

MÁSTER EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

INGENIERÍA ONTOLÓGICA

Diseño de una ontología para instalaciones deportivas

Autores

LUIS COUTO SELLER
IRENE MARBÁN ÁLVAREZ
AÍDA MUÑOZ MONJAS

November 14, 2022

Contenidos

1	Introducción	2
2	Metodología NeOn	2
3	Especificación de la ontología	4
3.1	Propósito	4
3.2	Ámbito	4
3.3	Lenguaje de la Implementación	4
3.4	Potenciales usuarios	4
3.5	Potenciales casos de uso	5
3.6	Requisitos de la ontología	5
3.6.1	Requisitos no funcionales	5
3.6.2	Requisitos funcionales: preguntas de competencia	5
3.7	Glosario de términos	6
4	Planificación temporal de la ontología	7
5	Búsqueda de ontologías de alto nivel	8
6	Recursos no ontológicos	9
7	Patrones en la ontología	10
8	Modelo conceptual	11
8.1	Organización	12
8.2	Instalación Deportiva	13
8.3	Servicio Ofrecido	14
8.4	Regla	15
9	Implementación de la ontología con OWL	16
10	Evaluación de la ontología con OOPS!	17
10.1	Mejoras implementadas tras la sugerencia de OOPS!	18
10.2	Resultados finales de la evaluación	18
11	Documentación de la ontología	19
12	Conclusiones	19
	Bibliografía	20
	Anexos	21

1 Introducción

En el contexto de la iniciativa OpenCityData [?] y del proyecto Ciudades Abiertas [?] se han desarrollado un buen número de ontologías que permitan representar datos abiertos de ciudades, en muy diversas áreas (transporte, gestión económica, equipamientos, servicios, etc.). Dentro de esta iniciativa se encuentran muchas áreas todavía por desarrollar, y es una de ellas en las que se enmarca el desarrollo de este trabajo.

El objetivo es diseñar e implementar una ontología que represente de manera adecuada instalaciones deportivas, sus características y acciones relacionadas. Las ontologías y otras fuentes de conocimiento utilizadas durante el desarrollo de este trabajo serán citadas, y se puede acceder a ellas a través de los hipervínculos de la bibliografía. La ontología por desarrollar constituirá un modelo para representar los datos asociados a una instalación deportiva, donde se entiende como instalación deportiva un recinto o construcción provista de los medios necesarios para la práctica, aprendizaje y competición de uno o más deportes, y que está asociada, organizada y mantenida por una determinada organización. Como iremos describiendo en los siguientes apartados de la memoria, se especificarán todos los requisitos necesarios para la creación de la ontología, y se detallarán todas las características de esta.

A la hora de la creación de la ontología se han seguido las pautas que marca la metodología NeOn, haciendo uso tanto de recursos ontológicos como no ontológicos para su reutilización y reingeniería. Cada una de las actividades de la metodología ha sido realizada según la secuencia especificada y con un planteamiento ordenado. Tras ello, se ha usado la herramienta Protégé para la formalización en OWL de la ontología, OOPS! para su evaluación y WIDOCO para su documentación.

2 Metodología NeOn

La Metodología NeOn para la construcción de redes de ontologías es una metodología basada en escenarios que se apoya en los aspectos de colaboración de desarrollo de ontologías y la reutilización, así como en la evolución dinámica de las redes de ontologías en entornos distribuidos [?].

Como define esta metodología, hay un conjunto de nueve escenarios para la construcción de ontologías, haciendo hincapié en la reutilización de recursos ontológicos, la reingeniería y la fusión. Para este trabajo se han seguido los siguientes escenarios:

- **Escenario 2: La reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos (NOR).** Se llevan a cabo procesos de reutilización NOR para decidir, en base a los requisitos definidos, qué recursos no ontológicos se utilizarán para construir la red de la ontología. Posteriormente estos NOR se readaptarán mediante reingeniería.
- **Escenario 4: La reutilización y reingeniería de los recursos ontológicos.** Se llevan a cabo procesos de reutilización de recursos y se reorganizan los recursos ontológicos.
- **Escenario 7: Reutilización de los patrones de diseño de ontologías (ODPs).** Los desarrolladores de ontologías acceden a repositorios de reutilización ODPs.

- **Escenario 9: Localización de recursos ontológicos.** Los desarrolladores de ontologías adaptan una ontología a otras lenguas y la cultura las comunidades, obteniendo así una ontología multilingüe.

Otro punto importante dentro de la metodología NeOn es el glosario de actividades [?]. Durante todo el proceso de construcción de nuestra ontología se han realizado actividades incluidas en este glosario. A continuación se listan algunas de las más importantes:

- **Ontology Requirements Specification.** Planteamiento de preguntas y la resolución de estas para detectar las necesidades y requisitos de la ontología.
- **Ontology Aligning.** Buscamos entre los diferentes recursos ontológicos los elementos comunes para evaluar qué recursos son más adecuados para nuestra ontología.
- **Ontology Annotation.** Se han asignado etiquetas (labels) y comentarios para enriquecer la ontología.
- **Ontology Comparison.** Al buscar ontologías ya creadas sobre el mismo dominio, se compararon y evaluaron las diferencias entre ellas para elegir las ontologías más adecuadas para la reutilización.
- **Ontology Conceptualization.** Durante el proceso de adquisición, se organizó toda la información recopilada para crear un modelo conceptual que cubriese los requisitos definidos.
- **Control.** Se siguió la planificación temporal prevista para completar las tareas de desarrollo programadas.
- **Ontology Design Pattern Reuse.** Se han reusaron patrones de diseño para esta ontología, concretamente el patrón de Normas y el de Servicios.
- **Ontology Diagnosis.** Gracias al uso de herramientas como OOPS! se pudieron evaluar los fallos de la ontología y corregirlos durante el proceso de desarrollo.
- **Ontology Elicitation.** Se realizó una adquisición de estructuras conceptuales, como el T-Box, a partir de documentos de expertos del dominio de las instalaciones deportivas.
- **Ontology Enrichment.** Extendiendo el número de relaciones y clases de algunas de las ontologías reutilizadas se logró completarlas y cubrir ciertos requisitos.
- **Ontology Implementation.** Una vez diseñado el modelo conceptual se transformó la ontología a un modelo formal (código OWL) gracias a Protégé.
- **Ontology Localization.** Las entidades y relaciones creadas se etiquetaron tanto en español como en inglés.
- **Ontology Merging.** Se fusionaron clases y funciones de distintas ontologías para crear una ontología nueva.
- **Ontology Search.** Se realizó una búsqueda de ontologías o módulos de ontologías candidatas a ser reutilizadas.

- **Ontology Module Extraction.** Se extrajeron módulos concretos de ciertas ontologías.
- **Ontology Module Reuse.** Se reutilizaron los módulos extraídos de otras ontologías.
- **Non-Ontological Resource Reengineering.** Se reestructuraron recursos no ontológicos para adaptarlos a la ontología.
- **Non-Ontological Resource Reuse.** Se reusaron recursos no ontológicos para transformarlos en partes de la ontología.
- **Scheduling.** Se realizó una planificación de las actividades anteriores para completarlas en el orden correcto dentro del plazo de entrega y así llevar un control de las mismas.

3 Especificación de la ontología

3.1 Propósito

El objetivo de esta ontología se enmarca en el proyecto Ciudades Abiertas, que tiene como objetivo representar datos de ciudades en diversas áreas. El propósito de esta ontología es modelar el conocimiento relativo a las instalaciones deportivas de manera estructurada, para que pueda ser reutilizado por sus potenciales usuarios.

3.2 Ámbito

La definición de "instalación deportiva" puede ser ambigua, dado que existen múltiples instalaciones donde se realizan deporte con características muy distintas: un estadio de fútbol y un parque de barras son ambas instalaciones deportivas.

Nuestra ontología se enmarca en la definición propuesta por el informe estadístico de 2022 publicado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [?], donde se proporcionan indicadores estadísticos para estimar las dimensiones y características de las infraestructuras en España. En el documento, se define una instalación deportiva como: '[Aquellas] instalaciones destinadas al deporte que incluyen uno o varios espacios deportivos donde puede desarrollarse la actividad físico-deportiva.'

3.3 Lenguaje de la Implementación

La ontología será implementada en OWL utilizando Protégé.

3.4 Potenciales usuarios

El modelado de la ontología no se ha realizado con un único perfil de usuario en mente, y los principales usuarios identificados como posibles interesados en el uso de la ontología son los siguientes:

1. Un ayuntamiento local, interesado en el proyecto Ciudades Abiertas, que quiera aumentar la transparencia de los datos de sus instalaciones deportivas.

2. Una persona responsable de una instalación deportiva que quiera almacenar estadísticas de la misma y/o crear una página web de la instalación.
3. Un deportista que quiera conocer qué instalación deportiva le es más conveniente.
4. Un ministerio u órgano del gobierno que desee analizar estadísticas sobre el uso de las instalaciones deportivas en su país.

3.5 Potenciales casos de uso

Al igual que los potenciales usuarios, los posibles casos de uso identificados son variados. Los principales casos de uso identificados son los siguientes:

1. Conocer los subespacios que forman una instalación deportiva concreta.
2. Buscar servicios deportivos, como clases o alquileres de espacios, ofrecidos por la organización que gestiona la instalación deportiva.
3. Enumerar los deportes que pueden realizarse en cada instalación deportiva, y en qué subespacio se realizan.
4. Obtener estadísticas del uso de los servicios ofrecidos en la instalación deportiva por sus clientes.
5. Obtener información sobre los trabajadores de la organización que gestiona la instalación deportiva.

3.6 Requisitos de la ontología

3.6.1 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales de la ontología se refieren a las características y aspectos generales no directamente relacionados con el contenido de la ontología. En nuestro caso son los siguientes:

- NFR1: La ontología deberá soportar otros idiomas a parte del español.
- NFR2: La documentación asociada a la ontología debe incluir fuentes fiables.
- NFR3: El formato utilizado para representar el conocimiento será OWL.
- NFR4: El sistema de nombrado en la ontología sera comprensible y coherente.

3.6.2 Requisitos funcionales: preguntas de competencia

Para las preguntas de competencia, optamos por un acercamiento *middle out*. Comenzamos realizando preguntas *bottom-up*, sin tener en cuenta bases de datos ni contenido relacionado disponible, simplemente buscando preguntas sencillas que podrían estar relacionadas con una instalación deportiva.

Al llegar a un punto donde nuestras preguntas carecían de complejidad, decidimos utilizar un enfoque *top-down*. Así comenzamos a buscar información acerca de instalaciones

deportivas y pudimos desarrollar preguntas más complejas. El resultado puede verse en la tabla:

CQ1	¿Cómo se llama la instalación deportiva?
CQ2	¿Cuál es la geolocalización de la instalación deportiva?
CQ3	¿Cuál es la dirección de la instalación deportiva?
CQ4	¿Cuál es el horario de apertura de la instalación deportiva?
CQ5	¿Cómo se llama la organización que gestiona la instalación deportiva?
CQ6	¿Quién es el director de la organización que gestiona la instalación deportiva?
CQ7	¿Cuántos entrenadores se dedican al baloncesto?
CQ8	¿Qué tipo de trabajadores tiene la organización que gestiona la instalación deportiva?
CQ9	¿Cuál es el número de teléfono para contactar con la organización de la instalación deportiva?
CQ10	¿Qué roles puede tener un entrenador?
CQ11	¿La instalación deportiva tiene baños o vestuarios?
CQ12	¿Qué espacios deportivos tiene al aire libre?
CQ13	¿Qué espacios deportivos cubiertos tiene?
CQ14	¿La instalación deportiva tiene piscina?
CQ15	¿Cuántas pistas de fútbol tiene la instalación deportiva?
CQ16	¿Qué deportes se pueden realizar en la instalación deportiva?
CQ17	¿La instalación deportiva tiene cafetería?
CQ18	¿Qué servicios de día (individuales) se pueden comprar en la instalación deportiva?
CQ19	¿Qué monitores imparten las clases de zumba que ocurren en la sala multiusos?
CQ20	¿Cuánto cuesta alquilar una pista de tenis durante 1 hora?
CQ21	¿Qué días hay clases de tenis?
CQ22	¿A qué hora son las clases de natación los lunes?
CQ23	¿Qué bonos de servicios son ofrecidos por la organización de la instalación deportiva?
CQ24	¿Cuánto cuesta un bono mensual de sala de musculación?
CQ25	¿Cuánto dura la clase de baloncesto impartida por un monitor concreto?
CQ26	¿Qué reglas de vestimenta tiene la piscina de la instalación deportiva?
CQ27	¿A quién aplica la regla de vestimenta de la piscina?
CQ28	¿Cuántos clientes han contratado el bono de clases de zumba el mes de enero?

Figure 1: Preguntas de competencia

3.7 Glosario de términos

Tras realizar las preguntas de competencia, hemos contado los sustantivos relevantes que se repetían, tanto en las preguntas para identificar clases y relaciones, como en las respuestas.

Cabe destacar que las preguntas se han contestado de manera genérica, sin concretar para una instalación específica, de forma que los términos recogidos están un nivel por encima de ser instancias. Los resultados de algunos de los términos más relevantes se recogen en la siguiente figura:

Pre glossary of terms			
Terms from questions + Frequency			
Instalación deportiva	16	Dirección/geolocalización	2
Deportes	8	Trabajadores	4
Organización	5	Regla	1
Clases	4	Pistas	1
Bono	4	Baño/Vestuario	2
Horario/hora/día	6	Piscina	1
Servicios	2	Aire libre / Cubierto	1
Cientes	1	Alquiler	1
Cuesta (precio)	1	Cafetería	1
Terms from answers + Frequency			
Nombre Instalación	1	Cantidad de dinero	1
Coordenadas	1	Entrenador/monitor/técnico ...	1
Teléfono	1	Zumba/Baloncesto/Tenis	1
Localidad/Código Postal...		Franja horaria	1
Pista de Baloncesto, Espacio Multiusos, Sala musculación	1	Bono de clases	1

Figure 2: Glosario de términos

4 Planificación temporal de la ontología

El ciclo de vida utilizado en el diseño y desarrollo de esta ontología es un ciclo de vida incremental, pudiéndose considerar como la primera iteración de un modelo ágil.

Se decidió utilizar un ciclo de vida incremental debido a las características del proyecto, ya que la ontología no fue diseñada a partir de un set de datos proporcionados por el cliente, si no que se realizó el modelado a partir de las posibles necesidades de sus usuarios.

La planificación temporal se puede dividir en varias secciones. Durante la planificación de la ontología se buscó el ámbito sobre el que realizar el trabajo, un tema sobre el que no existiesen ontologías ya diseñadas, y se definieron los requisitos planteando las preguntas de competencia. Se diseñó la ontología reutilizando los recursos útiles encontrados y plasmándolos en el modelo conceptual. A continuación se creó la implementación del modelo y se realizó su evaluación. La redacción de este documento se puede considerar un ejercicio transversal.

El diagrama de Gantt a continuación ilustra las principales actividades llevadas a cabo y sus duraciones, así como las relaciones de dependencia entre los bloques.

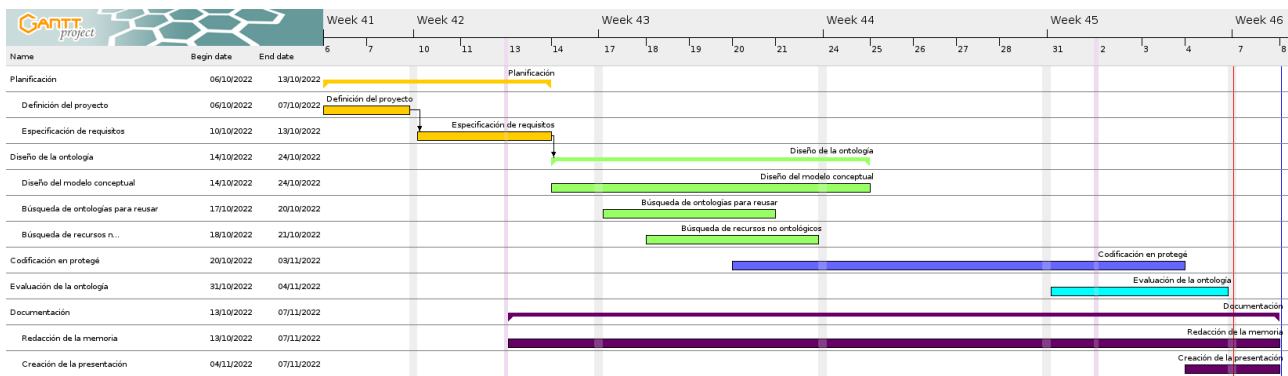


Figure 3: Diagrama de Gantt de la planificación temporal seguida.

5 Búsqueda de ontologías de alto nivel

Una vez identificado el glosario y creado un modelo donde se relacionan las diferentes entidades, el siguiente paso es la formalización de la ontología. Para ello, se realizó una búsqueda de ontologías de alto nivel, detectando aquellas que cubren de manera total ó parcial secciones de nuestro modelo para poder reutilizarlas.

El primer grupo de ontologías identificadas para su reutilización en nuestra ontología fueron mencionadas a lo largo del curso:

- **Org.** La ontología org representa la entidad de la organización que gestiona la instalación deportiva. No se utilizó la ontología completa, solo los módulos necesarios para representar la organización, su localización y sus miembros. Esta ontología es ampliamente utilizada, en la página Linked Open Vocabularies (LOV) [?] se puede ver que al menos 37 ontologías reutilizan contenido de la ontología org.
- **Foaf.** Para poder representar a las personas que pertenecen a nuestro modelo (director, entrenadores, monitores, deportistas...) se ha utilizado la ontología foaf. A efectos prácticos ha servido con importar la ontología org, ya que esta contenía las entidades foaf necesarias.
- **Odr1.** La ontología odr1 permite modelar reglas y políticas. Se ha utilizado para representar las reglas de vestimenta en los espacios deportivos. Para ello, se ha utilizado únicamente parte de la ontología, en concreto las entidades que son necesarias para generar el patrón "Norm" descrito más adelante.
- **Geo.** La ontología geo se ha utilizado para poder expresar la geolocalización de la instalación mediante la entidad *GeoPoint*. Esta ontología no tiene propiedades, así que hemos tenido que crear una propiedad que relacione la instalación con el *GeoPoint*.
- **Vcard.** Esta ontología es utilizada para representar la información que contiene una tarjeta de visita. En nuestro caso, hemos utilizado únicamente las entidades referentes a la dirección (*Address*) y nombre (*OrganizationName*).

Una vez identificadas estas ontologías de alto nivel, utilizamos el buscador de LOV para buscar otras posibles ontologías que pudiéramos reutilizar. En concreto encontramos las siguientes:

- **Time.** La ontología time permite expresar tanto fechas como intervalos y duración de eventos. La gran flexibilidad que permite importar esta ontología, ha sido motivo de peso para reutilizarla de forma completa. Esta ontología cuenta con una clase principal *Time Entity*, que tiene dos subclases: *TimeInterval* y *TimeInstant*. La subclase *TimeInterval* permite representar intervalos de tiempo que tienen un principio y un final. Este principio y final pueden representarse como *textitTimeInstant*, o como literales. Además, un intervalo tiene una duración, asociada a la clase *Time Duration*. Hemos utilizado los intervalos para representar la duración y momento de los servicios ofrecidos, con vistas a que pueda utilizarse para otros casos, como el horario de apertura de la instalación, el horario de los trabajadores...
- **Sport.** Esta ontología estaba disponible en el buscador, pero las URIs no llevaban a ninguna ontología, por lo que no pudimos reutilizarla.

A la hora de importar todas estas ontologías en Protégé, utilizamos LOV como método de búsqueda de las URIs, lo que facilitó la tarea.

6 Recursos no ontológicos

Una de las principales fuentes de información utilizadas para generar la ontología propuesta en este documento es el siguiente informe [?]. A partir de este recurso no ontológico y mediante el uso de un T-Box, se pudo realizar una modelización de la información del documento, que presenta una estructura casi taxonómica para las instalaciones deportivas.

El documento [?] del Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España, contiene los principales resultados del informe de explotación estadística del censo de instalaciones deportivas de 2005, así como las definiciones de las diferentes clases de instalaciones deportivas consideradas durante el censo.

Al plasmar el conocimiento presente en este documento en el modelo de la ontología mediante un T-Box, se decidió mantener las clases intermedias presentes en el documento como parte de la ontología. Pese a que serán probablemente rara vez utilizadas, estas permiten mantener la estructura del documento mencionado y facilitar la reutilización de esta ontología.

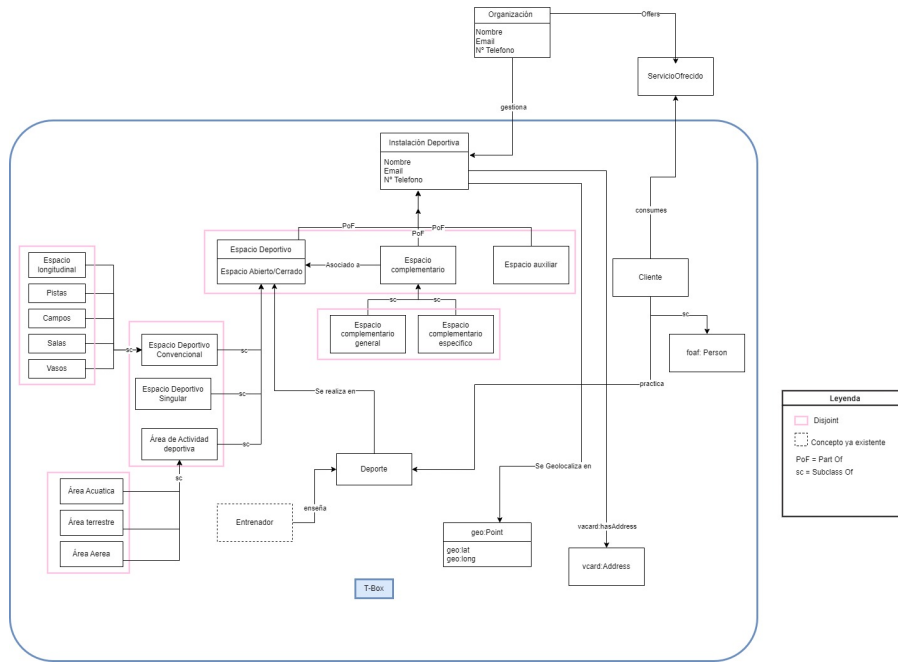


Figure 4: Sección correspondiente a los recursos no ontológicos en la ontología.

Es importante señalar que la estructura taxonómica del documento descrito exige desambiguar entre las relaciones "sub-clase de" (*sc* en el diagrama) y "parte de" (*PoF* en el diagrama).

7 Patrones en la ontología

Al diseñar esta ontología, vimos que algunos de los patrones de diseño ya existentes eran aplicables a nuestro caso de instalaciones deportivas. Concretamente, los patrones reutilizados han sido el de servicios ofrecidos y el de normas.

Para el diseño de los servicios ofrecidos por la organización en una instalación deportiva, se reutilizó el patrón de una relación N-aria según lo visto en clase. Este patrón se utiliza para representar una relación N-aria en el que todos los elementos tienen la misma importancia. Para representar esta relación N-aria se crea una clase, en nuestra ontología la clase *ServicioOfrecido*, a la que asociar todos los atributos de la relación. Este patrón se utilizará para representar los servicios que una organización ofrece que se realizaran en una instalación deportiva en un horario determinado y por un precio indicado.

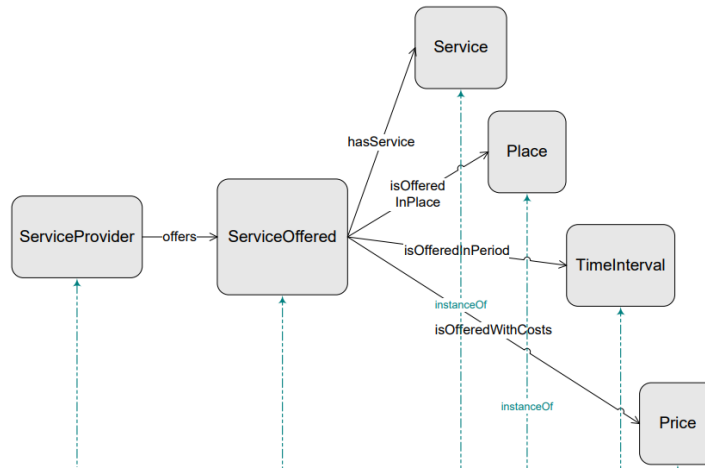


Figure 5: Esquema del patrón de servicios.

El patrón de normas está destinado a la definición de una serie de reglas y normas que aplican a la organización. Este patrón se representa utilizando la ontología **odrl**, y se define mediante la estructura: “Una *acción* es *permitida/obligatoria/prohibida* de ser realizada por una *parte* sobre el *activo*, siempre que se mantengan las *restricciones*”.

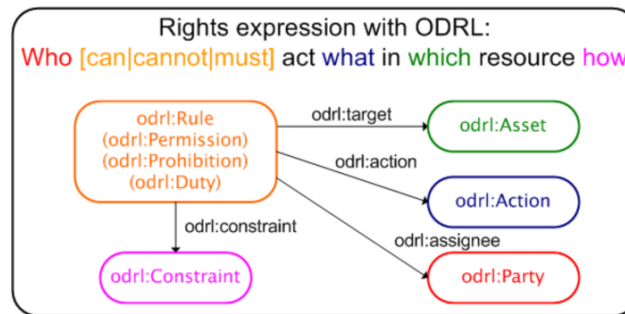


Figure 6: Esquema del patrón de servicios.

En la sección de modelado conceptual de la ontología se entrará más en detalle sobre las clases y relaciones de estos patrones.

8 Modelo conceptual

Tras el proceso de búsqueda de recursos ontológicos y no ontológicos para su reutilización como se ha explicado en los apartados anteriores, así como la selección de patrones de diseño de ontologías, se desarrolló el modelo conceptual de esta ontología.

Esta es una de las fases más importantes en la construcción de ontologías y en este apartado se describirán las clases y relaciones que se han implementado, y que en los siguientes apartados se formalizarán a código OWL. Debido al tamaño del modelo y para un mejor entendimiento se procederá a explicar los distintos módulos del modelo por separado. El diagrama completo de la ontología está disponible en el anexo.

Encontramos cuatro clases principales que serán el núcleo de esta ontología. Estas clases son **Organización**, **Instalación Deportiva**, **Servicio Ofrecido** y **Regla**.

8.1 Organización

En lo que a la organización respecta, reutilizando clases y relaciones de la ontología **org** hemos creado el modelo que se puede observar en la figura a continuación. La forma de interpretar esta parte del modelo es: “Una organización encargada de gestionar instalaciones deportivas establece acuerdos de membresía con sus trabajadores para que estos tengan un determinado rol dentro de la organización”. Analizando el modelo con sus clases y relaciones tenemos:

- Una organización es *SubClassOf* de *org:Organization*. Organización tiene como propiedades el *Nombre*, *Email* y *Número de teléfono*, que son literales.
- Una organización es la que gestiona una o más instalaciones deportivas, por lo que la clase *Instalación Deportiva* se relaciona con *Organización* mediante la relación *managedBy*.
- Una organización establece unos acuerdos de membresía con sus trabajadores para un determinado rol (tal y como está definido en la ontología **org**). Por lo que tenemos la clase *org:Membership* que define una relación n-aria que une la organización (clase *Organización*) con el trabajador (clases *Monitor*, *Limpiador*, *Entrenador*) y con el rol (clase *org:Role*) de dicho trabajador, mediante las relaciones *org:organization*, *org:memberOf* y *org:role* respectivamente (ver Figura).

Al diseñar esta sección hemos querido contemplar la posibilidad de que un trabajador de la organización tenga asignada la instalación o las instalaciones en las que trabaja por lo que hemos incluido también en esta relación n-aria la relación *establecidaEn* que une *org:Membership* con la clase *Instalación deportiva*.

- Para determinar los tipos de trabajadores que hay en una organización hemos decidido crear una clase para cada uno de los tipos. Debido a la gran cantidad de clases de trabajadores que existen, hemos indicado las clases *Monitor*, *Limpiador* y *Entrenador* como ejemplo, todas ellas *SubClassOf* de *foaf:Person*.

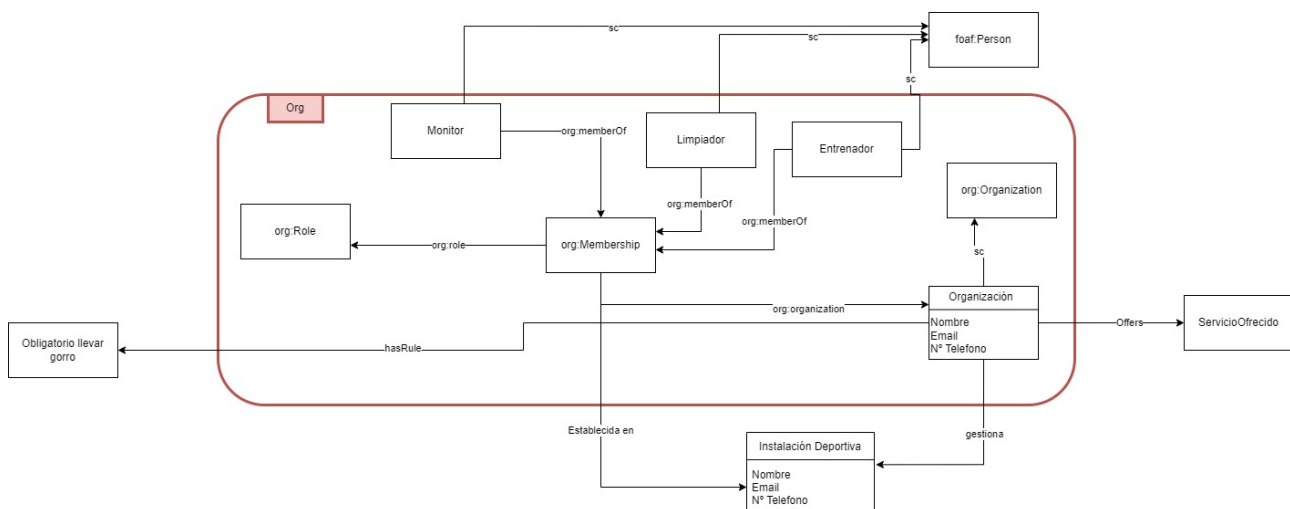


Figure 7: Esquema de las principales clases relacionadas con **Organización**.

8.2 Instalación Deportiva

Para la construcción de la taxonomía de las instalaciones deportivas se ha hecho uso del recurso no ontológico explicado en apartados anteriores, y mediante un T-Box se ha modelado a nuestra ontología.

- Una Instalación Deportiva puede estar compuesta por diferentes elementos que forman parte de ella (*partOf*): *Espacio Deportivo* (que puede ser al aire libre o cerrado), *Espacio Complementario* y *Espacio Auxiliar*. Estas partes son disjuntas unas de otras. Según el documento de referencia, un *Espacio Complementario* va asociado a un *Espacio Deportivo*.
- Cada una de estas partes tiene su propia taxonomía tal y como se define en el recurso no ontológico y se muestra las diferentes subclases y las clases que son disjuntas (recuadros rosas) en el esquema de la Figura 8.
- La clase *Instalación Deportiva* cuenta con propiedades como número de teléfono e email que serán literales y no clases.
- Una instalación deportiva se geolocaliza en un *geo:Point* mediante la relación *hasGeopoint*. A su vez expresamos su localización mediante una dirección, para ello relacionamos *Instalación Deportiva* con la clase *vcard:Address* mediante la relación *vcard:hasAddress*.
- La clase *Deporte* se relaciona con un *Espacio Deportivo* mediante la relación *esPracticadoEn*.
- La clase *Cliente* es *subClassOf foaf:Person*, y *Cliente* practica uno o varios *Deportes*. En el siguiente modulo también se verá que *Cliente* consume un *ServicioOfrecido*
- *Entrenador* y *Monitor* (definidos en el apartado de organización) tienen una relación con *Deporte* que es *enseña*.

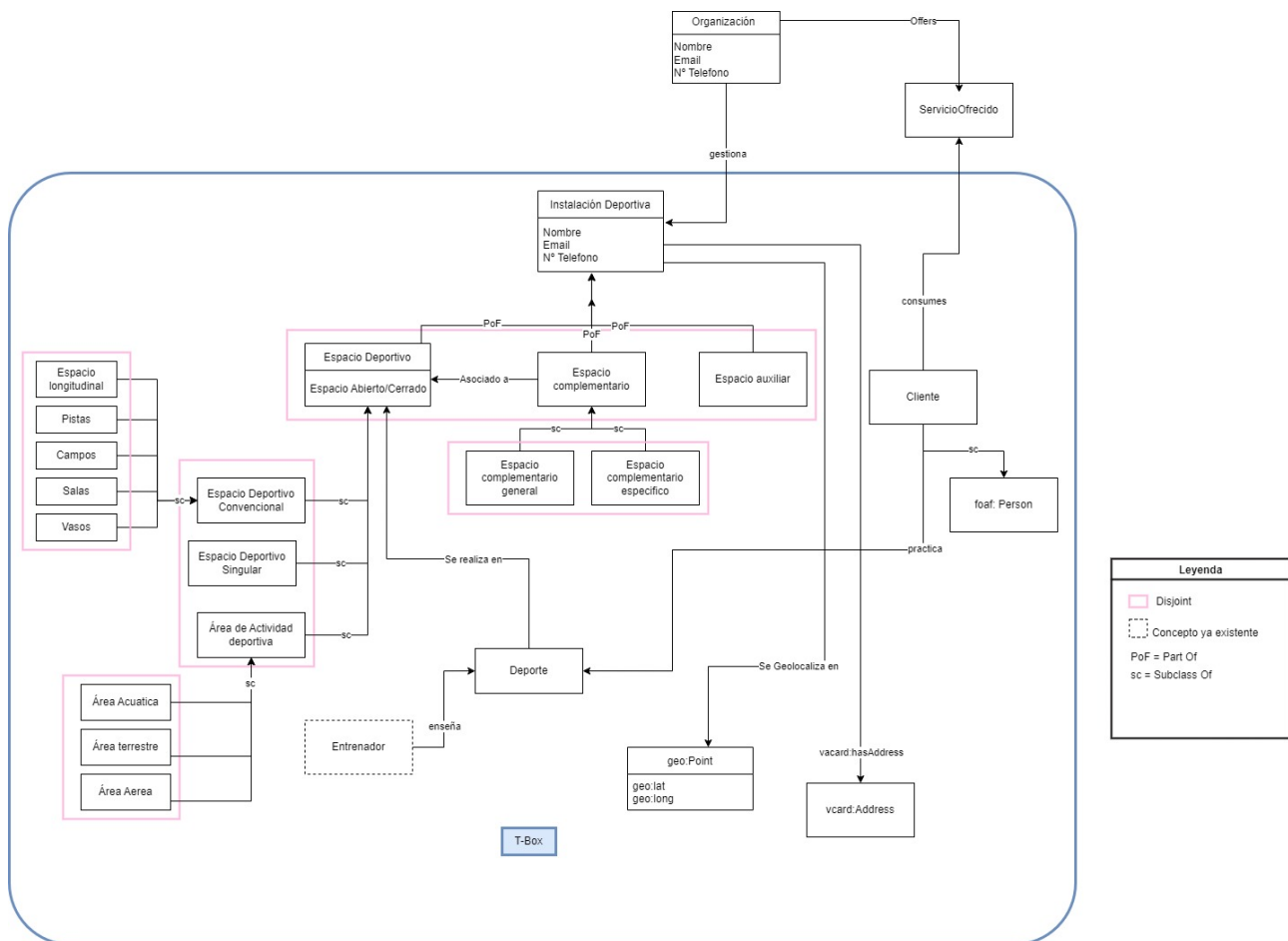


Figure 8: Esquema de las principales clases relacionadas con **Instalación Deportiva**.

8.3 Servicio Ofrecido

Esta clase *ServicioOfrecido* constituye una relación n-aria y tendrá asociadas varias clases mediante diferentes relaciones:

- La clase *Servicio*, que tiene dos subclases disjuntas *Individual* y *Bono de servicios*. De estas dos clases habría más subclases, para ejemplificar hemos incluido el alquiler de una pista de pádel o un bono de 10 clases de zumba.
- La clase *Instalación Deportiva* en la que se ofrece el servicio. Por ejemplo, una pista de pádel, o la sala de musculación.
- *time:DurationDescription* y *time:GeneralDateTimeDescription*, que indicarán la duración y/o la fecha en la que se ofrece el servicio. Por ejemplo, "jueves 3 de noviembre del 2022 de 18:00 a 19:00", ó "todos los lunes y miércoles de febrero de 15:00 a 16:00".
- La clase *PriceSpecification*, teniendo asociada como propiedades una cantidad y una moneda de pago. Por ejemplo 59,99 euros.

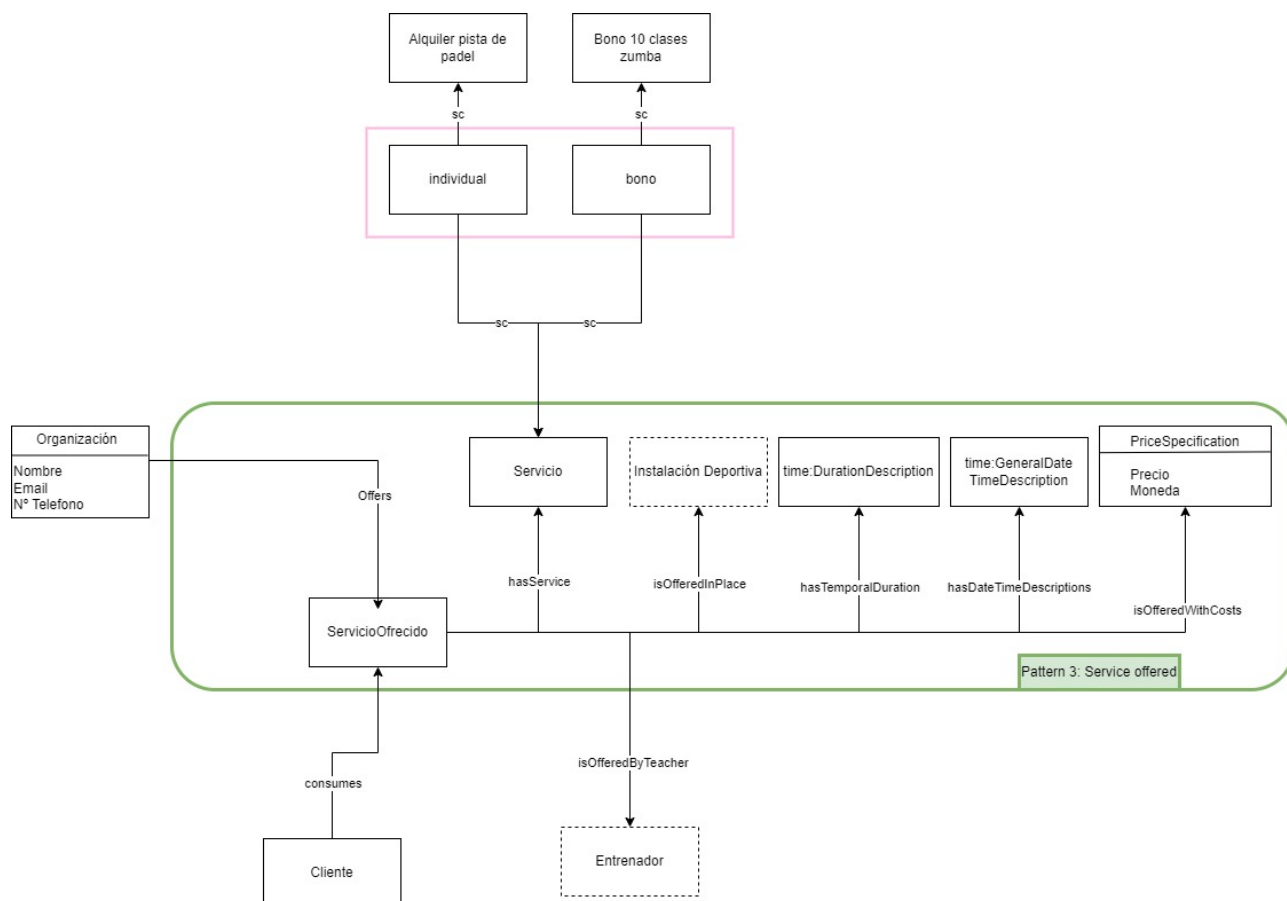


Figure 9: Esquema de las principales clases relacionadas con **Servicio Ofrecido**.

8.4 Regla

Al incluir este patrón de normas, hemos creado una única regla para ejemplificar las normas de una organización (en la realidad habría muchas de ellas, pero para simplificar el modelo para este trabajo se ha trabajado solo con una). Las reglas constan de la clase *Rule* que define si se trata de una prohibición, una obligación o permiso, y de ella salen varias relaciones a una serie de clases que serán *subclass of* de las siguientes entidades de la ontología **odrl**:

- **odrl:Constraint**. Para cada norma hay una *subclass* de *odrl:Constraint* y puede ser un lugar físico (piscina, pista de tenis, gimnasio) o un marco temporal (los sábados, el día 1 de cada mes, todos los días de 9:00 a 10:00) en el que se aplica la norma.
- **odrl:Asset**. Para cada norma tendremos una clase *subclass of* *odrl:Asset* que establece el activo o recurso que es sujeto de la norma. Este activo puede ser cualquier forma de recurso identificable, como datos/información, servicios o elementos físicos. En nuestra ontología hemos puesto el ejemplo de gorro de baño.
- **odrl:Action**. Para cada norma tendremos una clase *subclass of* *odrl:Action* que indicará la acción realizada sobre el activo. En nuestro modelo encontramos la clase Llevar puesto para el caso de gorro de baño.

- **odrl:Party**. Tendremos una *subclass* de esta clase de odrl para cada regla, y definirá a qué parte de las personas se le aplica dicha regla. Puede ser por ejemplo una regla que aplique a todos los usuarios, o una regla que aplique sólo a trabajadores.

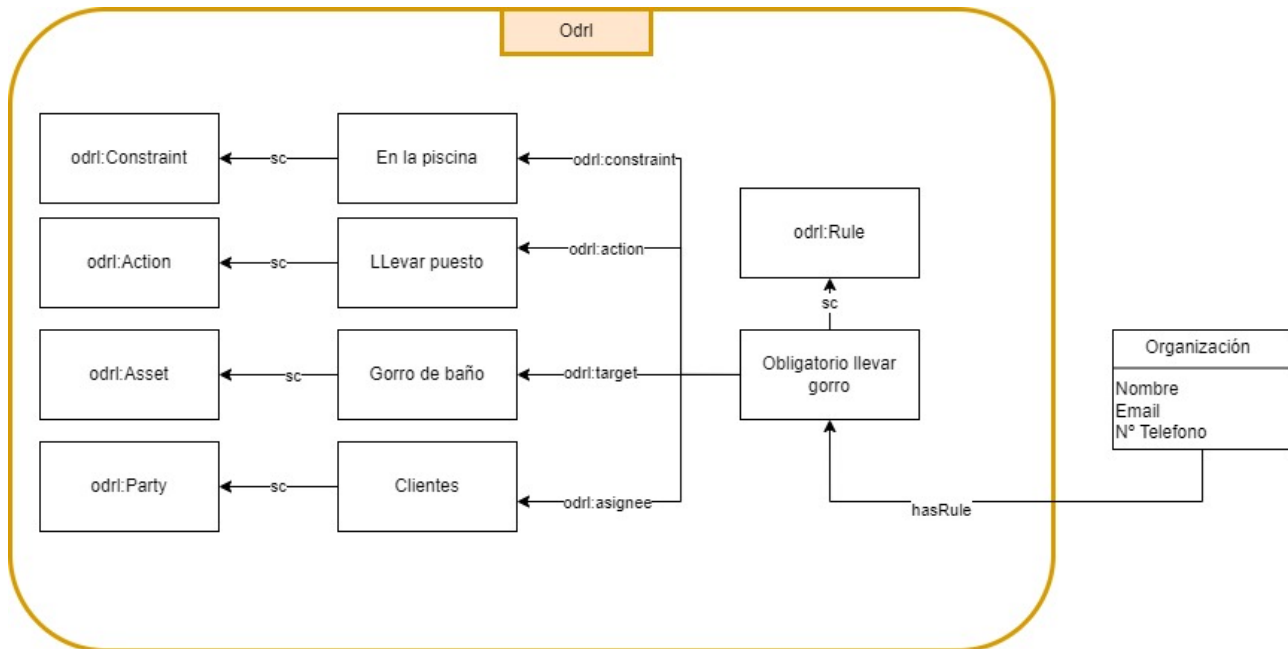


Figure 10: Esquema de las principales clases relacionadas con **Regla**.

9 Implementación de la ontología con OWL

Como se ha especificado en los requisitos, la ontología será implementada en OWL, utilizando el programa Protégé, un editor de ontologías open source.

El primer paso fue incluir todas las clases de la ontología creadas mediante el T-Box.

Después, se crearon las clases obtenidas de la reutilización de las ontologías nombradas en el apartado 5. Para ello, se importaron las ontologías con su URI y se movieron los axiomas necesarios a nuestra ontología. En general, la metodología para importar las ontologías fue idéntica para todas: primero importar la ontología al completo con su URI, moviendo los axiomas necesarios, y después eliminar el resto. La única excepción fue la ontología **time**. Esta fue importada al completo, ya que utilizábamos la totalidad de sus entidades, como hemos explicado en apartados anteriores. De forma general, las relaciones que hemos utilizado con la ontología Time han sido que un Servicio Ofrecido y una Instalación Deportiva tienen (hasTime) una Entidad Temporal (Time Entity). Esta entidad temporal puede tomar forma de Instante (el inicio de una clase, la hora de apertura de la instalación) o de intervalo (el intervalo temporal que dura un alquiler de pista, el horario de la instalación...) Nos hemos dado cuenta al importar la ontología, que muchas de las propiedades estaban incompletas: les faltaba el rango o el dominio. Hemos optado por mantenerla como estaba, ya que muchos de estos problemas se debían a términos deprecados, y no hemos encontrado una versión más reciente de la ontología. Para ejemplificar el uso de esta ontología, hemos creado una serie de instancias que ejemplifican un posible caso:

- Una instancia de un Servicio Ofrecido que tiene asociada (*hasTime*) un intervalo temporal (*intervalo_reserva*)
- Una instancia de Proper Interval (*intervalo_reserva*), que tiene como inicio (*has Beginning*) la instancia de *inicio_reserva*, y como final (*hasEnd*), la instancia de *final_reserva*.
- Una instancia de un Time Instant (*inicio_reserva*) que tiene una relación de *hasTimeStamp* con un literal que representa la hora de comienzo de la reserva de la pista.
- Una instancia de un Time Instant (*final_reserva*) que tiene una relación de *hasTimeStamp* con un literal que representa la hora de comienzo de la reserva de la pista.
- Una instancia de Time Duration, que es propiedad de (*intervalo_reserva*) y tiene una unidad y un número asociado.

Una vez importadas las clases reutilizadas, definimos aquellas clases necesarias para completar nuestro modelo, que no se encontraban ni en el T-Box ni en las ontologías de alto nivel, como por ejemplo la clase Monitor, Entrenador, Pista de Baloncesto, etc.

Este mismo procedimiento se realizó para los Object Properties. En este caso, además de importar los Object Properties de las diferentes ontologías y crear los que necesarios no incluidos, definimos las propiedades de cada propiedad.

Tuvimos cierta dificultad a la hora de crear la propiedad *part of*, ya que tiene varios dominios para un único rango (tanto los espacios deportivos, como los complementarios y auxiliares son *part of* una instalación deportiva), pero es una relación tradicionalmente transitiva. Para evitar problemas, decidimos que no fuese una relación transitiva.

De forma similar, añadimos los Data Properties. En lugar de apuntar a una entidad, estas propiedades apuntan a un literal, por lo que hemos tenido que especificar los tipos de datos para literales como la divisa, el precio, etc. Un caso particular ha sido la propiedad *hasCeiling* (tiene techo), para definir los Espacios Deportivos. En este caso el literal era un booleano.

Finalmente, se completaron las labels y comentarios de aquellas entidades que no fueron directamente importadas, asegurando que estaban disponibles tanto en inglés como español.

En el anexo se puede encontrar una imagen de la jerarquía de las clases, los Object Properties y los Data Properties presentes en la ontología.

Una vez finalizada la implementación de la ontología, se exportó como RDF para poder evaluarla con OOPS!

10 Evaluación de la ontología con OOPS!

La ontología diseñada se ha evaluado utilizando la herramienta Ontology Pitfall Scanner! (OOPS!)[?], que identifica errores en la ontología dividiéndolos en críticos, importantes y menores, de acuerdo a una batería errores comunes.

10.1 Mejoras implementadas tras la sugerencia de OOPS!

Tras la primera iteración de la evaluación con OOPS!, la herramienta destacó los siguientes problemas críticos:

- **P19:** Propiedades con múltiples rangos o dominios.

Una de las relaciones definidas tenía más de un dominio, habiendo escrito en accidentalmente *and* en lugar de *or* en el dominio.

Los dominios de las relaciones *time:hasDateTimeDescription* y *time:hasTemporalDuration* fueron modificados añadiendo una entrada en sus dominios y eliminando la entrada de la ontología *time*. Esta modificación no fue aplicada por Protégé, y hubo que modificar la entrada del dominio impuesta por importar la ontología *time* para que el cambio quedase registrado.

- **P29:** Relaciones transitivas mal definidas.

Las relaciones *partOf*, *hasService*, *managed_by* y *constraint* estaban definidas como transitivas, teniendo rangos y dominios distintos. Por definición una propiedad transitiva debe tener el mismo rango y dominio.

En el caso de *partOf*, una relación que generalmente es transitiva, decidimos eliminar esta propiedad, ya que para nuestro modelo aparece únicamente entre Instalación Deportiva y los espacios deportivos, complementarios y auxiliares, que nunca serán una parte de otros.

Las otras relaciones se encontraban en esta clasificación por un error en la transcripción a Protégé.

Las propiedades *vcard:hasEmail* y *vcard:hasTelephone* aparecen como propiedades sin rango (P11), marcado como error importante, por ser su rango una clase deprecada de la ontología *vcard*. Pese a estar deprecada, esto no es un error, por lo que no se solucionó el problema.

Gracias a las indicaciones de OOPS!, se pudo solucionar todos los errores críticos y varios otros clasificados como importantes. Se decidió no solucionar los errores no críticos de las ontologías importadas debido a las restricciones temporales sobre la entrega del trabajo y a la prioridad que se impuso sobre la reutilización de esta ontología.

10.2 Resultados finales de la evaluación

Tras aplicar las correcciones sobre los errores críticos indicados por OOPS! la última versión de la ontología tiene 11 errores importantes, 63 errores menores y 16 sugerencias, mientras que en su primera iteración tenía 8 errores críticos, 12 errores importantes y 70 errores menores, así como 16 sugerencias.

Cabe destacar que aproximadamente el 40% de los errores indicados originalmente por OOPS! estaban relacionados con la ontología importada **time**.

Los resultados completos de ambas evaluaciones se pueden encontrar en el Anexo.

11 Documentación de la ontología

La documentación de la ontología fue generada utilizando la herramienta WIDOCO [?]. Esta documentación está en un formato html, adjunto junto con este fichero, y su impresión en pdf también se encuentra adjunta.

12 Conclusiones

Durante el proceso de creación de esta ontología, hemos podido aprender y tocar diversas áreas de la ingeniería ontológica, nos hemos enfrentado a procesos de búsqueda y planteamiento conceptual para la satisfacción de los requisitos planteados, y hemos tenido que resolver los problemas que iban surgiendo en las distintas etapas.

Después de completar todas las secciones del trabajo y a modo de conclusión, nos gustaría recapitular los conceptos y actividades relacionadas con el creación de ontologías que hemos aprendido a lo largo del desarrollo de este trabajo:

- Seguimiento de la metodología NeOn para el desarrollo de ontologías.
- Planteamiento de requisitos necesarios para nuestra ontología.
- Búsqueda y selección de los recursos ontológicos para su posterior reutilización, ya sea de ontologías enteras o extracción de módulos de estas.
- Búsqueda de recursos no ontológicos para su posterior introducción en el modelo conceptual mediante T-box.
- Reutilización de patrones de diseño de ontologías, concretamente los patrones de servicio y normas.
- Modelado conceptual de la ontología con todos los elementos anteriores e introduciendo clases y relaciones necesarias para completarlo y cubrir los requisitos.
- Implementación y formalización en OWL con la herramienta Protege.
- Evaluación de la ontología creada gracias al uso de herramientas como OOPS! para su posterior corrección.
- Documentación de la ontología gracias a WIDOCO.

En definitiva, ha sido un trabajo que ha involucrado muchas áreas diferentes sirviendo así como introducción al complejo mundo de las ontologías.

Bibliografía

Anexos

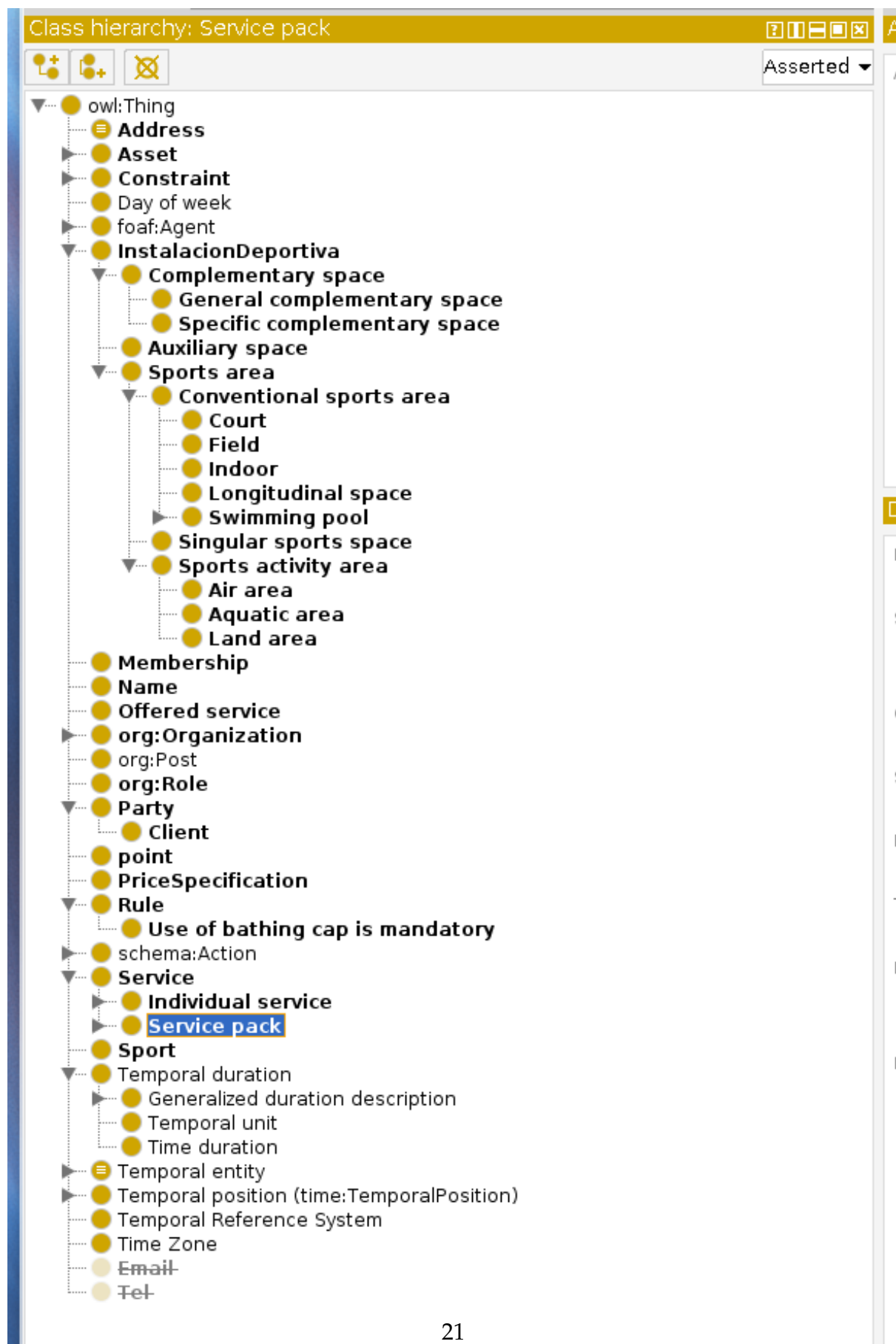


Figure 11: Jerarquía de clases de la ontología.



Figure 12: Object Properties presentes en la ontología.



Figure 13: Data Properties presentes en la ontología.

