas, ¿por qué no aprovechar este enfoque para conceptualizar los datos y, a partir de ello, aplicar tecnologías de Inteligencia Artificial (IA)?

Este cuestionamiento da lugar al enfoque propuesto en este trabajo, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia y usabilidad de los sistemas administrativos mediante la combinación de Web Semántica e IA.

En particular, el sistema actual de ayuda presenta un impacto negativo en la experiencia del usuario. La información ofrecida es estática, genérica y poco contextualizada, lo que genera confusión y obliga a recurrir al soporte humano para resolver dudas básicas. Además, su mantenimiento es costoso y propenso a errores, ya que cualquier modificación debe actualizarse manualmente en múltiples lugares. Esta rigidez impide que la ayuda se adapte al contenido real del sistema o al momento en que el usuario la solicita. Tales limitaciones no solo afectan la autonomía del usuario, sino también la eficiencia global del sistema.

A partir de un análisis del sistema actual y sus limitaciones, se identifican tres mejoras clave que podrían optimizar la interacción del usuario y la funcionalidad de la aplicación:

1. Implementación de una ayuda inteligente y dinámica:

* Sustitución de la ayuda estática tradicional por un sistema interactivo basado en Web Semántica.
* Provisión de asistencia contextualizada y adaptada al usuario en tiempo real.

1. Detección temprana de errores y gestión eficiente de incidencias:

* Identificación automática de fallos en la aplicación antes de que impacten en el usuario.
* Generación de alertas automáticas y reporte estructurado de incidencias.

1. Consultas personalizadas mediante un asistente inteligente:

* Posibilidad de que el usuario realice consultas en lenguaje natural.
* Extracción de información y generación de informes basados en el modelo de datos de la aplicación.

Con esta propuesta, se busca no solo optimizar el sistema actual, sino también plantear un modelo escalable y adaptable a otros entornos administrativos, favoreciendo la digitalización inteligente en el sector público y mejorando la eficiencia en la gestión de información.

## Objetivos

El presente trabajo tiene como finalidad demostrar cómo la combinación de Web Semántica e Inteligencia Artificial (IA) puede mejorar la eficiencia de los sistemas de atención al ciudadano en la administración pública. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

* Conceptualización del dominio mediante Web Semántica
  + Desarrollar una ontología del dominio, permitiendo la inferencia de conocimiento y la generación de consultas semánticas.
  + Validar la ontología generada mediante razonadores semánticos (Pellet, HermiT) y pruebas con SPARQL para garantizar coherencia, consistencia y aplicabilidad en la gestión de información del dominio.
* Aplicación de IA para dotar de inteligencia al sistema
  + Implementar modelos de IA sobre la ontología creada para optimizar la gestión de información.
* Desarrollo de un prototipo funcional
  + Diseñar e implementar un prototipo que integre las siguientes mejoras:
    - Ayuda Inteligente: sustituir la ayuda estática por un sistema interactivo y contextualizado basado en Web Semántica.
    - Detección Automática de Errores: identificar y gestionar fallos en la aplicación antes de que impacten en el usuario.
    - Asistente Inteligente: permitir consultas en lenguaje natural para extraer información del modelo de datos de la aplicación.
* Evaluación del impacto del modelo
  + Comparar el rendimiento y la usabilidad antes y después de la implementación de las mejoras propuestas.
  + Definir métricas cuantitativas y cualitativas para evaluar el impacto del sistema, incluyendo tiempos de respuesta, precisión de la ayuda inteligente, tasa de detección de errores y satisfacción del usuario mediante encuestas o estudios de caso.
* Estudio del estado actual de la IA en la administración pública:
  + Analizar cómo se está aplicando la Inteligencia Artificial en los sistemas de atención al ciudadano, identificando oportunidades y desafíos.
* Escalabilidad e integración con sistemas existentes:
  + Evaluar la compatibilidad con base de datos y APIs de sistemas administrativos.
* Análisis de limitaciones
  + Identificar y documentar posibles limitaciones en la implementación del sistema, tales como costos computacionales, sesgos en modelos de IA o desafíos en la adopción por parte de los usuarios.

## Estado de la cuestión

En los últimos años, la administración pública ha experimentado una transformación digital para mejorar la eficiencia en la gestión de la información y la atención ciudadana [1][2]. Sin embargo, a pesar de los avances, muchos sistemas continúan enfrentando problemas relacionados con la accesibilidad de los datos, la detección de errores y la falta de personalización en la atención al usuario. El Sistema de Información de Atención a la Ciudadanía (SIAC) de la Generalitat Valenciana (GVA) es un ejemplo de esta situación. SIAC centraliza y gestiona la información administrativa que posteriormente se publica en el portal de atención ciudadana [3].

Este apartado examina el contexto del SIAC, sus principales desafíos y las oportunidades que ofrece la combinación de Web Semántica e Inteligencia Artificial (IA) para mejorar su funcionamiento. Se analizará la aplicabilidad de estas tecnologías para optimizar la experiencia del usuario, garantizar la integridad de los datos y facilitar el acceso a la información mediante consultas en lenguaje natural y ayudas inteligentes.

### Contexto del Sistema de Información de Atención a la Ciudadanía

El Sistema de Información de Atención a la Ciudadanía (SIAC) es la plataforma utilizada por la Generalitat Valenciana (GVA) para gestionar y centralizar la información administrativa destinada a la atención ciudadana. SIAC permite a los responsables administrativos manejar el ciclo de vida de los procedimientos, convocatorias, normativas y guías organizativas que posteriormente serán publicados en el portal oficial de la GVA y otros canales de atención, como el servicio 012 y las oficinas PROP [3].

El sistema desempeña un papel clave en la administración pública, asegurando que los ciudadanos puedan acceder a información confiable y actualizada. Sin embargo, enfrenta varios retos que afectan su eficiencia y la calidad del servicio prestado. A pesar de la digitalización del sistema, el proceso de gestión y actualización de la información sigue dependiendo en gran medida de procedimientos manuales, con un equipo de más de 1.000 personas encargadas de su mantenimiento y actualización. Este modelo operativo no solo es propenso a errores humanos, sino que también limita la capacidad del sistema para adaptarse a las necesidades específicas de los usuarios en tiempo real [4].

### Limitaciones de SIAC y necesidad de mejora

A pesar de sus ventajas, el SIAC presenta tres limitaciones clave:

1. Ayuda estática y poco eficiente: la información de ayuda en el sistema se proporciona en forma de documentos estáticos y guías predefinidas que no se adaptan al contexto específico de cada usuario. Esto genera dificultades en la correcta cumplimentación de los procedimientos y retrasa el trabajo de los administradores.
2. Falta de detección temprana de errores: al ser un sistema en constante actualización, pueden surgir errores funcionales que alteren la información publicada o afecten la calidad del servicio. Actualmente, no se dispone de un sistema automatizado para detectar y corregir estos errores antes de su publicación.
3. Consultas limitadas y dificultad en la extracción de datos: los usuarios del sistema deben navegar manualmente entre registros y documentos para encontrar información específica, lo que hace que la recuperación de datos sea ineficiente e incluso solicitar al departamento técnico listados personalizados. No existe un sistema que permita realizar consultas en lenguaje natural ni generar informes automáticos basados en la estructura de datos del SIAC.

### Aplicación de la Web Semántica e IA para mejorar SIAC

El uso de Web Semántica e Inteligencia Artificial (IA) puede abordar estas limitaciones de SIAC de la siguiente manera:

* Conceptualización de la información: implementar una ontología del dominio permitirá estructurar los datos de manera estandarizada, facilitando su interpretación por parte de sistemas inteligentes y mejorando la interoperabilidad.
* Asistencia Inteligente basada en inferencia semántica: utilizando OWL y SWRL, se pueden definir reglas para que el sistema proporcione asistencia contextualizada a los usuarios según la acción que estén realizando.
* Detección de errores mediante Machine Learning: algoritmos de detección de anomalías pueden analizar los registros de actividad del sistema y anticipar errores antes de su publicación, mejorando la calidad de la información administrada.
* Consultas en lenguaje natural: tecnologías de Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) y SPARQL permitirán que los usuarios realicen consultas sobre los datos del SIAC de manera intuitiva, generando informes automáticos sin necesidad de navegar manualmente por la base de datos.

### Relevancia de esta investigación

La aplicación de Web Semántica e IA en sistemas administrativos ya ha sido explorada en otros entornos gubernamentales. Estudios previos han demostrado que estos enfoques mejoran la eficiencia operativa y la calidad del servicio en administraciones públicas [5]. Sin embargo, no se ha desarrollado una solución modular y escalable para su integración en sistemas como SIAC. Este trabajo busca llenar ese vacío, proporcionando una metodología que pueda ser replicable en otros sistemas administrativos.

Con la implementación de estas mejoras, se espera que el SIAC se transforme en un sistema más eficiente, preciso y adaptable, optimizando la forma en que se gestiona la información que posteriormente será publicada en el portal de atención al ciudadano de la GVA.

## Estado del arte

En esta sección se realiza una revisión de los enfoques y estudios previos sobre Web Semántica, ontologías y tecnologías de Inteligencia Artificial aplicadas a la gestión de información en entornos administrativos. El objetivo es analizar estas tecnologías para establecer una base teórica que justifique la viabilidad de la propuesta de este trabajo.

Se examinarán las principales herramientas y estándares de la Web Semántica, que permiten estructurar y organizar la información de manera eficiente, mejorando su interoperabilidad y reutilización. Además, se abordará el uso de la IA para optimizar procesos administrativos, facilitando la automatización de tareas y la generación de conocimiento a partir de datos estructurados.

Este análisis permitirá contextualizar las mejoras propuestas en este trabajo, estableciendo un marco teórico que sustente el desarrollo de una ayuda inteligente, la detección automática de errores y un asistente basado en lenguaje natural dentro del sistema de gestión de información administrativa.

### Enfoques y estudios relacionados

En los últimos años, diversas investigaciones han explorado el uso de la Web Semántica e Inteligencia Artificial en distintos dominios, con el propósito de estructurar el conocimiento y mejorar la toma de decisiones en sistemas complejos. A continuación, se presentan estudios relevantes que sustentan la propuesta de este trabajo:

*Uso de Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLMs) para la construcción automática de ontologías*

Uno de los enfoques recientes en la generación y estructuración del conocimiento mediante IA es el propuesto en el estudio "Towards Next-Generation Urban Decision Support Systems through AI-Powered Construction of Scientific Ontology using Large Language Models - A Case in Optimizing Intermodal Freight Transportation" [1].

En este trabajo, se propone una metodología innovadora para la construcción de ontologías científicas utilizando Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLMs), como GPT-4. El estudio se centra en mejorar los sistemas de soporte a la toma de decisiones en entornos urbanos, aplicando IA para extraer, estructurar y organizar el conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos textuales. Los principales aportes del estudio incluyen automatización de la construcción de ontologías mediante LLMs, reduciendo la intervención manual en el modelado del conocimiento. Además de integración de Web Semántica e IA para mejorar la interoperabilidad entre sistemas y facilitar la toma de decisiones basada en datos estructurados y validación de la ontología generada a través de inferencia semántica y consultas estructuradas.

Este enfoque es particularmente útil para la propuesta de este trabajo, ya que demuestra cómo los Modelos de Lenguaje de Gran Escala pueden ser utilizados para generar automáticamente ontologías en dominios específicos. Su aplicación en sistemas administrativos podría facilitar la conceptualización del dominio "Atención al Ciudadano" y permitir el desarrollo de un módulo de ayuda inteligente basado en Web Semántica.

*Interfaz conversacional para la recolección de datos en la Web Semántica [2]*

Este trabajo presenta una arquitectura para la integración de chatbots y sistemas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) con la Web Semántica. Su objetivo es mejorar la interacción entre usuarios y bases de datos estructuradas mediante consultas conversacionales. Para ello, desarrolla un modelo que traduce preguntas en lenguaje natural a consultas estructuradas sobre ontologías RDF/OWL, permitiendo una recuperación automatizada de la información.

Su enfoque puede aplicarse en la implementación del asistente inteligente propuesto en este trabajo, facilitando la generación de consultas dinámicas en sistemas de atención al ciudadano mediante NLP y ontologías.

*Diseño de un modelo explicativo basado en ontologías aplicado a un chatbot conversacional [3]*

Este trabajo plantea una arquitectura para chatbots conversacionales basada en ontologías, permitiendo que el asistente genere respuestas explicativas y contextualizadas a los usuarios. Se centra en la mejora de la interacción mediante modelos de Web Semántica, garantizando respuestas más precisas y alineadas con el conocimiento estructurado del dominio.

Tiene relevancia en este trabajo ya que permite integrar una ontología en un asistente conversacional, aporta un modelo basado en Web Semántica para estructurar conocimiento y está relacionado con la implementación de la ayuda inteligente.

*Creación de un prototipo de chatbot que permita interactuar con la historia del Ecuador registrada en periódicos antiguos [4]*

El estudio de Ciancio (2024) desarrolla un chatbot conversacional basado en Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) para recuperar información histórica de periódicos antiguos digitalizados. Este enfoque permite a los usuarios consultar datos mediante preguntas en lenguaje natural, optimizando la búsqueda y accesibilidad de información archivada. Su implementación en el ámbito de atención al ciudadano permitiría integrar chatbots inteligentes en sistemas administrativos para facilitar la consulta y extracción de datos estructurados, alineándose con la propuesta del presente trabajo.

*Técnicas de procesamiento de lenguaje natural en la inteligencia artificial conversacional textual [5]*

Este estudio analiza las técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) aplicadas en inteligencia artificial conversacional, centrándose en chatbots y asistentes virtuales. Examina los métodos más utilizados para la comprensión del lenguaje, generación de respuestas y evaluación de interacciones en entornos conversacionales.

El uso de NLP en asistentes conversacionales es fundamental para la mejora de la consulta de información en sistemas administrativos. La implementación de técnicas como Named Entity Recognition (NER), modelos de transformers (BERT, GPT), y generación de respuestas contextuales pueden potenciar la capacidad del asistente inteligente en la consulta de datos en lenguaje natural dentro del sistema.

*Sistema de ayuda a la decisión basado en ontologías para el diagnóstico y prevención de las enfermedades en cultivos [6]*

Este estudio propone un sistema de ayuda a la decisión (DSS, Decision Support System) basado en ontologías, diseñado para el diagnóstico y prevención de enfermedades en cultivos agrícolas. La ontología estructurada permite modelar el conocimiento sobre las enfermedades de los cultivos, sus síntomas y tratamientos, facilitando la toma de decisiones por parte de los agricultores a través de consultas semánticas.

La implementación de sistemas de ayuda basados en ontologías es un enfoque que puede trasladarse al ámbito de la administración pública, donde la información estructurada en ontologías semánticas puede mejorar la asistencia al usuario en la gestión de trámites y consultas. Este estudio demuestra cómo el uso de razonadores semánticos y modelos de IA pueden ofrecer recomendaciones personalizadas basadas en reglas definidas dentro de una ontología.

*Explotación de la semántica de dominio orientada a la integración, estandarización y análisis de datos [7]*

El estudio presenta un marco de trabajo basado en Web Semántica para la integración, estandarización y análisis de datos, con el objetivo de mejorar la interoperabilidad entre distintos sistemas y fuentes de información. Se centra en la aplicación de ontologías para la representación estructurada del conocimiento y en el uso de tecnologías semánticas para optimizar el acceso a la información y su reutilización.

Este trabajo es particularmente útil para el desarrollo del módulo de consultas en lenguaje natural dentro de este trabajo, ya que explora cómo la semántica de dominio puede mejorar la consulta y extracción de información. Además, el enfoque basado en la integración y estandarización de datos puede ser aprovechado para garantizar que la ontología desarrollada pueda interoperar con otras fuentes de información en la administración pública.

*MethoOntoChat: Asistente conversacional del proceso metodológico de creación de ontologías basado en modelos del lenguaje [8]*

Este estudio presenta el desarrollo y aplicación de ontologías para la representación estructurada de información en entornos digitales. Se analiza el uso de RDF, OWL y SPARQL para modelar información, permitiendo una mayor interoperabilidad entre sistemas y facilitando la recuperación de datos de manera eficiente. Además, se propone un enfoque basado en Web Semántica para mejorar la gestión del conocimiento en sistemas administrativos.

Este estudio es útil para fundamentar el uso de ontologías en la administración pública, proporcionando un marco de referencia sobre cómo estructurar la información en sistemas de gestión de trámites y atención al ciudadano. Su enfoque en tecnologías semánticas (RDF, OWL, SPARQL) respalda la elección de herramientas en el desarrollo del modelo ontológico del TFM.

*Distilling ontologies from large languages model [9]*

Este estudio explora cómo los Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLMs), como GPT-4, pueden ser utilizados para la generación y refinamiento de ontologías. Se presenta una metodología para extraer estructuras semánticas desde datos no estructurados mediante IA, facilitando la automatización del proceso de modelado ontológico. Además, se analizan los desafíos y ventajas de este enfoque en términos de precisión, coherencia y escalabilidad.

Este estudio es clave para respaldar la generación automática de ontologías dentro del modelo propuesto en el TFM. Su aplicación puede facilitar la construcción y mantenimiento de la ontología del sistema de atención al ciudadano, reduciendo el tiempo y esfuerzo manual requerido.

*Inteligencia Artificial (IA) aplicada a la gestión pública [10]*

Este estudio analiza cómo la Inteligencia Artificial está transformando la gestión pública, permitiendo mejorar la toma de decisiones, la automatización de procesos y la personalización de servicios. Se destacan casos de éxito en diversas administraciones públicas y se identifican tecnologías clave como machine learning, NLP y sistemas basados en reglas para optimizar la gestión de datos y mejorar la interacción con los ciudadanos.

Este estudio refuerza la viabilidad del uso de IA en la optimización del Sistema de Información de Atención al Ciudadano (SIAC), demostrando cómo la automatización de procesos administrativos y la personalización de la información pueden mejorar la eficiencia del sistema.

*Revisión de los chatbots basados en inteligencia artificial en la administración pública: Hacia una arquitectura para el gobierno [11]*

Este estudio realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de chatbots en la administración pública, destacando su papel en la automatización de la atención al ciudadano. Se propone un marco de trabajo para la implementación de agentes conversacionales en el gobierno, abordando aspectos clave como NLP (Procesamiento de Lenguaje Natural), Web Semántica y aprendizaje automático. También analiza los beneficios en términos de eficiencia operativa, reducción de carga administrativa y mejora en la accesibilidad de los servicios públicos.

Este estudio refuerza la importancia de integrar chatbots basados en IA y Web Semántica en el Sistema de Información de Atención al Ciudadano (SIAC) para ofrecer una ayuda dinámica e inteligente a los usuarios administrativos.

# Parte 2

# Modelo Semántico y Arquitectura del Sistema basado en Ontología

Se especifica el modelo semántico desarrollado como base del sistema y su integración dentro de una arquitectura que permite consultar datos reales mediante tecnología ontológica. En primer lugar, se detalla el proceso completo de construcción de la ontología “Atención al Ciudadano”. A continuación, se describe la arquitectura técnica que permite aplicar dicha ontología sobre una base de datos relacional real, mediante un motor de consulta semántica (Ontop) y un backend modular basado en Spring Boot.

Cabe señalar que tanto la ontología como el modelo de datos implementado constituyen prototipos funcionales diseñados con fines académicos y demostrativos. Su complejidad ha sido acotada deliberadamente para poder desarrollar, probar y validar el enfoque en el marco del presente Trabajo de Fin de Máster. No obstante, la solución propuesta está concebida para ser escalable y adaptable a sistemas reales de mayor envergadura, en caso de que se decidiera su evolución hacia un entorno productivo.

## Creación de la Ontología “Atención al Ciudadano” (ontoAC)

Las siguientes secciones documentan la definición detallada de la ontología utilizada en el sistema, enfocándose en la representación de las entidades: Personas, Departamentos, CriteriosBusqueda, Operación, Registros, TramiteServicio y sus fases, EmpleoPublico con sus etapas, EntidadLocales, AyudaCampo.

La ontología permite estructurar y gestionar de manera eficiente la información relacionada con:

* *Personas*, que trabajan en la administración pública de la GVA, y los departamentos a los que están asignadas.
* *Departamentos*, en los que se organiza la estructura administrativa de la GVA, con sus funciones, normativa de creación, ubicación y contacto.
* *Registros*, donde los ciudadanos pueden presentar documentación dirigida a la administración.
* *Trámites y servicios*, que la Generalitat ofrece a los ciudadanos, organizados por fases y procedimientos específicos.
* *Empleo público*, orientado a proporcionar información sobre ofertas o convocatorias de empleo público a nivel de la Comunidad Valenciana.
* *Entidades locales*, incluyendo ayuntamientos, mancomunidades, entidades inframunicipales, diputaciones y núcleos de población de la Comunidad Valenciana.
* *Criterios de búsqueda*, definidos para permitir búsquedas avanzadas de información dentro de cada módulo o entidad.
* *Operaciones*, que representa las acciones que se pueden realizar sobre cada módulo o entidad, tales como consultar, añadir, modificar, eliminar e imprimir información.
* *AyudaCampo*, representa la información contextual y funcional asociada a cada campo del sistema, con el objetivo de proporcionar orientación inteligente al usuario durante la interacción con los distintos módulos administrativos. Esta entidad no forma parte del dominio administrativo en sí, sino que actúa como soporte transversal, ya que no está vinculada exclusivamente a un único módulo o entidad, sino que da apoyo a todos ellos para la generación de ayudas explicativas dentro del sistema.

Para su desarrollo, se utiliza la metodología NeOn (Suárez-Figueroa & Gómez-Pérez) [7], la cual ofrece un conjunto de tareas específicas para la creación y mantenimiento de ontologías. Sin embargo, su aplicación se limita a las fases consideradas necesarias para este trabajo, dado que la ontología se utiliza posteriormente para realizar un mapeo con una base de datos relacional. Este mapeo permite extraer la información almacenada siguiendo la estructura conceptual establecida por la ontología.

### **Especificación de requisitos**

Se definen los requisitos funcionales y no funcionales que la ontología debe cumplir, así como sus usos previstos, usos finales y preguntas de competencia. Este proceso tiene como objetivo establecer una base sólida para la creación de la ontología y garantizar su alineación con los objetivos planteados.

El desarrollo de esta especificación sigue las pautas establecidas por el documento *Ontology Requirements Specification Document (ORSD)*, propuesto en la metodología NeOn.

La recolección y análisis de requisitos se realiza mediante un proceso de revisión interna y análisis conceptual basado en la información pública existente sobre el sistema de atención al ciudadano en el portal de la GVA (Generalitat Valenciana) [8]. Este análisis se lleva a cabo considerando las funcionalidades actuales del sistema, así como las necesidades detectadas para proporcionar un modelo ontológico adecuado que estructure correctamente la información relevante.

*Actividad 1: Identificación del propósito, alcance lenguaje implementación de la ontología.*

Propósito

El propósito principal de la ontología es estructurar y contextualizar la información relacionada con el sistema de atención al ciudadano de la Comunidad Valenciana de manera que sea inteligible por sistemas computacionales. Esto permite su uso para:

* Facilitar la obtención de información inteligente a través de un asistente inteligente capaz de responder consultas formuladas en lenguaje natural.
* Proveer ayuda dinámica que sustituya y mejore la actual ayuda estática del sistema.
* Generar listados personalizados y detallados a partir de la información registrada en el sistema.
* Facilitar la implementación de técnicas de Inteligencia Artificial, como la detección automática de errores en la plataforma.

Esta ontología sirve como base para la interacción eficiente con el sistema de atención al ciudadano y la expansión futura de sus capacidades.

Alcance

El alcance de la ontología se limita, en esta primera etapa, a un subconjunto de la información relevante del sistema de atención al ciudadano, manteniendo la posibilidad de ampliación y actualización futura.

Las áreas específicas que abarca esta ontología son:

* Personas y sus relaciones con departamentos.
* Departamentos y órganos relacionados.
* Registros y entidades locales disponibles.
* Trámites y servicios en los que las personas pueden iniciar, gestionar o consultar procedimientos.
* Empleo público al que los ciudadanos pueden optar mediante convocatorias y procedimientos específicos.
* Criterios de búsqueda que facilitan la obtención de información relevante sobre cada uno de los módulos.
* Operaciones permitidas sobre cada módulo o entidad.
* Ayuda para cada uno de los campos del sistema.

La ontología se desarrollada en formato OWL (Web Ontology Language) y RDF (Resource Description Framework) [9], facilitando la interoperabilidad y el uso en sistemas basados en Web Semántica.

*Actividad 2: Identificación de los usuarios finales previstos*

La ontología está diseñada principalmente para su uso en un sistema de gestión de la información que posteriormente será visualizada por el ciudadano a través del portal de la GVA (Generalitat Valenciana). Sin embargo, también puede ser utilizada directamente desde el portal ciudadano, ya que ambos sistemas comparten la misma información, pero desde contextos diferentes: uno orientado a la gestión interna y otro a la consulta pública.

De acuerdo con lo anterior, se identifican tres tipos principales de usuarios:

* Usuario 1: Profesionales que buscan información relacionada con la gestión administrativa (Uso Interno).

Este grupo incluye a usuarios que necesitan consultar información sobre campos y procedimientos específicos para poder realizar su trabajo adecuadamente. Cubre las siguientes necesidades:

* + Consultar documentación detallada sobre procedimientos, servicios, registros y empleo público.
  + Obtener información sobre cómo completar o modificar campos específicos en formularios o interfaces.
  + Verificar la visibilidad y validez de la información.
  + Acceder a la ayuda inteligente para conocer cómo utilizar ciertos procedimientos o consultas.
  + Acceder al asistente inteligente para obtener listados personalizados.
  + Detección de errores en el sistema.

Ejemplos de usuarios:

* + Administrador Técnico: Consulta información para implementar cambios técnicos o corregir errores en el sistema.
  + Administrador Funcional: Accede a la información para asegurar que los procedimientos se publican correctamente y son accesibles al ciudadano.
  + Documentalista: Verifica y consulta datos estructurados para garantizar la consistencia de la información en diferentes secciones.
  + Consultor: Consulta la ontología para comprobar cómo se define la información que se presenta en el sistema.
* Usuario 2: Operadores que proporcionan información al ciudadano (Uso Intermedio).

Este grupo incluye a profesionales que utilizan la ontología para responder a consultas realizadas por ciudadanos, pero no interactúan directamente con el sistema. Obtienen respuestas rápidas a preguntas específicas formuladas por ciudadanos.

* Usuario 3: Ciudadanos que consultan información publicada en el portal GVA (Uso Público)

Ciudadanos que acceden al portal de la GVA para realizar consultas o trámites relacionados con la atención al ciudadano. Realizan consultas en lenguaje natural a través de un asistente inteligente o formularios de consulta.

*Actividad 3: Identificación de los usos previstos*

El uso previsto de la ontología es proporcionar un marco semántico que permita la creación de inteligencia en la Web mediante el uso de tecnologías de Web Semántica e Inteligencia Artificial. La ontología tiene como propósito estructurar, contextualizar y relacionar la información proveniente de la base de datos relacional Oracle, para hacerla accesible y comprensible por sistemas inteligentes que puedan operar sobre ella.

La ontología debe ser capaz de representar el modelo de información del sistema de atención al ciudadano, sirviendo como un puente entre la base de datos relacional y las aplicaciones inteligentes que se desarrollen sobre ella: ayuda dinámica e inteligente que sustituya a la ayuda estática, detección de errores en el sistema a partir de la información ontológica y generación de listados personalizado en formato como Excel o CSV, de datos en base a consultas realizadas sobre la ontología.

*Actividad 4: Identificación de los requisitos*

En esta tarea se identifican tanto los requisitos funcionales como los requisitos no funcionales que deben guiar la creación de la ontología. Los requisitos funcionales se definen en forma de preguntas de competencia, que establecen la base del conocimiento que la ontología debe representar. Por otro lado, los requisitos no funcionales describen aspectos técnicos y metodológicos relacionados con la construcción, implementación y mantenimiento de la ontología.

Requisitos no funcionales:

Las características técnicas y metodológicas que debe cumplir la ontología para asegurar su calidad, coherencia y escalabilidad son:

1. Idioma y formato de la ontología:
   * La ontología se desarrolla en castellano, utilizando OWL (Web Ontology Language) y representada en formato RDF (Resource Description Framework).
2. Escalabilidad:
   * La ontología debe ser extensible para permitir la incorporación de nuevas clases, propiedades y relaciones sin comprometer su coherencia.
   * Debe garantizar que la adición de nuevas áreas de conocimiento o módulos sea posible sin afectar negativamente el rendimiento del sistema.
3. Compatibilidad e interoperabilidad:
   * La ontología debe ser compatible con tecnologías de Web Semántica, permitiendo consultas SPARQL y su integración con sistemas externos mediante mapeo ontológico con la base de datos Oracle.
4. Rendimiento:
   * Las consultas realizadas sobre la ontología deben procesarse de manera eficiente, incluso con grandes volúmenes de datos.
   * Debe garantizarse un rendimiento adecuado en escenarios de uso intensivo por múltiples usuarios.
5. Documentación y trazabilidad:
   * El proceso de construcción y actualización de la ontología debe estar claramente documentado mediante el documento Ontology Requirements Specification Document (ORSD).
   * Toda modificación debe registrarse para asegurar su trazabilidad.

Requisitos funcionales:

Preguntas de competencia que establecen el conocimiento que la ontología debe ser capaz de representar y responder. Estas preguntas están directamente relacionadas con la información que expresa cada propiedad de la ontología, de acuerdo con cada uno de sus subdominios. Se recogen en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 1. Preguntas de Competencia sobre *Personas*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| PER\_1 | ¿Nombre y apellidos persona X? | Ana María, García Sánchez |
| PER \_2 | ¿Cuál es el correo de la persona X? | anapg@gva.es |
| PER \_3 | ¿Qué tipo persona es la persona X? | Interno |
| PER \_4 | ¿Qué visibilidad tiene la persona X? | Pública |
| PER\_5 | ¿En qué unidad trabaja la persona X? | Departamento Jurídico |
| PER \_6 | ¿Dónde está ubicada la persona X? | Calle Mayor 1 |
| PER \_7 | ¿CP ubicación persona X? | 46019 |
| PER \_8 | ¿Municipio, provincia persona X? | Valencia, Valencia |
| PER \_9 | ¿Planta ubicación persona X? | Planta 1 |
| PER \_10 | ¿Despacho ubicación persona X? | Despacho 101 |
| PER \_11 | ¿Teléfono externo persona X? | 987654321 |
| PER \_12 | ¿Teléfono interno persona X? | 1234 |
| PER \_13 | ¿Fax externo persona X? | 912345678 |
| PER \_14 | ¿Fax interno persona X? | 5678 |
| PER \_15 | ¿Identificación persona X? | 11111111H |
| PER \_16 | ¿Nacionalidad persona X? | Española |
| PER \_17 | ¿Género persona X? | Femenino |
| PER \_18 | ¿Es un alto cargo persona X? | No |
| PER\_19 | ¿Cargo persona X? | Asesora |
| PER\_20 | ¿La persona X está adscrita a un departamento? | Sí |
| PER\_21 | ¿Función de la persona X? | Asesoría Jurídica |
| PER\_22 | ¿Código interno de la persona X? | 1 |
| PER\_23 | ¿Código departamento del que está adscrito persona X? | 101 |
| PER\_24 | ¿Nombre de personas adscritas al departamento X? | Ana María, Javier, Raúl |
| PER\_25 | ¿Conselleria persona X? | Conselleria de Justicia |

Tabla 2. Preguntas de Competencia sobre *Departamentos*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| DEP\_1 | ¿Código y nombre departamento X? | 101, Departamento Jurídico |
| DEP\_2 | ¿Cuál es el correo departamento X? | juridico@gva.es |
| DEP\_3 | ¿Fecha creación departamento X? | 28/03/25 |
| DEP\_4 | ¿Reglamento creación departamento X? | Decreto 123/2025 |
| DEP\_5 | ¿Horario departamento X? | Lunes a Viernes 8:00 - 15:00 |
| DEP\_6 | ¿Dirección departamento X? | Edificio A, Planta 1 |
| DEP\_7 | ¿CP ubicación departamento X? | 46001 |
| DEP\_8 | ¿Municipio departamento X? | Valencia |
| DEP\_9 | ¿Provincia departamento X? | Valencia |
| DEP\_10 | ¿Planta ubicación departamento X? | 13 |
| DEP\_11 | ¿Teléfono externo departamento X? | 987654321 |
| DEP\_12 | ¿Teléfono interno departamento X? | 1234 |
| DEP\_13 | ¿Fax externo departamento X? | 912345678 |
| DEP\_14 | ¿Fax interno departamento X? | 5678 |
| DEP\_15 | ¿Tipo centro departamento X? | Jurídico |
| DEP\_16 | ¿Código interno departamento X? | 27014 |
| DEP\_17 | ¿Rango departamento X? | Dirección General |
| DEP\_18 | ¿Conselleria departamento X? | Conselleria de Justicia |

Tabla 3. Preguntas de Competencia sobre *CriterioBusqueda*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| CRB\_1 | ¿Nombre criterio de búsqueda X? | Nombre Parcial |
| CRB\_2 | ¿Descripción criterio de búsqueda X? | Permite buscar por nombres parcialmente coincidentes. |
| CRB\_3 | ¿Tipo de comodín criterio de búsqueda X? | VALOR% |
| CRB\_4 | ¿Uso comodín X para el criterio de búsqueda X? | Ejemplo: Ana% devuelve Ana, Ana María, Ana Isabel. |
| CRB\_5 | ¿Campo que conforman el criterio de búsqueda X? | PER\_NOMBRE |

Tabla 4. Preguntas de Competencia sobre *Operacion*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| OPE\_1 | ¿Nombre operación X? | Consultar |
| OPE\_2 | ¿Descripción operación X? | Permite visualizar información registrada en el sistema. |
| OPE\_3 | ¿Operaciones existentes? | Consultar, Insertar, Modificar, Eliminar, Exportar |

Tabla 5. Preguntas de Competencia sobre *Registros*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| REG\_1 | ¿Nombre del registro X? | Registro General |
| REG\_2 | ¿Cuál es el correo registro X? | registro@gva.es |
| REG\_3 | ¿Horario registro X? | Lunes a viernes 9:00 - 14:00 |
| REG\_4 | ¿Dónde está ubicado registro X? | Calle del Sol 5 |
| REG\_5 | ¿CP ubicación registro X? | 12003 |
| REG\_6 | ¿Municipio registro X? | Castellón |
| REG\_7 | ¿Teléfono externo registro X? | 912345679 |
| REG\_8 | ¿Teléfono interno registro X? | 6789 |
| REG\_9 | ¿Fax externo registro X? | 987654322 |
| REG\_10 | ¿Fax interno registro X? | 5678 |
| REG\_11 | ¿Tipo registro X? | Externo |
| REG\_12 | ¿Código interno registro X? | 152 |
| REG\_13 | ¿Conselleria del registro X? | Conselleria de Gobernación |
| REG\_14 | [¿Provincia registro X?](https://www.gva.es/es/web/atencio_ciutadania/inicio/atencion_ciudadano/at_ciud_faq/at_ciud_faq_registros) | Castellón |
| REG\_15 | ¿Código departamento al que está asignado el registro X? | 101 |

Tabla 6. Preguntas de Competencia sobre *TramiteServicio*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| TRA\_1 | ¿Código del trámite X? | 1 |
| TRA\_2 | ¿Departamento asignado al trámite X? | Departamento Jurídico |
| TRA\_3 | ¿Descripción del trámite X? | Solicitud de asesoramiento jurídico para procedimientos administrativos complejo |
| TRA\_4 | ¿Destinatario del trámite X? | Ciudadanía |
| TRA\_5 | ¿Objetivo del trámite X? | Proporcionar asistencia jurídica y orientación en trámites legales. |
| TRA\_6 | ¿Es un trámite o un servicio? | Trámite |
| TRA\_7 | ¿Código del servicio X? | 4 |
| TRA\_8 | ¿Código del trámite tipo servicio asignado al servicio X? | 4 |
| TRA\_9 | ¿Descripción del servicio X? | Servicio de atención legal |
| TRA\_10 | ¿Destinatario del servicio X? | Ciudadanía |
| TRA\_11 | ¿Objetivo del servicio X? | Registro de documentación oficial |
| TRA\_12 | ¿Enlace del servicio X? | http://gva.es/servicio-info1 |
| TRA\_13 | ¿Fecha fin del servicio X? | 07/04/25 |
| TRA\_14 | [¿Fecha inicio del servicio X?](https://www.gva.es/es/web/atencio_ciutadania/inicio/atencion_ciudadano/at_ciud_faq/at_ciud_faq_registros) | 17/04/25 |
| TRA\_15 | ¿Información complementaria del servicio X? | Puede requerirse documentación adicional según el caso. |
| TRA\_16 | ¿Interesados en servicio X? | Funcionariado |
| TRA\_17 | ¿Normativa en servicio X? | Decreto 12/2023 del Consell |
| TRA\_18 | ¿Objeto del servicio X? | Asistencia legal gratuita |
| TRA\_19 | ¿Plazo del servicio X? | 15 días hábiles |
| TRA\_20 | ¿Requisitos del servicio X? | Presentar copia del DNI y formulario oficial |
| TRA\_21 | ¿Normativa de la fase inicio del trámite X? | Ley 12/2025 de Procedimientos Administrativos. |
| TRA\_22 | ¿Objeto de la fase inicio del trámite X? | Solicitud de asesoramiento jurídico. |
| TRA\_23 | ¿Plazo presentación de la fase inicio del trámite X? | Del 1 al 31 de cada mes. |
| TRA\_24 | ¿Requisitos de la fase inicio del trámite X? | Presentar formulario de solicitud y documentación pertinente. |
| TRA\_25 | ¿Tasa pago de la fase inicio del trámite X? | 50 EUR |
| TRA\_26 | ¿Interesados en la fase inicio del trámite X? | Ciudadanía y Empresas |
| TRA\_27 | ¿Forma de presentación de la fase inicio del trámite X? | Telemática y Presencial |
| TRA\_28 | ¿Fecha inicio de la fase inicio del trámite X? | 01/03/25 |
| TRA\_29 | ¿Fecha fin de la fase inicio del trámite X? | 31/03/25 |
| TRA\_30 | ¿Enlace de la fase inicio del trámite X? | http://example.org/asesoramiento-juridico |
| TRA\_31 | ¿Criterios de valoración de la fase de instrucción del trámite X? | Baremo de criterios objetivos publicados previamente. |
| TRA\_32 | ¿Departamento de tramitación de la fase de instrucción del trámite X? | Departamento Técnico |
| TRA\_33 | ¿Enlace de la fase de instrucción del trámite X? | http://example.org/instruccion-tramite2 |
| TRA\_34 | ¿Información de la fase de instrucción del trámite X? | La tramitación se realiza de forma telemática con revisión documental. |
| TRA\_35 | ¿Normativa de la fase de instrucción del trámite X? | Normativa específica del procedimiento evaluado. |
| TRA\_36 | ¿Enlace de la subfase de alegación del trámite X? | http://example.org/alegacion-tramite1 |
| TRA\_37 | ¿Fecha inicio de la subfase de alegación del trámite X? | 07/04/25 |
| TRA\_38 | ¿Fecha fin de la subfase de alegación del trámite X? | 14/04/25 |
| TRA\_39 | ¿Forma de presentación de la subfase de alegación del trámite X? | Telemática |
| TRA\_40 | ¿Normativa de la subfase de alegación del trámite X? | Ley 39/2015 del Procedimiento Administrativo Común. |
| TRA\_41 | ¿Objeto de la subfase de alegación de la fase instrucción X? | Ofrecer plazo para subsanar errores o aportar información adicional. |
| TRA\_42 | ¿Plazo de la subfase de alegación del trámite X? | 10 días hábiles |
| TRA\_43 | ¿Departamento resolución de la fase de finalización del trámite X? | Unidad de Resolución de Conflictos |
| TRA\_44 | ¿Descripción de la fase de finalización del trámite X? | Finalización del procedimiento con resolución administrativa. |
| TRA\_45 | ¿Enlace de la fase de finalización del trámite X? | http://example.org/finalizacion-2 |
| TRA\_46 | ¿Plazo máximo de la fase de finalización del trámite X? | 45 días hábiles |
| TRA\_47 | ¿Procedimiento de cobro de la fase de finalización del trámite X? | Mediante domiciliación bancaria autorizada. |
| TRA\_48 | ¿Recurso de la fase de finalización del trámite X? | Recurso de reposición en el plazo de 1 mes. |
| TRA\_49 | ¿Sanciones de la fase de finalización del trámite X? | Ninguna sanción prevista. |
| TRA\_50 | ¿Cuantía de la fase de finalización del trámite X? | 25 EUR |
| TRA\_51 | ¿ Enlace de la subfase de justificación y cobro de la fase fin X? | http://example.org/justificacion-3 |
| TRA\_52 | ¿Fecha inicio de la subfase de justificación y cobro del trámite X? | 09/06/25 |
| TRA\_53 | ¿Fecha fin de la subfase de justificación y cobro del trámite X? | 18/06/25 |
| TRA\_54 | ¿Forma de presentación de la subfase de justificación y cobro del trámite X? | Ambas modalidades |
| TRA\_55 | ¿ Normativa de la subfase de justificación y cobro de la fase fin 4X? | Ley 9/2024 |
| TRA\_56 | ¿Objeto de la subfase de justificación y cobro del trámite X? | Verificar las condiciones que permiten el abono correspondiente |
| TRA\_57 | ¿Plazo de la subfase de justificación y cobro del trámite X? | 20 días hábiles |
| TRA\_58 | ¿Normativa de justificación y cobro del trámite X? | Normativa de justificación administrativa del Consell |

Tabla 7. Preguntas de Competencia sobre *EmpleoPublico*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| EP\_1 | ¿Código del empleo público X? | 1 |
| EP\_2 | ¿Convocatoria empleo público X? | Convocatoria 2025 - Asesor Jurídico |
| EP\_3 | ¿Departamento empleo público X? | Departamento Jurídico |
| EP\_4 | ¿Descripción empleo público X? | Convocatoria para asesoría jurídica en la Conselleria |
| EP\_5 | ¿Plaza empleo público X? | Asesoría jurídica en materias administrativas |
| EP\_6 | ¿Número plaza empleo público X? | 5 |
| EP\_7 | ¿Fecha creación empleo público X? | 2025-03-30 |
| EP\_8 | ¿Requisito empleo público X? | Licenciatura en Derecho |
| EP\_9 | ¿Prueba empleo público X? | Prueba teórica y práctica |
| EP\_10 | ¿Titulación empleo público X? | Derecho |
| EP\_11 | ¿Titulación específica empleo público X? | Derecho Administrativo |
| EP\_12 | ¿Grupo empleo público X? | Grupo A1 |
| EP\_13 | ¿Tipo personal oferta empleo público X? | Funcionario |
| EP\_14 | [¿Estado plazo presentación empleo público X?](https://www.gva.es/es/web/atencio_ciutadania/inicio/atencion_ciudadano/at_ciud_faq/at_ciud_faq_registros) | Abierto |
| EP\_15 | ¿Importe tasa empleo público X? | 50€ |
| EP\_16 | ¿Reducción tasa empleo público X? | 25% |
| EP\_17 | ¿Método pago empleo público X? | Transferencia bancaria |
| EP\_18 | ¿Información presentación empleo público X? | Presentación vía telemática |
| EP\_19 | ¿Enlace informativo empleo público X? | http://gva.es/empleo-juridico |
| EP\_20 | ¿Departamento al que pertenece el empleo público X? | 101 |
| EP\_21 | ¿Fases del empleo público X? | Fase1, Fase2 |
| EP\_22 | ¿Nombre de la fase1 del empleo público X? | Presentación de Solicitudes |
| EP\_23 | ¿Plazo abre de la fase1 del empleo público X? | 2025-04-01 |
| EP\_24 | ¿Plazo cierre de la fase1 del empleo público X? | 2025-04-30 |
| EP\_25 | ¿Fase actual la fase1 del empleo público X? | Si |
| EP\_26 | ¿Documentación de entrega de la fase1 del empleo público X? | Formulario de inscripción |
| EP\_27 | ¿Fecha publicación de la fase1 del empleo público X? | 2025-03-31 |
| EP\_28 | ¿Medio publicación de la fase1 del empleo público X? | Web Conselleria |
| EP\_29 | ¿Enlace de la fase1 del empleo público X? | http://gva.es/solicitud-juridica |
| EP\_30 | ¿Etapa de la fase1 del empleo público X? | Primera Etapa |

Tabla 8. Preguntas de Competencia sobre *EntidadLocales*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| EEL\_1 | ¿Tipo entidad local X? | Mancomunidad |
| EEL\_2 | ¿Nombre entidad local X? | Mancomunidad de La Ribera |
| EEL\_3 | ¿Descripción entidad local X? | Entidad supramunicipal que gestiona servicios mancomunados. |
| EEL\_4 | ¿Dirección entidad local X? | Calle de las Mancomunidades 23 |
| EEL\_5 | ¿CP entidad local X? | 6200 |
| EEL\_6 | ¿Municipio entidad local X? | Alzira |
| EEL\_7 | ¿Provincia entidad local X? | Valencia |
| EEL\_8 | ¿Comarca entidad local X? | Ribera Alta |
| EEL\_9 | ¿Teléfono entidad local X? | +34 962408000 |
| EEL\_10 | ¿Fax entidad local X? | +34962408001 |
| EEL\_11 | ¿Correo entidad local X? | info@manriberalta.es |
| EEL\_12 | ¿Web entidad local X? | http://manriberalta.es |

Tabla 9. Preguntas de Competencia sobre *AyudaCampo*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Posibles resultados |
| AYU\_1 | ¿Campo X? | PER\_NOMBRE |
| AYU\_2 | ¿Nombre del campo X? | Nombre de la persona |
| AYU\_3 | ¿Descripción del campo X? | Introduzca el nombre completo de la persona tal y como aparece en su documento de identidad. No se permiten apodos ni abreviaturas. |
| AYU\_4 | ¿Ejemplo uso del campo X? | Ejemplo: Ana María Pérez |
| AYU\_5 | ¿Módulo del campo X? | Personas |
| AYU\_6 | ¿Es obligatorio el campo X? | Sí |
| AYU\_7 | ¿Validación del campo X? | Debe contener solo letras y espacios. Máximo 50 caracteres. |

*Tarea 5: Agrupación de los requisitos funcionales*

Los requisitos funcionales se agrupan de acuerdo con los subdominios declarados:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Subdominio | Tabla | Agrupación CMP |
| Personas | Tabla 1 | Preguntas de competencia sobre los datos de las personas que trabajan en la administración pública de la GVA. |
| Departamentos | Tabla 2 | Preguntas de competencia sobre los departamentos en la administración pública de la GVA. |
| CriterioBusqueda | Tabla 3 | Preguntas de competencia sobre criterios de búsqueda de cada uno de los subdominios. |
| Operacion | Tabla 4 | Operaciones que se aplican a cada uno de los subdominios. |
| Registros | Tabla 5 | Preguntas de competencia sobre los registros existentes en la administración pública de la GVA. |
| TramiteServicio | Tabla 6 | Preguntas de competencia sobre trámites y servicios dados de alta en la administración pública de la GVA. |
| EmpleoPublico | Tabla7 | Preguntas de competencia sobre empleo público (bolsas de trabajo, ofertas de empleo, oposiciones) dados de alta en la administración pública de la GVA. |
| EntidadLocales | Tabla8 | Preguntas de competencia sobre entidades locales perteneciente a la administración pública de la GVA. |
| AyudaCampo | Tabla9 | Preguntas de competencia sobre la ayuda de campos del sistema. |

*Actividad 6: Validación del conjunto de requisitos*

Se verifica que los requisitos sean coherentes, completos, consistentes y adecuados al propósito de la ontología. Se realiza un análisis para asegurar que cada pregunta de competencia es relevante y responde a una necesidad funcional clara.

*Actividad 7: Priorización del conjunto de requisitos*

La prioridad de los requisitos funcionales ha sido el de las entidades de *Personas*, *Departamentos*, *CriterioBusqueda* y *Operación*. Estos se han tomado como base de la información, ya que a partir de dicha información se va ampliando la ontología con las siguientes entidades: *Registros*, *TramiteServicio*, *EmpleoPublico*, *EntidadLocales*, AyudaCampo.

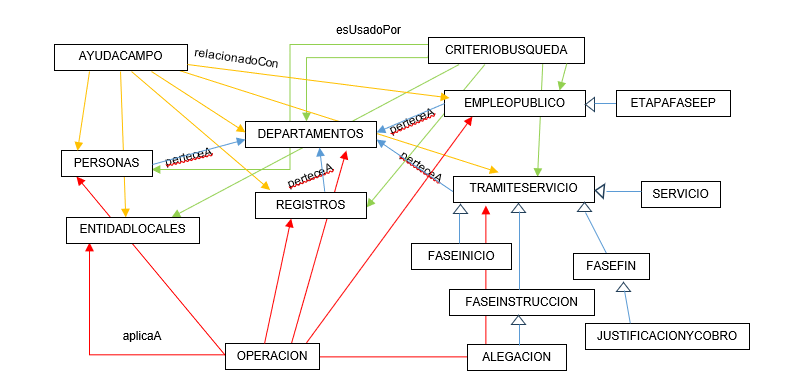
***ORSD completo***

A continuación, se detalla al completo la plantilla de requisitos, expuesta en la Tabla 10.

Tabla 10. Plantilla ORSD completada.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Documento de Especificación de Requisitos de la Ontología** | | | |
| **1** | | | **Propósito** |
| El propósito principal de la ontología es estructurar y contextualizar la información relacionada con el sistema de atención al ciudadano de la Comunidad Valenciana de manera que sea inteligible por sistemas computacionales. Esto permite su uso para:   * Facilitar la obtención de información inteligente a través de un asistente inteligente capaz de responder consultas formuladas en lenguaje natural. * Proveer ayuda dinámica que sustituya y mejore la actual ayuda estática del sistema. * Generar listados personalizados y detallados a partir de la información registrada en el sistema. * Facilitar la implementación de técnicas de Inteligencia Artificial, como la detección automática de errores en la plataforma.   Esta ontología sirve como base para la interacción eficiente con el sistema de atención al ciudadano y la expansión futura de sus capacidades. | | | |
| **2** | | | **Alcance** |
| El alcance de la ontología se limita, en esta primera etapa, a un subconjunto de la información relevante del sistema de atención al ciudadano, manteniendo la posibilidad de ampliación y actualización futura.  Las áreas específicas que abarca esta ontología son:   * Personas y sus relaciones con departamentos. * Departamentos y órganos relacionados. * Registros y entidades locales disponibles. * Trámites y servicios en los que las personas pueden iniciar, gestionar o consultar procedimientos. * Empleo público al que los ciudadanos pueden optar mediante convocatorias y procedimientos específicos. * Criterios de búsqueda que facilitan la obtención de información relevante sobre cada uno de los módulos. * Operaciones permitidas sobre cada módulo o entidad. * Ayuda para cada uno de los campos del sistema. | | | |
| **3** | | | **Lenguaje de implementación** |
| La ontología se desarrollada en formato OWL (Web Ontology Language) y RDF (Resource Description Framework), facilitando la interoperabilidad y el uso en sistemas basados en Web Semántica. | | | |
| **4** | | | **Usuarios finales previstos** |
| La ontología está diseñada principalmente para su uso en un sistema de gestión de la información que posteriormente será visualizada por el ciudadano a través del portal de la GVA (Generalitat Valenciana). Sin embargo, también puede ser utilizada directamente desde el portal ciudadano, ya que ambos sistemas comparten la misma información, pero desde contextos diferentes: uno orientado a la gestión interna y otro a la consulta pública.  De acuerdo con lo anterior, se identifican tres tipos principales de usuarios:   * Usuario 1: Profesionales que buscan información relacionada con la gestión administrativa (Uso Interno).   Este grupo incluye a usuarios que necesitan consultar información sobre campos y procedimientos específicos para poder realizar su trabajo adecuadamente. Cubre las siguientes necesidades:   * + Consultar documentación detallada sobre procedimientos, servicios, registros y empleo público.   + Obtener información sobre cómo completar o modificar campos específicos en formularios o interfaces.   + Verificar la visibilidad y validez de la información.   + Acceder a la ayuda inteligente para conocer cómo utilizar ciertos procedimientos o consultas.   + Acceder al asistente inteligente para obtener listados personalizados.   + Detección de errores en el sistema.   + Ejemplos de usuarios:     - Administrador Técnico: Consulta información para implementar cambios técnicos o corregir errores en el sistema.     - Administrador Funcional: Accede a la información para asegurar que los procedimientos se publican correctamente y son accesibles al ciudadano.     - Documentalista: Verifica y consulta datos estructurados para garantizar la consistencia de la información en diferentes secciones.     - Consultor: Consulta la ontología para comprobar cómo se define la información que se presenta en el sistema. * Usuario 2: Operadores que proporcionan información al ciudadano (Uso Intermedio).   Este grupo incluye a profesionales que utilizan la ontología para responder a consultas realizadas por ciudadanos, pero no interactúan directamente con el sistema. Obtienen respuestas rápidas a preguntas específicas formuladas por ciudadanos.   * Usuario 3: Ciudadanos que consultan información publicada en el portal GVA (Uso Público) Ciudadanos que acceden al portal de la GVA para realizar consultas o trámites relacionados con la atención al ciudadano. Realizan consultas en lenguaje natural a través de un asistente inteligente o formularios de consulta. | | | |
| **5** | | | **Usos finales previstos** |
| El uso previsto de la ontología es proporcionar un marco semántico que permita la creación de inteligencia en la Web mediante el uso de tecnologías de Web Semántica e Inteligencia Artificial. La ontología tiene como propósito estructurar, contextualizar y relacionar la información proveniente de la base de datos relacional Oracle, para hacerla accesible y comprensible por sistemas inteligentes que puedan operar sobre ella.  La ontología debe ser capaz de representar el modelo de información del sistema de atención al ciudadano, sirviendo como un puente entre la base de datos relacional y las aplicaciones inteligentes que se desarrollen sobre ella: ayuda dinámica e inteligente que sustituya a la ayuda estática, detección de errores en el sistema a partir de la información ontológica y generación de listados personalizado en formato como Excel o CSV, de datos en base a consultas realizadas sobre la ontología. | | | |
| **6** | | **Requisitos de la ontología** | |
|  | | * 1. **Requisitos no Funcionales** | |
| Las características técnicas y metodológicas que debe cumplir la ontología para asegurar su calidad, coherencia y escalabilidad son:   1. Idioma y formato de la ontología:    * La ontología se desarrolla en castellano, utilizando OWL (Web Ontology Language) y representada en formato RDF (Resource Description Framework). 2. Escalabilidad:    * La ontología debe ser extensible para permitir la incorporación de nuevas clases, propiedades y relaciones sin comprometer su coherencia.    * Debe garantizar que la adición de nuevas áreas de conocimiento o módulos sea posible sin afectar negativamente el rendimiento del sistema. 3. Compatibilidad e interoperabilidad:    * La ontología debe ser compatible con tecnologías de Web Semántica, permitiendo consultas SPARQL y su integración con sistemas externos mediante mapeo ontológico con la base de datos Oracle. 4. Rendimiento:    * Las consultas realizadas sobre la ontología deben procesarse de manera eficiente, incluso con grandes volúmenes de datos.    * Debe garantizarse un rendimiento adecuado en escenarios de uso intensivo por múltiples usuarios. 5. Documentación y trazabilidad:    * El proceso de construcción y actualización de la ontología debe estar claramente documentado mediante el documento Ontology Requirements Specification Document (ORSD).    * Toda modificación debe registrarse para asegurar su trazabilidad. | | | |
|  | * 1. **Requisitos Funcionales** | | |
| Ver: Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9. | | | |

### **Conceptualización**

A continuación, se muestra un primer mapa conceptual que representa los principales conceptos que deberá tener la red de ontologías, que describe el dominio de Atención al Ciudadano denominado como ontoAC. Para llevarlo a cabo, se han tenido en cuenta las preguntas de competencia y la especificación de requisitos descritas en los apartados anteriores, siguiendo las directrices metodológicas propuestas por NeOn.

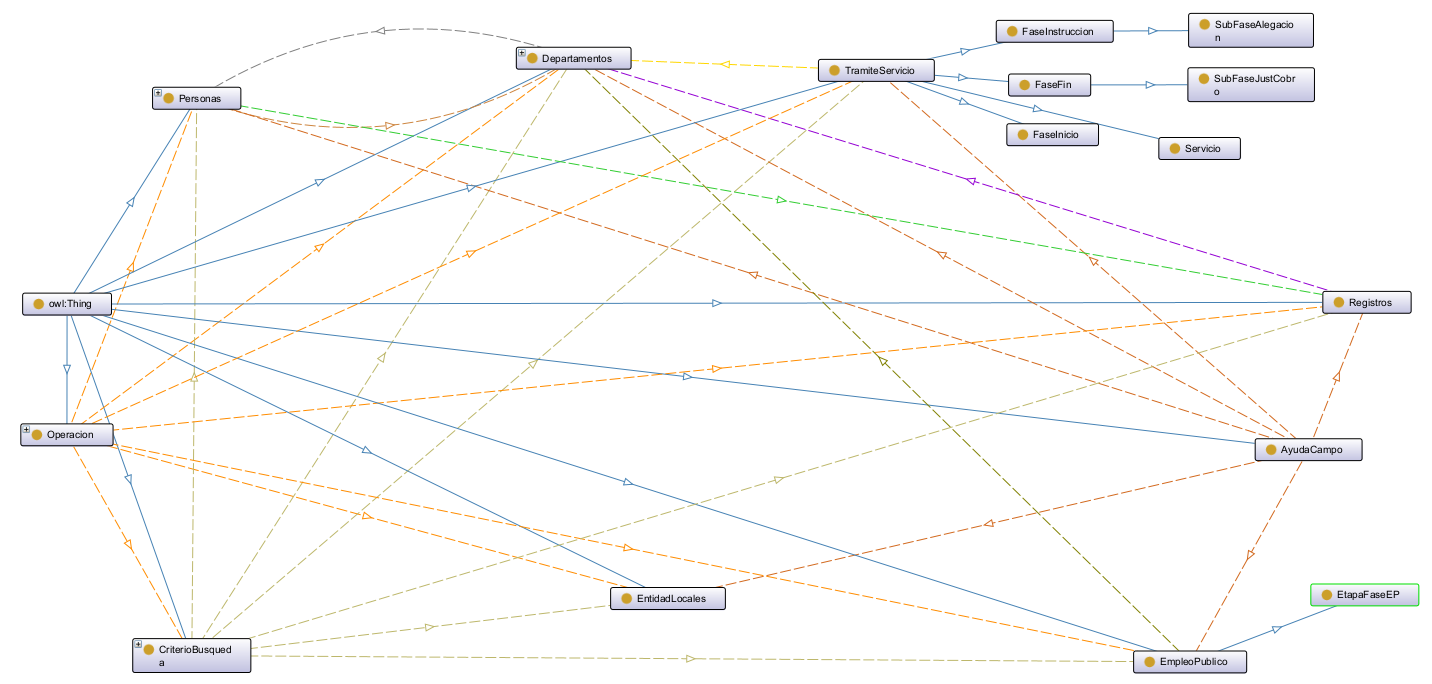
El mapa conceptual ofrece una visión global de las entidades clave y sus relaciones, estructurando de manera jerárquica y semánticamente coherente los elementos más representativos del dominio:

* Las clases principales representan los elementos fundamentales de la administración pública, como Personas, Departamentos, Registros, EntidadLocales, TramiteServicio o EmpleoPublico.
* Cada una de estas clases está vinculada mediante relaciones específicas que reflejan su comportamiento dentro del sistema. Por ejemplo, una Persona pertenece a un Departamento, y un TramiteServicio se compone de varias fases (FaseInicio, FaseInstruccion, FaseFin).
* Se incluyen también conceptos de soporte como CriterioBusqueda, Operacion y AyudaCampo, que permiten enriquecer la ontología con capacidades de interacción inteligente y flexibilidad para la búsqueda de información.
* Las subfases (Alegacion, JustificacionYCobro) se modelan como especializaciones dentro de las fases del procedimiento administrativo, garantizando la trazabilidad y el análisis detallado de cada etapa del proceso.

Este mapa conceptual actúa como base para la construcción de la ontología en OWL, asegurando que el modelo resultante sea comprensible, extensible y alineado con los objetivos del sistema. Además, permitirá definir con claridad las reglas de inferencia, las consultas SPARQL y los mecanismos de ayuda inteligente que formarán parte de la solución propuesta.

### **Implementación**

La ontología ontoAC se ha implementado utilizando la herramienta Protégè, siguiendo un enfoque modular y reutilizable. Las relaciones entre las entidades están definidas mediante propiedades objetuales y propiedades de datos, respetando el vocabulario específico del dominio y facilitando el mapeo posterior a la base de datos relacional Oracle.



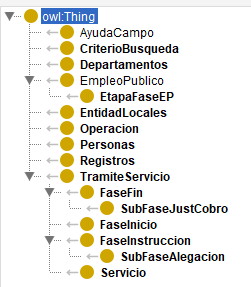
Las clases del modelo son:

* *Personas*: Representa a las personas trabajadoras de la administración pública, con atributos como nombre, apellidos, cargo, despacho o código identificador.
* *Departamentos*: Estructuras administrativas a las que están adscritas personas, trámites y registros. Incluyen información sobre ubicación, normativa de creación, funciones, etc.
* *Registros*: Unidades que gestionan la recepción y salida de documentos en la administración. Pueden estar asociadas a departamentos.
* *EntidadLocales*: Recoge información sobre ayuntamientos, diputaciones, mancomunidades y otras entidades territoriales.
* *TramiteServicio*: Representa los procedimientos y servicios administrativos ofrecidos al ciudadano. Incluye fases como *FaseInicio*, *FaseInstruccion*, *FaseFin*, y sus respectivas subfases, así como *Servicio*.
* *EmpleoPublico*: Contiene información sobre convocatorias y procesos selectivos de empleo público.
* *EtapaFaseEP*: Describe las distintas etapas dentro de un proceso de empleo público, como presentación de solicitudes o pruebas selectivas.
* *AyudaCampo*: Clase transversal que proporciona explicaciones inteligentes asociadas a los campos del sistema, con el objetivo de asistir al usuario.
* *Operacion*: Define las acciones posibles sobre cada módulo, como Consultar, Modificar, Insertar, Eliminar o Exportar.
* *CriterioBusqueda*: Estructura que define los criterios mediante los cuales el usuario puede realizar búsquedas personalizadas sobre los distintos módulos.

Las relaciones clave entre entidades más relevantes son:

* *ayudaCampoRelacionadoCon*  
  Relaciona la entidad AyudaCampo con los campos o módulos del sistema sobre los que proporciona ayuda contextual e inteligente.
* *crbEsUsadoPor*  
  Indica qué módulo (por ejemplo: Personas, Departamentos, etc.) hace uso de un determinado CriterioBusqueda.
* *depTienePersonas*  
  Define la relación entre un Departamento y las Personas que tiene asignadas.
* *epPerteneceADep*  
  Define la relación entre un Departamento y el empleo público.
* *opeAplicaA*  
  Relaciona una Operacion (Consultar, Insertar, Modificar, Eliminar, Exportar) con el módulo del sistema al que puede aplicarse.
* *perPerteneceADep*  
  Establece la adscripción de una persona a un departamento específico, reflejando la relación organizativa.
* *perPerteneceAReg*  
  Relaciona una persona con un Registro administrativo en el que presta servicio o al que está vinculada.
* *regPerteneceADep*  
  Indica qué Departamento es responsable de un determinado Registro.
* *trsPerteneceADep*  
  Asocia un TrámiteServicio con el Departamento que lo gestiona.

La jerarquía de las clases en la ontología se visualiza en la siguiente imagen:



### **Evaluación**

La evaluación de la ontología ontoAC se realiza con el objetivo de comprobar su calidad técnica y asegurar que cumple con los requisitos definidos previamente. Para ello, se han aplicado dos enfoques complementarios: *verificación* y *validación*, siguiendo buenas prácticas en Ingeniería Ontológica.

Verificación

La verificación consiste en comprobar si la ontología ha sido desarrollada de forma correcta desde un punto de vista técnico y formal. Para ello, se ha comprobado la consistencia del modelo y aplicado la herramienta *OOPS!* 1

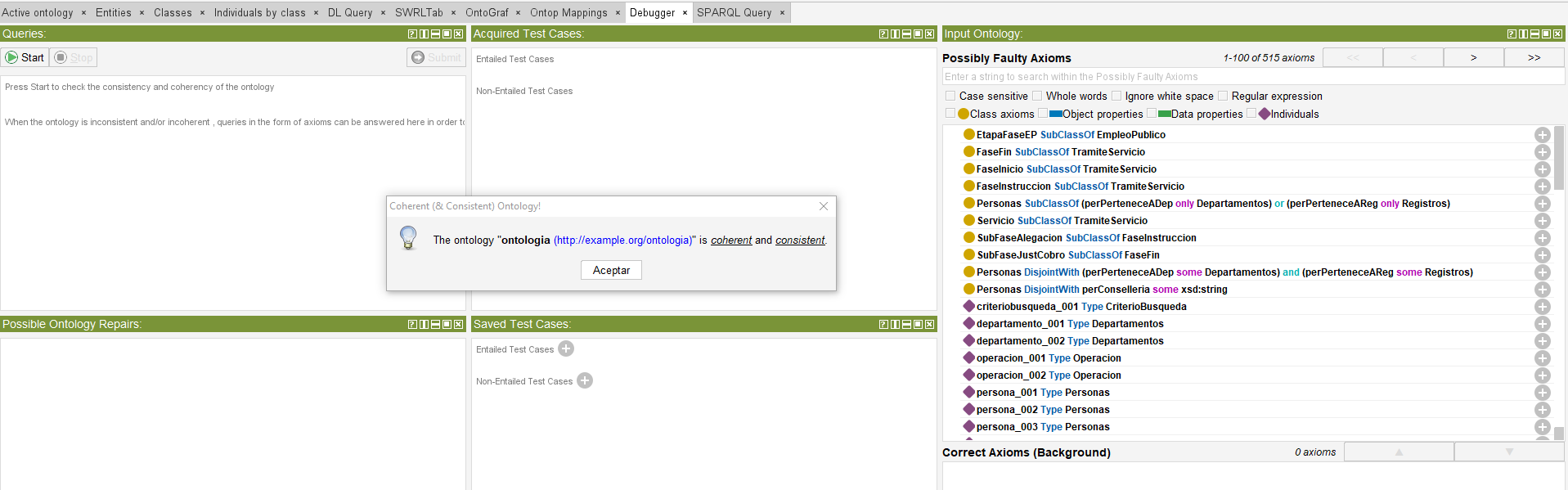
1 <https://oops.linkeddata.es/>

*Comprobación de la consistencia*

Para comprobar la consistencia lógica de la ontología, se ha utilizado el razonador Pellet, disponible por defecto en la herramienta Protégè (versión 5.6.5), donde se desarrolló la ontología.

Pellet es un razonador open source desarrollado en Java que permite verificar ontologías definidas en OWL DL, asegurando que no existen contradicciones lógicas internas y que las definiciones de clases, propiedades y axiomas son coherentes.

La ejecución del razonador Pellet no reportó errores de consistencia ni conflictos entre axiomas, lo que confirma que la ontología es formalmente coherente y puede ser utilizada para inferencias seguras:



*Comprobación estructura de la ontología*

Como parte del proceso de verificación técnica, se ha realizado un análisis estructural de la ontología ontoAC utilizando la herramienta OOPS! (OntOlogy Pitfall Scanner!), una plataforma reconocida para la detección automática de problemas comunes en el desarrollo de ontologías.

El objetivo de esta evaluación es identificar posibles *pitfalls* o errores de modelado que, aunque no siempre afectan directamente a la consistencia lógica, pueden comprometer la calidad, mantenibilidad y reutilización de la ontología.

OOPS! clasifica los resultados detectados en tres categorías según su gravedad:

* Menores (Minor): Recomendaciones de mejora que no constituyen errores, pero pueden optimizar la claridad o reutilización de la ontología.
* Importantes (Important): Aspectos que deben ser revisados, ya que pueden afectar a la comprensión, interoperabilidad o evolución futura del modelo.
* Críticos (Critical): Problemas que pueden comprometer la validez del razonamiento o la aplicabilidad de la ontología en entornos semánticos.

El análisis realizado sobre ontoAC obtuvo los siguientes resultados:

🔴 **P05: Definición incorrecta de relaciones inversas**. Se detectó que depTienePersonas podría no ser inversa de perPerteneceADep. Es importante revisar si esta relación bidireccional está correctamente definida o si conviene modelarla de otra forma.

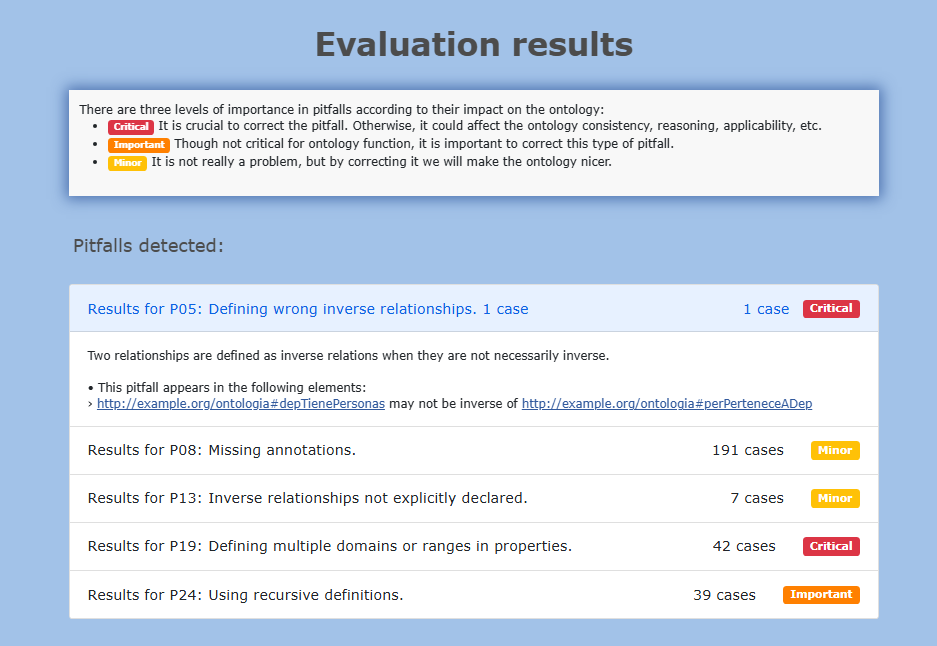
🔴 **P19: Definición múltiple de dominios o rangos en propiedades**. Se hallaron 42 casos en los que una misma propiedad tiene múltiples dominios o rangos definidos, lo cual puede provocar ambigüedad y problemas de inferencia.

🟠 **P24: Uso de definiciones recursivas**. Se detectaron 39 definiciones con recursividad, lo cual puede afectar a la claridad y al razonamiento automático si no está justificado adecuadamente.

🟡 **P08: Faltan anotaciones**. Se identificaron 191 elementos sin anotaciones como etiquetas (rdfs:label) o comentarios (rdfs:comment), lo que dificulta la comprensión y reutilización.

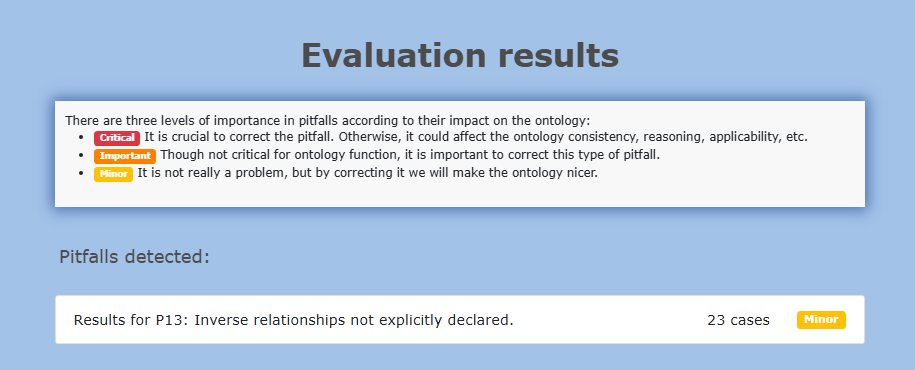
🟡 **P13: Relaciones inversas no declaradas explícitamente**. En 7 casos se utilizan relaciones que podrían beneficiarse de la declaración explícita de su inversa para mejorar la navegabilidad y el razonamiento.

Imagen primera iteración de resultados *OOPS!*



En base a los resultados se revisa la ontología y se vuelve a lanzar el scanner para evaluar:

Imagen segunda iteración de resultados *OOPS!*



Se han corregido los siguientes pitfalls:

* P08 – Ausencia de anotaciones: Se han añadido anotaciones descriptivas en las clases y propiedades principales, mejorando la comprensión del modelo.
* P19 – Múltiples dominios o rangos en propiedades: Se han redefinido las propiedades afectadas, evitando el uso de múltiples dominios o rangos, de acuerdo con las buenas prácticas en OWL.
* P24 – Uso de definiciones recursivas: Se han reorganizado las definiciones afectadas para eliminar ciclos innecesarios o redundantes.
* En cuanto al pitfall P13 (relaciones inversas no declaradas), se ha optado por no realizar modificaciones, ya que:
  + Se trata de un pitfall de tipo menor que no afecta a la consistencia ni a la funcionalidad básica del modelo.
  + La ontología se ha diseñado para permitir inferencias directas, y la ausencia de relaciones inversas no compromete el objetivo planteado.
  + En caso de requerirse en versiones futuras, estas relaciones podrían añadirse de forma controlada según las necesidades de navegación semántica.

Esta evaluación estructural ha permitido verificar que la ontología cumple con los criterios técnicos establecidos, y que no presenta errores críticos que puedan comprometer su uso dentro del sistema desarrollado.

Validación

La validación se centra en comprobar si la ontología desarrollada permite representar adecuadamente el conocimiento del dominio de Atención al Ciudadano, y si responde de manera efectiva a los requisitos prácticos definidos en la fase de especificación de requisitos.

*Comprobación preguntas de competencia*

Como parte del proceso de validación, se ha verificado que la ontología permite responder a las preguntas de competencia planteadas en el documento ORSD (Ontology Requirements Specification Document). Para ello, se han definido y ejecutado consultas SPARQL sobre el modelo ontológico, utilizando el motor Ontop conectado a la base de datos Oracle.

Las consultas han sido diseñadas para reflejar el tipo de información que se espera obtener en escenarios reales de uso del sistema. A continuación, se presenta evidencia de la ejecución de algunas de estas preguntas de forma aleatoria, con el objetivo de demostrar que la ontología cubre adecuadamente los conceptos, propiedades y relaciones necesarias:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| PER\_1 | ¿Nombre y apellidos persona con código 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| PER\_24 | ¿Nombre de personas adscritas al departamento 101? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| DEP\_17 | ¿Rango departamento 101? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| DEP\_5 | ¿Horario departamento 101? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| CRB\_1 | ¿Nombre criterio de búsqueda 1? |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Identificador | | Pregunta de competencia | | Resultado |
| CRB\_4 | ¿Uso comodín para el criterio de búsqueda 1? | |  | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| OPE\_1 | ¿Nombre operación 21? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| OPE\_2 | ¿Descripción operación 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| OPE\_3 | ¿Operaciones existentes? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| REG\_1 | ¿Nombre del registro 202? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_6 | ¿Es un trámite o un servicio trámite código 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_8 | ¿Código del trámite tipo servicio asignado al servicio? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_19 | ¿Plazo del servicio 4? |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Identificador | | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_21 | ¿Normativa de la fase inicio del trámite 1? | |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_32 | ¿Departamento de tramitación de la fase de instrucción del trámite 4? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_41 | ¿Objeto de la subfase de alegación de la fase instrucción 4? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_44 | ¿Descripción de la fase de finalización del trámite 4? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_51 | ¿Enlace de la subfase de justificación y cobro de la fase fin 4? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| TRA\_55 | ¿Normativa de la subfase de justificación y cobro de la fase fin 4? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| EP\_2 | ¿Convocatoria empleo público 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| EP\_21 | ¿Fases del empleo público 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| EP\_22 | ¿Nombre de la fase1 del empleo público 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| EEL\_1 | ¿Tipo entidad local 2? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| EEL\_4 | ¿Dirección entidad local 2? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| AYU\_1 | ¿Campo 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| AYU\_3 | ¿Descripción del campo 1? |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Pregunta de competencia | Resultado |
| AYU\_7 | ¿Validación del campo 1? |  |

## Arquitectura del Sistema basado en Ontología

Este apartado describe la arquitectura técnica implementada para integrar la ontología del dominio “Atención al Ciudadano” con una base de datos relacional, permitiendo la realización de consultas semánticas sobre datos reales. La solución se basa en el uso del motor Ontop para el mapeo semántico y la ejecución de consultas SPARQL, Oracle como sistema gestor de base de datos, y un backend desarrollado en Spring Boot encargado de la gestión de las peticiones, el procesamiento de resultados y la interacción con el frontend del sistema.

Además, la arquitectura incorpora el uso de un modelo de lenguaje (LLM) a través de la API de OpenAI, que permite transformar las preguntas formuladas por el usuario en lenguaje natural en consultas SPARQL válidas. Esta integración extiende la funcionalidad del sistema, haciéndolo más accesible y potente, y forma parte esencial del flujo de interacción entre usuario, conocimiento semántico y datos reales.

### **Componentes principales**

El sistema desarrollado se apoya en varios componentes tecnológicos clave, que permiten integrar la ontología del dominio con una base de datos relacional y ejecutar consultas semánticas a partir de lenguaje natural. A continuación, se describen los principales elementos involucrados en la arquitectura, junto con su función específica y referencia técnica:

Ontop2

Es un motor de consultas SPARQL diseñado para trabajar directamente con bases de datos relacionales como Oracle, sin necesidad de duplicar los datos. En lugar de almacenar la información en un triplestore. Permite que las consultas semánticas (SPARQL) se ejecuten sobre los datos existentes en la base de datos, gracias a un mecanismo de mapeo conocido como OBDA (Ontology-Based Data Access).

Este mapeo se define en un archivo .obda, donde se especifica cómo los conceptos de la ontología (como Persona, Departamento, Trámite, etc.) se corresponden con las tablas y columnas reales de la base de datos Oracle. Este archivo actúa como un puente entre el modelo conceptual representado en la ontología y los datos almacenados en el sistema tradicional.

2 <https://ontop-vkg.org>

Ontop desempeña un papel clave en el sistema, ya que permite que los usuarios realicen consultas en lenguaje SPARQL (más intuitivo y alineado con el modelo ontológico) y que estas se traduzcan automáticamente a sentencias SQL comprensibles por la base de datos Oracle. Este proceso es completamente transparente para el usuario final. Por ejemplo, si un usuario desea obtener un listado de personas de un departamento determinado, puede formular la pregunta en lenguaje natural, que luego es traducida a SPARQL. Ontop se encarga de transformar esa consulta en SQL, ejecutarla en Oracle y devolver los resultados estructurados según la ontología.

De este modo, Ontop permite aprovechar el poder de las consultas semánticas sin alterar la base de datos original ni duplicar la información.

OpenAI API (GPT)3:

La API de OpenAI permite utilizar modelos de lenguaje avanzados, como GPT, que son capaces de entender y generar texto en lenguaje natural. En el contexto de este sistema, se ha configurado con un *prompt* específico que traduce las preguntas formuladas por el usuario en lenguaje natural (por ejemplo, "¿Qué personas pertenecen al departamento de Juventud?") a consultas SPARQL válidas, que siguen la estructura y términos definidos en la ontología del dominio de atención al ciudadano.

Cuando el usuario escribe una consulta o solicitud, esta se envía a la API de OpenAI, que genera automáticamente la consulta SPARQL correspondiente. Esta consulta luego se ejecuta sobre la base de datos Oracle a través de Ontop. Este enfoque permite que cualquier usuario, sin conocimientos técnicos, pueda interactuar con el sistema de forma natural y obtener respuestas personalizadas basadas en los datos reales.

Spring Boot (Java)4:

Spring Boot es un framework de desarrollo en Java que permite crear aplicaciones web de forma rápida, modular y escalable. Está especialmente diseñado para facilitar la creación de servicios backend, es decir, la parte del sistema que gestiona la lógica del servidor y la comunicación entre los distintos componentes.

3 <https://platform.openai.com/docs>

4 <https://spring.io/projects/spring-boot>

Spring Boot actúa como el núcleo del backend. Se encarga de gestionar las solicitudes HTTP que llegan desde el frontend (por ejemplo, cuando un usuario hace una pregunta o pulsa el botón de ayuda), y coordina la interacción con los otros módulos del sistema:

* Se conecta con la API de OpenAI para obtener la consulta SPARQL generada.
* Lanza la consulta a Ontop, que la traduce y ejecuta sobre Oracle.
* Recibe los resultados y los transforma en un formato comprensible (por ejemplo, JSON) para devolverlos al usuario.

Haciendo uso de Spring Boot, todo el flujo se realiza de forma automática, rápida y estructurada.

Oracle Database5

Oracle es un sistema gestor de bases de datos relacional ampliamente utilizado en entornos empresariales y administrativos. Se encarga de almacenar y organizar grandes volúmenes de datos estructurados, garantizando su integridad, disponibilidad y seguridad.

En este proyecto, Oracle es la fuente principal de datos reales. Aquí se encuentran almacenadas las tablas con información relevante del dominio, como personas, departamentos, registros administrativos, trámites, etc.

Aunque las consultas del usuario se formulan en lenguaje SPARQL, estas se traducen automáticamente a SQL (el lenguaje que entiende Oracle) gracias al motor Ontop. De esta forma, se pueden obtener respuestas actualizadas y basadas directamente en los datos reales del sistema, sin necesidad de migrarlos ni duplicarlos.

Ontología OWL (Web Ontology Language)6

Una ontología en OWL (Web Ontology Language) es un modelo conceptual que permite representar de forma estructurada y lógica el conocimiento de un dominio concreto. En este caso, la ontología ha sido diseñada para describir con precisión todos los elementos clave del sistema de atención al ciudadano: personas, departamentos, trámites, servicios, criterios de búsqueda, operaciones posibles, etc.

5 <https://www.oracle.com/database>

6 <https://www.w3.org/OWL/>

La ontología funciona como el vocabulario central del sistema: define qué entidades existen, cómo se relacionan entre sí y qué propiedades tiene cada una. Este modelo guía la interpretación semántica de las consultas SPARQL, asegurando que se entiendan correctamente según el contexto del dominio. Además, garantiza que las respuestas obtenidas sean coherentes y alineadas con la lógica y estructura del sistema administrativo.

Es también una pieza fundamental para facilitar la integración con herramientas de IA y permitir que los usuarios interactúen con el sistema en lenguaje natural, sin necesidad de conocer los detalles técnicos de la base de datos.

### **Modelo de datos en Oracle**

El prototipo desarrollado incorpora un modelo de base de datos relacional diseñado específicamente para representar las entidades definidas en la ontología del dominio. Este modelo se ha construido con un enfoque funcional, abarcando las estructuras mínimas necesarias para cubrir los principales casos de uso del sistema y permitir la validación del enfoque ontológico propuesto.

A continuación, se describen las principales tablas del modelo, agrupadas por su funcionalidad dentro del sistema:

* *Gestión de personas y estructura organizativa*: Incluye tablas como AC\_PERSONAS, AC\_DEPARTAMENTOS y AC\_REGISTROS, que almacenan información básica sobre las personas registradas, los departamentos organizativos y los puntos de registro del sistema. Estas entidades representan la base estructural del dominio, permitiendo identificar quiénes forman parte del sistema, cómo se organiza la administración y desde dónde se prestan los servicios.
* *Trámites y servicios administrativos:* Las tablas AC\_TRAMITES\_SERVICIOS, AC\_SERVICIO, y las distintas fases (AC\_FASE\_INICIO, AC\_FASE\_INSTRUCCION, AC\_FASE\_FIN, etc.) reflejan el ciclo de vida completo de un procedimiento administrativo. Permiten modelar la información relacionada con los trámites disponibles, sus objetivos, destinatarios, requisitos, plazos, fases y subfases específicas como alegaciones o justificación de cobro.
* *Procesos de empleo público:* A través de las tablas AC\_EMPLEO\_PUBLICO y AC\_ETAPA\_FASE\_EP, se representa la estructura de convocatorias, pruebas, etapas y requisitos asociados a procesos de selección de personal. Este módulo permite gestionar información detallada sobre oportunidades de empleo dentro del sistema.
* *Criterios de búsqueda y ayuda contextual:* Las tablas AC\_CRITERIOS\_BUSQUEDA, AC\_CRB\_USADO\_POR y AC\_AYUDA\_CAMPO permiten definir los criterios de búsqueda disponibles en el sistema, sus relaciones con los distintos campos y la información de ayuda asociada. Estas estructuras son clave para habilitar funcionalidades como la ayuda inteligente y las consultas en lenguaje natural.
* *Entidades auxiliares y operaciones:* Tablas como AC\_ENTIDAD\_LOCAL, AC\_OPERACION y AC\_OPE\_APLICA\_A proporcionan soporte a funcionalidades transversales del sistema, como la asociación de operaciones específicas a secciones concretas, o la representación de entidades locales vinculadas a procedimientos.

Cada tabla se ha diseñado para reflejar de manera coherente las entidades y relaciones establecidas en la ontología, facilitando el mapeo semántico mediante el archivo .obda y permitiendo la ejecución de consultas SPARQL sobre datos reales a través del motor Ontop.

El detalle completo de cada tabla, con sus campos y relaciones, se incluye en el Anexo II del presente documento.

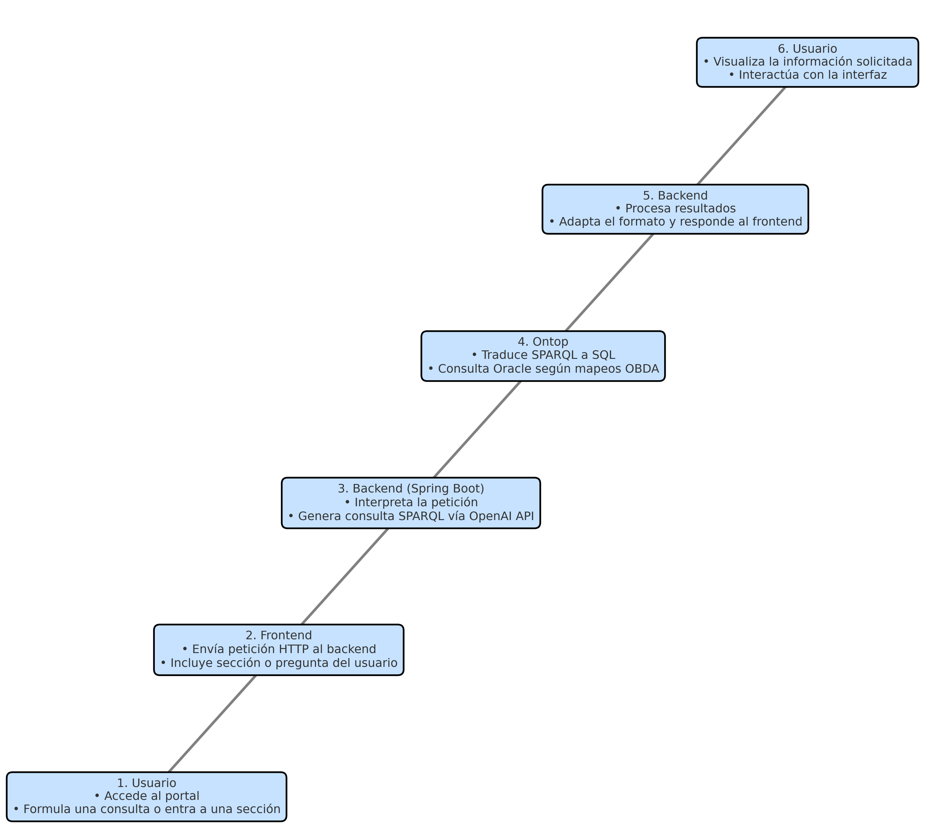
### **Flujo de interacción**

El flujo general de interacción entre los componentes del sistema es el siguiente:

1. El usuario accede a una sección del portal o formula una consulta en lenguaje natural, relacionada con algún elemento del dominio (por ejemplo, trámites, personas o servicios).
2. El frontend envía una petición al backend, indicando la consulta específica introducida por el usuario o la sección en la que se encuentra.
3. El backend genera o recupera una consulta SPARQL correspondiente al contenido solicitado, a través de la transformación de lenguaje natural utilizando la API de OpenAI.
4. Ontop recibe la consulta SPARQL y la traduce a SQL, accediendo a los datos reales almacenados en Oracle, según los mapeos definidos en el archivo. obda.
5. El resultado de la consulta se devuelve al backend, que lo procesa, adapta su formato si es necesario, y lo envía de vuelta al frontend.
6. El usuario visualiza la información solicitada en la interfaz.

La siguiente imagen muestra el flujo completo del sistema:

Flujo de interacción del sistema basado en ontología. Elaboración propia.



### **Comunicación entre módulos**

La arquitectura del sistema se ha diseñado siguiendo un enfoque modular y desacoplado, permitiendo que cada componente interactúe con los demás mediante interfaces bien definidas y protocolos estandarizados. La comunicación entre los distintos módulos se establece de la siguiente manera:

* Spring Boot -> Ontop: La aplicación backend, desarrollada en Spring Boot, se comunica con Ontop mediante peticiones HTTP al endpoint SPARQL expuesto por Ontop. Esta interacción permite ejecutar consultas semánticas generadas a partir del lenguaje natural o predefinidas sobre la ontología y los datos almacenados en Oracle.
* Ontop -> Oracle: Ontop actúa como middleware semántico, estableciendo la conexión con la base de datos Oracle a través de JDBC. Esta conexión está configurada en los archivos de propiedades (.properties) y definida mediante los archivos de mapeo OBDA, que permiten traducir las consultas SPARQL en consultas SQL sobre la base de datos relacional.
* Frontend -> Spring Boot: El módulo frontend se comunica con el backend a través de endpoints REST. Esta interacción permite al usuario acceder a la ayuda inteligente contextual y realizar consultas personalizadas, que son gestionadas por los servicios del backend y delegadas a Ontop cuando es necesario.

Este diseño modular asegura la escalabilidad, reutilización y facilidad de mantenimiento del sistema, permitiendo la evolución futura de cada componente de forma independiente.

### **Lógica de diseño**

El diseño arquitectónico adoptado en este sistema responde a la necesidad de construir una solución flexible, escalable y centrada en el conocimiento, que permita mejorar la experiencia de los usuarios sin comprometer la integridad ni la eficiencia del sistema original. En particular, esta arquitectura presenta las siguientes ventajas clave:

* Reutilización de los datos existentes: Gracias al uso de mapeos OBDA (Ontology-Based Data Access) mediante Ontop, se evita la duplicación de datos. La información se consulta directamente desde la base de datos relacional (Oracle), manteniendo su integridad y reduciendo costes de mantenimiento.
* Enriquecimiento semántico: La incorporación de una capa semántica basada en ontologías permite estructurar el conocimiento del dominio, aplicar reglas de inferencia y mejorar la comprensión de los conceptos implicados. Esto proporciona una base sólida para implementar funcionalidades inteligentes.
* Interacción inteligente con el usuario: La arquitectura habilita la implementación de una ayuda contextual, consultas personalizadas en lenguaje natural y exportación de resultados, generando una experiencia más intuitiva, accesible y eficiente para el usuario final.
* Facilidad de mantenimiento y evolución: Al estar basada en módulos desacoplados, la arquitectura permite modificar o ampliar la ontología, así como adaptar el modelo de datos subyacente, sin necesidad de rediseñar el sistema completo. Esta característica asegura la sostenibilidad a largo plazo del desarrollo.

### **Fundamentos del uso exclusivo de Ontop como motor SPARQL**

Durante las fases iniciales del desarrollo del sistema, se valoró la posibilidad de adoptar un enfoque híbrido que integrase dos motores SPARQL diferenciados:

* Ontop, para acceder a datos reales almacenados en la base de datos relacional Oracle mediante mapeos OBDA.
* Apache Jena Fuseki, para realizar consultas semánticas sobre una ontología cargada como grafo RDF, aprovechando su razonador interno.

Evaluación del enfoque híbrido

Aunque esta arquitectura dual parecía idónea desde un punto de vista conceptual, su implementación práctica reveló diversas dificultades que comprometían la simplicidad, el mantenimiento y la coherencia del sistema:

* Complejidad de mantenimiento: La gestión de dos endpoints SPARQL, junto con la necesidad de mantener dos ontologías (una conectada a datos reales y otra almacenada como RDF), implicaba una carga técnica considerable.
* Problemas de integración: Se requería implementar una lógica capaz de discernir, para cada consulta en lenguaje natural, si debía dirigirse a Ontop o a Fuseki, algo que no siempre es trivial ni fiable.
* Riesgo de inconsistencia: Al disponer de datos en dos fuentes distintas, aumentaba la probabilidad de presentar información duplicada, desactualizada o incoherente para el usuario final.
* Complejidad innecesaria para el usuario: Desde el punto de vista del usuario, no resulta relevante si la información procede de una base de datos relacional o de un grafo RDF. Lo fundamental es que los resultados sean correctos, comprensibles y accesibles mediante lenguaje natural.

Decisión tomada: simplificación mediante Ontop

Considerando estos factores, y siguiendo el principio de simplicidad arquitectónica y mantenibilidad a largo plazo, se optó por un diseño unificado en el que:

* Todas las consultas SPARQL, incluidas las generadas automáticamente a partir de lenguaje natural, se ejecutan exclusivamente a través de Ontop, que actúa como capa de virtualización semántica sobre la base de datos Oracle.
* La ontología utilizada en Ontop no solo modela la estructura de los datos, sino que también incorpora anotaciones semánticas como rdfs:label, rdfs:comment y otros metadatos que pueden ser mapeados directamente desde Oracle si es necesario.

### **Elección de OpenAI para la generación de consultas SPARQL**

Uno de los objetivos principales del sistema desarrollado es permitir que los usuarios puedan realizar consultas personalizadas en lenguaje natural, sin necesidad de conocer la sintaxis SPARQL ni la estructura interna de la ontología. Esto implica que, desde el frontend, el usuario debe poder formular una pregunta libre en texto natural, y que el sistema sea capaz de interpretarla, traducirla a una consulta SPARQL válida y ejecutarla sobre los datos reales almacenados en Oracle, a través del mapeo semántico de Ontop.

Con este objetivo, se han analizado varias estrategias posibles para la generación de consultas SPARQL automáticas:

* Consultas SPARQL predefinidas: altamente precisas y eficientes, pero poco flexibles, ya que solo permiten responder a un conjunto limitado de preguntas. No permiten entrada libre por parte del usuario.
* Plantillas SPARQL parametrizadas: permiten cierto grado de flexibilidad, pero requieren que el usuario utilice formularios estructurados en lugar de lenguaje natural.
* Constructores de consultas (Query Builder): ofrecen una interfaz gráfica amigable, pero no permiten preguntas abiertas, sino únicamente combinaciones predefinidas de filtros.
* Modelos NLP entrenados específicamente (como gAnswer, Sparqling o BERT-to-SPARQL): permiten traducir lenguaje natural a SPARQL, pero requieren configuración y entrenamiento adaptado a la ontología del dominio. Son opciones viables, aunque su implementación es más compleja y escapa al alcance inmediato del proyecto.
* Modelos de lenguaje generativos (como OpenAI): permiten generar consultas SPARQL a partir de preguntas formuladas en lenguaje natural libre, siempre que se les proporcione un contexto adecuado sobre la ontología utilizada. No requieren entrenamiento específico y permiten una integración directa mediante API.

De todas las opciones analizadas, solo aquellas basadas en modelos de lenguaje natural permiten satisfacer completamente el requisito funcional del sistema. En particular, OpenAI ofrece una solución inmediata, viable y funcional, permitiendo traducir preguntas formuladas por los usuarios en lenguaje natural a consultas SPARQL válidas, ejecutables directamente sobre el endpoint expuesto por Ontop.

Por tanto, se ha optado por integrar OpenAI en la arquitectura del sistema como componente generador de SPARQL. Este enfoque aporta flexibilidad y usabilidad al sistema sin comprometer la capacidad de ejecución sobre los datos reales. Como mejora futura, se contempla la posibilidad de sustituir o complementar este componente con modelos entrenados específicamente sobre la ontología del dominio, en caso de que se desee mayor independencia tecnológica o mayor control semántico sobre las consultas generadas.

# Parte 3

# **Desarrollo de la Ayuda Inteligente**

En este apartado se describe el proceso completo de desarrollo del sistema de ayuda inteligente integrado en el portal de atención al ciudadano. El objetivo principal ha sido transformar la ayuda estática tradicional en un componente dinámico, contextual e interactivo, capaz de proporcionar respuestas útiles basadas en los datos reales del sistema.

Para ello, se ha seguido una metodología estructurada que abarca desde el análisis del dominio y el diseño de la ontología, hasta la integración técnica del botón de ayuda en la interfaz de usuario. Este componente modular permite al ciudadano obtener, en tiempo real, información precisa y personalizada a partir de preguntas formuladas en lenguaje natural.

El sistema se apoya en una ontología del dominio que estructura el conocimiento disponible, y utiliza consultas SPARQL ejecutadas sobre Ontop para acceder a los datos almacenados en una base de datos Oracle. Gracias a este enfoque, es posible ofrecer una ayuda inteligente y contextualizada, adaptada a cada sección del sistema.

Finalmente, se presenta una evaluación de la solución implementada, que incluye pruebas funcionales y métricas de rendimiento. Estos resultados permiten valorar la efectividad, precisión y utilidad de la ayuda inteligente en comparación con el sistema anterior.

## **Metodología**

El desarrollo del sistema de ayuda inteligente se ha llevado a cabo mediante una metodología modular y basada en el conocimiento, apoyada en los principios de la Web Semántica y la reutilización de información estructurada. El objetivo ha sido sustituir la ayuda estática tradicional por un componente dinámico, capaz de ofrecer información contextualizada y vinculada a los elementos reales del sistema.

El proceso ha seguido un enfoque iterativo, estructurado en las siguientes fases:

1. *Análisis de la ayuda estática existente*: Se han identificado las limitaciones del modelo actual, basado en páginas HTML, que se visualizan al pulsar sobre botones estáticos y repetitivos en la aplicación, lo cual dificulta su mantenimiento, impide la contextualización dinámica y puede generar confusión en el usuario. El impacto de estas deficiencias en la experiencia del usuario y en la eficiencia del sistema se ha analizado en detalle en el apartado *1.1 Motivación*, donde se justifica la necesidad de transformar la ayuda estática en un sistema inteligente y contextualizado.
2. *Modelado del conocimiento en una ontología*: Se ha definido una ontología del dominio “Atención al Ciudadano”, que representa las entidades, secciones, campos, criterios de búsqueda y operaciones más relevantes del sistema.

Esta ontología actúa como núcleo semántico que permite vincular cada elemento funcional con su correspondiente definición, requisitos o ejemplos de uso. Cabe señalar que la ontología utilizada corresponde a un prototipo acotado, diseñado específicamente para los fines de este trabajo.

La implementación completa del sistema requeriría un modelo de mayor envergadura, lo cual excede el alcance definido para este TFM.

Todo el proceso de modelado se ha detallado en el apartado *2.1 Creación de la Ontología del Dominio “Atención al Ciudadano” (ontoAC)*.

1. *Diseño del sistema de consultas SPARQL*: A partir del modelo ontológico, se ha desarrollado un sistema capaz de generar consultas SPARQL adaptadas al dominio de atención al ciudadano. Para ello, se han definido consultas preconfiguradas para escenarios recurrentes, y adicionalmente se ha integrado la API de OpenAI, que permite transformar preguntas formuladas en lenguaje natural en consultas SPARQL válidas. Este diseño se ha explicado con detalle en el apartado *2.2 Arquitectura del Sistema basado en Ontología*.

Esta funcionalidad ha permitido incorporar flexibilidad al sistema, facilitando la recuperación de información incluso cuando el usuario no conoce la estructura exacta de los datos o los términos definidos en la ontología.

Se ha creado un prompt predefinido para guiar al modelo de lenguaje en la generación de consultas SPARQL válidas a partir de preguntas en lenguaje natural. Este prompt incluye ejemplos representativos y restricciones sintácticas adaptadas al dominio modelado en la ontología. Ver apartado *3.2.4 Metodología de diseño del prompt para la generación de consultas SPARQL*.

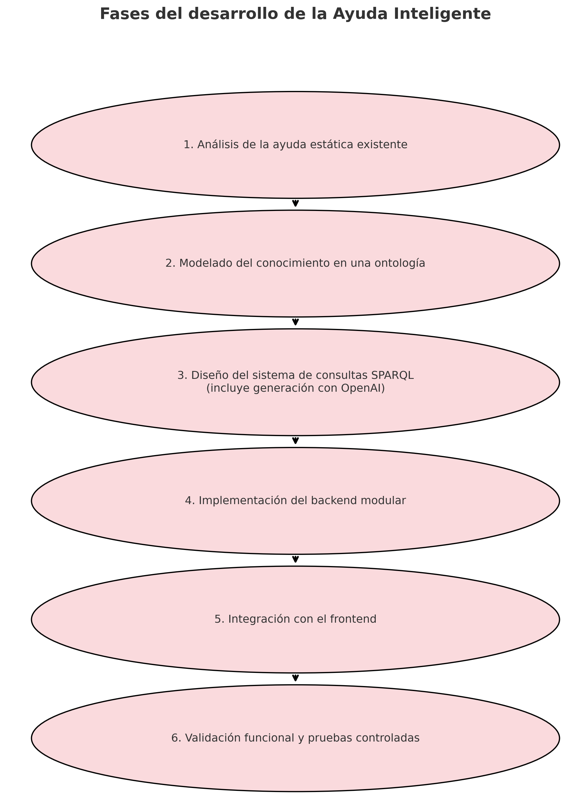
1. *Implementación del backend modular*: Se ha desarrollado un servicio en Spring Boot que actúa como intermediario entre la interfaz de usuario, el motor de consultas Ontop y la base de datos Oracle.

Este servicio recibe las preguntas formuladas en lenguaje natural desde el frontend, invoca la API de OpenAI para generar la consulta SPARQL correspondiente y la ejecuta sobre Ontop. Los resultados obtenidos son procesados y devueltos al frontend en formato estructurado para su presentación al usuario. Ver apartado *3.2.2 Arquitectura del backend en Spring Boot*.

1. *Integración con el frontend*: Se ha diseñado un botón de ayuda contextual, que permite solicitar la ayuda en tiempo real sin necesidad de recargar la página ni abandonar el proceso que está realizando el usuario. Ver apartado *3.2.2 Implementación del frontend y visualización de resultados*.
2. *Validación funcional y pruebas controladas*: Finalmente, se han realizado pruebas en un entorno de desarrollo para verificar el correcto funcionamiento del sistema, asegurando que la información proporcionada por la ayuda inteligente corresponde con exactitud al contexto en el que se solicita. Ver apartado *3.3 Evaluación y validación*.

La imagen siguiente muestra de forma esquemática las fases que han compuesto el proceso metodológico aplicado en el desarrollo de la ayuda inteligente:

Imagen 3.1. Elaboración propia

****

## **Implementación del Botón de Ayuda Inteligente**

El botón de ayuda modular tiene como objetivo proporcionar al usuario información útil y precisa relacionada con el dominio de atención al ciudadano, a partir de consultas realizadas en lenguaje natural. Este componente sustituye la ayuda estática tradicional por un sistema dinámico, interactivo y conectado a datos reales, mejorando la experiencia del usuario sin necesidad de abandonar el proceso en curso.

Se ha desarrollado como un módulo reutilizable, capaz de integrarse en cualquier parte del sistema sin necesidad de replicar código. Esto permite su despliegue en múltiples pantallas o formularios, manteniendo una lógica centralizada que gestiona el acceso al conocimiento semántico disponible en la ontología del dominio.

El usuario interactúa con el sistema a través del botón de ayuda, que abre un componente modal en la interfaz. Desde ahí, puede introducir preguntas en lenguaje natural relacionadas con cualquier aspecto del sistema, como trámites, personas, servicios o estructuras administrativas.

Estas consultas son enviadas desde el frontend al backend mediante una petición HTTP al endpoint /api/ayuda/. El backend, desarrollado en Spring Boot, recibe el texto de la pregunta y lo envía a la API de OpenAI junto con un prompt predefinido, el cual permite generar una consulta SPARQL válida a partir del lenguaje natural introducido.

La consulta resultante se ejecuta sobre el motor Ontop, que actúa como puente entre la ontología y la base de datos Oracle. Ontop traduce automáticamente la SPARQL a SQL, accede a los datos reales y devuelve los resultados al backend, que los estructura y los envía al frontend para su presentación.

La información obtenida se muestra al usuario en el componente modal de ayuda de forma clara, ordenada y relacionada con la pregunta formulada. De este modo, el sistema permite ofrecer una ayuda contextualizada, pero guiada directamente por el propio usuario a través del lenguaje natural, sin necesidad de navegar por menús ni ayudas externas.

La implementación del código del botón de ayuda inteligente se detalla en el Anexo III, donde también se incluye el código fuente correspondiente. A continuación, en los siguientes apartados, se desglosan de forma explícita las distintas fases abordadas durante su desarrollo.

### **Arquitectura del backend en Spring Boot**

La arquitectura adoptada sigue una estructura modular y escalable, dividiendo claramente las responsabilidades de cada componente:

*Main.java*  
Clase principal anotada con @SpringBootApplication. Se encarga de iniciar la aplicación con SpringApplication.run() y sirve como punto de entrada del sistema.

*AyudaController.java*  
Define los endpoints REST del sistema. Gestiona todas las peticiones del usuario relacionadas con consultas en lenguaje natural (/api/ayuda/consulta). Esta clase centraliza el control del flujo de comunicación entre el frontend y los servicios de ayuda inteligente, sin necesidad de crear controladores separados por módulo funcional.

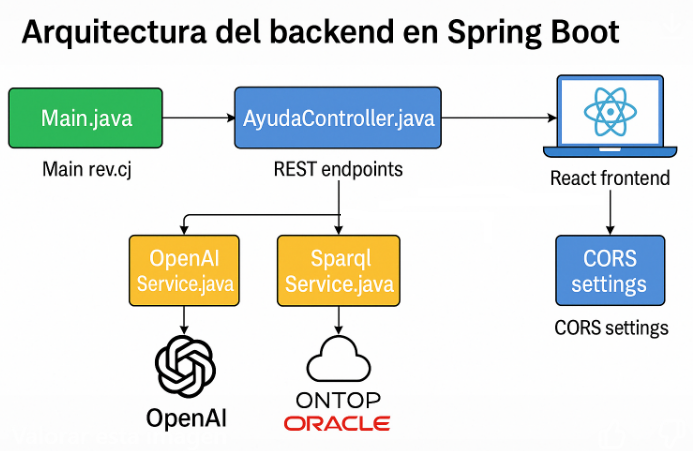
*OpenAiService.java*  
Gestiona la interacción con la API de OpenAI. Construye el prompt, lanza la petición HTTP mediante OkHttp y devuelve la consulta SPARQL generada. Además, realiza una limpieza y validación de la consulta antes de su ejecución.

*SparqlService.java*  
Ejecuta las consultas SPARQL generadas por OpenAI contra el motor Ontop, que accede directamente a los datos de la base de datos Oracle. Procesa la respuesta JSON y la convierte a una estructura de listas y diccionarios legibles por el frontend.

*CorsConfig.java*

Configura los permisos CORS para permitir la comunicación entre el backend en localhost:8081 y el frontend desarrollado en React (normalmente en localhost:5173), especificando métodos, cabeceras y orígenes permitidos.

Imagen 3.2. Arquitectura del backend implementada en Spring Boot para el sistema de ayuda inteligente. Elaboración propia.



#### **3.2.2.1 Comunicación con Ontop y Oracle**

Una vez generada la consulta SPARQL a partir de la pregunta del usuario, esta se ejecuta sobre Ontop, un motor de mapeo semántico que actúa como middleware entre la ontología del dominio (expresada en OWL) y la base de datos relacional Oracle. Ontop permite mantener separadas la lógica semántica y la estructura física de los datos, facilitando una integración flexible y reutilizable.

Para establecer esta comunicación, se utiliza un archivo de mapeo .obda, que contiene la correspondencia entre las clases y propiedades ontológicas y las tablas y columnas de la base de datos. Por ejemplo, el concepto ontológico :Persona se vincula con la tabla AC\_PERSONAS, mapeando sus atributos como :perNombre, :perIdentificacion, :perUnidad, etc., mediante sentencias SQL definidas explícitamente.

Ontop traduce automáticamente la consulta SPARQL generada en el sistema a una instrucción SQL equivalente, la ejecuta directamente sobre la base de datos Oracle y devuelve los resultados en formato RDF. El backend, posteriormente, procesa estos resultados para:

* Eliminar información irrelevante o duplicada.
* Reestructurar los datos en un formato más adecuado para el frontend.
* Devolver una respuesta final en formato JSON, lista para ser mostrada en la interfaz o exportada a Excel.

El archivo completo de mapeo .obda se incluye en el Anexo IV como referencia técnica para comprender cómo se ha realizado la vinculación entre los conceptos definidos en la ontología y las estructuras reales de la base de datos Oracle.

El motor Ontop se ha desplegado en un contenedor Docker que se conecta directamente con la base de datos Oracle, permitiendo la ejecución transparente de consultas SPARQL traducidas automáticamente a SQL.

Además, en este anexo se documenta el proceso de instalación y configuración de Ontop en el contenedor Docker, facilitando su reutilización e integración en otros entornos.

#### **3.2.2.2 Metodología de diseño del prompt para la generación de consultas SPARQL**

El desarrollo de la funcionalidad que permite transformar preguntas en lenguaje natural en consultas SPARQL ejecutables se ha basado en una metodología específica de diseño de prompts. Esta estrategia tiene como objetivo guiar al modelo de lenguaje de OpenAI para que genere consultas SPARQL correctas, sintácticamente válidas y semánticamente adaptadas al vocabulario de la ontología del sistema. El uso de esta metodología asegura que las respuestas generadas puedan ejecutarse directamente en Ontop, accediendo a los datos reales almacenados en la base de datos Oracle.

A continuación se describen las fases seguidas:

*Definición del propósito del prompt*

El objetivo principal del prompt es convertir preguntas formuladas en lenguaje natural en consultas SPARQL que puedan ser ejecutadas de forma directa sobre el motor Ontop. Esto permite obtener información estructurada del sistema a partir del conocimiento modelado en la ontología y accesible mediante los mapeos OBDA previamente definidos.

*Identificación del dominio y vocabulario autorizado*

Para evitar errores de vocabulario y garantizar que las consultas SPARQL hagan referencia exclusivamente a propiedades y clases existentes, se ha creado una lista con el conjunto de términos permitidos. Esta lista se ha extraído directamente del vocabulario presente en la ontología y en los mapeos OBDA, incluyendo propiedades como :perNombre, :perCodigo, :ayuNombre, :ayuEjemplo, :trsDescripcion, :trsTipo, entre otras.

*Creación de ejemplos representativos*

Se ha aplicado una estrategia de aprendizaje por analogía (few-shot learning), incluyendo varios ejemplos reales de consultas SPARQL correctas. Estos ejemplos abarcan diferentes tipos de entidades y contextos frecuentes, como personas, trámites o ayuda sobre campos. Cada ejemplo muestra una pregunta en lenguaje natural y su correspondiente transformación a SPARQL. Esto ayuda al modelo a aprender patrones válidos de generación.

*Redacción de instrucciones claras y restrictivas*

El prompt incluye instrucciones precisas para que el modelo:

* Devuelva únicamente la consulta SPARQL.
* Evite explicaciones adicionales.
* Utilice solo el vocabulario autorizado.
* Aplique correctamente los tipos de datos (xsd:string, xsd:date, etc.).
* Evite inventar propiedades o clases no presentes en la ontología.

Estas restricciones minimizan los errores y aumentan la consistencia de las respuestas.

*Validación de las respuestas generadas*

Se ha llevado a cabo una fase de validación manual, verificando que las consultas generadas por OpenAI sean:

* Ejecutables en Ontop sin errores de sintaxis.
* Correctamente formadas desde el punto de vista semántico.
* Coherentes con la pregunta original del usuario.

Esta validación se ha realizado utilizando preguntas reales que un usuario podría formular durante su interacción con el sistema.

*Iteración y mejora progresiva del prompt*

A partir de los resultados obtenidos en la fase de validación, se ha iterado el diseño del prompt, ajustando las instrucciones, refinando los ejemplos y corrigiendo errores detectados. Esta mejora continua ha permitido optimizar la calidad de las consultas generadas, asegurando que el sistema sea funcional y fiable.

Esta metodología ha sido fundamental para integrar con éxito el componente de lenguaje natural en el botón de ayuda inteligente. La referencia al *prompt* utilizado se incluye en el Anexo IV y está disponible en el repositorio de GitHub.

### **Implementación del frontend y visualización de resultados**

La información obtenida desde el backend se muestra al usuario dentro de un modal interactivo de ayuda, que forma parte del componente de frontend implementado en *React*. Este modal puede abrirse mediante un botón flotante y ofrece una interfaz sencilla e intuitiva para que el usuario formule preguntas en lenguaje natural.

Una vez realizada la consulta, el sistema analiza el contenido y muestra la respuesta de forma clara y estructurada, adaptándose al tipo de información devuelta. Este diseño busca ofrecer una experiencia de ayuda contextualizada, proactiva y guiada por el propio usuario, sin necesidad de navegar por menús complejos ni consultar documentación adicional.

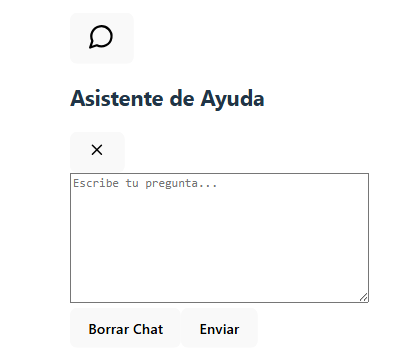
El usuario interactúa con el sistema a través de un botón de ayuda situado en la interfaz:

Imagen 3.3. Botón ayuda en la interfaz. Elaboración propia.



Al pulsarlo, se abre un componente *modal*, desde el cual puede introducir preguntas en lenguaje natural relacionadas con el ámbito “Atención al Ciudadano”:

Imagen.3.4. Interfaz tras pulsar sobre el botón ayuda modal. Elaboración propia.



La petición se envía desde el frontend al backend mediante una solicitud HTTP al endpoint */api/ayuda/consulta*.

El diseño modular del botón permite su reutilización en distintas secciones sin necesidad de modificar su comportamiento interno.

La implementación completa del botón de ayuda inteligente, el código fuente en React, así como su explicación detallada, se incluye en el Anexo IV del presente documento.

### **Instalación en distintos entornos**

El sistema ha sido diseñado con un enfoque modular y desacoplado para facilitar su despliegue en distintos entornos (desarrollo, pruebas, producción). A continuación se describen los aspectos clave que garantizan su portabilidad y facilidad de instalación:

* Backend en Spring Boot: La aplicación puede ejecutarse como un archivo JAR independiente. Todas las configuraciones específicas (URLs, credenciales, rutas de la ontología, endpoint SPARQL, etc.) se definen en el archivo application.properties o, alternativamente, mediante variables de entorno.
* Ontop y conexión con Oracle: El motor Ontop se ejecuta dentro de un contenedor Docker independiente, conectado a la base de datos Oracle a través de una red compartida. Los archivos de configuración (.obda, .ttl, y .properties) se montan en el contenedor durante su inicio.
* Configuración del endpoint SPARQL: La URL del endpoint expuesto por Ontop se configura en el backend como propiedad externa:
* Requisitos del sistema
  + Java 8
  + Docker instalado y configurado
  + Acceso a una instancia de Oracle con usuario autorizado para lectura
  + Sistema operativo compatible (Windows, Linux o macOS)
* Pasos de instalación
  + Adaptar los archivos .obda y .ttl a la estructura y datos del entorno Oracle.
  + Iniciar el contenedor de Ontop con los archivos montados.
  + Configurar el archivo *application.properties* del backend con las rutas y parámetros correspondientes.
  + Ejecutar el backend de ayuda inteligente.
  + Integrar el componente del botón de ayuda en el frontend en los puntos deseados de la aplicación.

Gracias a esta arquitectura desacoplada y parametrizable, el sistema puede instalarse fácilmente en distintos entornos sin necesidad de modificar el código fuente, garantizando su portabilidad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento.

## **Evaluación y validación**

El objetivo de la evaluación es verificar que el botón de ayuda inteligente responde de forma útil, precisa y contextual a las preguntas del usuario, desde las más simples hasta las más complejas, basándose en la ontología y los datos reales de Oracle a través de SPARQL.

### **Metodología de evaluación**

Con el fin de comprobar la eficacia del botón de ayuda inteligente implementado, se han definido varios casos de prueba organizados en diferentes iteraciones. Cada iteración incluye un conjunto de preguntas clasificadas en función de su complejidad: básicas, intermedias y avanzadas.

La evaluación ha sido realizada por la propia autora del sistema, con conocimiento profundo tanto del dominio como del funcionamiento interno de la solución desarrollada. Esto permite identificar de forma precisa la calidad de las respuestas ofrecidas y la cobertura funcional del sistema.

Durante las pruebas, las respuestas generadas por el sistema se analizan según los siguientes criterios:

* Relevancia: Se evalúa si la respuesta obtenida guarda relación directa con la pregunta planteada.
* Exactitud: Se comprueba si la información proporcionada es correcta, completa y coherente con los datos del sistema.
* Tiempo de respuesta: Se registra el tiempo que tarda el sistema en devolver una respuesta, considerando la experiencia del usuario.
* Reformulación: Se anota si la pregunta inicial no ha sido comprendida correctamente por el sistema, y ha sido necesario reformularla para obtener una respuesta adecuada.
* Nivel dificultad: Se clasifica cada pregunta como básica, intermedia o avanzada, en función de su complejidad.
* Sección evaluada: Se especifica el módulo funcional o ámbito temático al que corresponde la consulta (ej. Personas, Trámites, Empleo Público…).
* Observaciones: Se recogen notas adicionales sobre el comportamiento del sistema o incidencias detectadas.

Este enfoque metodológico, aunque limitado a una evaluación individual, permite detectar tanto los puntos fuertes como las posibles limitaciones del sistema, sirviendo como base para realizar ajustes y mejoras en iteraciones sucesivas.

### **Resultados de la evaluación por iteraciones**

A lo largo del proceso de validación, se han realizado diversas iteraciones de prueba para evaluar el comportamiento del sistema en distintos escenarios. En cada iteración se han planteado preguntas de diferente nivel de complejidad, desde cuestiones básicas sobre campos individuales hasta consultas más avanzadas que implican múltiples entidades o condiciones.

Los resultados se han registrado en tablas que reflejan, para cada pregunta, la respuesta obtenida, su relevancia, la exactitud de la información proporcionada, el tiempo de respuesta, y si fue necesario reformular la consulta. Este enfoque progresivo permite observar la evolución del sistema y detectar patrones de funcionamiento que orientan futuras mejoras.

Dado el volumen de información evaluada, los resultados completos se han incluido en el *Anexo VI Evaluación del Botón de Ayuda Inteligente*, donde se detallan todos los casos de uso analizados. A continuación, se ofrece un resumen general con las principales conclusiones extraídas de dichas iteraciones:

**Pendiente**

|  |  |
| --- | --- |
| Métrica | Resultado |
| Total de preguntas evaluadas |  |
| Porcentaje de respuestas relevantes |  |
| Porcentaje de respuestas correctas |  |
| Tiempo medio de respuesta |  |
| Reformulaciones necesarias |  |

### **Análisis de resultados**

**Pendiente**

# Parte 4

# Desarrollo de la Detección automática de errores

**Pendiente**

# Parte 5

# **Desarrollo de Consultas personalizadas**

El objetivo de esta funcionalidad es permitir al usuario realizar consultas personalizadas sobre los datos del sistema, accediendo a información estructurada y actualizada directamente desde la base de datos relacional. A diferencia de la ayuda inteligente, centrada en ofrecer explicaciones contextuales, esta funcionalidad está orientada a la generación de listados completos que pueden ser exportados en formato Excel para su posterior análisis o utilización en tareas administrativas.

La funcionalidad de consultas personalizadas constituye una extensión natural del sistema de ayuda inteligente descrito en la Parte 3. Ambas comparten una arquitectura técnica común, basada en el uso de una ontología del dominio, el motor SPARQL Ontop conectado a una base de datos relacional Oracle, y un backend desarrollado en Spring Boot que orquesta las peticiones generadas desde el frontend.

En esta sección se documenta la implementación específica de este módulo, incluyendo los casos de uso más representativos, el proceso de generación y ejecución de las consultas SPARQL, y el sistema de exportación de resultados integrado en la interfaz del usuario.

## **Adaptación técnica específica para la generación de listados**

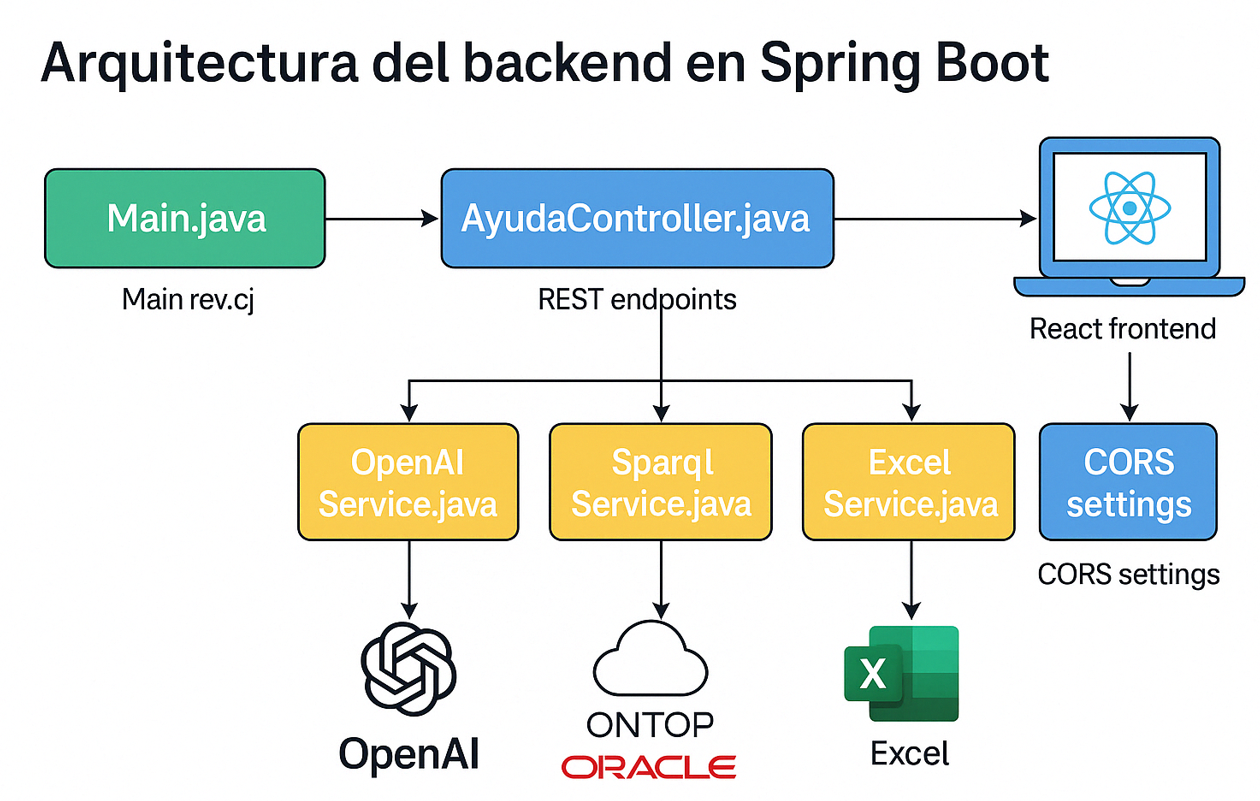
El sistema reutiliza los componentes tecnológicos ya descritos en la Parte 3 del presente trabajo: la ontología definida en OWL, el motor de mapeo Ontop conectado a Oracle, el backend desarrollado en Spring Boot y la generación de consultas SPARQL a partir de lenguaje natural mediante la API de OpenAI

Para permitir la exportación de resultados en formato Excel, se ha añadido un nuevo servicio denominado *ExcelService.java*, que procesa los datos devueltos por Ontop y los transforma en un archivo descargable. Este componente se activa cuando la respuesta generada por el asistente contiene un listado de elementos estructurados, como personas, trámites o empleo público, que pueden ser útiles para su análisis externo o impresión.

A nivel técnico, la exportación se gestiona mediante la librería *Apache POI*, que permite la creación dinámica de hojas de cálculo en formato .xlsx. Este servicio se encuentra desacoplado del resto de componentes para favorecer su reutilización en otros módulos.

La arquitectura resultante se muestra a continuación, incorporando este nuevo servicio a la estructura modular del backend:

Imagen 5.1. Arquitectura del backend implementada en Spring Boot para el sistema de ayuda inteligente, incluyendo exportación de datos en Excel. Elaboración propia.



En el Anexo V se incluye el código fuente completo de este servicio, así como su integración técnica dentro del sistema. También se referencia el repositorio de GitHub donde puede consultarse y descargarse.

## **Evaluación y validación**

El objetivo de esta evaluación es comprobar si el sistema es capaz de interpretar correctamente las peticiones de consultas formuladas por el usuario en lenguaje natural, generar automáticamente las consultas SPARQL correspondientes, y devolver los resultados basados en los datos reales almacenados en la base de datos Oracle, con la posibilidad de exportarlos en formato Excel.

### **Metodología de evaluación**

Se han diseñado distintas consultas simuladas, clasificado según su nivel de dificultad (básica, intermedia y avanzada) y se han analizado en función de los siguientes criterios:

* Relevancia: Se evalúa si los datos obtenidos responden de manera útil y pertinente a la consulta.
* Exactitud: Se comprueba que los resultados coincidan con los datos reales existentes en la base de datos.
* Tiempo de respuesta: Se mide el tiempo que tarda el sistema en procesar la consulta y mostrar los resultados.
* Formato del resultado: Se observa si los datos se presentan de forma comprensible y permiten su exportación (a Excel).
* Reformulación: Se anota si la pregunta inicial fue mal interpretada y tuvo que reformularse para obtener una respuesta adecuada.
* Nivel dificultad: Se clasifica cada consulta como básica, intermedia o avanzada, en función de su complejidad.
* Sección evaluada: Se indica el módulo funcional (Personas, Trámites, Empleo Público, etc.) al que corresponde la consulta.
* Observaciones: Se recogen notas adicionales sobre el comportamiento del sistema.

Este enfoque metodológico permite identificar el grado de comprensión semántica del sistema, así como su capacidad para generar resultados útiles y directamente aplicables en el contexto de atención al ciudadano.

### **Resultados de la evaluación por consultas**

Durante el proceso de validación de la funcionalidad de consultas personalizadas en lenguaje natural, se han llevado a cabo distintas iteraciones de prueba basadas en consultas de uso representativos. Cada consulta simula una necesidad dentro del contexto del sistema de atención al ciudadano, y pone a prueba la capacidad del sistema para interpretar correctamente la solicitud, generar una consulta SPARQL adecuada y devolver resultados útiles, exactos y exportables.

Las consultas han sido creadas y ejecutadas por la autora del sistema, clasificándolos según su nivel de complejidad (básico, intermedio y avanzado). Se ha evaluado el comportamiento del sistema atendiendo a la fidelidad de la interpretación semántica, la calidad de los resultados obtenidos, el tiempo de respuesta, la presentación de los datos y la necesidad de reformulación en aquellos casos donde el sistema no comprendía correctamente la petición original.

Dado el nivel de detalle y volumen de información evaluada, los resultados completos se incluyen en el *Anexo VII: Evaluación de las Consultas Personalizadas*, donde se documenta cada consulta generada, la valoración obtenida y observaciones relevantes.

A continuación, se presenta un resumen general con las principales conclusiones extraídas de las iteraciones realizadas:

**Pendiente**

|  |  |
| --- | --- |
| Métrica | Resultado |
| Total de consultas evaluadas |  |
| Porcentaje de respuestas relevantes |  |
| Porcentaje de respuestas correctas |  |
| Tiempo medio de respuesta |  |
| Reformulaciones necesarias |  |
| Porcentaje de resultados correctamente exportados |  |

### **Análisis de resultados**

**Pendiente**

# Parte 6

# Conclusiones

**Pendiente**

## Líneas de trabajo futuro

**Pendiente**

# ANEXOS

## Anexo I. Ontología “Atención al Ciudadano” (ontoAC)

Ontología

**Pendiente**

## Anexo II. Modelo base de datos AC

Modelo de datos Oracle

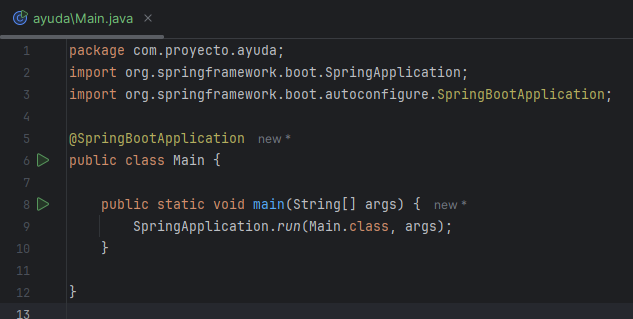
**Pendiente**

## Anexo III. Doc. Backend y frontend “Botón Ayuda Inteligente”

Este anexo recoge el análisis detallado del backend y frontend desarrollados para la implementación del sistema de ayuda inteligente en el proyecto. A continuación, se describen los principales componentes que forman parte de la arquitectura.

**Documentación del Backend (Spring Boot)**

**A.1 Main.java (Clase principal de arranque de Spring Boot)**



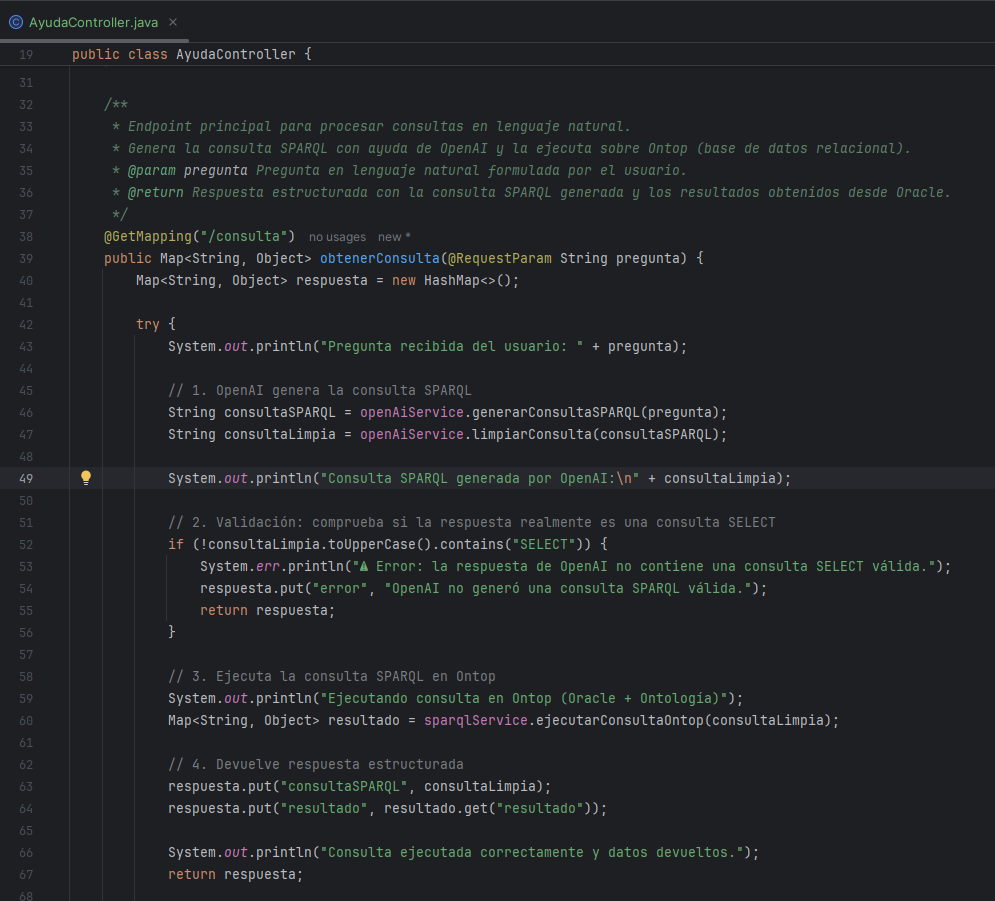
El archivo Main.java contine la clase Main, que constituye el punto de entrada principal de la aplicación. La anotación @SpringBootApplication habilita la configuración automática de Spring, el escaneo de componentes (@ComponentScan) y la carga del contexto de aplicación.

Este archivo ejecuta el método main, el cual lanza la aplicación Spring Boot con un servidor embebido (por defecto, Tomcat). Desde aquí se inicializan todos los controladores REST, servicios y configuraciones necesarias para el funcionamiento del sistema.

En este caso, no se incluye lógica de inicialización personalizada en el main, ya que la carga de los recursos necesarios (ontología, mapeos OBDA y configuración SPARQL) se realiza de forma automática al iniciar Ontop y al invocar los servicios REST.

Este diseño minimalista facilita la reutilización del backend en otros entornos y mejora su mantenibilidad.

**A.2 AyudaController.java (Controlador de ayuda en lenguaje natural)**

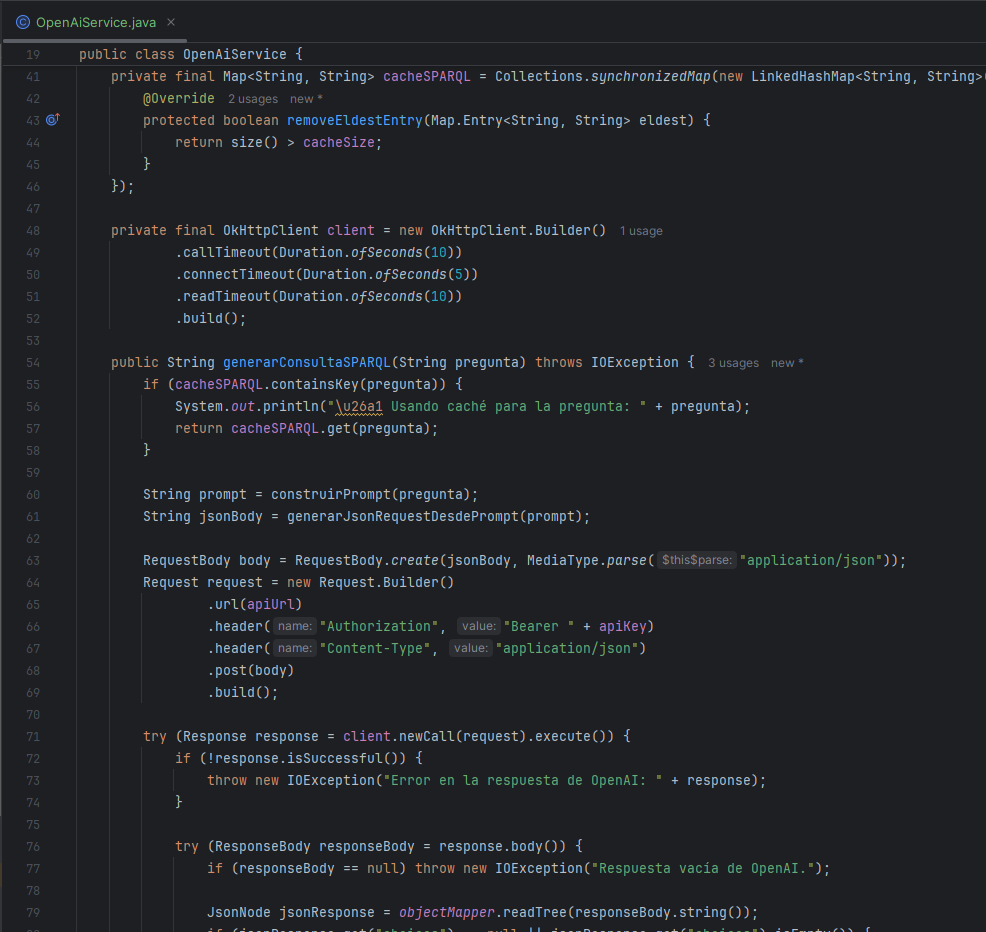


AyudaController expone el endpoint REST encargado de recibir las preguntas formuladas por los usuarios en lenguaje natural y procesarlas mediante técnicas de procesamiento del lenguaje y Web Semántica.

El método obtenerConsulta invoca a OpenAI para generar una consulta SPARQL, que posteriormente se ejecuta sobre Ontop. Los resultados se devuelven en formato estructurado JSON para su visualización en el frontend.

La clase está anotada con @RestController, lo cual indica que se trata de un componente de Spring encargado de gestionar solicitudes HTTP y devolver directamente respuestas JSON. Esta anotación es una combinación de @Controller y @ResponseBody, y permite construir APIs RESTful de manera sencilla.

**A.3 OpenAiService.java (Servicio de integración con OpenAI)**



Esta clase es un servicio de Spring (@Service) que se encarga de comunicarse con la API de OpenAI. Su función principal es generar consultas SPARQL válidas a partir de preguntas formuladas en lenguaje natural por el usuario.

La clase utiliza inyección de propiedades externas mediante @Value, lo que permite parametrizar aspectos como:

* *apiKey*: Clave de acceso a la API de OpenAI.
* *apiUrl*: URL del endpoint de OpenAI.
* *modelo*: Modelo a utilizar (por ejemplo: gpt-3.5-turbo).
* *Temperatura*: Controla la aleatoriedad de las respuestas.
* *maxTokens*: Número máximo de tokens por respuesta.
* *cacheSize*: Tamaño máximo del mapa de caché para preguntas/respuestas ya procesadas.

El método *generarConsultaSPARQL(String pregunta)* es el núcleo del servicio. Utiliza OkHttpClient para hacer la llamada HTTP con Authorization: Bearer y un POST JSON. Realiza los siguientes pasos:

* Consulta la caché local para evitar repetir llamadas si ya se ha procesado esa pregunta.
* Construye un prompt usando la pregunta del usuario.
* Genera un cuerpo JSON con ese prompt y lo envía a OpenAI.
* Procesa la respuesta devolviendo únicamente la consulta SPARQL limpia y validada.
* Almacena la respuesta en caché si es válida.

El método *limpiarConsulta(String consulta)* aplica una limpieza de seguridad y formato sobre la consulta generada:

* Elimina palabras sobrantes como sparql.
* Reemplaza comillas especiales por comillas estándar.
* Añade comillas a tokens mal cerrados o ambiguos.
* Aplica reglas personalizadas para mejorar la sintaxis de la SPARQL antes de ejecutarla.

*cacheSPARQL*

Caché LRU (Least Recently Used) implementada como *LinkedHashMap*. Evita llamadas redundantes y mejora el rendimiento. Si se alcanza el tamaño máximo (cacheSize), se eliminan las entradas más antiguas.

*cargarPromptDatos*()

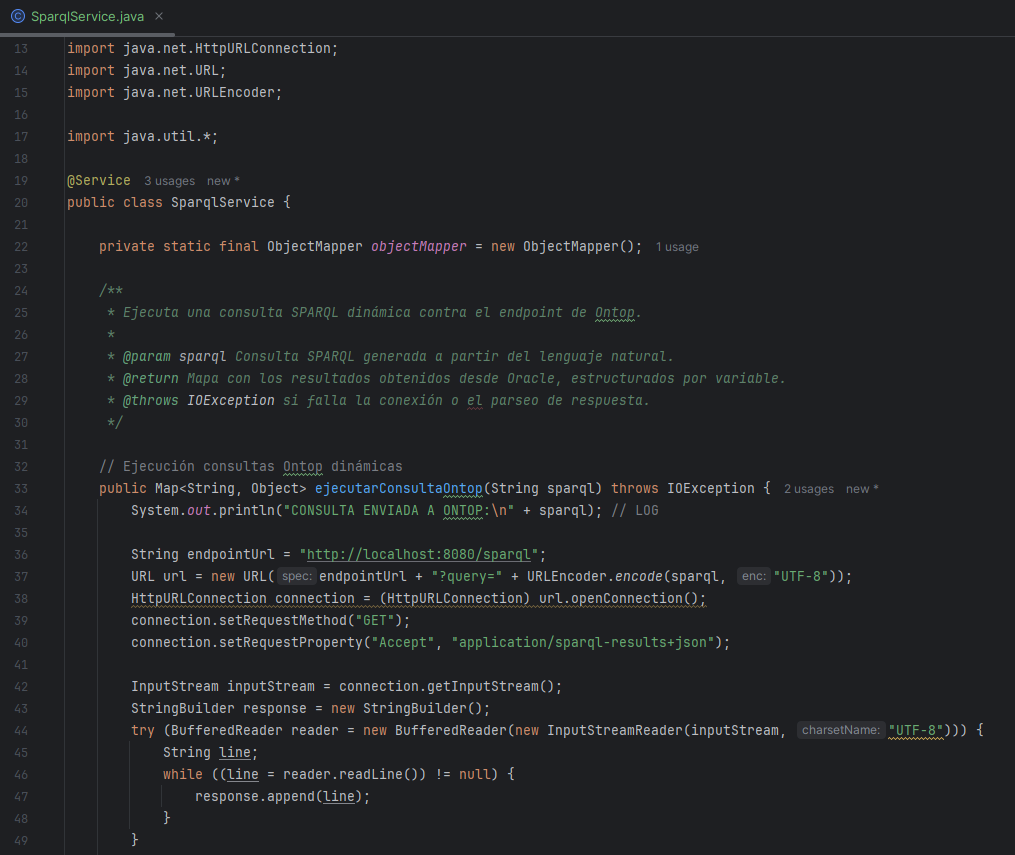
Lee desde el archivo *contexto-general.txt* (en resources/prompts/) el contenido base del prompt.

*construirPrompt()*

Añade la pregunta del usuario a ese contexto para construir el mensaje final que se enviará a OpenAI.

En definitiva, *OpenAiService* representa el puente semántico entre el lenguaje natural y el lenguaje formal SPARQL. Su diseño modular, flexible y extensible permite adaptarla a distintos dominios si se cambia el contenido del prompt y la ontología correspondiente.

**A.4 SparqlService.java (Servicio de ejecución de consultas SPARQL)**



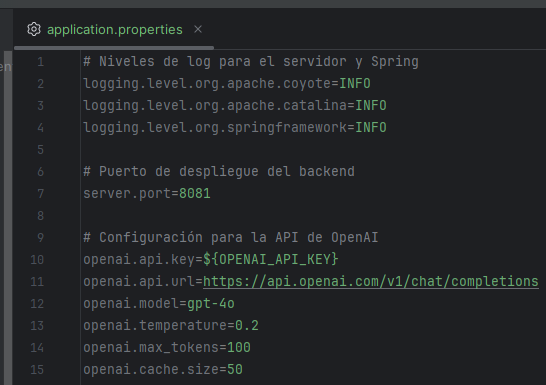
Este servicio es el encargado de ejecutar consultas SPARQL contra el motor Ontop, que actúa como intermediario entre la ontología y la base de datos Oracle. Ha sido diseñado para ofrecer flexibilidad y permitir la consulta dinámica del sistema mediante preguntas en lenguaje natural.

Las dependencias utilizadas son: ObjectMapper de Jackson para parseo de JSON, HttpURLConnection para establecer conexión con el endpoint SPARQL de Ontop, y estructuras estándar de Java (Map, List, etc.).

El método ejecutarConsultaOntop ejecuta una consulta SPARQL generada dinámicamente (por OpenAI) y devuelve los resultados desde Ontop en formato estructurado. El parámetro *sparql*, consulta en lenguaje SPARQL, ya validada y limpia. La salida un Map con clave "resultado" y una lista de filas, donde cada fila es un Map<String, String> con las variables devueltas por la consulta.

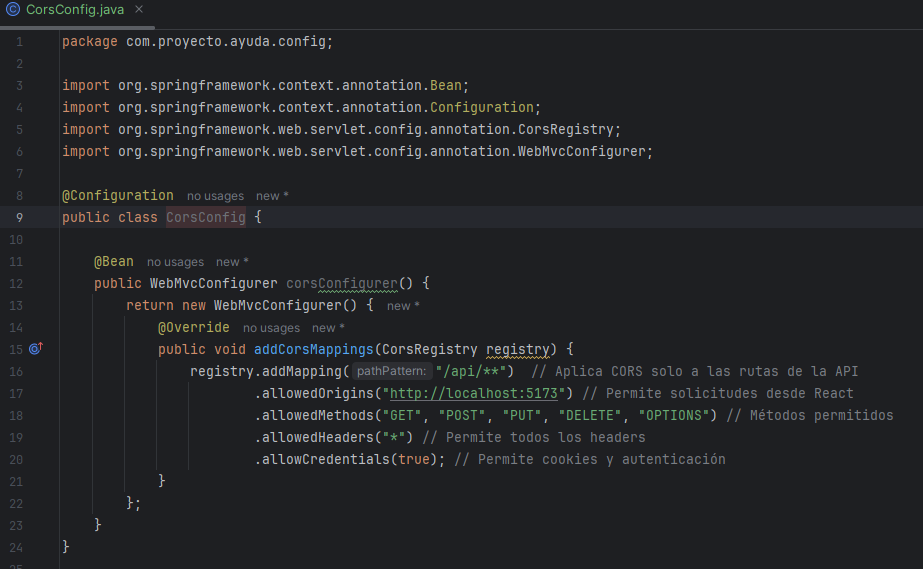
El proceso se traduce en codificar la consulta en URL (GET), a continuación lanza la petición HTTP al endpoint de Ontop (<http://localhost:8080/sparql>). Recoge y parsea la petición en JSON y extrae los valores de cada variable y los devuelve como lista de resultados.

**A.5 application.properties (Archivo de configuración)**



Define la configuración básica del backend Spring Boot, incluyendo los niveles de log, el puerto del servidor, y las variables necesarias para la integración con la API de OpenAI. Este archivo permite una gestión flexible y desacoplada de la configuración, evitando tener que modificar el código fuente directamente.

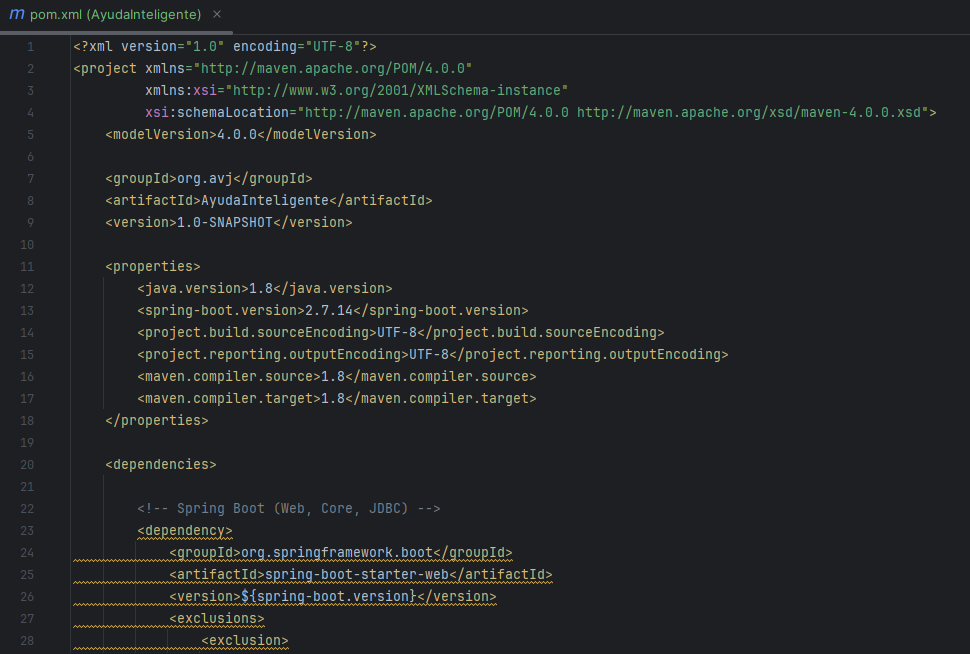
**A.6 CorsConfig.java**



Es una configuración personalizada de CORS (Cross-Origin Resource Sharing), necesaria para permitir que el frontend desarrollado en React (localhost:5173) pueda comunicarse correctamente con el backend en Spring Boot (localhost:8081).

Sin esta clase, el navegador bloquearía por defecto las peticiones entre orígenes distintos (por política de seguridad del mismo dominio).

**A.7 Archivo pom.xml del proyecto**

****

Define las dependencias, configuración de compilación y plugins del proyecto backend basado en Spring Boot. A continuación se detalla su contenido:

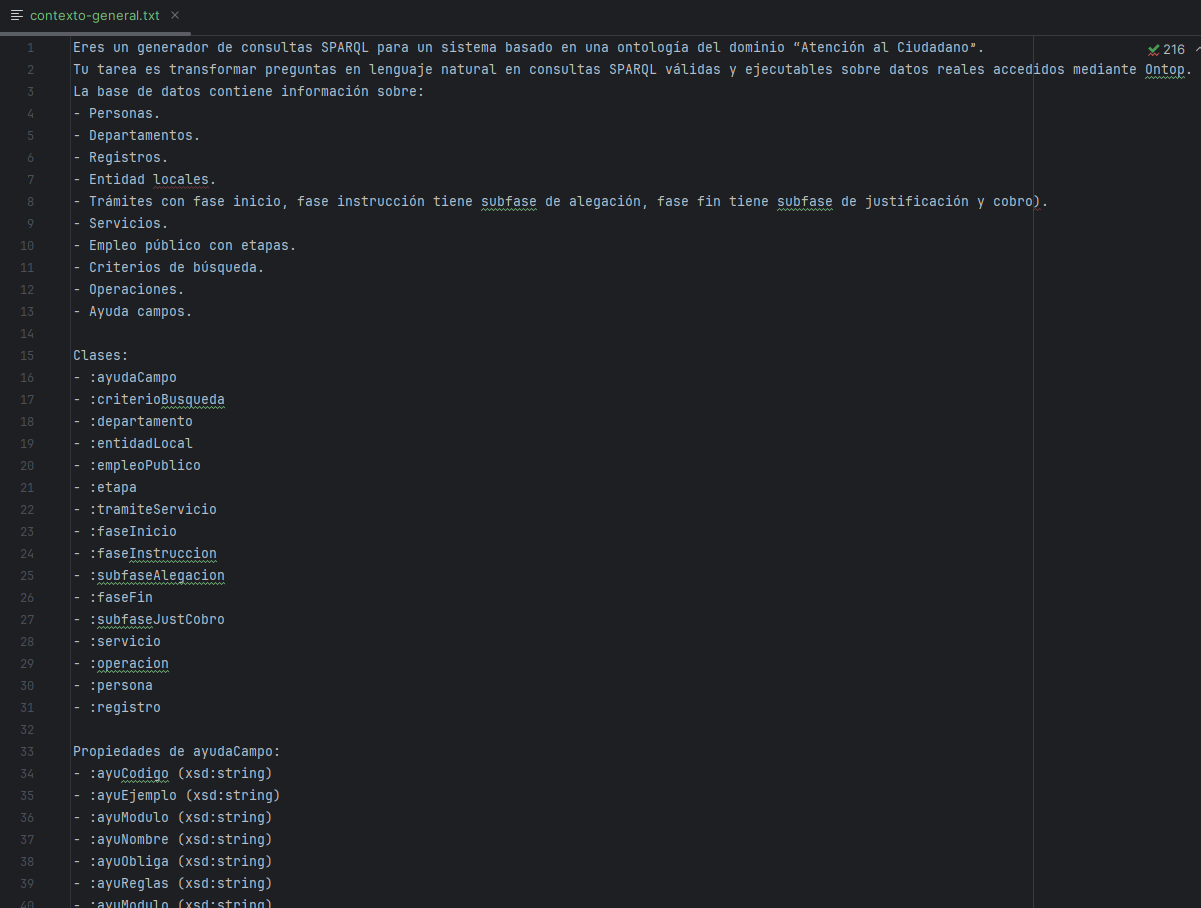
Estructura general

* GroupId: org.avj
* ArtifactId: AyudaInteligente
* Versión: 1.0-SNAPSHOT
* Java: Versión 8 (para garantizar compatibilidad con entornos legacy si se requiere).

Dependencias incluidas

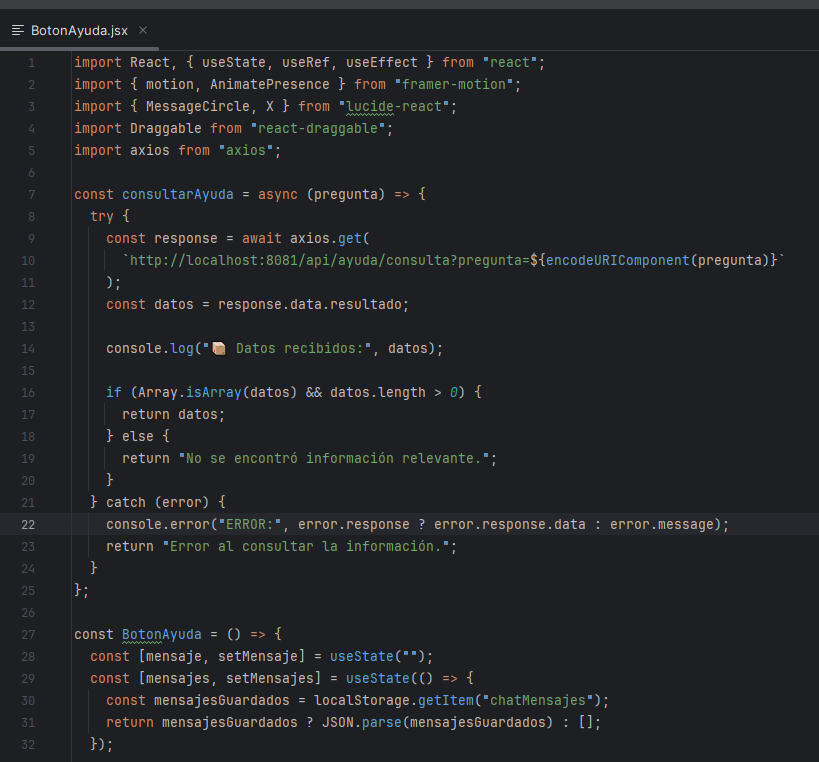
* Spring Boot 2.7.14  
  Compatible con Java 8, se utiliza para lanzar la aplicación (starter, starter-web, starter-jdbc, starter-test).
* Apache POI 5.2.3  
  Utilizado para la generación de archivos Excel en el módulo de exportación. Compatible con el motor de ayuda inteligente.
* Oracle JDBC (ojdbc8)  
  Permite conectar el sistema a la base de datos Oracle mediante el driver oficial. Necesaria para que Ontop acceda a los datos relacionales.
* OkHttp 4.11.0  
  Cliente HTTP eficiente y moderno que se utiliza para interactuar con la API de OpenAI (modelo gpt-4o), central en la generación dinámica de consultas SPARQL.
* Jackson 2.13.4  
  Librería estándar para serialización y deserialización de objetos JSON, necesaria tanto para procesar la respuesta de OpenAI como los resultados SPARQL.
* Spring Boot Test  
  Permite incluir pruebas unitarias y de integración.

**A.8 Archivo *prompt* contexto\_general.txt**



**Documentación del Frontend**

**A.9 BotonAyuda.jsx**



Ha sido desarrollado en React con la librería framer-motion para animaciones, axios para realizar llamadas HTTP y react-draggable para permitir el movimiento libre del modal en la pantalla. Su objetivo es proporcionar al usuario una interfaz interactiva desde la cual consultar dudas o generar listados personalizados a partir de lenguaje natural.

*mensaje*: almacena el texto introducido por el usuario.

*mensajes*: guarda el historial de conversación, persistido localmente en localStorage.

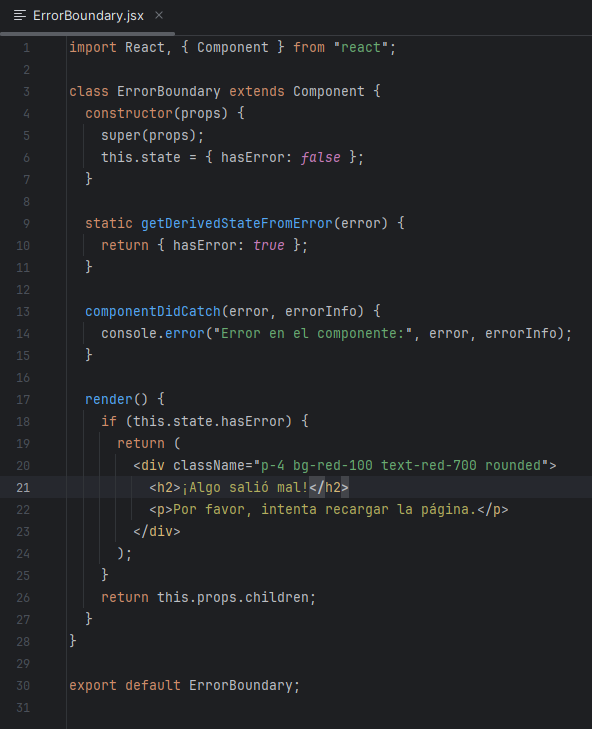
*mostrarChat*: controla la visibilidad del modal.

*mostrarBotonDescarga*: se activa si la respuesta es un conjunto tabular exportable.

*ultimaPregunta*: necesaria para volver a usar la pregunta en la exportación a Excel.

*textAreaRef y dragRef*: referencias para ajustar dinámicamente el área de texto y permitir el movimiento del modal.

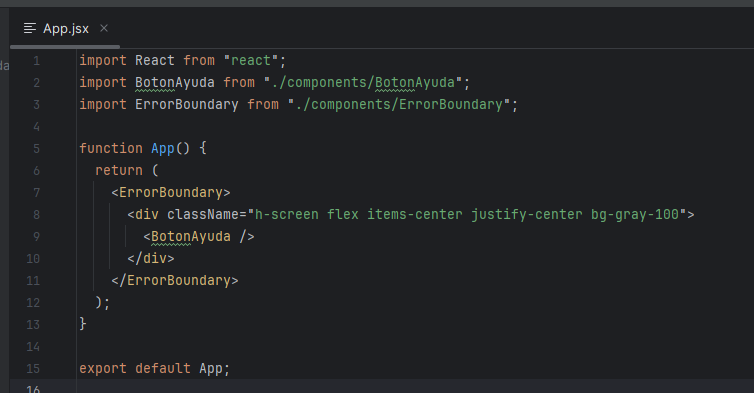
**A.10 ErrorBoundary.jsx**



Para asegurar una experiencia robusta en la interfaz de usuario, se ha implementado un componente *ErrorBoundary*, una técnica estándar en React para capturar errores en tiempo de ejecución en los componentes hijos.

Este componente actúa como una “capa de seguridad” alrededor del botón de ayuda u otros módulos, mostrando un mensaje amable en caso de que se produzca un fallo inesperado, en lugar de romper la aplicación completa. Su uso mejora la resiliencia y el control del flujo de errores desde el punto de vista visual.

**A.11 App.jsx**



Este archivo es el punto de entrada principal del frontend en React. Su función es renderizar la aplicación en pantalla.

**Referencia al repositorio de GitHub**

El código completo del backend y frontend, así como el prompt, los archivos de configuración y el archivo .properties, se encuentran disponibles en el repositorio público de GitHub del proyecto:  
<https://github.com/amvajua?tab=repositories>

## Anexo IV. Archivo .odba y Ontop

Este anexo documenta el archivo de mapeo OBDA (.obda) utilizado para vincular los conceptos definidos en la ontología OWL del sistema con las estructuras reales de la base de datos Oracle mediante Ontop. Así como, la instalación de Ontop en el Docker.

**Documentación archivo .odba**

El archivo .obda (Ontology-Based Data Access) especifica cómo se traducen las consultas SPARQL realizadas sobre la ontología a instrucciones SQL ejecutables sobre una base de datos relacional. En este caso, la tecnología utilizada ha sido Ontop, una herramienta que permite realizar este mapeo de manera declarativa y eficiente.

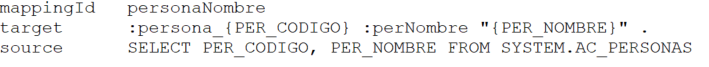
El mapeo incluye tres componentes clave:

* PrefixDeclaration: Define los prefijos utilizados (ej. xsd, :).
* MappingDeclaration: Contiene las reglas de transformación de SPARQL a SQL.
* target/source: Especifican la estructura RDF generada (target) y la consulta SQL (source) desd

El archivo contiene múltiples bloques mappingId, cada uno de los cuales:

* Representa una correspondencia entre una tabla o vista de Oracle y una clase o propiedad de la ontología.
* Permite que cada instancia en la base de datos quede representada como una instancia RDF accesible vía SPARQL.

Por ejemplo:

**

Este bloque permite que una persona registrada en Oracle se represente con su nombre semánticamente a través de la propiedad :perNombre en la ontología.

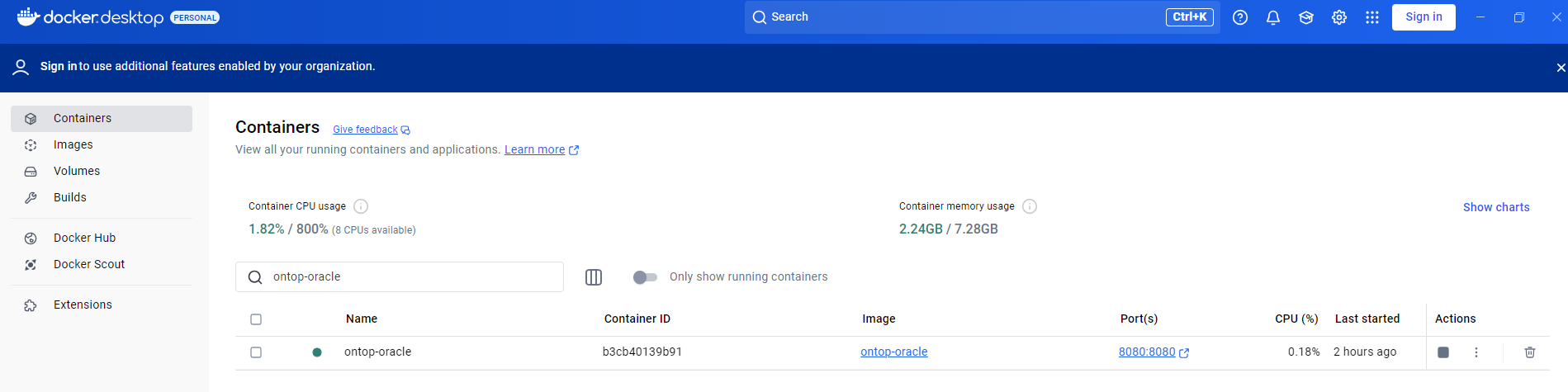
El archivo completo .obda incluye mapeos para las siguientes entidades:

* Personas
* Departamentos
* Registros
* Entidades Locales
* Empleo Público
* Trámites y Servicios.
* Fases y subfases de trámites
* Etapas y fases de empleo público
* Servicios
* Operaciones
* Campos de Ayuda y Criterios de Búsqueda

Cada uno de estos elementos está vinculado semánticamente para garantizar que las consultas SPARQL devuelvan datos consistentes, estructurados y semánticamente ricos.

**Instalación de Ontop con Docker**

Ontop se instala y ejecuta dentro de un contenedor Docker, asegurando portabilidad y facilidad de configuración. El sistema se conecta al contenedor de Oracle dentro de la misma red de Docker.



**Referencia al repositorio de GitHub**

El archivo completo de mapeo .obda, así como los recursos relacionados con la ontología, están disponibles en el repositorio público de GitHub del proyecto:

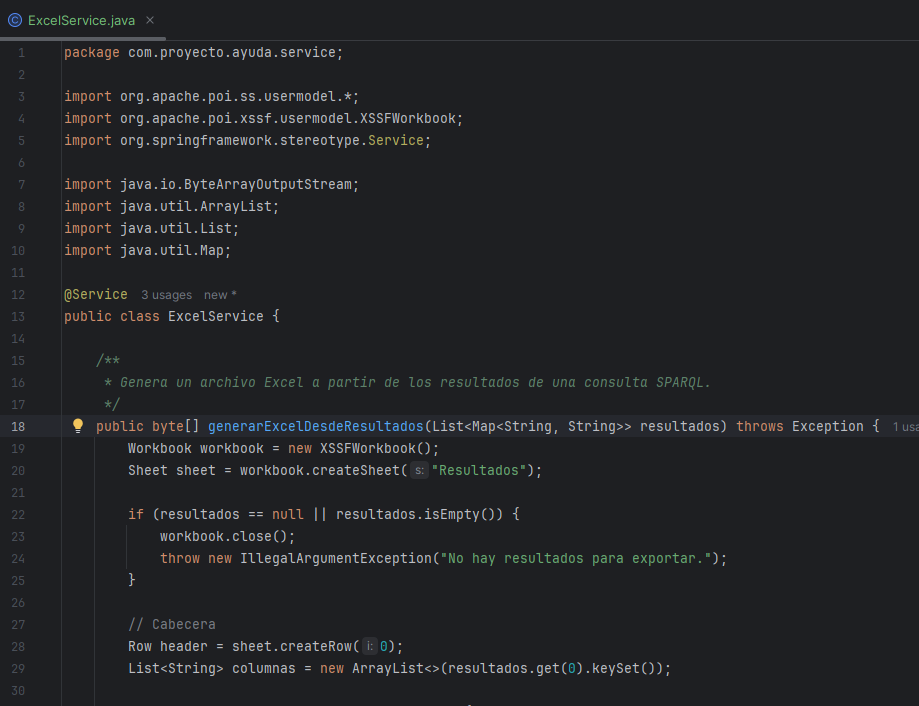
<https://github.com/amvajua?tab=repositories>

## Anexo V. Doc. Backend y frontend “Consultas personalizadas”

Este anexo describe la implementación del servicio de exportación de resultados en formato Excel (.xlsx) dentro del sistema de ayuda inteligente. Esta funcionalidad permite al usuario descargar listados estructurados generados por consultas SPARQL, facilitando su análisis externo o almacenamiento.

**Documentación del Backend (Spring Boot)**

**A.12 ExcelService.java**

****

Tiene como objetivo de facilitar al usuario la descarga de resultados generados por el sistema en formato estructurado, se ha implementado un nuevo componente dentro del backend. Este módulo permite exportar automáticamente la información obtenida mediante consultas SPARQL a un archivo Excel (.xlsx).

El servicio *ExcelService* cumple las siguientes funciones:

* Recibe desde el controlador (AyudaController.java) los datos resultantes de la consulta SPARQL.
* Identifica si el resultado es un listado estructurado que puede representarse en formato tabular.
* Genera dinámicamente un archivo Excel utilizando la librería *Apache POI.*
* Devuelve el archivo al frontend como una respuesta binaria (application/vnd.ms-excel) lista para descarga.

Este servicio se activa únicamente cuando la respuesta contiene una estructura de tipo array de objetos JSON, lo que garantiza que se exporta únicamente información relevante y organizada.

La exportación se realiza a través del endpoint */api/ayuda/exportar*, accesible desde el frontend.

El código principal del servicio está dividido en los siguientes métodos:

* *generarExcelDesdeResultados()*: construye el documento Excel a partir de una lista de objetos JSON.
* *exportarExcel()*: expone el endpoint para descarga desde el frontend.
* Métodos auxiliares para validación, formateo de celdas y creación de cabeceras.

Este diseño modular permite extender fácilmente la lógica para aplicar estilos, formatos condicionales o incluir metadatos en los informes exportados.

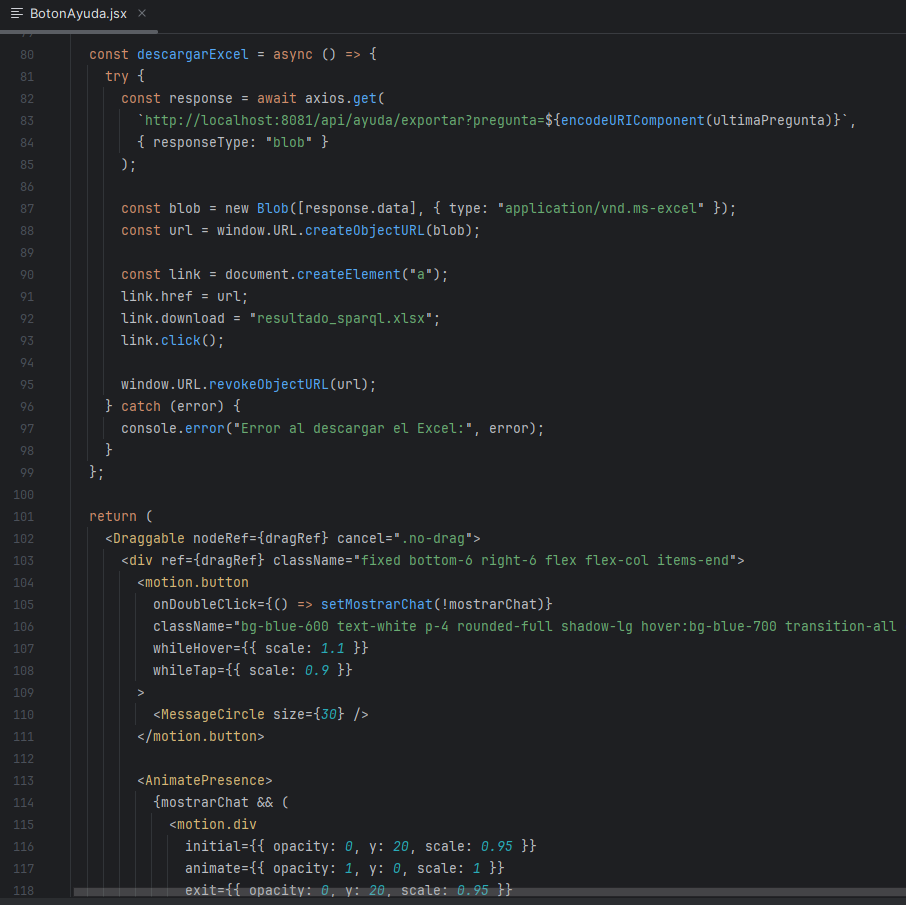
**Referencia al repositorio de GitHub**

Todo el código relacionado con este servicio se encuentra disponible en el repositorio público de GitHub del proyecto:

<https://github.com/amvajua?tab=repositories>

**Documentación del Frontend**

**A.13 BotonAyuda.jsx**



Se añade la lógica de comunicación con el backend (API REST desarrollada en Sprint Boot) la descarga de resultados estructurados como Excel (/api/ayuda/exportar).

Proceso de exportación:

* El usuario formula una pregunta que genera una respuesta estructurada (por ejemplo, un listado de personas o trámites).
* El sistema detecta que la respuesta es una tabla (array de objetos).
* Se activa un botón adicional: “Descargar Excel”.
* Al hacer clic, se realiza una llamada GET al endpoint /api/ayuda/exportar, pasando como parámetro la misma pregunta original.
* El backend procesa esta petición y genera un archivo .xlsx utilizando Apache POI.
* El frontend descarga automáticamente el archivo al navegador del usuario.

**Referencia al repositorio de GitHub**

El código fuente del componente se encuentra en el repositorio público de GitHub del proyecto:  
<https://github.com/amvajua>

## Anexo VI. Evaluación “Botón de Ayuda Inteligente”

Este anexo recoge los resultados completos obtenidos durante el proceso de validación del botón de ayuda inteligente implementado en el sistema. El objetivo de esta evaluación ha sido comprobar si el sistema es capaz de proporcionar respuestas útiles, precisas y contextualizadas ante consultas realizadas por el usuario, apoyándose en una ontología del dominio y en datos reales extraídos de la base de datos mediante consultas SPARQL.

La evaluación se ha estructurado en iteraciones, cada una de ellas compuesta por un conjunto de preguntas clasificadas en función de su nivel de dificultad: básica, intermedia o avanzada. Para cada pregunta se ha documentado la respuesta obtenida, su grado de relevancia y exactitud, el tiempo de respuesta, la necesidad de reformulación, la sección funcional evaluada y otras observaciones relevantes.

A continuación, se presentan las tablas con los resultados correspondientes a cada iteración realizada.

Primera iteración:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Pregunta | Respuesta | ¿Relevante? | Exactitud | Tiempo Respuesta (s) | ¿Reformu  lación? | Nivel Dificultad | Sección Evaluada | Observaciones |
| P1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Segunda iteración:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Pregunta | Respuesta | ¿Relevante? | Exactitud | Tiempo Respuesta (s) | ¿Reformu  lación? | Nivel Dificultad | Sección Evaluada | Observaciones |
| P8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tercera iteración:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Pregunta | Respuesta | ¿Relevante? | Exactitud | Tiempo Respuesta (s) | ¿Reformu  lación? | Nivel Dificultad | Sección Evaluada | Observaciones |
| P15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P21 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Cuarta iteración:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Pregunta | Respuesta | ¿Relevante? | Exactitud | Tiempo Respuesta (s) | ¿Reformu  lación? | Nivel Dificultad | Sección Evaluada | Observaciones |
| P22 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P23 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P24 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P28 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## Anexo VII. Evaluación “Consultas personalizadas”

Este anexo recoge los resultados completos obtenidos durante el proceso de validación de la funcionalidad de consultas personalizadas en lenguaje natural. El objetivo de esta funcionalidad es permitir que el usuario realice peticiones de información en lenguaje natural, las cuales son transformadas automáticamente en consultas SPARQL y ejecutadas sobre la base de datos Oracle, con posibilidad de exportar los resultados en formato Excel.

Para validar su funcionamiento, se han diseñado y evaluado múltiples consultas simuladas, representativos de necesidades dentro del contexto de atención al ciudadano. Cada consulta ha sido valorada según una serie de criterios definidos previamente, que incluyen la relevancia y exactitud de los resultados, el tiempo de respuesta, la necesidad de reformulación y la calidad del formato de salida.

En las tablas siguientes se documenta, para cada consulta, la petición original del usuario, la consulta SPARQL generada automáticamente, los resultados obtenidos, y una valoración detallada según los criterios establecidos. Esta evaluación permite identificar el grado de precisión semántica alcanzado por el sistema, así como su utilidad práctica.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Consulta | Respuesta | ¿Relevante? | Exactitud | Tiempo Respuesta (s) | Formato resultado | ¿Reformu  lación? | Nivel Dificultad | Sección Evaluada | Observaciones |
| C1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# Referencias

**[1]** Stanford Center for Biomedical Informatics Research. *Protégé.* Disponible en: <https://protege.stanford.edu/>

**[2]** Ontop Team. *Ontop: Virtual Knowledge Graph access for Relational Databases.* Documentation disponible en: <https://ontop-vkg.org/>

**[3]** Oracle Corporation. *Oracle Database Documentation.* Disponible en: <https://docs.oracle.com/en/database/>

**[4]** Spring Team, VMware. *Spring Boot Documentation.* Disponible en: <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/htmlsingle/>

**[5]** OpenAI. *OpenAI API documentation.* Disponible en: <https://platform.openai.com/docs/>

**[6]** Mozilla Developer Network. *Frontend Development Documentation.* Disponible en: <https://developer.mozilla.org/>

**[7]** Suárez-Figueroa, M. C., Gómez-Pérez, A., & Fernández-López, M. (2012). The NeOn Methodology for Ontology Engineering. En *Ontology Engineering in a Networked World* (pp. 9–34). Springer.

**[8]** [Atención a la ciudadanía - Guía PROP - Generalitat Valenciana](https://www.gva.es/es/web/atencio_ciutadania) <https://www.gva.es/es/web/atencio_ciutadania>

**[9]** W3C. (2012). *OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition)*. World Wide Web Consortium (W3C).  
Disponible en: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

W3C. (2014). *RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax*. World Wide Web Consortium (W3C).  
Disponible en: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>