

Trabajo Fin de Máster  
Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica

Diseño e implementación de una ontología para la  
gestión de la interoperabilidad en datos de producto  
entre sistemas ERP y PLM

Autor: Francisco Garrocho López

Tutor: Jesús Racero Moreno

Dpto. Organización Industrial y Gestión de  
Empresas I  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2021





Trabajo Fin de Máster  
Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica

# **Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM**

Autor:

Francisco Garrocho López

Tutor:

Jesús Racero Moreno

Profesor titular de Universidad

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Máster: Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

Autor: Francisco Garrocho López

Tutor: Jesús Racero Moreno

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*



# Agradecimientos

---

A todos aquellos compañeros, profesores y amigos que me han apoyado en estos años de máster y me han ayudado a convertir este trabajo en una realidad.

A Jesús Racero, por brindarme esta oportunidad de trabajar con él y haber depositado su confianza y su tiempo en mí para llevar a cabo este Trabajo Fin de Máster: ha sido un placer poder hacerlo.

A mis padres y a mi hermano, por ser siempre el apoyo necesario e incondicional durante estos últimos años.

A Susana, por ser el sustento de mis fuerzas y motivaciones en estos últimos cuatro años tan duros.

*Gracias por tanto.*

*Francisco Garrocho López.*

*Sevilla, 2021.*



La industria del siglo XXI, y en particular la industria aeronáutica, se sustenta cada vez con más arraigo en el uso de soluciones informáticas para que las empresas desarrollen estrategias de gestión de toda la información del producto, desde su concepción hasta su retirada del mercado, pasando por su diseño, fabricación y puesta en servicio.

Es por ello que los sistemas que aportan estas soluciones, conocidos como sistemas PLM (*Product Lifecycle Management*), adquieren cada vez una importancia más trascendental. Estos sistemas aportan soluciones más eficientes, seguras, económicas y sencillas para la gestión de la compleja información que conlleva un programa aeronáutico en su conjunto, y las labores de mantenimiento del mismo en particular, y que tanta problemática aporta a las empresas.

Del mismo modo aparecen los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), utilizados para la gestión operativa y basados en los sistemas PLM. Estos sistemas son capaces de aportar automatización a muchos procesos industriales, consiguiendo un aumento de la seguridad y la facilidad en el tratamiento de la información en comparación con los procesos tradicionales.

En concreto, la eficacia de los procesos de mantenimiento de una aeronave se ve habitualmente mermada por la gran cantidad de agentes externos, como proveedores de partes de producto, que participan en el programa. De esta forma, la gestión de la información de las partes se vuelve muy compleja, y la sencillez y seguridad de los procesos se ve comprometida. Es precisamente en este punto donde el concepto de interoperabilidad entre los sistemas PLM y ERP juega un papel crucial para aportar a las empresas una gestión eficaz de la información dentro del mercado tan competitivo en el que se enmarca la industria aeronáutica en la actualidad, y los procesos de fabricación y mantenimiento como parte fundamental de ella.

El objetivo de este trabajo consiste en el diseño de una ontología para la gestión de datos de partes de productos de mantenimiento que permita una interoperabilidad entre proveedores, conectados a través de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) y PLM, para garantizar la transmisión eficiente y segura de la información.



# Abstract

---

21<sup>st</sup> century industry, and particularly aeronautics industry, develops considering a strong hold to technological solutions in order to let companies to expand their management strategies related to product information, from its definition until its retirement from markets, going through design, manufacturing and commissioning stages.

That is why solutions based on systems, like *Product Lifecycle Management* (PLM) systems, are swiftly gaining importance. These systems contribute with an easy, saving, efficient and information protecting solution to manage complex information involved in a typical aeronautics program. Maintenance labours are considered a good precedent of this kind of issues that companies must face continuously.

Similarly, *Enterprise Resource Planning* (ERP) systems, based on PLM systems, are born for an operational management purpose. ERP systems are able to bring automation into industrial processes in order to gain an easier and more secure information treatment comparing to traditional processes.

Aircraft maintenance tasks efficiency is frequently wasted out due to supply chain or external manufacturers which take part into the program. Thus, information management hinders, and easiness and security processes are challenged. At this point, interoperability concept is born to work out a major role between PLM and ERP systems, as they are able to support companies with an effective information management into competitive aeronautics industry, and also into manufacturing and maintenance processes as an essential part of it.

The objective of this project is to design an ontology to manage maintenance products data that let interoperability proceed between diferent manufacturers, related through *Enterprise Resource Planning* (ERP) and PLM systems, to guarantee an efficient and information protecting process.



# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xv</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xix</b>
<b>1 Introducción y objetivos</b>	<b>21</b>
1.1 <i>Introducción</i>	21
1.2 <i>Objetivos</i>	22
<b>2 Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM</b>	<b>25</b>
2.1 <i>Interoperabilidad semántica</i>	25
2.1.1 ISO 10303	26
2.1.2 MBSE	26
2.1.3 Técnicas de modelado	31
2.2 <i>Ontologías</i>	32
2.2.1 Introducción, elementos y características de una ontología	32
2.2.2 Software para el diseño de ontologías	37
2.2.3 Proceso de creación de una ontología	38
2.3 <i>Sistemas PLM</i>	39
2.4 <i>Sistemas ERP</i>	41
<b>3 Diseño de una ontología orientada a los datos de producto</b>	<b>43</b>
<b>4 Implementación</b>	<b>47</b>
4.1 <i>Introducción</i>	47
4.2 <i>Customización ARAS</i>	48
4.3 <i>Definición de una ontología en Protégé</i>	52
<b>5 Diseño del sistema de instanciación</b>	<b>63</b>
<b>6 Demostración</b>	<b>67</b>
<b>7 Conclusiones</b>	<b>77</b>
<b>Referencias</b>	<b>79</b>
<b>Anexo I</b>	<b>81</b>
<b>Anexo II</b>	<b>83</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1 - Espacios más usados.	35
Tabla 2 - Significado de los colores en el archivo <i>XML</i> .	37
Tabla 3 - Potenciales problemas derivados del uso de sistemas PDM [33].	41
Tabla 4 - Equivalencia de atributos entre los sistemas ERP y PLM.	44
Tabla 5 – Partes utilizadas en el ejemplo.	67



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 – Esquema de trabajo.	23
Figura 2 – Ejemplo de desarrollo de una ingeniería secuencial [12].	27
Figura 3 – Ingeniería secuencial frente a ingeniería concurrente [14].	28
Figura 4 – Metodología Harmony de IBM [10].	29
Figura 5 – Procesos elementales Harmony [10].	29
Figura 6 – Metodología OOSEM [16].	30
Figura 7 – Metodología Vitech [10].	30
Figura 8 – Metodología JPL SA [10].	31
Figura 9 – Logo de SysML [22].	32
Figura 10 – Tipos de diagramas SysML vs UML [21].	32
Figura 11 – Estructura de etiquetas OWL.	35
Figura 12 – Espacios básicos más comunes.	35
Figura 13 – Nodos de <i>Object Properties</i> .	35
Figura 14 – Nodos de <i>Data Properties</i> .	36
Figura 15 – Nodos de <i>Classes</i> .	36
Figura 16 – Nodos de <i>Individuals</i> .	36
Figura 17 – Interfaz de usuario de <i>Ontolingua Server</i> [29].	37
Figura 18 - Interfaz de usuario de <i>Enterprise Architecture</i> [29].	38
Figura 19 – Logo de Protégé [32].	38
Figura 20 - Proceso de creación de una ontología.	39
Figura 21 – Ciclo de vida de producto.	40
Figura 22 – Características de un PDM.	41
Figura 23 - Extracto en formato .XLSX del sistema ERP.	45
Figura 24 – Representación gráfica de la ontología.	46
Figura 25 - Esquema de instanciación entre sistemas de la ontología.	47
Figura 26 – Interfaz de usuario de ARAS.	48
Figura 27 – Arquitectura del software de ARAS Innovator.	49
Figura 28 – ItemType de <i>Part</i> en ARAS.	50
Figura 29 – Formulario de <i>Part</i> en ARAS.	50
Figura 30 – Listas en ARAS.	51
Figura 31 – <i>Part</i> en ARAS.	51
Figura 32 – Crear un nuevo <i>Part</i> en ARAS.	52
Figura 33 – Apariencia de una ontología en Protégé.	52
Figura 34 – Creación de la clase <i>Part</i> .	53

Figura 35 – Ejemplo de contenido de la pestaña <i>Classes</i> .	53
Figura 36 – Anotaciones y propiedades de la clase <i>Part</i> .	53
Figura 37 – Crear un <i>Object</i> .	54
Figura 38 – Ventana para la creación de un <i>Object</i> .	54
Figura 39 – Anotaciones, características y propiedades del <i>Object</i> .	55
Figura 40 – Selección del dominio.	56
Figura 41 – Selección del rango.	56
Figura 42 – Añadir <i>DataProperty</i> .	57
Figura 43 – Anotaciones, características y descripción de los <i>DataProperties</i> .	57
Figura 44 – Dominio de un <i>DataProperty</i> .	58
Figura 45 – Rango de un <i>DataProperty</i> .	58
Figura 46 - Establecer equivalencias entre propiedades.	58
Figura 47 – Crear un <i>Individual</i> .	59
Figura 48 – Anotaciones, características y propiedades para <i>Individuals</i> .	59
Figura 49 - Añadir atributos a la instanciación.	60
Figura 50- Instancias introducidas para la clase <i>Part</i> .	60
Figura 51 - Ejemplo de instanciación en Protégé en formato <i>RDF/XML Syntax</i> .	61
Figura 52 – Pestaña <i>Design</i> en ARAS Innovator.	63
Figura 53 – Introducción de datos de parte en ARAS Innovator.	64
Figura 54 - Pestaña <i>BOM</i> en ARAS Innovator.	64
Figura 55 - Partes generadas en ARAS Innovator.	65
Figura 56 - Montaje completo M29020010000.	68
Figura 57 - Montaje de la tubería M29020010010.	68
Figura 58 - Extracto del sistema ERP de las partes utilizadas en la demostración.	69
Figura 59 – Montaje completo en ARAS.	69
Figura 60 – Tubería del montaje en ARAS.	70
Figura 61 – Tornillos del montaje en ARAS.	70
Figura 62 – Abrazaderas del montaje en ARAS.	71
Figura 63 - Manguera del montaje en ARAS.	71
Figura 64 - Codo del montaje en ARAS.	72
Figura 65 – <i>Individuals</i> generados en Protégé.	73
Figura 66 – Información de la tubería en Protégé.	74
Figura 67 - Relación entre el montaje completo y la tubería en Protégé.	74
Figura 68 - Relación entre la tubería y la manguera que la compone en Protégé.	74
Figura 69 - <i>Part_3</i> en formato <i>RDF/XML Syntax</i> .	75
Figura 70 - <i>Parte_3</i> en formato <i>RDF/XML Syntax</i> .	75
Figura 71 - <i>Part_4_Part_3</i> en formato <i>RDF/XML Syntax</i> .	75
Figura 72 - <i>Part_3_Part_5</i> en formato <i>RDF/XML Syntax</i> .	75
Figura 73 - Equivalencia entre propiedades en formato <i>RDF/XML Syntax</i> .	76

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

---

*La mejor manera de empezar algo es dejar de hablar de ello y empezar a hacerlo*

*Walt Disney*

## 1.1 Introducción

En el desarrollo de los procesos de mantenimiento de aeronaves que llevan a cabo los operadores de éstas, una vez que las aeronaves entran en servicio, se maneja gran cantidad de información y datos relativos a cada una de las piezas de la aeronave que son sujetas de formar parte de un proceso de mantenimiento programado de la aeronave. Esta información es fundamental para poder definir el proceso de mantenimiento en cuestión, pues existe una gran variedad de piezas en la aeronave, y dependiendo de algunas características de las mismas, sus procesos de mantenimiento asociados pueden llegar a ser muy distintos.

Sirva de ejemplo una pieza A que se considera reparable y esencial (la aeronave no puede volar sin dicha pieza instalada) y una pieza B que será no reparable (cuando se rompe se coloca una nueva pieza) y no esencial (el avión puede volar sin ella). Ambas piezas, A y B, tendrán unas tareas de mantenimiento asociadas muy distintas, pues A es una pieza reparable que debe desmontarse y pasar por taller antes de montarse de nuevo en la aeronave, mientras que B directamente es reemplazada. Esto proporciona una idea de la importancia de la información asociada a cada pieza de mantenimiento que debe recibir el operador encargado de dichas tareas por parte del fabricante de ésta.

Como norma general, y aplicable a cualquier ámbito de la vida, cuando dos partes pretenden entenderse y llegar a acuerdos, es fundamental el intercambio de información, a través, por ejemplo, de la comunicación. Este intercambio de información debe ser eficaz (por el interés económico y empresarial de las partes en ello) y seguro (debido a la gran confidencialidad de los programas militares en la actualidad), entre otras muchas características.

Pero este intercambio de información no es, de facto, nada fácil. Se podría pensar entonces, por ejemplo, en la cantidad de proveedores que proporcionan materiales y piezas a una cadena de montaje de algún importante programa europeo y militar como los que se desarrollan en la ciudad de Sevilla. La cantidad total de proveedores que participan en un programa es del orden de miles, cada uno de ellos con su particular forma de trabajar la información del producto, así como con sus propios sistemas y herramientas de la información. Es evidente por tanto la falta de homogeneidad en los modelos usados habitualmente entre los distintos proveedores para con el cliente final.

Se entiende por tanto que, por ejemplo, para el fabricante de la aeronave (en el caso de trabajar en una línea de ensamblaje) o para el responsable de las tareas de mantenimiento en este caso y en el que se centra este trabajo, este no es un problema trivial de fácil resolución, y requerirá de la inclusión de nuevos sistemas que garanticen un intercambio de información eficiente para todas las partes.

Si se particulariza esta idea a un entorno real de trabajo, se podría contrastar el uso de un software PLM para las labores relacionadas con el diseño de una aeronave y todas sus partes, y un sistema ERP como el que se utiliza en los programas aeronáuticos para crear, desarrollar y modificar las tareas de mantenimiento de todas las partes que componen una aeronave, y toda la información relativa a ellas. Como se mencionaba anteriormente, el

## 1. Introducción y Objetivos

intercambio de información entre estos sistemas es fundamental para el éxito de las labores de mantenimiento en particular, y del programa aeronáutico en su conjunto. Si bien este concepto puede resultar obvio, en la actualidad aún existen muchas carencias en el proceso de intercambio de información entre sistemas tan fundamentales en un programa aeronáutico, como son los sistemas PLM y ERP.

Es aquí donde se introduce el concepto de interoperabilidad. Ésta es la habilidad de compartir información y conocimiento de forma eficaz y segura entre dos o más herramientas o individuos con la máxima automatización posible. Favorecer el uso de técnicas de interoperabilidad evita la pérdida de información y la ineficiencia empresarial y económica que esto conlleva. Este concepto además debe ser aplicable en ambas direcciones, es decir, tanto en las transferencias de información de partes de mantenimiento de los proveedores hacia el operador encargado del mantenimiento de la aeronave, como en las transferencias recíprocas que el operador de la aeronave realice hacia los distintos proveedores.

En el campo de la interoperabilidad los estudios se han dirigido al desarrollo de nuevos lenguajes con su propia sintaxis (LML, *Lifecycle Modelling Language*) [1] o la incorporación de ontologías y semánticas (GOPPRRE *Graph Object Point Property Role and Relationship*) [2] que busca una formalización basada en ontologías de las herramientas usadas en MBSE. Los framework o entornos interoperables han proliferados en este ámbito, con el objetivo de proveer de una infraestructura de intercambio de información y conocimiento. Principalmente estos desarrollos han sido acometidos por entidades gubernamentales centrada en la defensa donde los proyectos desarrollados involucran gran cantidad de modelos y sistemas (DoDAF, *Department of Defence Architectural Framework*) [3].

### 1.2 Objetivos

El objetivo del trabajo consiste en diseñar e implementar una ontología prototipo para la gestión de datos de partes de mantenimiento garantizando la interoperabilidad entre sistemas ERP y PLM. Se pretende pues demostrar que se puede intercambiar información entre distintas herramientas de información haciendo uso de una sintaxis común, relacionando elementos que poseen una misma semántica. Para ello, se customizará un sistema PLM y se diseñará una ontología, garante de la interoperabilidad necesaria para llevar a cabo los transvases de información de forma eficaz y segura. Además, se usará la ontología de forma que pueda reconocer y clasificar los distintos elementos en función de las necesidades del proveedor encargado del mantenimiento de la aeronave.

El intercambio de información se realizará a través de una instanciación asociada a un sistema que genera e importa los datos en base a las especificaciones de la ontología y la semántica propia del sistema. Este proceso es posible gracias a las interfaces genéricas de gestión de ontologías que procesa la instancia y que se diseñarán en este trabajo, entre los sistemas ERP y PLM. Por último, las interfaces conectan los datos de la instancia con las del sistema. Este proceso que se acaba de describir se muestra de manera gráfica en la siguiente figura: en ella se observa cómo, a través de la ontología diseñada con un software específico para los sistemas PLM y ERP, la interfaz del sistema de cada proveedor o usuario es capaz de reconocer la semántica de trabajo, ya provenga ésta del sistema PLM o ERP, de forma indistinta, para poder desarrollar su labor de forma eficiente y eficaz. En este caso, dicha labor será el manejo e intercambio de información de datos de producto para las labores de mantenimiento de una aeronave.

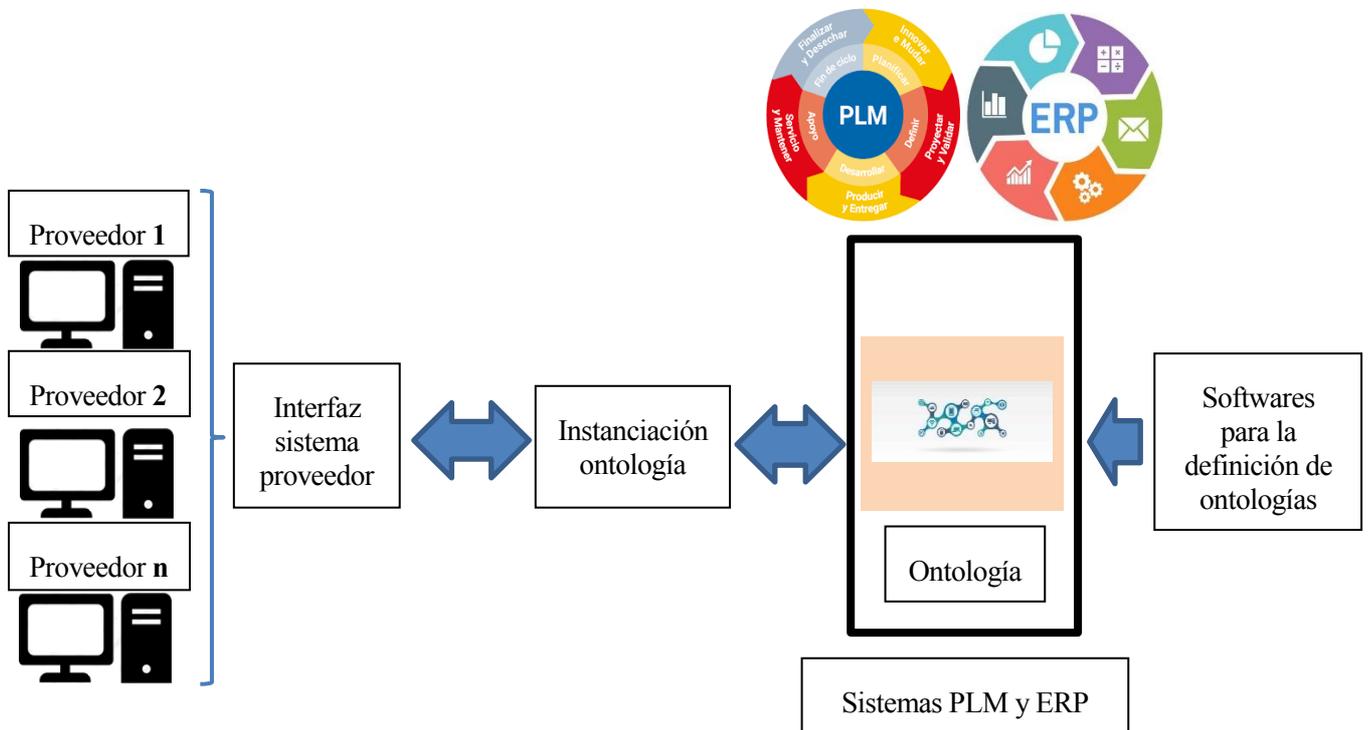


Figura 1 – Esquema de trabajo.

Para alcanzar el objetivo marcado, se llevarán a cabo una serie de pasos que nos garantizan obtener los requerimientos exigidos, y que se irán desarrollando a lo largo de este trabajo.

- En primer lugar, se realizará un estudio del estado del arte sobre los sistemas PLM y ERP en general, así como sobre los MBSE, que tanto se usan en la actualidad, de forma más particular. También se estudiarán conceptos clave como el de interoperabilidad u ontología.
- Posteriormente se procederá al diseño e implementación de la ontología que permitirá alcanzar nuestro objetivo, siempre justificando su arquitectura y funcionalidades, así como justificando el modelo de datos asociado que se usará.
- Por último, se llevarán a cabo una serie de pruebas y comprobaciones prácticas sobre el modelo implementado para garantizar su funcionalidad.

De esta manera, y para alcanzar los objetivos establecidos, el presente trabajo se estructura en base a una serie de capítulos que se describen a continuación. En primer lugar, se presentará un estado del arte en el que se introducirán los conceptos más importantes para, posteriormente, pasar a un tercer capítulo en el que se defina el diseño de la ontología que se ha marcado como objetivo para este trabajo.

A continuación, se detallará el proceso de implementación de la ontología a través de las distintas herramientas que en este trabajo se van a utilizar. En el capítulo 5 se detallará el sistema de instanciación de la ontología entre los sistemas PLM y ERP. Por último, en los dos últimos capítulos, se mostrarán una pequeña demostración y las conclusiones de este trabajo, respectivamente.



# 2 INTEROPERABILIDAD, ONTOLOGÍAS Y SISTEMAS PLM

---

*Los científicos no esperan que sus ideas avanzadas sean fácilmente aceptadas. Su deber es sentar las bases para aquellos que están por venir y señalar el camino*

*Nicola Tesla*

La investigación para el desarrollo de productos se encuentra, desde hace ya unos años, cada vez más a la vanguardia de la ingeniería. En la actualidad, cuesta más encontrar el desarrollo de un producto sin encontrar detrás todo un proceso de integración y colaboración, no sólo de personas y equipos de trabajo, sino también de diseños, procesos o herramientas.

Para hacer funcionar este complejo mecanismo de engranajes, surgen los sistemas de intercambio de información, bajo distintas nomenclaturas, pero con un fin común: compartir e integrar el conocimiento del producto.

## 2.1 Interoperabilidad semántica

Según la RAE (*Real Academia Española*) [4], la interoperabilidad es la capacidad de los sistemas de información, y por ende de los procedimientos a los que estos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos. Esta definición es cada vez más necesaria para el desarrollo de los sistemas de la información de la actualidad. Si bien este significado posee varias dimensiones, en este momento se muestra el más relevante para la realización de este trabajo: la interoperabilidad semántica.

Se entiende por interoperabilidad semántica la habilidad de los sistemas informáticos para intercambiar datos u objetos con un significado común, preferiblemente basados en el paradigma de Web Semántica [5]. Desde que este paradigma fue introducido por Tim Berners-Lee en el año 1999, el interés por este tipo de aplicación y otros estándares W3C (*World Wide Web Consortium*) no ha hecho más que ir en aumento.

El concepto de interoperabilidad semántica es un requisito para poder habilitar la lógica computacional de una máquina o, entre otros, el intercambio de información entre sistemas de información. Su objetivo es asegurar que el significado preciso de la información que se intercambia pueda ser comprendido por cualquier sistema no necesariamente concebido para tal fin, lo cual precisa que los propietarios del software se adapten a diseños ontológicos abiertos.

Así pues, el concepto no acecha sólo al tratamiento de los datos, si no a los mecanismos que permiten su transmisión. Esto se consigue gracias a la unión de datos sobre datos, metadatos, y vinculando cada dato a un vocabulario compartido y conocido entre los distintos sistemas. De esta forma se pretende crear un pequeño paquete que comprenda al dato y su significado, de manera que sea autodestructivo y entendible por cualquier sistema de interpretación de datos [6].

Por todo ello, la interoperabilidad semántica requiere de un acuerdo previo sobre la interpretación del conocimiento, entre los sistemas involucrados, referentes a los modelos a seguir, el contexto de aplicación o el uso de un lenguaje común, entre otros aspectos. Este marco es el que proporciona la ontología, como se mostrará posteriormente, y se rige por normas, como la ISO 10303 [7] o la IEC 62264 [8].

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

Pero la necesidad de interoperabilidad no sólo atañe a los sistemas y sus mecanismos, sino que, a lo largo de la historia, ésta ha ido en aumento hacia mayores niveles de implementación:

- Interacción entre sistemas
- Conexión directa entre sistemas
- Interacción funcional
- Integración de dominios
- Interoperabilidad entre empresas
- Interoperabilidad universal

Una vez analizada la interoperabilidad semántica, es necesario analizar también un concepto previo como es el de interoperabilidad sintáctica: ésta es el intercambio de datos, objetos o cualquier otro ente siempre que se transfiera en el formato correcto, sin que llegue a valorarse necesariamente. En la actualidad, el estándar utilizado para llevar a cabo este tipo de interoperabilidad es XML (*eXtensible Markup Language*), a través de los comandos “< >” que utilizan como delimitador de datos, no para transmitirlos, sino solo para estructurarlos y que sean interpretables [6]. La interoperabilidad sintáctica también permite la detección de errores sintácticos que impedirían la comunicación semántica pues, como se ha comentado, la sintaxis precede a la semántica. Sólo cuando las sintaxis, aunque distintas, pueden traducirse con precisión a una nueva sintaxis, los sistemas son capaces de entender dichas sintaxis pueden actuar con precisión.

Una particularización de la interoperabilidad semántica son los modelos de datos semánticos. Un modelo de datos semánticos no es más que un modelo de datos particular y conceptualizado para permitir que el intercambio de información no altere el significado semántico de las instancias, sin necesidad de conocer el modelo de metadatos que se definió anteriormente.

Otras de las dimensiones de los significados de la interoperabilidad son la estandarización de desarrollos de modelos datos y la creación de servicios web. El primero de estos conceptos se reflejará a través de los MBSE (*Model-Based Systems Engineering*) que se definirán posteriormente.

El segundo concepto, servicios web, se está convirtiendo en una solución para para el intercambio de datos entre los sistemas de forma colaborativa y distribuida, y cada vez más usada por las empresas. Estos servicios web se caracterizan por definir el formato de intercambio mediante lenguajes de marcas como XML, así como explotarse sobre distintas plataformas como, por ejemplo, plataformas PLM, lo cual le aporta un gran potencial dentro de la interoperabilidad de estos.

### 2.1.1 ISO 10303

La denominada norma ISO 10303 (Automatización de sistemas industriales e integración – representación e intercambio de datos entre productos) [7] es un estándar que describe cómo representar e intercambiar información y datos de producto de forma digital independientemente del sistema del que provengan [9]. También se le conoce como STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*).

Este proyecto de estandarización nació en 1984, con el propósito de hacer que los distintos sistemas de diseño y fabricación en la industria, con toda la información de producto que manejan, sean capaces de entenderse independientemente del formato de trabajo, y minimizando las redundancias y errores entre los datos.

Entre algunos de los protocolos que incluye STEP se encuentra información sobre el diseño explícito, el diseño de control de configuración, el empaquetado de la información técnica, o la ingeniería de los modelos MBSE en 3D, entre otros muchos protocolos [7].

### 2.1.2 MBSE

Los MBSE pueden ser definidos como el conjunto de técnicas, procesos y herramientas usados para crear un tipo de sistemas de ingeniería en el contexto, o bajo las guías, de un modelo [10]. Esta técnica, tan utilizada e importante en la actualidad para en el desarrollo de la ingeniería de sistemas y la industria 4.0, ha ido evolucionando a lo largo de la historia, desde la ingeniería secuencial hasta la ingeniería concurrente en primer lugar, para enmarcarse posteriormente dentro de la ingeniería colaborativa.

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

La ingeniería secuencial posee un enfoque tradicional del desarrollo del producto dentro de la industria, es decir, después de ejecutar cada etapa, y no antes, se transfiere el producto a la siguiente etapa. Así, apenas existe comunicación ni intercambio de información entre las distintas etapas, lo que obliga a volver a una etapa en caso anterior en caso de encontrar defectos.

No obstante, este método aporta algunas ventajas, como procesos de fabricación sencillos, con unos tiempos óptimos enfocados a grandes producciones [11]. Por el contrario, para poner en marcha un proceso de estas características es necesario una gran aportación de capital inicial, para unos productos que serán poco personalizables, así como asumir que la calidad de éstos no será óptima. Un claro ejemplo de este tipo de ingeniería pueden ser las cadenas de comida rápida.

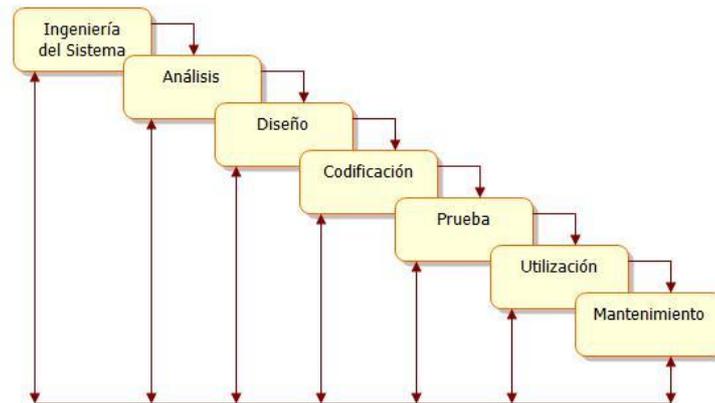


Figura 2 – Ejemplo de desarrollo de una ingeniería secuencial [12].

El siguiente paso fue la aparición de la ingeniería concurrente, que nació en la industria aeroespacial, para aportar unas técnicas de trabajo que permiten acortar los tiempos y obtener productos de mayor calidad, con un menor coste. Los procesos de la ingeniería concurrente se rigen por dos ideas fundamentales [13]:

1. Todos los integrantes del producto deben ser tenidos en cuenta desde la primera fase.
2. Todas las actividades anteriores a la fabricación del producto deben ir avanzando simultáneamente con el proceso.

Asimismo, la ingeniería concurrente se basa en unos principios de acción básicos [13]:

1. Coordinación entre grupos de trabajo.
2. Metodología de trabajo común.
3. Toma de decisiones consensuadas.
4. Resolución temprana de los problemas.
5. Reducción de tiempos de desarrollo.

Estos principios de acción básicos nos permitirán obtener proyectos menos fragmentados, con notables mejoras de calidad en los mismos y, por tanto, una mayor satisfacción de los clientes, en comparación con los resultados de la ingeniería secuencial.

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

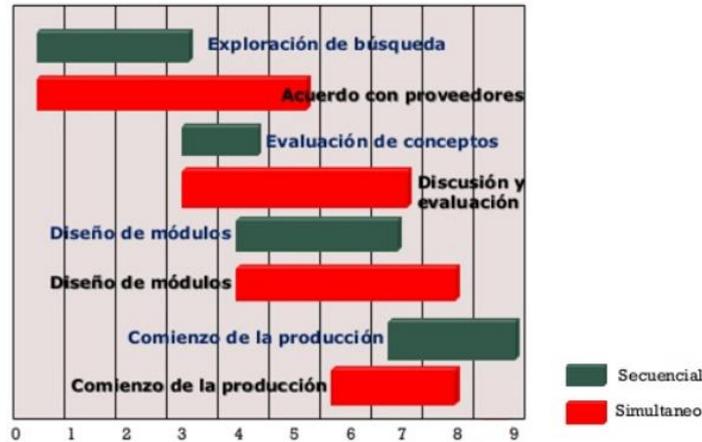


Figura 3 – Ingeniería secuencial frente a ingeniería concurrente [14].

De esta forma, se llega a la ingeniería colaborativa que cada vez más predomina en la actualidad, frente a una ingeniería concurrente que sigue mostrando algunas deficiencias a la hora de organizar proyectos o aprovechar las nuevas tecnologías. La ingeniería colaborativa y los sistemas de ingeniería basados en modelos (MBSE) se encuentran estrechamente ligados, y no sería posible entender uno sin el otro.

MBSE es una metodología de Integración de Sistemas que busca ser el medio principal de comunicación entre los ingenieros de sistemas, en lugar de la actual metodología de intercambio de información en la que se basa la ingeniería concurrente. El MBSE se basa en un modelado de su diseño y arquitectura que permite mejorar la eficiencia de los procesos del producto final, obteniendo una validación previa del sistema. Entre las principales actividades de modelado se incluyen: análisis de requisitos del sistema, actividades de V&V (*Validación y Verificación*), análisis de funcionamiento, test... [15], así hasta el fin de la vida del sistema o del producto.

A continuación, se muestran algunas de las metodologías MBSE más influyentes y utilizadas por la industria en los últimos años, de manera que se han convertido en referencia para la Ingeniería de Sistemas (SE, *Systems Engineering*) [10]. Algunas de ellas buscan una rigurosa formalidad matemática, otras, sin embargo, se centran en conseguir un enfoque intuitivo y sencillo a través de modelados gráficos, como se verá a continuación.

- IBM Telelogic Harmony-SE [10]

La denominada metodología desarrollada por IBM, *Harmony*, que se muestra en la siguiente ilustración, se asemeja al clásico modelo de diseño de procesos en ciclo en “V”. Está enfocada a los sistemas de ingeniería y, tal y como se aprecia en el esquema, los elementos del modelo y sus requerimientos son almacenados en un repositorio centralizado.

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

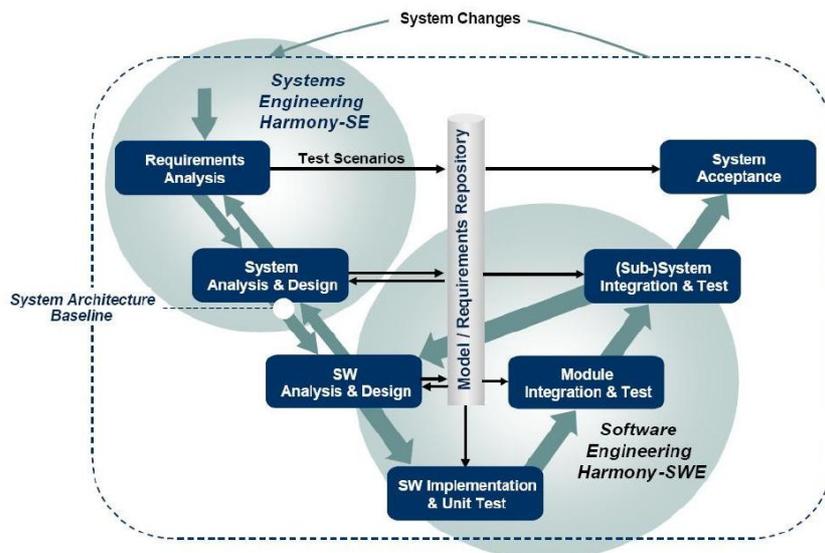


Figura 4 – Metodología Harmony de IBM [10].

Los principales objetivos de esta metodología son:

1. Obtener las funcionalidades del sistema requeridas.
2. Identificar los estados y los modos del sistema asociados.
3. Asignar las funcionalidades y modos del sistema a una arquitectura física.

El flujo de tareas y los productos de trabajo están incluidos en los siguientes procesos elementales:

1. Análisis de requisitos.
2. Análisis funcional del sistema.
3. Diseño de la arquitectura del modelo.

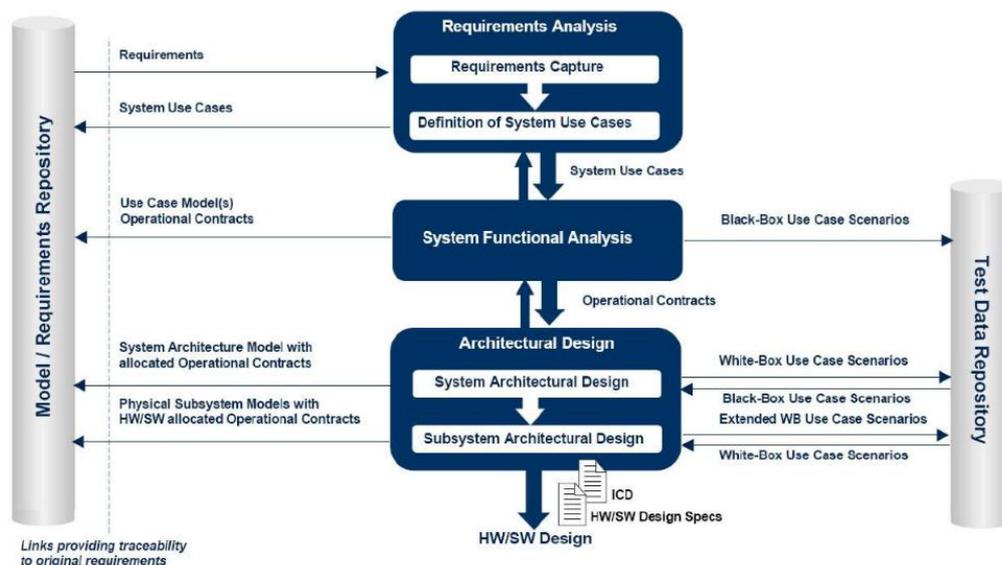


Figura 5 – Procesos elementales Harmony [10].

- INCOSE Metodología SE orientada a objetos (OOSEM, *Object-Oriented SE Method*) [10].

Esta metodología incluye técnicas de modelado *OMG SysML (Object Management Group SysML)* para crear

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

las especificaciones, los análisis, el diseño y la verificación de los sistemas. Esta técnica permite conjugar métodos más tradicionales con nuevas técnicas de modelado de SE para obtener una arquitectura de diseño más flexible y un sistema final que se adapte más rápidamente a los cambios de requisitos o de tecnologías. Entre sus principales objetivos se encuentran:

1. Capturar requisitos e información de diseño para crear sistemas complejos.
2. Integración de software, hardware y metodologías centradas en objetos.

Apoyo a evoluciones de diseño.

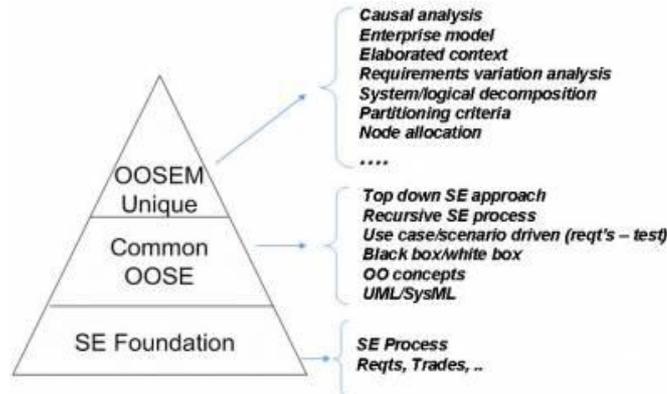


Figura 6 – Metodología OOSEM [16].

Del mismo modo, algunas de las actividades en las que se basa esta metodología son:

1. Definición de los requisitos del sistema.
2. Definición de la arquitectura lógica del sistema.
3. Evaluación y optimización de métodos alternativos.
4. Analizar las necesidades de los distintos socios.
5. Proceso V&V del sistema.

- Metodología de Vitech [10].

La metodología MBSE Vitech está basada en 4 actividades para SE que están intrínsecamente unidas a través de un repositorio de diseño del sistema:

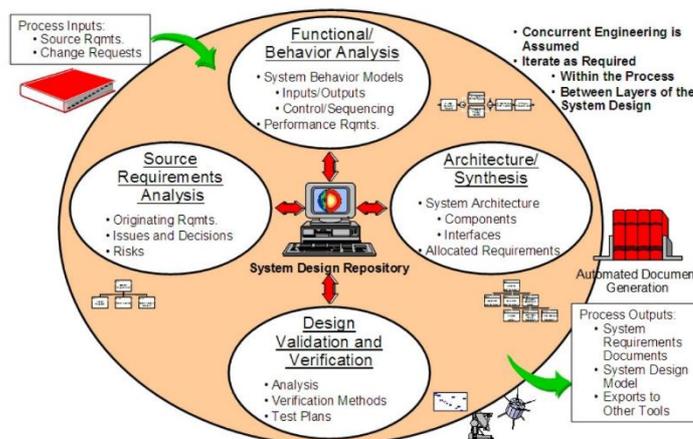


Figura 7 – Metodología Vitech [10].

Estas actividades son:

1. Análisis de requisitos.
2. Análisis del comportamiento funcional.

3. Síntesis de arquitectura.
4. V&V del diseño.

Cada una de estas actividades conforman un dominio, donde las actividades de SE son consideradas elementos particulares de cada dominio, lo cual conforma el denominado dominio de procesos.

- JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) Análisis de estado (SA) [10].

Esta metodología MBSE define una serie de estados como una representación de la condición momentánea de la evolución del sistema (*knowledge, estimation, control*) y los modelos no son más que la evolución de dicho estado. Con estas dos sencillas ideas, los puntos claves de esta metodología pasan a ser:

1. El estado es explícito.
2. El estado de estimación se encuentra separado del estado de control.
3. Los modelos son ubicuos para la arquitectura del sistema.
4. La arquitectura establece unos objetivos a través de un circuito cerrado.
5. La arquitectura proporciona un mapeo sencillo y directo del software.

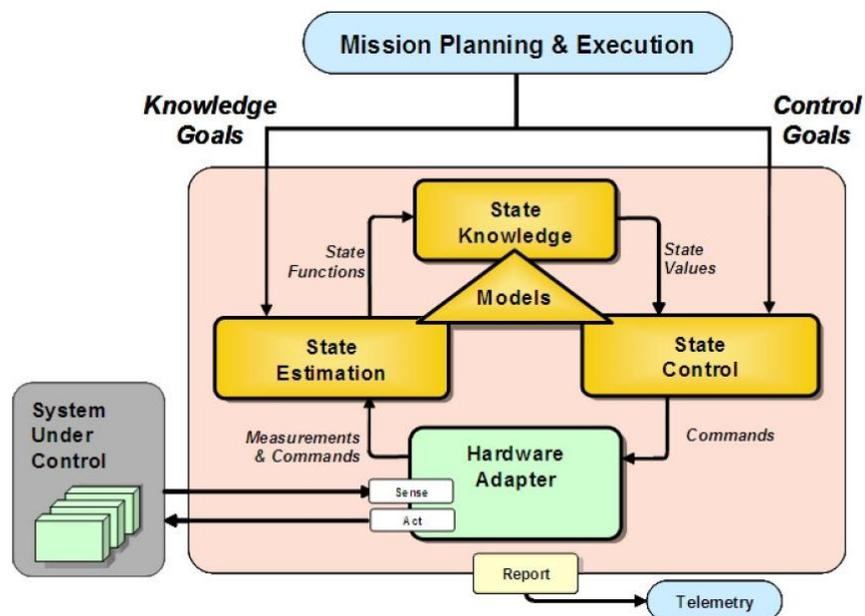


Figura 8 – Metodología JPL SA [10].

Tal y como se mencionó anteriormente, los MBSE poseen la capacidad de estandarizar el intercambio de datos, haciendo efectiva la interoperabilidad, y creando el concepto de interoperabilidad de modelos. Este nuevo concepto es fundamental en algunos campos de alto valor añadido, como Defensa o Aeroespacial [17]. Algunas de sus principales ventajas son la reducción de tiempos y costes en los desarrollos de nuevos sistemas con independencia de la técnica de modelado que se emplee, ya que algunas técnicas o lenguajes de modelado como las que se presentan en este capítulo, y que se siguen usando en la actualidad, no tienen en cuenta dicha interoperabilidad de modelos.

Asimismo, es destacable el desarrollo de investigaciones centradas en esta interoperabilidad de modelos, como Monterey-Phoenix Event Grammar [18] donde la definición de arquitecturas de sistemas se basa en modelos de comportamientos que finalmente son representados mediante una gramática basada en eventos.

### 2.1.3 Técnicas de modelado

Según se ha comentado anteriormente, para estos modelos MBSE, es necesario utilizar algún lenguaje, preferiblemente gráfico, por la simplicidad del proceso y la efectividad de los resultados. Dentro de estos lenguajes, el precursor fue el *Unified Modeling Language* (UML), considerado hoy en día un estándar para el

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

desarrollo de software. Este lenguaje es capaz de trabajar con un sistema (visualizarlo, crearlo, modificarlo...) a través de distintos aspectos conceptuales, como procesos, funciones del sistema o bases de datos, para crear su estructura y diseño, de manera que se satisfagan todos los requisitos necesarios [19]. Este lenguaje se encuentra en una gran cantidad de herramientas comerciales que se analizarán posteriormente.

A partir de este lenguaje UML nació en el entorno de la ingeniería un nuevo lenguaje, SysML, muy extendido en la actualidad en este campo [20]. El *Systems Modeling Language* (SysML) [21] es un lenguaje de alto nivel, utilizado sobre todo en la ingeniería de sistemas, gracias a sus facilidades para modelar elementos físicos (algo que UML no podía aportar).



Figura 9 – Logo de SysML [22].

También es un lenguaje gráfico, como UML, aunque más sencillo que éste pues no incluye algunos aspectos que sí incluye UML específicos para la creación de software como se comentó anteriormente. No obstante, sí posee una semántica y gramática propias, y es independiente de la metodología MBSE empleada (IBM Harmony, OOSE, Vitech, JPL...) así como de las herramientas de modelado empleadas.

Con respecto a lo elementos de un lenguaje y otro, se muestra la siguiente ilustración para su mejor comprensión. UML parte de 14 tipos distintos de diagramas y SysML toma algunos de ello, otros los modifica, y finalmente también añade algunos nuevos tal y como se aprecia en la siguiente ilustración.

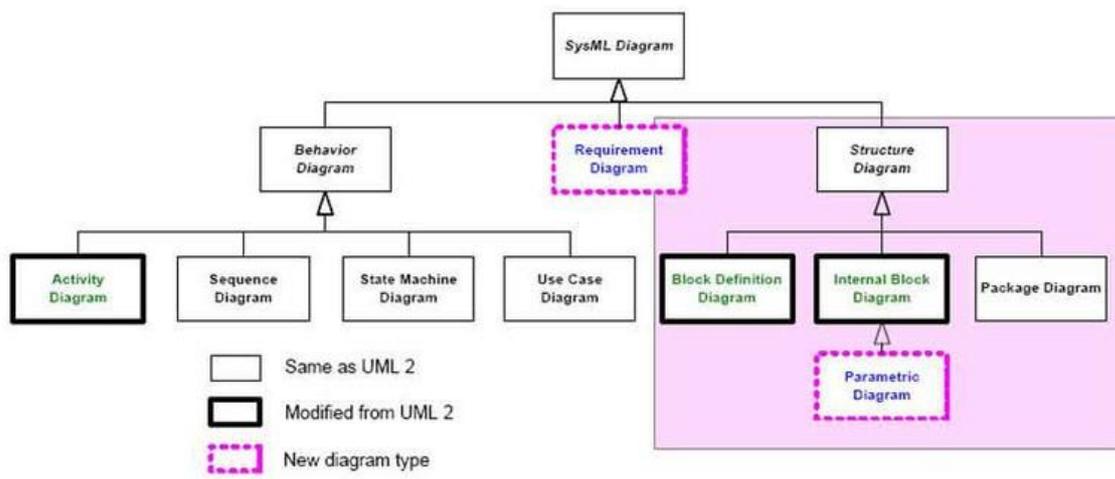


Figura 10 – Tipos de diagramas SysML vs UML [21].

## 2.2 Ontologías

### 2.2.1 Introducción, elementos y características de una ontología

Un concepto que no se puede obviar en este contexto es el de ontología. Para analizar este concepto, se presentará en primer lugar su definición, mayoritariamente aceptada en la actualidad por la comunidad de la ingeniería del conocimiento, pues cabe destacar que es un término que proviene de la filosofía y ha sufrido distintas interpretaciones a lo largo de la historia. La siguiente definición la aportó Borst en 1997 [23]:

*“Las ontologías son una especificación formal de una conceptualización compartida”*

En esta definición, el término conceptualización se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno del mundo que tiene identificados los conceptos más relevantes de dicho fenómeno. El término formal se refiere al hecho de que la ontología debería ser interpretable por una máquina (o herramienta, como se verá posteriormente). El hecho de que la conceptualización sea compartida se refiere a que la ontología debe capturar un conocimiento compartido y aceptado por un grupo, no sólo por un individuo [24].

Se trata pues de un ente a un nivel superior a lo que se ha definido hasta el momento, un concepto que permite aunar, por ejemplo, tipos o relaciones entre entidades que existen para un uso particular en un campo concreto. Es, por tanto, un elemento fundamental para intercambiar información entre distintas herramientas de trabajo de la información, haciendo uso de una sintaxis común.

Para poder trabajar con las ontologías, será necesario definir sus principales componentes. De esta manera se aportan definiciones y elementos menos abstractos dentro de este concepto [25]:

1. **Clases:** Son básicamente conceptos, ideas básicas que se intentan formalizar. Éstas pueden ser un objeto, un método, un plan, una estrategia, un proceso de razonamiento... En definitiva, son las abstracciones de las entidades del sistema.
2. **Atributos:** es la forma de organizar la estructura interna de las clases. Pueden ser específicos (propios de la clase) o heredados (se establecen por las relaciones que las clases mantienen con otras clases). Se pueden declarar una serie de atributos clave dentro de cada clase de forma que no se pueda instanciar más de una particularización de dicha clase con los mismos valores de los atributos. Así, pueden buscarse elementos de una clase a través de sus atributos. Su dominio es la clase, y su rango el tipo de elemento que sea instanciado.
3. **Relaciones:** representan las interacciones entre las clases. Conforman la taxonomía del dominio, por ejemplo, “parte de”, “subparte de”, “posee a” ... Existen relaciones de tipo binarias como las taxonómicas (“es un”) o las partonómicas (“parte de”). Su dominio es la clase de relación, y su rango es la clase de individuos que se va a relacionar.
4. **Funciones:** Son un tipo concreto de relación donde se identifica un único elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de la ontología. Sirva de ejemplo la función “padre de”.
5. **Instancias:** Sirven para representar objetos determinados de una clase. Es la forma de particularizar la clase. Se utilizan para representar elementos específicos.
6. **Axiomas:** Son teoremas que se establecen sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología. Por definición, axioma quiere decir algo que siempre es verdad, y así debe aplicarse también en las ontologías. De esta manera, se convierten en una herramienta para definir relaciones, restricciones entre atributos, entre otros.

Todas estas características nos permitirán crear los denominados *individuals* que no son más que las particularizaciones de una clase que ha sido instanciada. Dicho de otro modo, es la creación de entidades de algún tipo asociando valores a sus atributos para obtener información.

Las ontologías se manejan a través de un lenguaje web semántico, el denominado Lenguaje de Ontologías Web (OWL). Este lenguaje fue creado para procesar información contenida en documentos a través de distintas herramientas, de manera que éstas les presenten a los seres humanos posteriormente la información que requieren sin ambigüedades [26]. OWL posee mayor facilidad para expresar los significados y las semánticas que otros lenguajes, como por ejemplo XML, RDF o RDF Schema (RDF-S), de manera que OWL es capaz de llegar más lejos en cuanto a resultados de interpretación de contenidos se refiere, haciendo explícito el conocimiento implícito.

Ello es capaz de conseguirlo a través de un vocabulario más amplio para describir clases y atributos, o añadiendo más y distintas relaciones entre clases, como igualdad, cardinalidad, clases enumeradas... Es decir, existe una particularización en lenguaje OWL de cada uno de los elementos que definen las ontologías y que se presentaron anteriormente.

## XML

Cabe en este momento recordar que **XML** proporciona una sintaxis superficial para documentos estructurados, pero no impone limitaciones de semántica en estos documentos. A su vez, se utiliza **XML Schema** para restringir las estructuras de documentos XML y para ampliar éstos con más tipos de datos.

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

XML (*Extensible Markup Language*) es el lenguaje que permite intercambiar información en un documento con un formato y una sintaxis elegida de forma que pueda llevarse a cabo la interoperabilidad. Este Lenguaje de Marcada Extensible (XML) no es un lenguaje en sí mismo, de ahí que se deban definir las etiquetas al comienzo de cada documento para poder compartir los datos entre distintos sistemas, como se verá posteriormente.

El archivo XML está formado por elementos y atributos, ordenados de forma jerárquica. Dentro de él, los nodos (elemento con sus atributos y todo lo que cuelga de él) aparecen relacionados entre sí, por ejemplo, uno dentro de otro como padre e hijo.

Los atributos van ligados a los elementos, de manera que los primeros caracterizan a estos últimos, a través de una pareja nombre-valor. Para diferenciar si un elemento posee un valor asociado, se puede observar la estructura del nodo:

- “<Nombre elemento Nombre atributo=Valor atributo>Valor elemento</Nombre elemento>” (sí posee valor asociado).
- “<Nombre elemento Nombre atributo=Valor atributo/>” (no posee valor asociado).

### RDF

A diferencia de XML, **RDF** (*Resource Description Framework*), es un modelo de datos para objetos y relaciones entre ellos, y proporciona una semántica simple para dicho modelo de datos, que pueden ser representados en una sintaxis XML. Además, **RDF Schema** es un vocabulario de propiedades y clases de recursos RDF con una semántica para la generalización y jerarquización de éstas.

Así, como se mostrará posteriormente, es sencillo para el usuario cambiar, por ejemplo, las propiedades de las clases de una ontología, tanto en cantidades como en definición de las mismas, pues RDF utiliza el recurso de espacio de nombres XML: los espacios de nombres es una forma de vincular el uso de las palabras con el esquema donde está definida la misma, relacionando así cada propiedad con un esquema.

No obstante, esta estructura de etiquetas obliga al usuario a ser riguroso con la definición de los términos, pues tanto emisor como receptor deberán interpretar mismos significados para mismos términos.

Continuando con las características del lenguaje OWL, cabe mencionar ahora que éste se encuentra dividido en tres sublenguajes diseñados específicamente para distintos usuarios según sus necesidades [26]. El primero de ellos es **OWL Lite**, destinado a ontologías que requieren una clasificación jerárquica, y unas relaciones sencillas (por ejemplo, una relación de cardinalidad 0 o 1). Su estructura más sencilla también facilita su migración a otras taxonomías.

**OWL DL** es el segundo sublenguaje. Está enfocado a aquellos usuarios que requieren la máxima expresividad a la vez que mantienen la complejidad computacional y la capacidad de decisión. OWL DL incluye todas las especificaciones del lenguaje OWL, aunque solo pueden ser usadas bajo ciertas restricciones.

**OWL Full** es el tercer sublenguaje y está diseñado para aquellos usuarios que quieren la máxima expresividad y libertad de sintaxis de RDF sin limitaciones computacionales. OWL Full permite, entre otros aspectos, aumentar el significado del vocabulario (RDF o OWL) predefinido.

Dicho esto, es importante remarcar que los archivos en lenguaje OWL sirven para definir clases, atributos, objetos, entidades, subclases... Todos ellos como documentos de web semántica. Esto se lleva a cabo a través de una estructura OWL en esquema RDF (RDF-S), o lo que es lo mismo, un fichero XML con una estructura específica para definir esquemas de etiquetas que pueda ser representado por RDF.

Para entender mejor esta estructura, se muestra a continuación un pequeño ejemplo de la estructura de etiquetas propias que se ha definido en un documento:

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#"
  xmlns:base="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
  <owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9"/>
  <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#FatherOf">
  <owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part"/>
  <owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ABS0396H12ND:FAPB3">
</rdf:RDF>
```

Figura 11 – Estructura de etiquetas OWL.

En primer lugar, aparece la versión XML usada, en este caso, “1.0”. Posteriormente aparece un nodo “rdf:RDF” que define la ontología y todos sus elementos (objetos, clases, entidades...): este es el denominado nodo raíz. Dentro de esta estructura se aprecian los espacios básicos fundamentales que se muestran a continuación con mayor detalle:

```
xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
```

Figura 12 – Espacios básicos más comunes.

A modo de resumen, se muestra también una tabla resumen con los nombres de los espacios de nombres XML más usados:

Tabla 1 - Espacios más usados.

Raíz	Referencia del espacio de nombres
<i>owl</i>	xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
<i>xsd</i>	xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
<i>rdf</i>	xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
<i>rdfs</i>	xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"

A continuación, empiezan a aparecer el resto de los nodos que conforman el archivo XML a partir del nodo raíz. Estos nodos siempre se encuentran estructurados de una misma forma, que consiste en mostrar, en este orden, los nodos correspondientes a: *Object Properties*, *Data Properties*, *Classes* e *Individuals*. Éstos se muestran a continuación a través de un ejemplo [27].

En los nodos de *Object Properties* se aprecia el objeto creado *birthPlace*, así como el dominio y el rango que se han establecido para este ejemplo aleatorio. Si se hubiera establecido alguna relación con otra propiedad de objeto, también aparecería aquí.

```
<owlx:ObjectProperty owlx:name="birthPlace">
  <owlx:domain owlx:class="#Driver" />
  <owlx:range owlx:class="#Region" />
</owlx:ObjectProperty>
```

Figura 13 – Nodos de *Object Properties*.

Para los nodos de *Data properties*, se muestra una propiedad creada a modo de ejemplo. En ella se aprecia su dominio y su rango; si existiera equivalencia con otras propiedades creadas, o algún comentario explicativo sobre el significado de la misma, también aparecería aquí. Asimismo, las propiedades que han sido consideradas como funcional para hacer únicos las instanciaciones, poseen un atributo en el nodo para marcar el *Type Functional* que también se muestra en el archivo XML:

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

```
<owlx:DatatypeProperty owlx:name="birthYear">
  <owlx:domain owlx:class="#Driver" />
  <owlx:range owlx:datatype="xsd:positiveInteger" />
</owlx:DatatypeProperty>
```

Figura 14 – Nodos de *Data Properties*.

En el caso de *Classes*, el nodo es el más sencillo de todos, pues sólo incluye una línea para la creación del atributo de las clases *Driver* y *Sportsman* de este ejemplo. También podría aparecer una etiqueta con el nombre de la clase.

```
<owlx:Class owlx:name="Sportsman" owlx:complete="false">
  <owlx:Class owlx:name="#Person" />
</owlx:Class>
<owlx:Class owlx:name="Driver" owlx:complete="false">
  <owlx:Class owlx:name="#Sportsman" />
</owlx:Class>
```

Figura 15 – Nodos de *Classes*.

Por último, para las instanciaciones, se encuentra una estructura sencilla y manejable, una vez entendidas las anteriores. Aparecen atributos para *Type* (en este caso es de tipo *Driver*, una de las dos clases que se han definido para este ejemplo), así como para cada una de las propiedades definidas para la instanciación en cuestión (en este ejemplo dos propiedades), ya sean propiedades de objeto (*ObjectProperty*) o de datos (*Data Property*).

```
<owlx:Individual owlx:name="Fernando Alonso">
  <owlx:type owlx:name="Driver" />
  <owlx:ObjectPropertyValue owlx:property="birthPlace">
    <owlx:Individual owlx:name="#Oviedo" />
  </owlx:ObjectPropertyValue>
  <owlx:DataPropertyValue owlx:property="birthYear">
    <owlx:DataValue owlx:datatype="xsd:positiveInteger">1981</owlx:DataValue>
  </owlx:DataPropertyValue>
</owlx:Individual>
```

Figura 16 – Nodos de *Individuals*.

El cierre del nodo raíz se realiza con la sentencia `</rdf:RDF>` como se verá posteriormente en el ejemplo.

Para poder abrir el documento en formato XML generado por la ontología, se puede utilizar cualquier editor de texto. En este trabajo se ha utilizado el software *Notepad++* [28], por su facilidad de uso y gran adaptación a distintos formatos. Esta aplicación es capaz de detectar de qué tipo es cada elemento que se encuentra dentro del documento y catalogarlo por colores, como se aprecia en la anterior ilustración. El significado de cada uno de los colores se muestra a continuación:

Tabla 2 - Significado de los colores en el archivo XML.

Color	Significado
Verde	Comentario
Azul	Nombre del elemento
Negro	Valor del elemento
Rojo	Nombre del atributo
Morado	Valor del atributo

A continuación, se muestran algunas de las herramientas comerciales más usadas en la actualidad para el desarrollo de ontologías, esto es, crear, cargar, modificar o consultar ontologías, entre otras funciones.

## 2.2.2 Software para el diseño de ontologías

- **Ontolingua Server**

Ontolingua Server fue el primer software de ontologías, creado y desarrollado en el marco del proyecto DARPA Knowledge Sharing Effort (KSE) de la Universidad de Stanford a principios de los años 1900s [29]. Esta herramienta permite obtener los mecanismos para crear o reutilizar una ontología ya existente. Inicialmente consistía en un único módulo, el editor de ontologías, aunque progresivamente, con el paso del tiempo, se han ido añadiendo nuevos módulos funcionales, como un editor de ecuaciones, un Webster... [24]. En la siguiente imagen se muestra la interfaz de usuario de Ontolingua Server; nótese la sencillez y lo arcaico de su diseño en comparación con otros diseños en la actualidad.

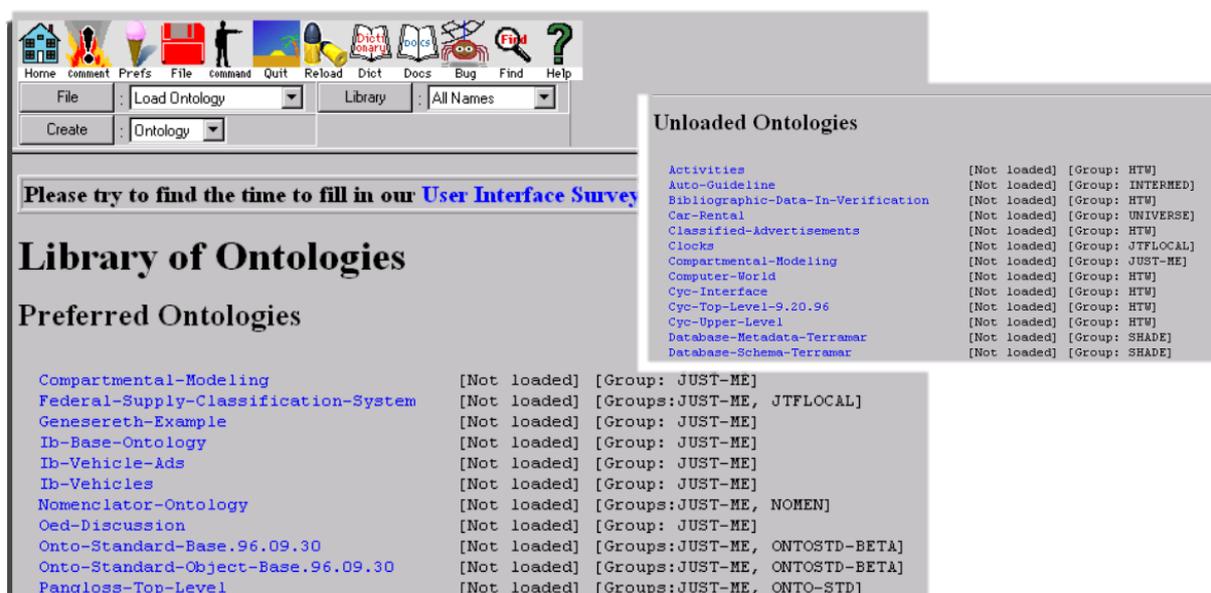


Figura 17 – Interfaz de usuario de *Ontolingua Server* [29].

- **Enterprise Architecture**

La siguiente herramienta que se presenta es Enterprise Architecture, desarrollada por Sparx Systems [30] y basada en el lenguaje UML de OMG que se comentó anteriormente. Este software permite el diseño, modelado y construcción no sólo de ontologías, si no de cualquier ciclo de vida de cualquier tipo de proyecto, a través de una interfaz de modelado gráfica sencilla e intuitiva para el usuario que no se encuentra en otras herramientas de diseño de ontologías. La herramienta también posee, entre otros, estándares SysML u OWL, lo que permite la exportación de ontologías en formato.owl directamente.

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

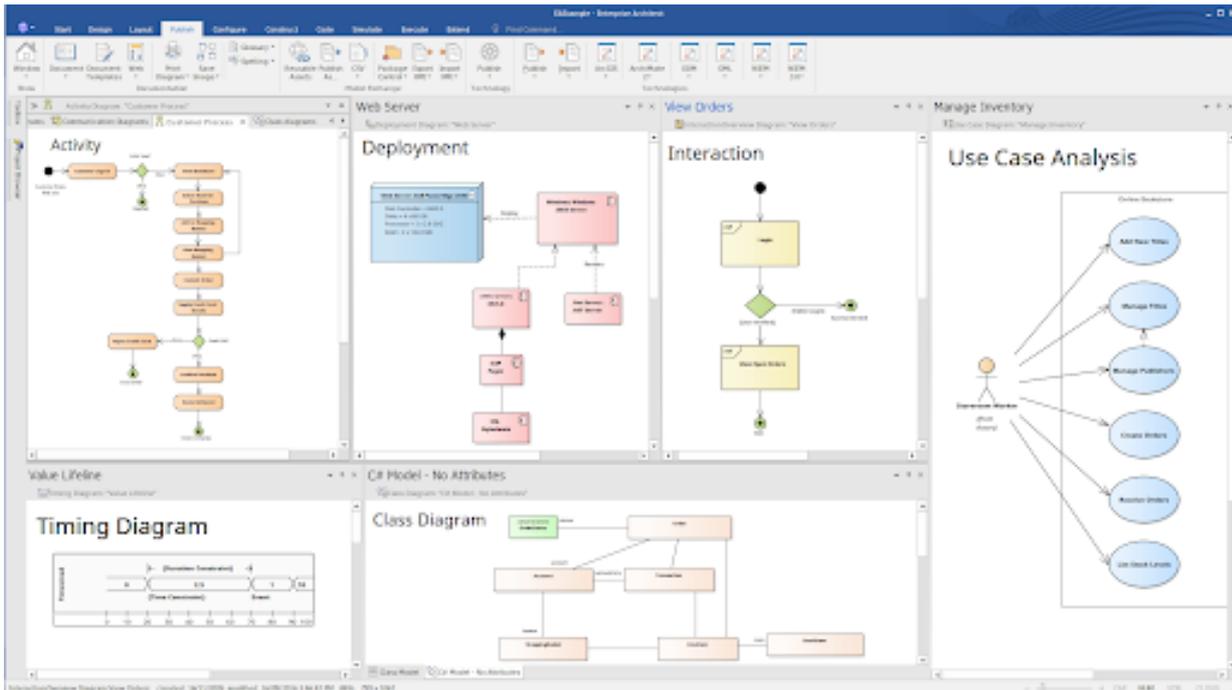


Figura 18 - Interfaz de usuario de *Enterprise Architecture* [29].

- **Protégé**

La última herramienta que se presenta es Protégé con la que se realizará el diseño de la ontología que este trabajo se presenta. Protégé es un software libre de código abierto utilizado por la gran mayoría de comunidades educativas que en la actualidad se dedican a modelar conceptos como jerarquía de clases, para desarrollar sistemas basados en el conocimiento, o de forma particular, para editar ontologías, y que creado por la Universidad de Stanford [31].



Figura 19 – Logo de Protégé [32].

Protégé posee una interfaz sencilla, amigable, intuitiva y, sobre todo, customizable para ser adaptada a otros entornos de trabajo, lenguajes formales, aplicaciones... Además, soporta lenguajes como OWL, XML o RDF descritos con anterioridad para facilitar la integración de la ontología. En el capítulo 3 de este trabajo se describe el proceso de definición de una ontología en Protégé.

La herramienta puede ser obtenido de forma gratuita y sencilla a través del sitio web oficial [32].

### 2.2.3 Proceso de creación de una ontología

El proceso de creación de una ontología se puede resumir en una serie de fases que se describen a continuación. Si bien se pretende definir una estrategia de trabajo para las ontologías, ésta no es exclusiva y está abierta a modificaciones, cambios y mejoras, en función de las necesidades específicas del cliente o del propio usuario.

1. Definir el alcance de la ontología. ¿Para qué se va a utilizar? ¿Qué necesidades se requieren satisfacer? ¿Cuál es su dominio? En definitiva, establecer el dominio de la ontología.
2. Considerar reutilizar una ontología ya existente. Ya existen librerías de ontologías que pueden ser tomadas como base para definir nuestra propia ontología.

3. Definir los componentes más importantes de la ontología. ¿Qué términos se van a emplear? ¿Qué propiedades van a tener esos términos? ¿Qué propiedades van a identificar unívocamente estos términos?
4. Definir las clases de la ontología. Este proceso se hace en base al punto anterior, tomando como referencia los términos.
5. Definir las propiedades de las clases. Introducir los atributos que se definieron en el punto 3 para identificar a las clases que se han definido en el punto 4.
6. Definir las características de los atributos. Los atributos pueden poseer un rango de valores válidos, o un cierto tipo de caracteres válidos (por ejemplo, sólo letras o sólo número enteros). Ello depende la definición de clases que se haya tomado y es importante realizarlo antes de definir las instancias.
7. Crear las instancias. Definir las instancias particulares de las clases creadas anteriormente, incluyendo la jerarquía si así fuera necesario y rellenando los valores particulares de los atributos.

Para un mejor entendimiento de este proceso que se acaba de describir, se presenta a continuación un esquema a modo de diagrama de flujo en la siguiente figura.

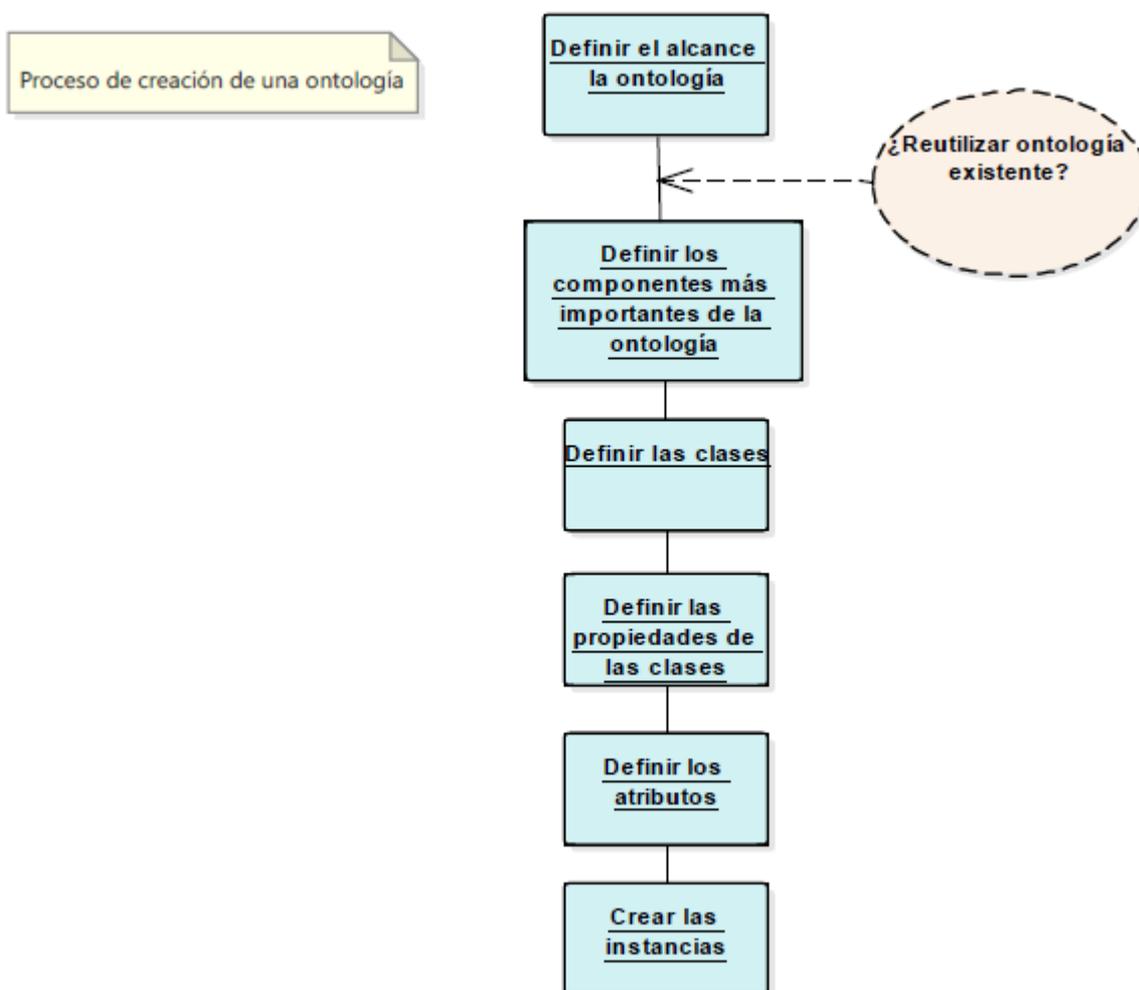


Figura 20 - Proceso de creación de una ontología.

## 2.3 Sistemas PLM

Los sistemas PLM (*Product Lifecycle Management*) están basados en un concepto de gestión para procesos integrados durante el ciclo de vida del producto que es soportado por los sistemas TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). Su relación es fundamental con la denominada industria 4.0, o lo que es lo

## 2. Interoperabilidad, ontologías y sistemas PLM

mismo, la cuarta etapa de la evolución técnica de la humanidad en la industria, desde la Primera Revolución Industrial, en la que se introducen las tecnologías digitales en la industria, y que se ha extendido ampliamente en la última década.

Su nacimiento viene motivado por la imposibilidad de realizar colaboración en tiempo real a lo largo del ciclo de vida del producto en la actual industria o, en su casa, la gran complejidad de los mismos. Además, la actual industria echa en falta en algunas ocasiones una resolución eficaz y rápida de los problemas de diseño, ingeniería y fabricación que los sistemas PLM sí son capaces de aportar para alcanzar unos objetivos más eficientes en tiempo, coste y productividad para sus productos. Es por este motivo que los sistemas PLM están viviendo un gran auge dentro de la industria en los últimos años, ya que son capaces de hacer más competitivas a las empresas, y hacer que sus productos lleguen antes al mercado.

De esta forma, se podría definir un sistema PLM como aquel sistema capaz de gestionar todo el ciclo de vida de un producto, desde su diseño hasta su desaparición, pasando por la fabricación, la comercialización o el mantenimiento.



Figura 21 – Ciclo de vida de producto.

Entre otros, algunos de los beneficios de implantar un sistema PLM en la industria que se encuentran:

- Coste de desarrollo entre un 25% y un 40% menos.
- Tiempo para encontrar la información entre un 75% y un 90% menos.
- Tiempo para revisar un diseño entre un 50% y un 80% menos.
- Errores de diseño entre un 10% y un 25% menos.
- Productividad entre un 10% y un 20% más.

Una de las principales aportaciones de los sistemas PLM a la industria 4.0 es el hecho de convertir sus productos en *smart products*. Esto es, productos inteligentes gracias al uso de softwares específicos o el internet de las cosas. Los sistemas PLM aportan las soluciones de software y hardware, como sistemas, aplicaciones o servicios integrados para el tratamiento de estos *smart products*.

Estas soluciones se pueden aportar gracias a la integración de toda la información del producto y sus procesos desde la idea inicial, pasando por el diseño, la ingeniería, la fabricación y el mantenimiento; es decir, a lo largo de todo su ciclo de vida. En concreto, los sistemas PDM (*Product Data Management*) son un tipo específico de sistema PLM que nos aportará unas soluciones para los *smart products* que nos permitirán realizar la gestión de la lista de materiales, la gestión de las configuraciones, la clasificación de los mismos, entre otras avanzadas características relacionadas con la gestión de los datos de producto que nos aportarán la información correcta y exacta en todo momento, al alcance de todo aquel que la necesite [33].

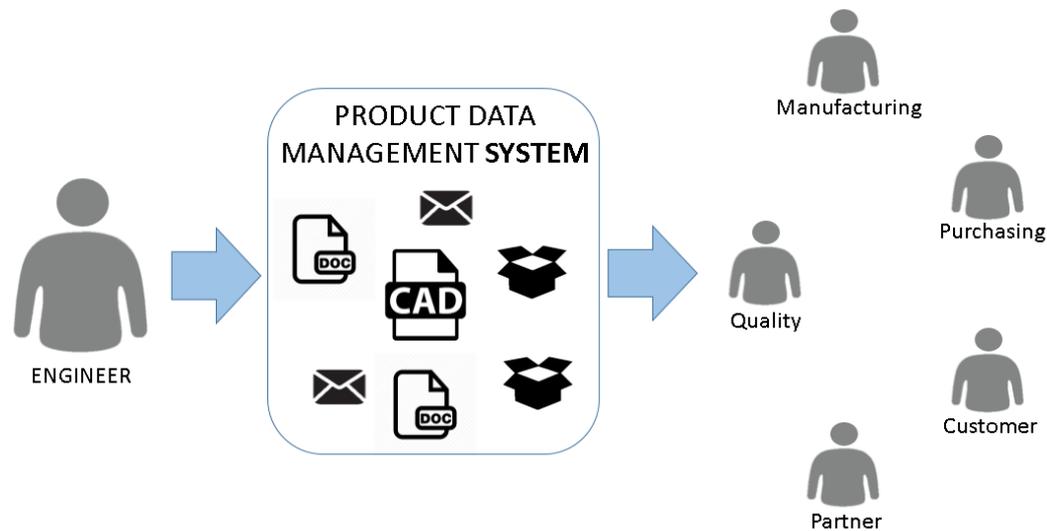


Figura 22 – Características de un PDM.

Este tipo de sistemas de gestión de datos de producto (PDM) son especialmente usados en sectores que manejan datos con especial sensibilidad de cara a la seguridad de los mismos, o sectores en los que el control de los mismos es crucial para un desarrollo eficiente del producto. Buen ejemplo de ello sería cualquier programa aeronáutico en la actualidad.

Eso sí, la gestión de un sistema de estas características no es sencilla, y algunos inconvenientes pueden surgir derivados de su uso:

Tabla 3 - Potenciales problemas derivados del uso de sistemas PDM [33].

Implementación mal diseñada del PDM	Tiempo de respuesta del PDM muy lento
Deficiencias en el diseño del PDM	Customización requerida muy compleja
Demasiada burocracia en el PDM	Altos costes de soporte del PDM

Los sistemas PLM aportan también los modelos digitales necesarios en esta industria para la gestión de los datos de producto y para la gestión de los procesos. Uno de los modelos más usados en la actualidad son los MBSE.

## 2.4 Sistemas ERP

Los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), sistemas de planificación de recursos empresariales, son unos sistemas de información gerenciales utilizados en la actualidad por las compañías de todo el mundo para sus sistemas de producción de bienes o servicios. En particular, dentro de la industria aeronáutica es ampliamente utilizado dentro de los procesos de desarrollos de los programas aeronáuticos, así como para controlar los procesos de mantenimiento a los que se ven sometidos las aeronaves.

El origen de estos sistemas ERP se encuentra en los sistemas PLM y en la práctica suponen la automatización de muchos de los procesos que las compañías llevan a cabo en sus labores diarias, permitiendo, entre otras ventajas:

- La customización de la herramienta en función de las necesidades del cliente.
- La trazabilidad de la información y de los datos, así como de cualquier cambio que se realice dentro del sistema.
- La seguridad de la información que se encuentra dentro del sistema ERP.
- La facilidad de implementar procesos de calidad que garanticen la idoneidad de la información que contiene el sistema.

Algunos ejemplos de sistemas ERP son *Oracle Cloud ERP*, *SAP Business One*, *Odoo ERP* o *Microsoft Dynamics 365*, entre otros.



# 3 DISEÑO DE UNA ONTOLOGÍA ORIENTADA A LOS DATOS DE PRODUCTO

---

*Solo se progresa cuando se piensa que se puede hacer algo más*

*Guillermo Marconi*

En este capítulo se presenta todo el proceso de diseño de la ontología desarrollada para este trabajo. Tal y como se justificó en anteriores capítulos, los sistemas ERP y PLM son capaces de integrar toda la información necesaria de los productos, a través de todo el ciclo de vida de éstos, desde su diseño, hasta su fabricación, pasando por supuesto, por las labores de mantenimiento a las que éstos se ven sometidos durante su vida útil.

Especialmente cuando esta información se transmite entre dos sistemas como los que se muestran en este trabajo, como son los ERP y PLM, es fundamental conocer el valor, no sólo de la información, sino del hecho de transmitir ésta de forma correcta y eficiente. Es en este punto dónde las ontologías juegan un papel importante.

En algunos campos de alto interés estratégico para los Estados, como puedan ser Defensa o Aeroespacial, es típico trabajar con gran cantidad de información. Por ejemplo, en Aeronáutica es usual trabajar con gran cantidad de información asociada a los datos de los productos que se utilizarán en entornos de diseño, fabricación o mantenimiento: en algunos programas, se hace referencia a cifras del orden  $10^6$  de partes. En concreto, en este trabajo se presenta lo que podría ser un caso de datos de productos utilizados típicamente en un proceso de mantenimiento de una aeronave, es decir, información relativa a todos los productos que son objeto de sufrir una tarea de mantenimiento (ser montados y desmontados para una labor de mantenimiento) en una aeronave.

Esta información es fundamental para programar y controlar de forma efectiva cualquier tarea de mantenimiento de una aeronave. De esta información depende, por ejemplo, la frecuencia con la que una tarea debe llevarse a cabo, la esencialidad de la pieza objeto de mantenimiento para el vuelo de la aeronave o si la pieza puede ser reparada o debe ser desechada directamente, entre otros muchos detalles.

La información de mantenimiento se trata a través de un sistema ERP como se mostró en anteriores capítulos. No obstante, dicha información requiere ser trasvasada a un sistema PLM que gestione toda la información del producto y llevar a cabo las publicaciones técnicas de manuales de mantenimiento: así es como típicamente trabaja la industria aeronáutica en este apartado.

La idea es, por tanto, generar y gestionar los datos para que esta información sea transmitida de forma eficiente entre los sistemas ERP y PLM. De esta forma, se podrá utilizar la ontología para establecer una relación entre las sintaxis de los distintos sistemas y verificar que el traspaso de información se hace de forma efectiva y segura.

Las ontologías pueden definir conceptos, datos y cualquier otro tipo de información, así como establecer las rutas que permitan su intercambio. En general funcionan mejor que las bases de datos, pues no se ciñen exclusivamente a almacenar información, sino que también buscan preservar la interoperabilidad a través del significado de los entes. Así pues, el objetivo es conseguir una ontología para datos de producto precisa y con una base semántica común.

Para comenzar a establecer esta base semántica, se presentan en la siguiente tabla los atributos de mantenimiento que manejará la ontología. Se muestran tanto los atributos de exportación del sistema ERP, como los de importación del sistema PLM. Cada uno de los atributos, debido a su naturaleza intrínseca, es de un tipo distinto, existiendo hasta un total de tres tipos en este trabajo, lo cual se reflejará también en la ontología diseñada:

- *String*: Para los atributos descritos a través de una cadena de caracteres.

### 3. Diseño de una ontología orientada a los datos de producto

- *Boolean*: Para los atributos que puedan definirse como una variable de estado, verdadera o falsa, sí o no, 1 ó 0.
- *UnsignedInt*: Para los atributos que quedan descritos a través de valores numéricos enteros.

Tabla 4 - Equivalencia de atributos entre los sistemas ERP y PLM.

Denominación ERP	Denominación PLM	Descripción del atributo
PNR/MFR	PNR	Part Number del producto
Ext. Manufacturer	MAN	Fabricante del producto
Description For military Part	DES	Nombre del producto
Item Name Code (INC)	CAT	Código de catalogación del producto
Complete Status	STA	Estado del producto en el sistema
Spare Parts Classification (SPC)	NIV	Nivel de indentación del producto
Source Maintenance Recoverability	REP	Reparabilidad del producto
Essentiality code	ESE	Esencialidad del producto (el avión no puede volar sin el producto)
Unit price	PRE	Precio del producto
Currency code	MON	Moneda en la que aparece el precio del producto
Purchasing leadtime	COM	Tiempo (en meses) que tarda la compra del producto
First effectivity	EF1	Primera efectividad del producto en el avión
Last effectivity	EF2	Última efectividad del producto en el avión
Item Type (ITY)	EQU	El producto es un equipo
FIN-CI	FIN	Código de catalogación del equipo
REV	EVO	Contador del número de evoluciones que ha sufrido el producto en el sistema
DFL	MES	Mensaje por añadir sobre el producto
Concession	CON	El producto es una concesión
Special Storage (STR)	ALM	El producto requiere un almacenaje especial
Minimum Sales Quantity	MIN	Cantidad mínima de compra del producto
Mil Electrostatic Sens Device Indicator	ELE	El producto es un componente eléctrico
Shelf Life Code (SLC)	DET	El producto se deteriora cuando está almacenado
Packaging Level Code	EMQ	Tipo de empaquetado del producto
Reference Number Category Code (RNC)	-	Código de la categoría de referencia del producto
Reference Number Justification Code (RNJ)	-	Código de justificación de referencia del producto
Reference Number Variation Code (RNV)	-	Código de variación de referencia del producto

En la tabla se aprecia como algunos de los atributos que maneja el sistema ERP no tienen equivalencia en el sistema PLM, de ahí que su campo se muestre vacío.

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

Cabe destacar en este punto que la estructura de partes de un programa aeronáutico común es amplia y compleja. La cantidad de partes puede llegar al orden de cientos de miles, siendo fundamental crear una estructura fiel a la realidad de los componentes del avión en el sistema ERP, de manera que las tareas de mantenimiento puedan llevarse a cabo de forma ordenada y eficaz por los operarios correspondientes. Si se considera que la cantidad de partes que conforman un programa aeronáutico, como se mencionó anteriormente, es del orden de  $10^6$  partes, y que cada una de estas partes tendrá, al menos, 20 campos de información asociados, resulta evidente que la cantidad de datos que maneja el sistema ERP es muy alta y, por tanto, la robustez del sistema es fundamental para la correcta gestión de esta información.

Para aplicar esta estructura de partes en el sistema que gestionará los datos de producto, es necesario utilizar distintos niveles de indentación, tomando como referencia las entidades más características de la estructura *as design* como son:

- **Configuration ítem (CI):** Nodo de gestión dentro de la estructura. Es un requerimiento abstracto, un objeto invariante.
- **Design solution (DS):** Define la solución dada al requerimiento que proporciona el CI. Contiene todos los elementos de la solución, a través de la lista de materiales *as design* que representa los componentes de diseño, denominada *EBOM*. A partir de esta lista, se utilizará el sistema PLM para generar una lista de materiales *RBOM* o lo que es lo mismo, una lista *as maintained* en la que se recojan todas las partes necesarias para realizar las tareas de mantenimiento, como se presentó anteriormente.

En base a los elementos contenidos en esta estructura *as design*, se crean tareas de mantenimiento de las distintas partes y productos que conforman la aeronave *as maintained*. Normalmente, se toman los principales elementos de cada DS, ya sean grandes montajes (*assemblies*) o equipos provenientes de un proveedor externo, y se crea una tarea de mantenimiento que describa cómo es el proceso de montaje y desmontaje, así como la tarea de mantenimiento en cuestión a realizar. Asociadas a estas tareas de mantenimiento, debe existir una lista de partes que recoja la información descrita anteriormente en la Tabla 4, para cada una de las partes que entren en juego en la tarea de mantenimiento.

A cada una de estas partes se les asocia en el sistema ERP la información necesaria para cada uno de los atributos, de modo que esta información compromete en gran manera cómo será la tarea de mantenimiento. Esta información puede ser extraída de los sistemas ERP en formato .XLSX con el fin de analizarse de forma directa y más sencilla, así como para ser instanciada de forma directa por la ontología que se está diseñando en este trabajo. A continuación, se muestra una captura de un extracto en formato .XLSX de un sistema ERP; el extracto completo utilizado para la ontología que se presenta en este trabajo, se muestra en el Anexo I de este documento.

PNR/MFR	ABS0396H12ND:FAPE3	DIN913-M4x5:80205
Ext. manufacturer	FAPE3	80205
Description For military Part	CLAMP,LOOP	BOLT
Item Name Code (INC)	17532	16247
Spare Parts Classification (SPC)	1	1
Purchasing leadtime	3	2
Special Storage (STR)	0	0
Shelf Life Code (SLC)	X	0
Packaging Level Code	Z	Z
Procurement code	AB	AB
Unit price	178,00	1,00

Figura 23 - Extracto en formato .XLSX del sistema ERP.

La ontología pues, se basará en una serie de clases con sus respectivas propiedades, que harán las veces de atributos, y que estarán relacionadas entre sí, a través de las propiedades de los objetos que permiten implementar los softwares de diseño de ontologías como Protégé, para asemejarse a las estructuras de partes *as-maintained* que se definen en las tareas de mantenimiento.

### 3. Diseño de una ontología orientada a los datos de producto

Así, se crearán dos clases equivalentes entre sí, una por cada sistema que interopera (ERP y PLM), *Part* y *Parte*, así como dos clases que permitan crear la estructura de las tareas de mantenimiento, *PartBOM* y *ParteBOM*. Cada uno de los atributos presentados anteriormente también se implementará en la ontología para relacionarse convenientemente, según corresponda al sistema ERP o PLM, con cada clase. De esta forma, se genera una estructura paralela que asienta las bases de la interoperabilidad de la ontología.

A continuación, se muestra una descripción gráfica de la ontología que se ha definido en los párrafos anteriores, para una mejor comprensión de ésta. Se ha llevado a cabo usando el software, que también puede utilizarse para el desarrollo de ontologías según se describió en el capítulo 2, Enterprise Architecture [29]. Una vez presentada la estructura y funcionalidad de la ontología, el siguiente paso será conocer las herramientas que nos permitirán poner en marcha dicha ontología.

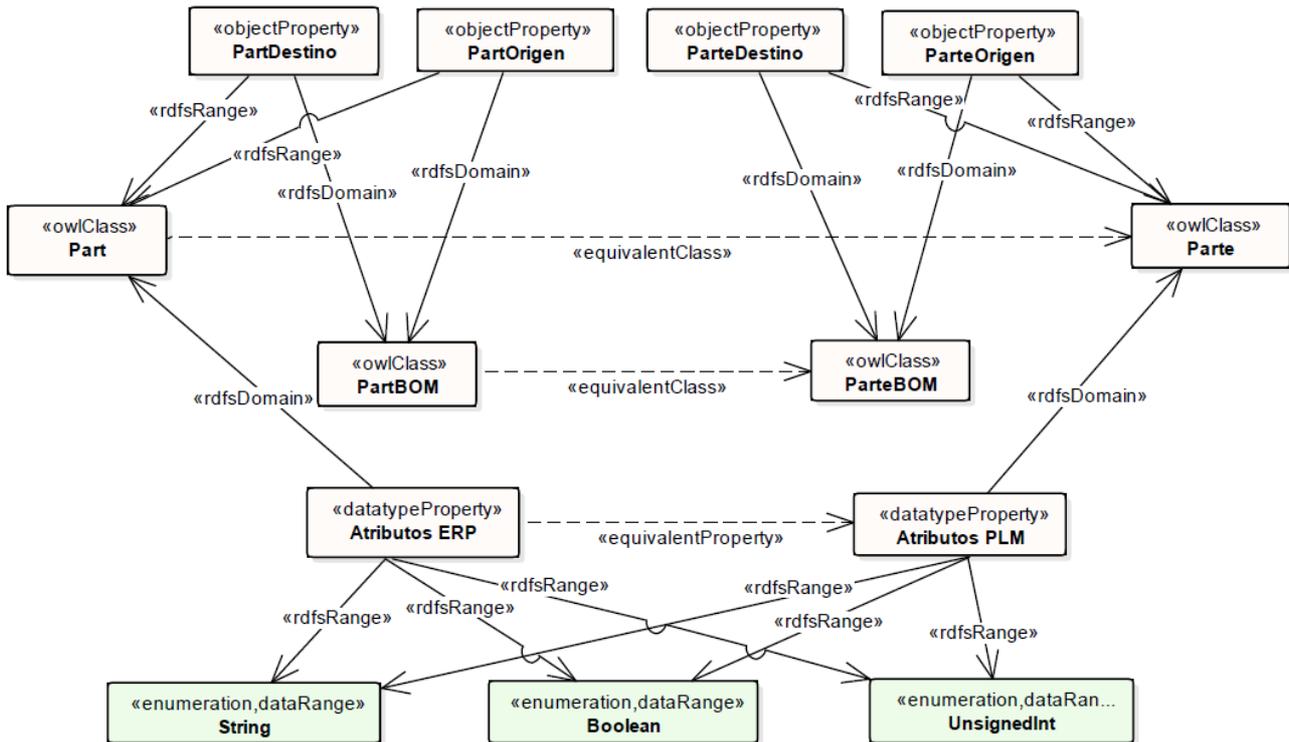


Figura 24 – Representación gráfica de la ontología.

# 4 IMPLEMENTACIÓN

*Es un pequeño paso para un hombre, pero un salto gigante para la humanidad*

*Neil Armstrong*

En este capítulo se presenta la implementación de la ontología diseñada en el capítulo anterior. Para ello, se describen principalmente los procesos de customización de ARAS (software PLM) y Protégé (software libre para la creación de ontologías descrito en el capítulo anterior).

## 4.1 Introducción

El proceso de diseño de este trabajo se centra en la elaboración de un software para la gestión de los datos de las partes de mantenimiento de un programa aeronáutico.

Una lista de partes de mantenimiento (*RBOM*) es una particularización de una lista de materiales (*BOM*) en la que se define cómo son mantenidas esas partes. Formalmente se define como una lista de materiales de servicio, y es un elemento indispensable en el ciclo de vida de un producto, así como, de manera particular, en cualquier programa aeronáutico, de manera que el fabricante de la aeronave sea capaz de identificar qué partes están sometidas a un proceso de mantenimiento una vez que la aeronave entra en servicio, y cómo debe llevarse a cabo dicho mantenimiento. Toda esta información forma parte del entregable al cliente que tan presente está en todo el proceso PLM de cualquier producto.

La gran cantidad de información asociada a estas listas de materiales de servicio invita a crear un entorno de trabajo en el que la información se intercambie de forma eficaz y segura entre los distintos fabricantes de partes, con sus múltiples y distintos sistemas de trabajo, para así garantizar una gestión de las tareas de mantenimiento de la aeronave eficaz. Este proceso de intercambio de la información de a través de una ontología se muestra de manera esquemática en el siguiente gráfico:

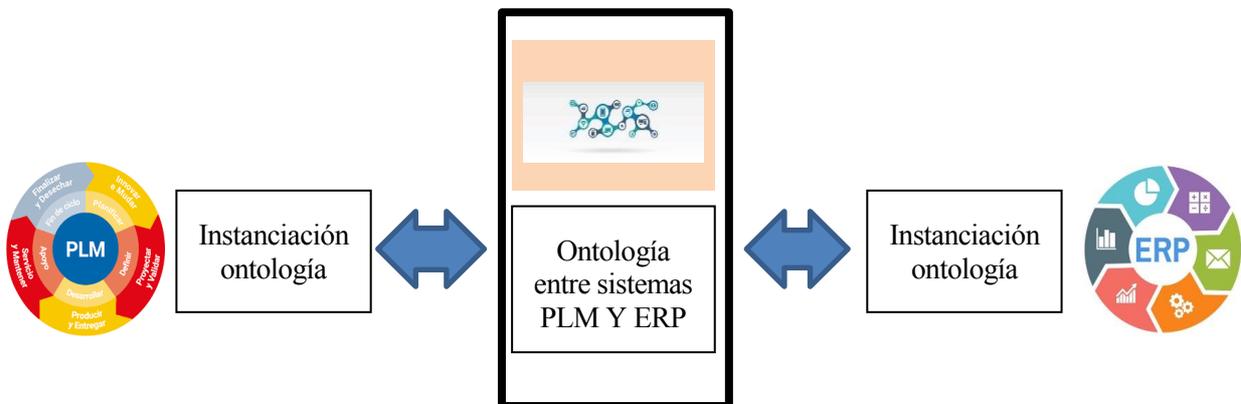


Figura 25 - Esquema de instanciación entre sistemas de la ontología.

### 4.2 Customización ARAS

Para crear el entorno de trabajo descrito hasta el momento, es necesario elaborar un gestor de modelos que sea capaz de leer ontología para almacenar su información y hacer efectiva la interoperabilidad entre sistemas. En este punto se muestra el diseño y customización de un software PLM, para así dejar paso en el siguiente punto de este capítulo al software que se utilizará para crear las ontologías.

Para llevar a cabo ese diseño PLM, se utilizará el software ARAS Innovator [33]. ARAS es un software PLM libre desarrollado por ARAS Corporation y basado en Microsoft .NET Framework y SQL Server, que permite el desarrollo colaborativo de productos [34]. En concreto, permite, como se introdujo en capítulos anteriores, establecer conexiones abiertas entre distintos sistemas ERP (como los que ofrece SAP) y otros sistemas PLM, y de esta forma, permite también al usuario controlar todo el ciclo de vida de un producto.

Además, también permite almacenar y modificar ontologías a través de códigos en lenguaje C#, pues ARAS no es capaz de procesar ontologías directamente desde el software que se utilizará en este trabajo (Protégé).

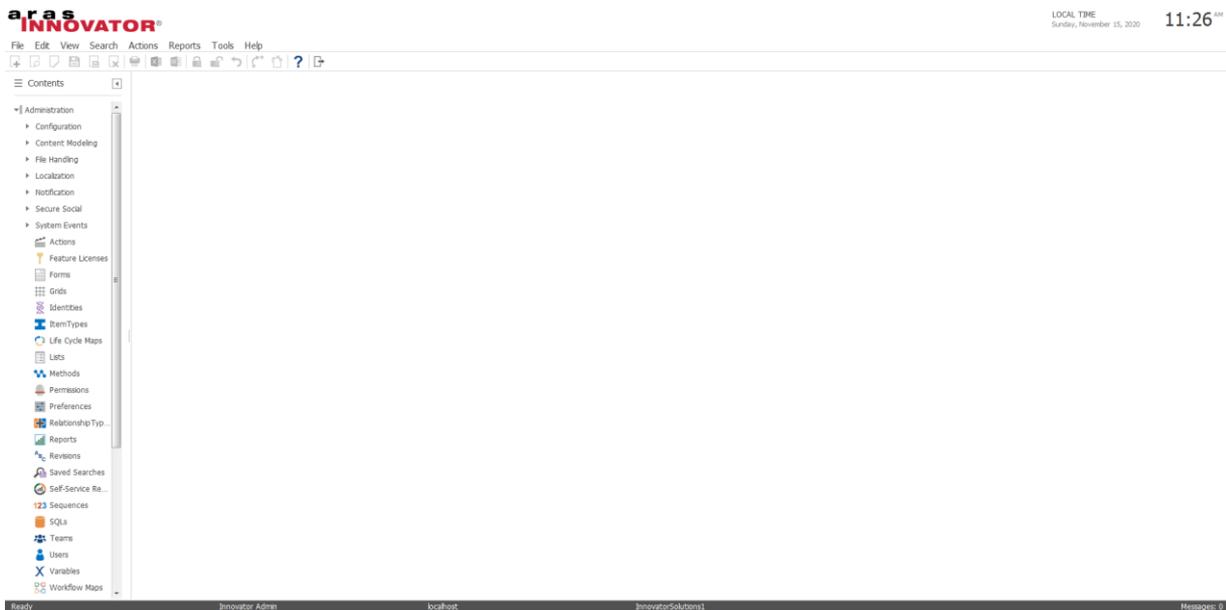


Figura 26 – Interfaz de usuario de ARAS.

Existen una serie de funcionalidades en ARAS que lo convierten en un software ampliamente utilizado en empresas de distintos sectores de la ingeniería en la actualidad, como la aeronáutica, la automoción, la naval o la sanitaria. Entre dichas ventajas, se muestran a continuación las más destacables:

- 1) Se trata de un software abierto, tanto en disponibilidad como en arquitectura. Asimismo, existe una gran facilidad de colaboración entre equipo, gracias al soporte de una gran comunidad de usuarios.
- 2) Es un software customizable, es decir, se adapta a los requerimientos de cada usuario y se encuentra inmerso es un proceso de constante actualización y mejora.
- 3) Es un software flexible en el marco de softwares para MBSE, se adapta bien a las necesidades del negocio.
- 4) Proporciona soporte a distintas aplicaciones, desde PLM hasta aplicaciones de simulación, pasando por aplicaciones de diseño, calidad o mantenimiento de productos.

El software está compuesto por clientes web, un servidor de aplicaciones y una base de datos tipo SQL. También utiliza un servido de archivos como se aprecia en la siguiente imagen. Todo ello basado en protocolos estándar de Internet, como HTTP, XML o SOAP:

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

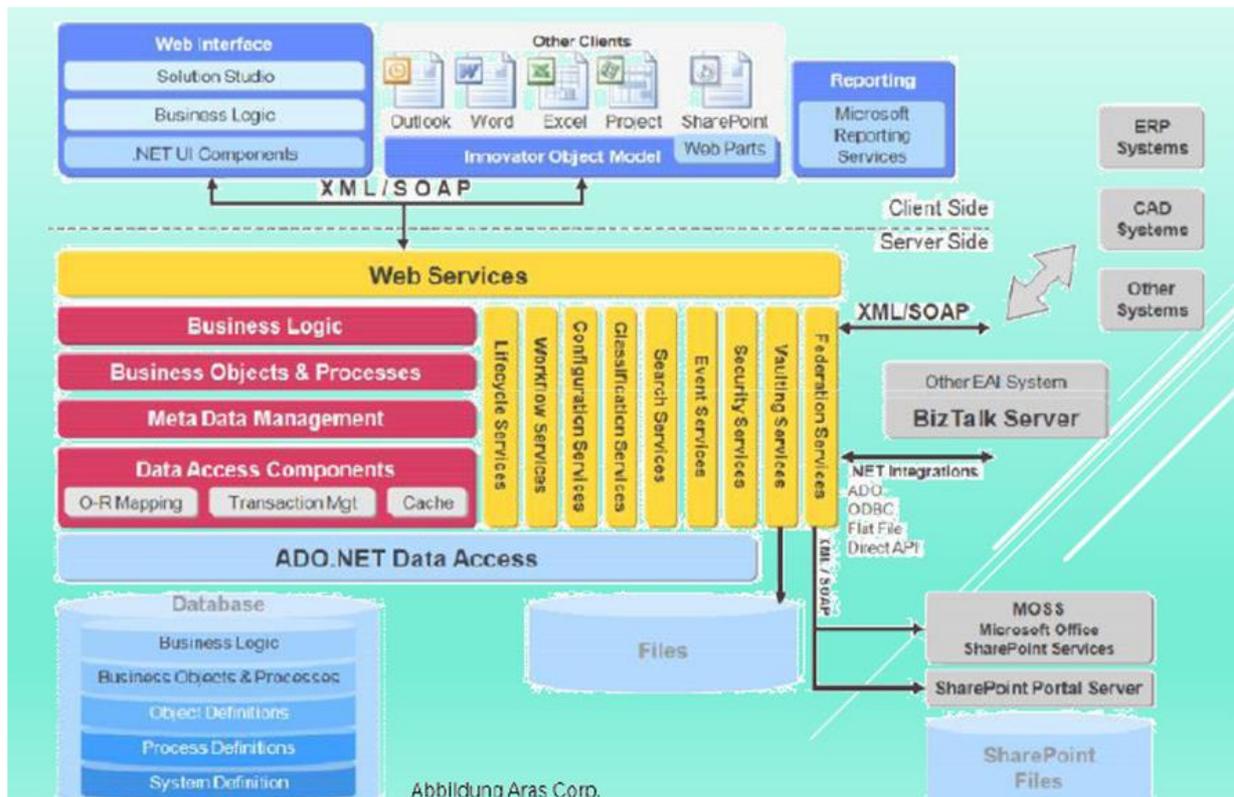


Figura 27 – Arquitectura del software de ARAS Innovator.

Antes de customizar la herramienta de acuerdo con las necesidades de este trabajo, es necesario comprender cuáles son los elementos más relevantes con los que se va a trabajar en ARAS. Al acceder a ARAS como usuario *admin* se tiene la capacidad de modificar y customizar la herramienta al completo, hecho que no sucedería si se accediera con un usuario con limitación de acción. Estas modificaciones se realizarán sobre la pestaña *Administration* que se observa en el margen izquierdo de la ilustración: en concreto se manejarán los siguientes elementos:

- 1) **ItemTypes: Part.** Para este trabajo se ha tomado el objeto ya creado en ARAS, *Part*, y se ha modificado según las necesidades. Este ItemType posee una serie de propiedades, relaciones, ciclos de vidas y posibilidades de accesos (entre otras muchas opciones) que pueden ser customizadas atendiendo a las necesidades del cliente o del proyecto. En la siguiente ilustración se muestra el objeto *Part*:

## 4. Implementación

Name	Label	Data Type	Data Source [...]	Length	Precision	Scale	Requir...	Unique	Indexed	Hidden	Hidden2	Alignment	Width	Sort Or...	Keyed Name O...	Order By	Default Value	Default Search	Pattern
almacenaje	almacenaje	List	binaria	32				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							96280
cantidad_minima	cantidad_minima	Integer						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							95512
catalogo	catalogo	String			5			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							95256
classification	Type	String		512				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Left	120						512
color	Color	Integer						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Left							95128
concesion	concesion	List	binaria	32				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							96152
config_id		Item	Part					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							2688
cost	Cost	Decimal						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left	80						896
coste	coste	Integer						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							96792
cost_basis	Cost Basis	List	Goal Basis	64				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left	100						1408
created_by_id		Item	User					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							640
created_on		Date						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							512
cs		Text						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							2394
current_state		Item	Life Cycle State					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							1280
description	Description	String		256				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left	250						1792
deteriorable	deteriorable	List	binaria	32				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							96536
eff1	eff1	Integer						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							96920
eff2	eff2	Integer						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							97048
effective_date	Effective Date	Date						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							3072
electrico	electrico	List	binaria	32				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Left							96408

Figura 28 – ItemType de *Part* en ARAS.

Entre los elementos más destacables para la customización se encuentra la pestaña *Properties*, dónde se han añadido todas las propiedades asociadas a *Part* con las que se van a trabajar, así como sus etiquetas, o el tipo de valores que pueden tomar (string, boolean, listas...). Es decir, se incluyen en este punto todos los atributos del sistema PLM que posteriormente deben relacionarse con la sintaxis del sistema ERP.

- 2) **Forms: *Part*.** Se denominarán formularios de aquí en adelante. Permiten diseñar la interfaz de usuario para cada ItemType. En este caso se ha customizado el formulario *Part* de acuerdo con las necesidades de este trabajo.

The screenshot shows the ARAS form configuration interface. On the left, a list of fields is shown, including 'almacenaje', 'Cantidad minima', 'Catalogacion', 'concesion', 'cost\_basis', and 'coste'. The 'almacenaje' field is selected, and its configuration is shown on the right. The configuration includes: Name: almacenaje, Display Length: 50, Display Length Unit: px, Field Type: Dropdown, List No Blank: unchecked, Data Source: almacenaje, and Background Color: empty. Below the configuration, the form itself is visible, showing various input fields and dropdown menus, including 'PNR', 'MAN', 'STA', 'EVO', 'CAT', 'DES', 'PRE', 'MON', 'MIN', 'COM', 'NIV', 'REP', 'ESE', 'EQU', 'CON', 'ELE', 'ALM', 'DET', 'EMQ', 'EF1', 'EF2', 'FIN', 'MES', and 'ADI'.

Figura 29 – Formulario de *Part* en ARAS.

- 3) **Lists.** En este apartado aparecen todas las listas que son llamadas en los formularios para los campos que la requieren. Se muestra un ejemplo de lista realizado para este trabajo en la siguiente ilustración:

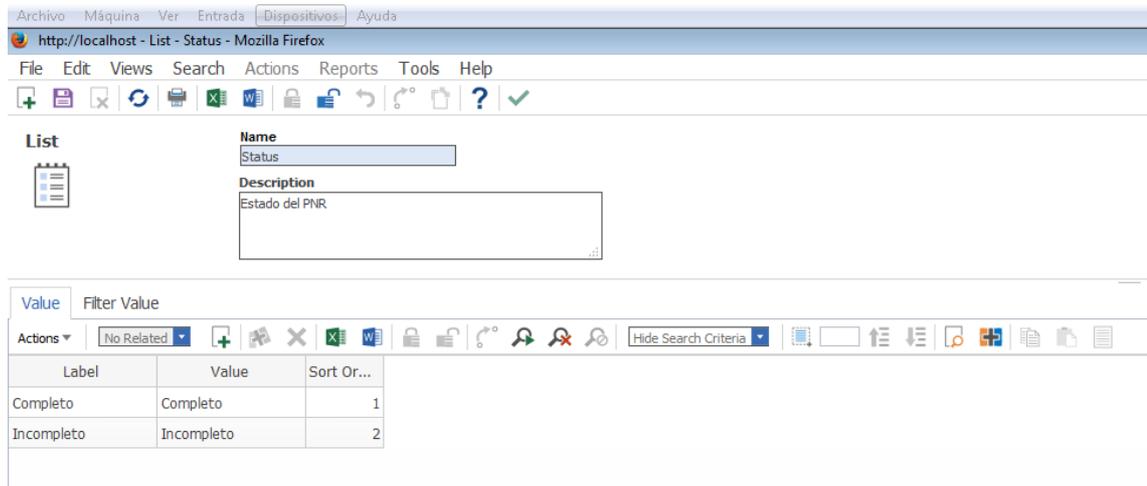


Figura 30 – Listas en ARAS.

Una vez customizado el objeto *Part*, éste estará accesible a través de la pestaña Design.

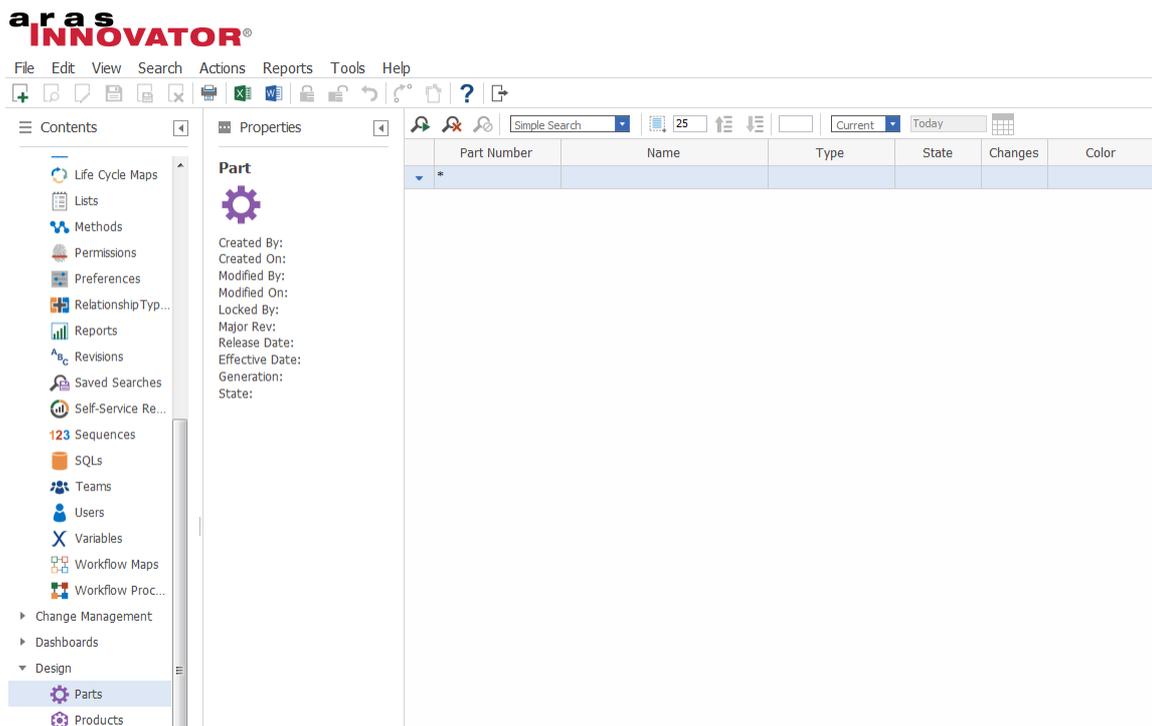


Figura 31 – Part en ARAS.

Si se selecciona *Create a new item*, nos aparecerá una pestaña en la que se ve reflejada la customización realizada con el formulario, con todo listo para introducir los datos requeridos. En la parte de arriba aparece la información relativa al objeto en cuestión, y en la parte inferior aparecen las relaciones con otros ItemTypes, entre otra información útil.

## 4. Implementación

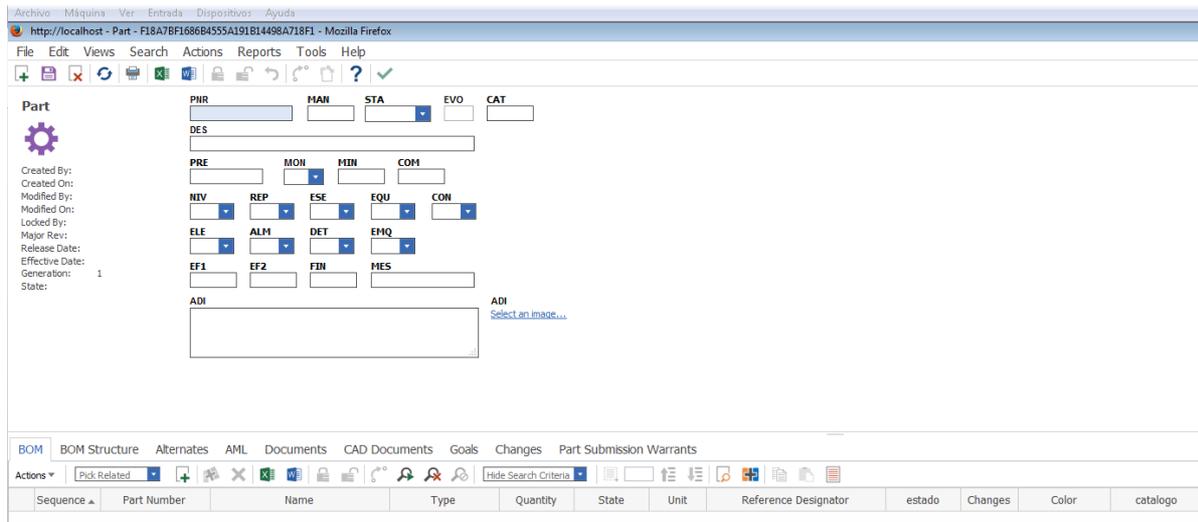


Figura 32 – Crear un nuevo *Part* en ARAS.

### 4.3 Definición de una ontología en Protégé

El software Protégé define las ontologías como un enlace web (*Ontology IRI, Identificador de Recursos Internacionalizados*), al ser un desarrollo en un entorno colaborativo:

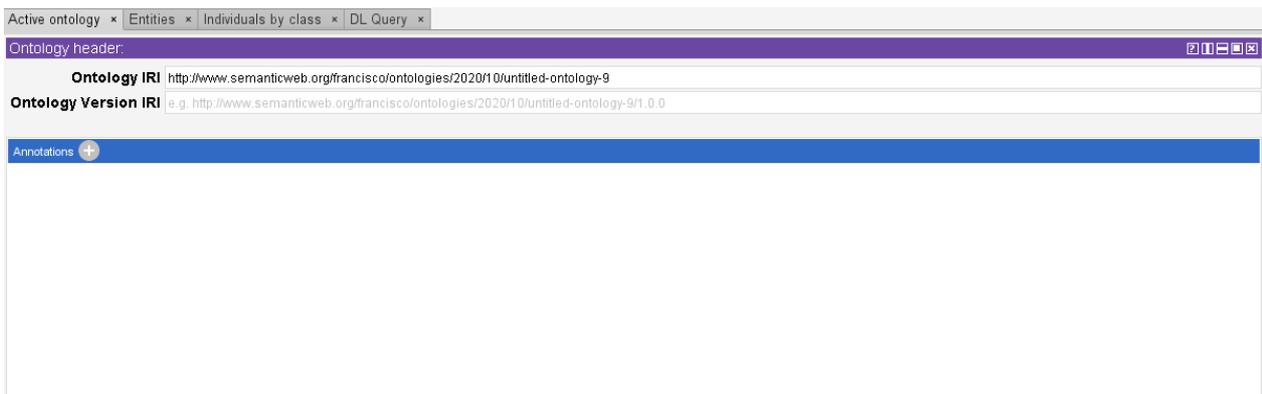


Figura 33 – Apariencia de una ontología en Protégé.

Una vez abierto el software y situados sobre la pestaña *Entities*, se aprecian las distintas ventanas con los distintos objetos con los que se podrá crear la ontología: *Classes*, *Object properties*, *Data properties*, *Individual*, *Datatypes* y *Annotation properties*. Por ejemplo, para crear una nueva clase, será necesario clicar en la raíz *owl:Thing* y posteriormente en el icono para añadir (*Add Subclass*) y simplemente faltaría por añadir el nombre que se le va a aportar a la clase (en el caso del ejemplo, *Part*). Se puede proceder del mismo modo sobre la clase recién creada para añadir una nueva subclase, es decir, una clase en un nivel inferior.

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

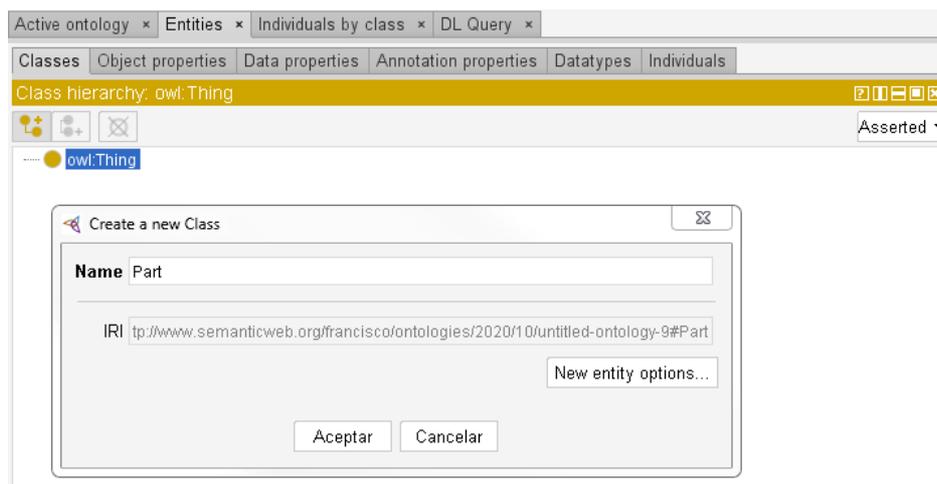


Figura 34 – Creación de la clase *Part*.

Nótese que, como el software está basado en una web semántica, la clase queda referenciada por el nombre de la ontología junto con un símbolo “#” para, a continuación, incluir el nombre de la clase.

Y así, la parte quedaría de la siguiente forma:

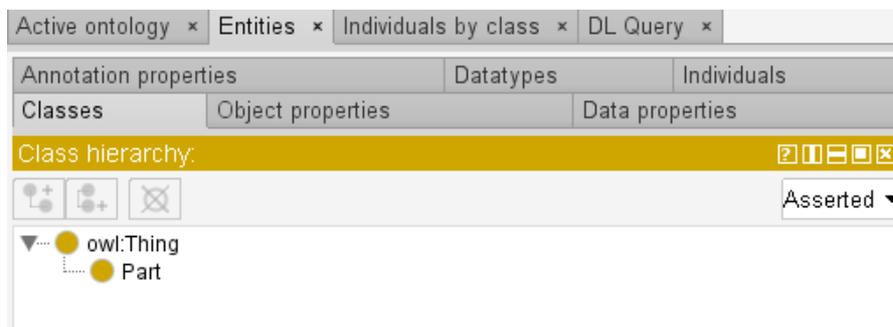


Figura 35 – Ejemplo de contenido de la pestaña *Classes*.

Una vez creada la clase *Part*, aparecen en el lado derecho de la pantalla las ventanas de anotaciones y propiedades:

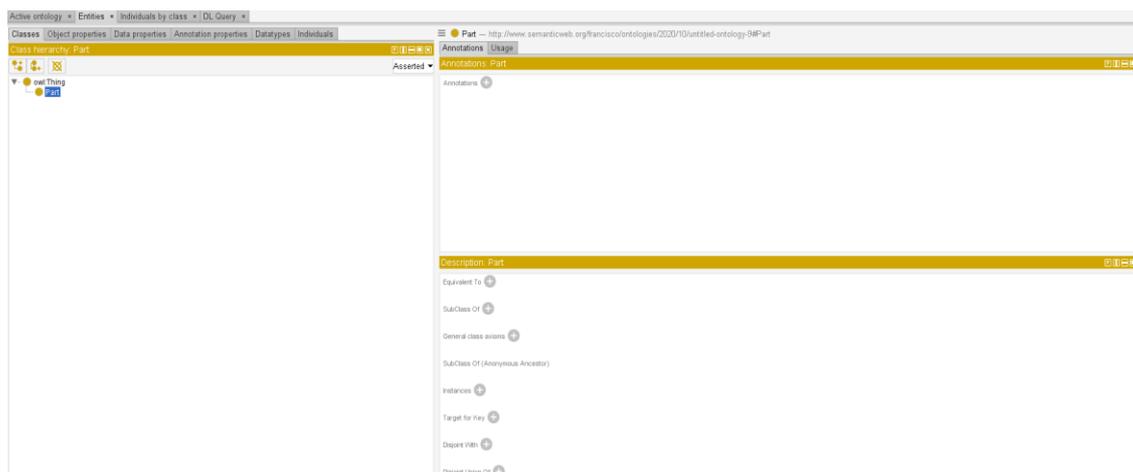


Figura 36 – Anotaciones y propiedades de la clase *Part*.

En el espacio de anotaciones se pueden incluir etiquetas que aparecerán posteriormente cuando se exporte la ontología a un archivo XML y que ayudarán a la identificación y comprensión de las distintas clases que se han creado.

En el siguiente espacio aparecen las distintas propiedades que se le pueden asociar a una clase. Se describen a continuación cada uno de esos campos en el mismo orden en el que aparecen en Protégé:

## 4. Implementación

1. **Equivalent to:** Esta propiedad permite relacionar dos clases equivalente, lo cual no implica que ambas clases sean iguales, simplemente que están relacionadas de algún modo.
2. **Subclass of:** Este campo permite relacionar dos clases de manera que una sea subclase la otra. Es decir, que una clase *Y* cuelgue de una clase *X*, de manera que la clase de tipo *Y* sean de tipo *X*, pero no al revés. Esta relación también se puede establecer de forma manual, como se vio anteriormente a partir de la raíz *owl:Thing*.
3. **General class axioms:** Esta propiedad permite establecer axiomas entre clases.
4. **Subclass of (Anonymous Ancestor):** Se utiliza para el mismo fin que la propiedad *Subclass of*, solo que en este caso se desconoce el nivel superior de la clase que se quiere relacionar. Por ejemplo, una clase *Z* equivalente con una clase *Y*, que a su vez también pertenece a una clase *X*.
5. **Instances:** En esta pestaña aparecen los individuos instanciados de cada clase.
6. **Target for key:** Permite seleccionar los *data properties* que son únicos de cada clase.
7. **Disjoint with:** Este punto permite independizar una clase de otra. Existen 3 posibles casos:
  - a) Una clase *Y* puede estar totalmente contenida en otra clase *X*.
  - b) Una clase *Y* puede estar parcialmente contenida en otra clase *X*.
  - c) Una clase *Y* puede ser totalmente independiente de otra clase *X*.
8. **Disjoint union of:** Permite discernir cuál es la clase principal de un dominio en el que hay clases solapadas.

El siguiente paso es definir las propiedades de cada clase. Para ello se utiliza la pestaña *Object properties*, en la que se definen atributos cuyo rango de valores es otra clase. Para crear un *object property* (a partir de ahora se denominará objeto), se selecciona *owl:topObjectProperty* en la pestaña correspondiente y se pulsa en *Add sub property*:

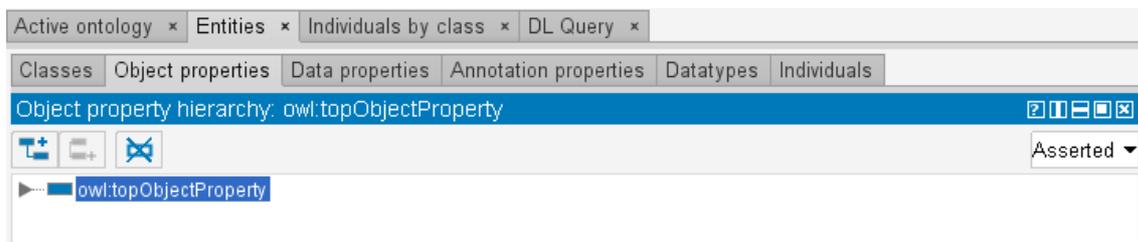


Figura 37 – Crear un *Object*.

Aparecerá una ventana similar a la que aparecía cuando se creó la clase, pero en este caso para el objeto:

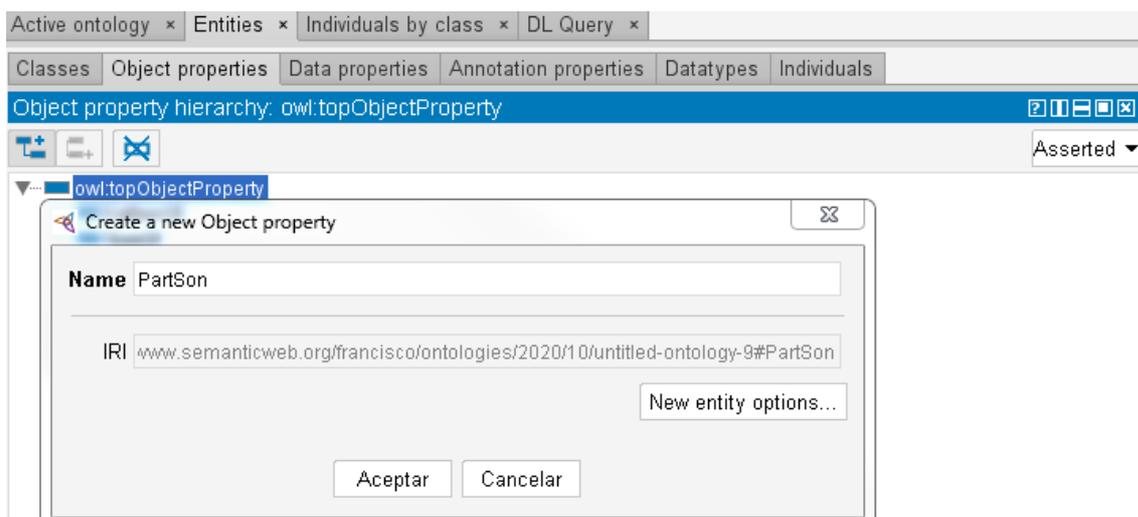


Figura 38 – Ventana para la creación de un *Object*.

Del mismo que ocurría en la pestaña de clases, en esta pestaña también aparecen a la derecha las anotaciones, características y descripción del objeto:

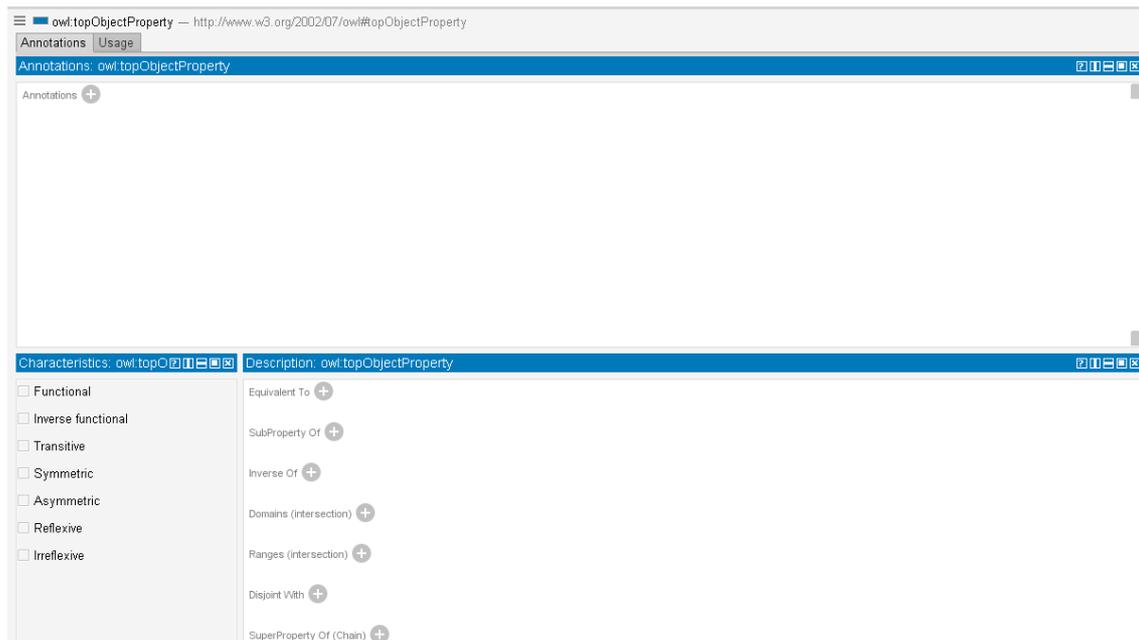


Figura 39 – Anotaciones, características y propiedades del *Object*.

Entre las características de los objetos aparecen las siguientes con la posibilidad de ser señaladas:

1. **Functional**: Impide que una clase pueda estar relacionada con más de una clase si se selecciona esta propiedad.
2. **Inverse functional**: Sirve para indicar que la propiedad inversa es funcional.
3. **Transitive**: Si una propiedad es transitiva y puede relacionar dos parejas de individuos, con un individuo común, entonces los tres individuos quedan relacionados.
4. **Symmetric**: Permite relacionar una propiedad entre dos individuos en ambos sentidos.
5. **Asymmetric**: Impide que una propiedad se establezca en los dos sentidos entre dos individuos.
6. **Reflexive**: La propiedad relaciona al individuo consigo mismo.
7. **Irreflexive**: Una propiedad no puede relacionar al individuo consigo mismo.

En el apartado de descripción, además de las descritas para las clases anteriormente, aparecen dos nuevas descripciones:

1. **Domains**: Clase que indican que un individuo con esta propiedad es una instancia de ella.
2. **Ranges**: Clase que indica que el valor de una propiedad es una instancia de ella.

Estos elementos de descripción se ajustan de la siguiente forma:

## 4. Implementación

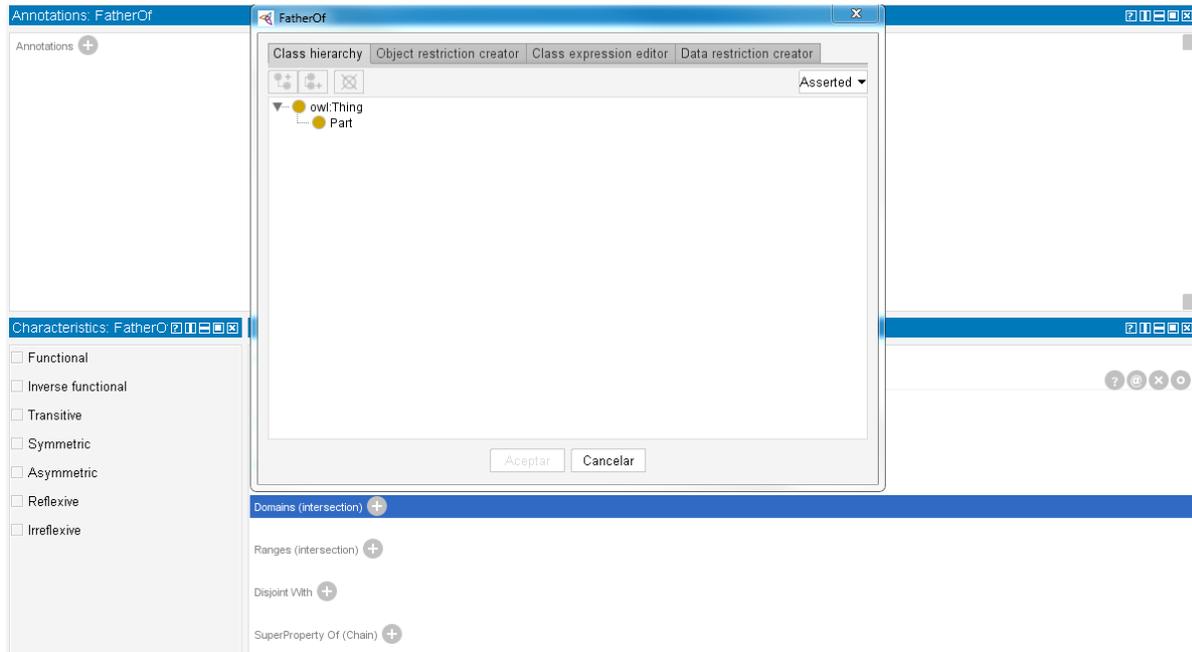


Figura 40 – Selección del dominio.

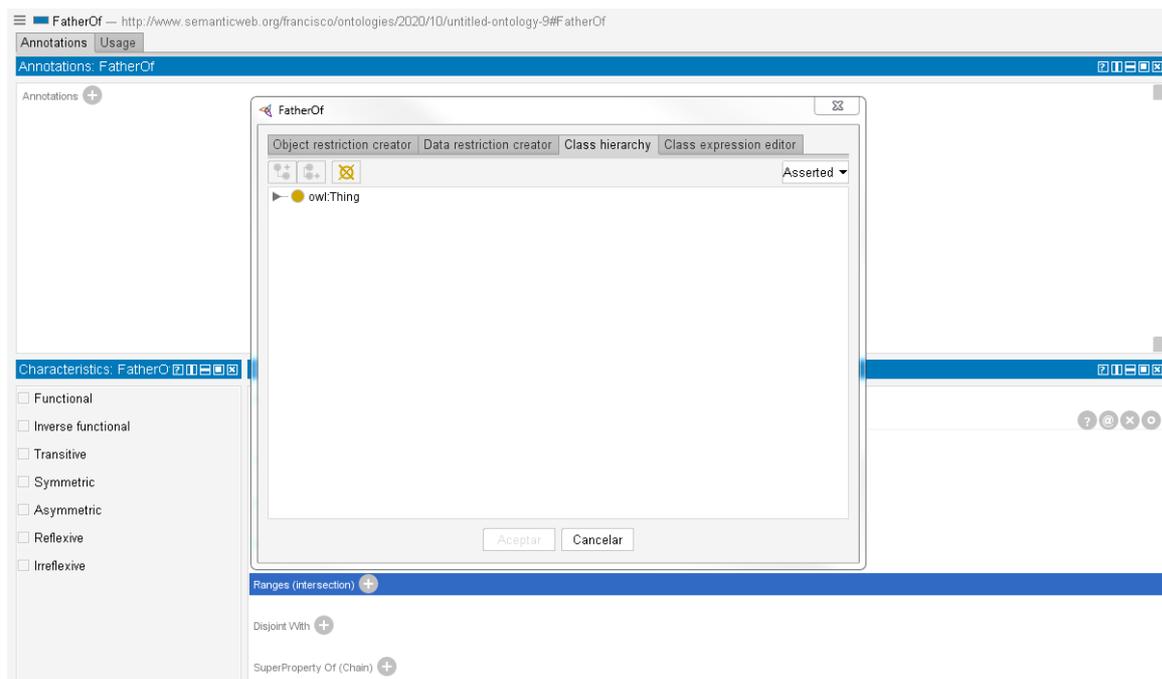


Figura 41 – Selección del rango.

Este proceso sería necesario repetirlo tantas veces como *Object Properties* se quieran definir en la ontología.

También se pueden definir propiedades a través de la pestaña *Data properties*, que se utiliza para aquellos atributos cuyo rango de valores es un dato. Para ello, se selecciona *owl:topDataProperty* y se clicca en *Add sub property*. Aparecerá una pantalla para definir el nombre de la propiedad que se quiere crear en Protégé:

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

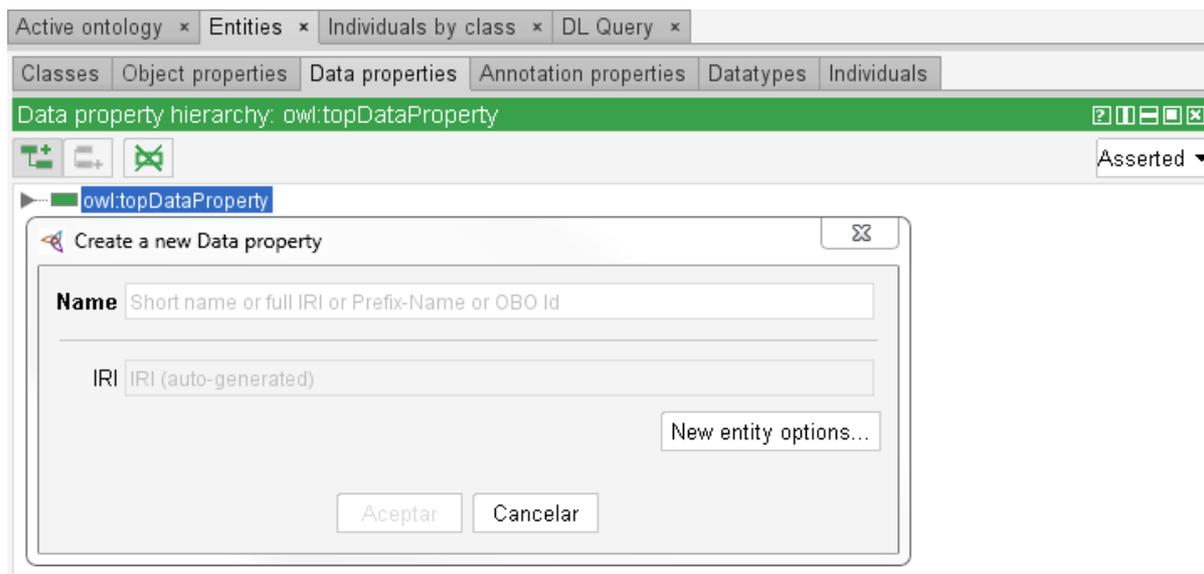


Figura 42 – Añadir *DataProperty*.

También en esta pestaña de Protégé aparecen las anotaciones, características y descripciones, en este caso de las propiedades:

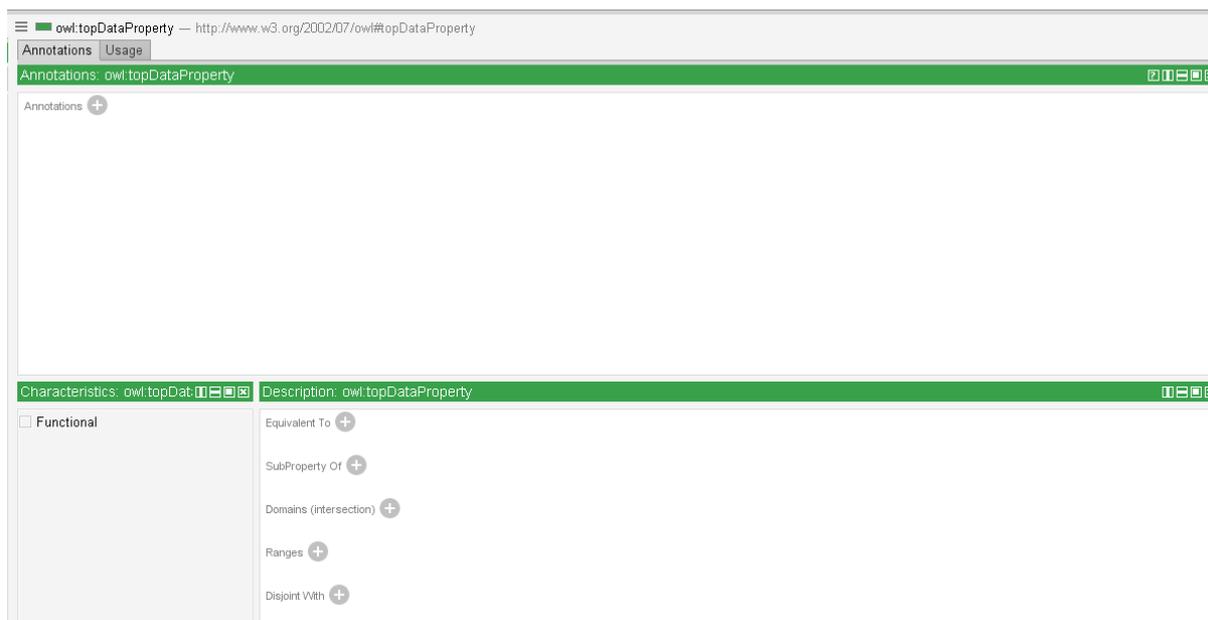


Figura 43 – Anotaciones, características y descripción de los *DataProperties*.

La característica de *Functional* implica que la instanciación sólo puede contener este atributo una única vez.

La descripción de este elemento contiene los mismos entes presentados hasta el momento, por lo que las implicaciones de éstos se mantienen. Eso sí, el apartado de *Ranges* debe contener el tipo de dato que se incluirá en el *Data Property* en cuestión, como, por ejemplo, *string* si se trata de una cadena de caracteres, o *boolean*, si es un indicador falso/negativo, entre otros muchos rangos que ya se encuentran definidos en la ontología. En las siguientes ilustraciones se muestran estos aspectos:

## 4. Implementación

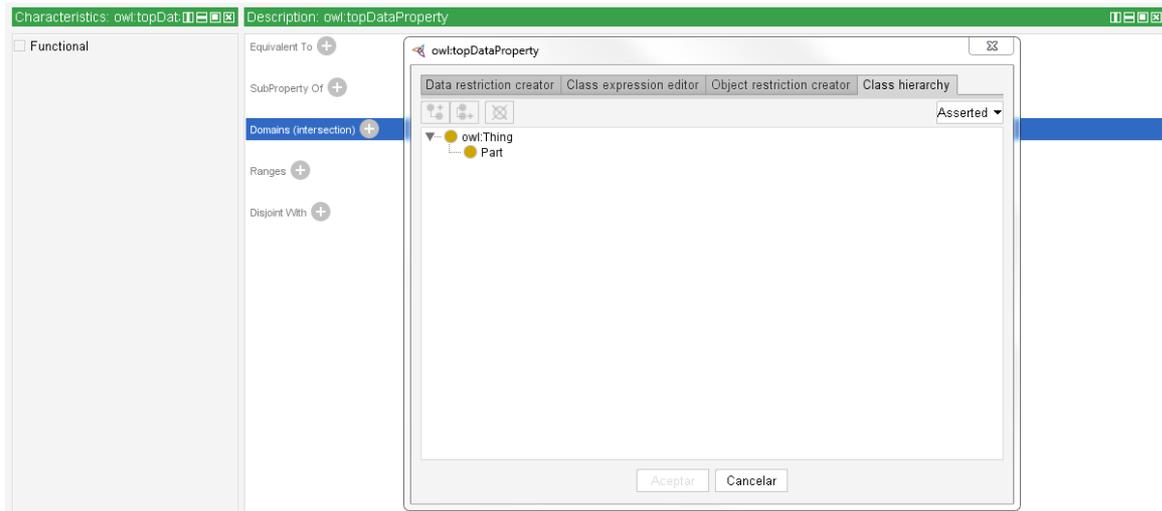


Figura 44 – Dominio de un *DataProperty*.

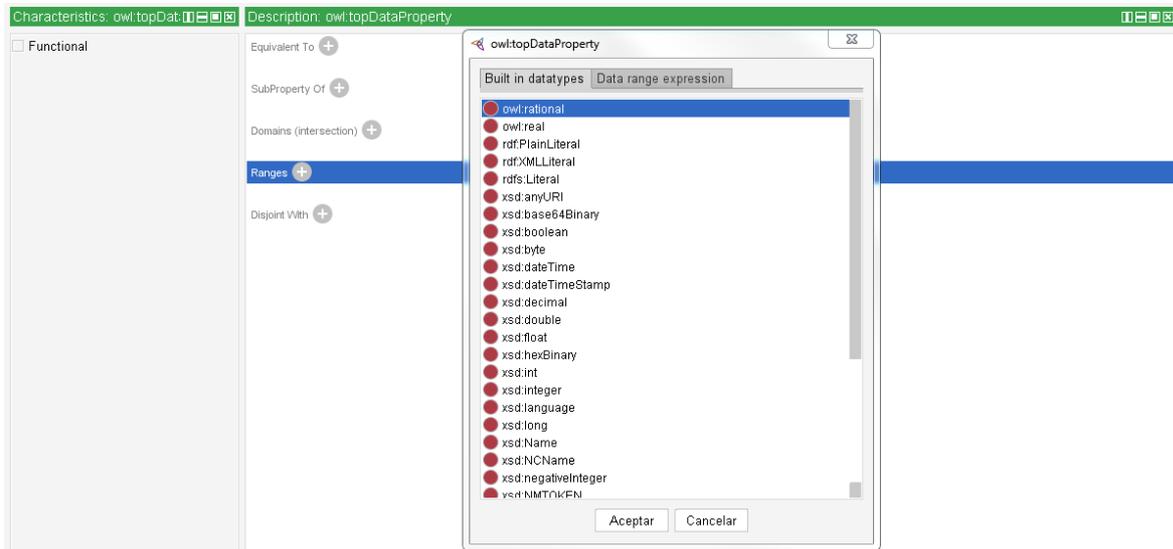


Figura 45 – Rango de un *DataProperty*.

Un aspecto muy importante dentro de los *DataProperty* es la posibilidad de establecer una equivalencia entre distintas propiedades definidas por el usuario, creando así una sintaxis común para la ontología, de forma que ésta asocie rápidamente conceptos equivalentes. Esta equivalencia se establece a través de la pestaña *Equivalent To*, y el rango de valores que se pueden tomar corresponden con el resto de propiedades definidas hasta el momento, como se muestra en la siguiente imagen:

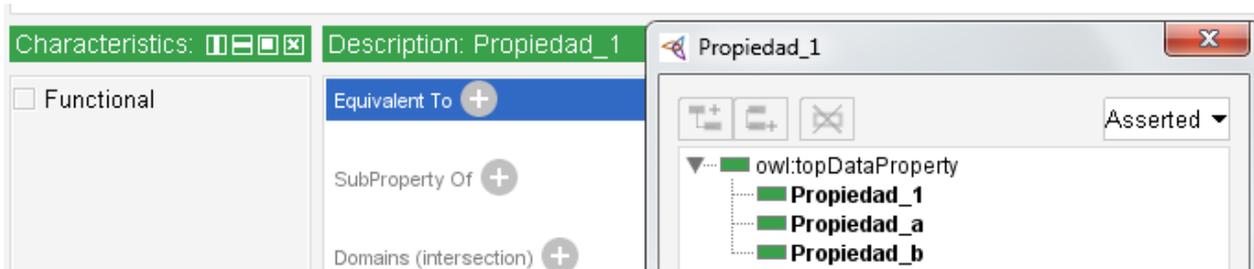


Figura 46 - Establecer equivalencias entre propiedades.

De esta forma se crearían las distintas propiedades atributos que se deseen añadir a las distintas clases que se instancien en la ontología. Una vez descrito el proceso de definición de *Classes*, *Object properties* y *Data properties* se está en condiciones de generar individuos de las distintas clases y añadirles valores a sus atributos. Dicho de otro modo, se está en condiciones de instanciar.

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

Para alcanzar este fin, existe la pestaña *Individuals*, en la que se puede seleccionar la opción de *Add Individual*. A continuación, aparecerá en pantalla una ventana en la que habrá que incluir el nombre de la instancia en cuestión. En este caso, se tomará como ejemplo una pieza basada en un estándar internacional (ABS) para una abrazadera (*clamp*), ABS00396H12NG.

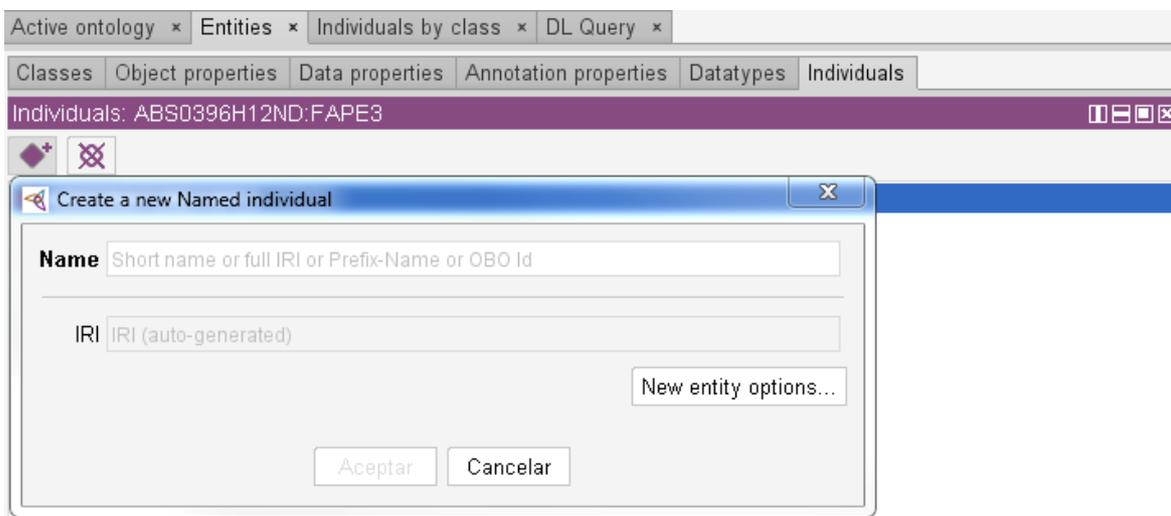


Figura 47 – Crear un *Individual*.

Para este atributo será necesario definir de qué tipo se trata, así como sus principales propiedades. Para ello se encuentra en la parte derecha de la venta con las opciones de anotaciones (*Annotations*), descripción (*Description*) y afirmaciones de las propiedades (*Property assertions*):

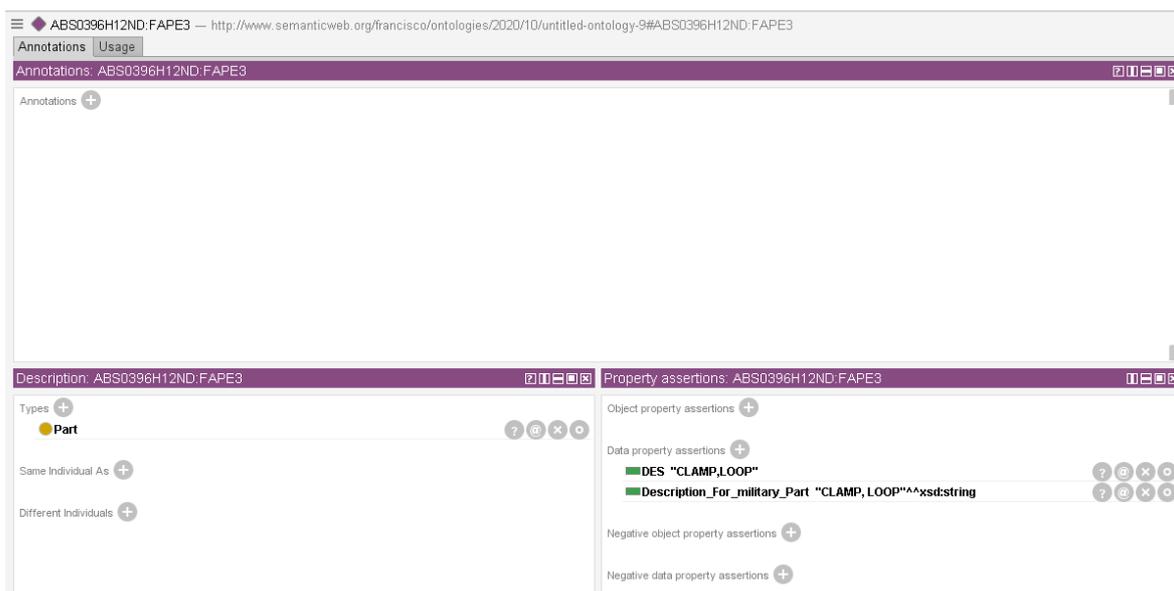


Figura 48 – Anotaciones, características y propiedades para *Individuals*.

En este caso ya se muestra cómo se ha seleccionado el *Type* Part (sólo se puede seleccionar entre las clases previamente definidas). Además, para añadir los valores de los atributos que se deseen seleccionar se deberá seleccionar la pestaña *Add Data property assertions* y seleccionar el atributo (previamente definido) que se quiera caracterizar dentro del listado *Data Property*, así como dentro del desplegable *Type*, se debe seleccionar el tipo de valor del atributo (string, boolean, int...):

## 4. Implementación

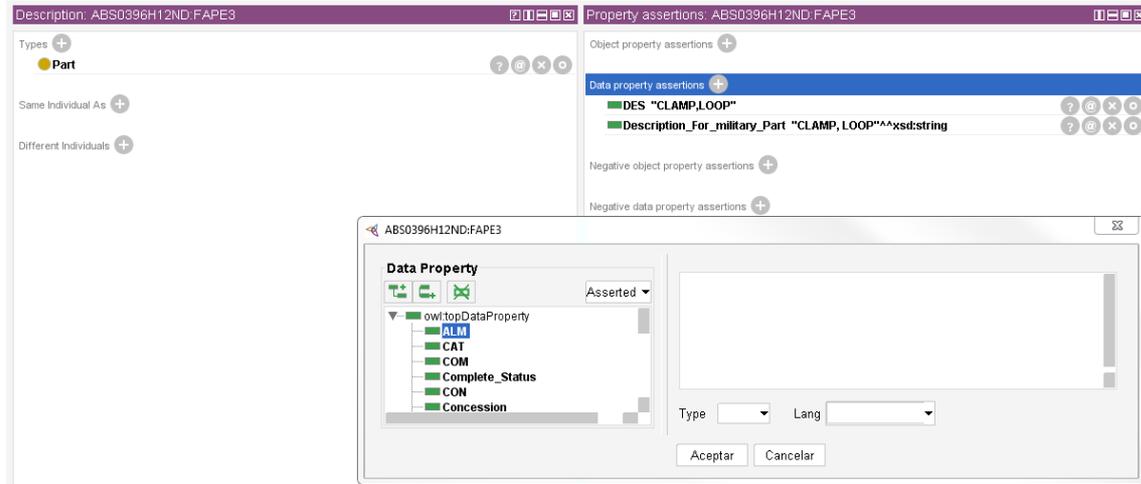


Figura 49 - Añadir atributos a la instanciación.

Todo este proceso se debe repetir con cada uno de los atributos que se quieran particularizar en la instanciación, así como en cada una de las instancias que se quieran realizar de las clases definidas. Todas estas instancias creadas se verán reflejadas en la pestaña *Classes*, dentro del apartado de *Instances* descrito anteriormente:

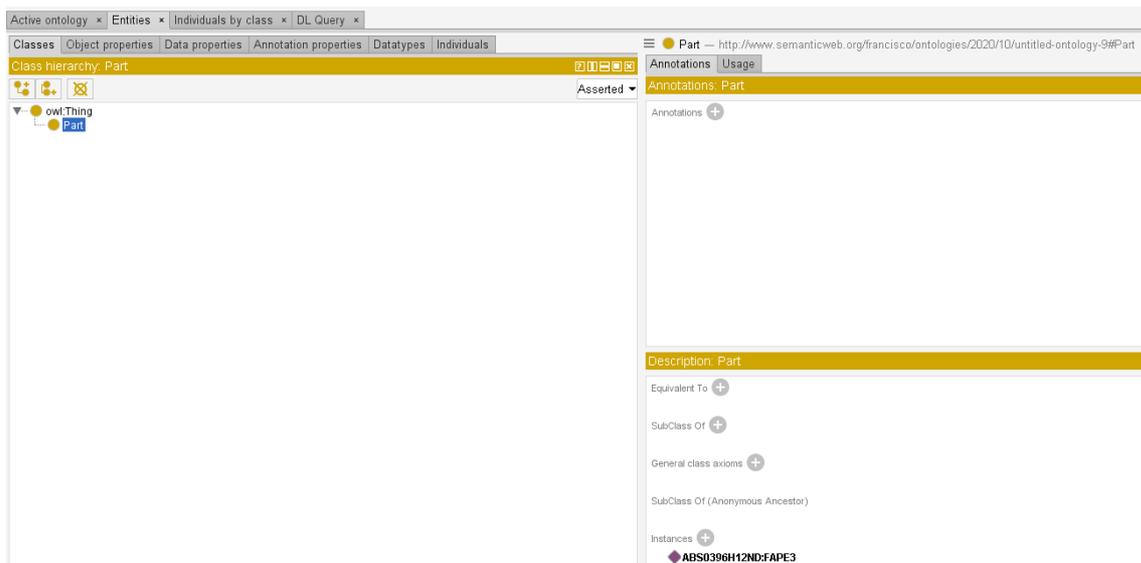


Figura 50- Instancias introducidas para la clase *Part*.

Una vez se llega a este punto, se podría exportar la ontología en el formato deseado. En este caso se hará en el formato *RDF/XML Syntax*, aunque el software Protegé ofrece más posibilidades de formatos de exportación según las necesidades del cliente en cada una solución requerida. También se aprecia en la siguiente figura el cierre del nodo raíz con la sentencia `</rdf:RDF>` como se introdujo anteriormente.

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_1 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_1">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte"/>
  <Complete_Status rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</Complete_Status>
  <Concession rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Concession>
  <Currency_code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</Currency_code>
  <DFL rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</DFL>
  <Description_For_military_Part rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">CLAMP,LOOP</Description_For_military_Part>
  <Essentiality_code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Essentiality_code>
  <Ext_Manufacturer rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">FAPE3</Ext_Manufacturer>
  <FIN-CI rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"></FIN-CI>
  <First_effectivity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</First_effectivity>
  <INC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">17532</INC>
  <ITV rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ITV>
  <Last_effectivity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</Last_effectivity>
  <Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator>
  <Minimum_Sales_Quantity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</Minimum_Sales_Quantity>
  <Packaging_Level_Code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Packaging_Level_Code>
  <Purchasing_leadtime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">3</Purchasing_leadtime>
  <REV rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</REV>
  <SLC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</SLC>
  <SPC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</SPC>
  <STR rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</STR>
  <Source_Maintenance_Recoverability rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Source_Maintenance_Recoverability>
  <Unit_price rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">178</Unit_price>
  <PNR:MFR rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ABS0396H12ND</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>
</rdf:RDF>
```

Figura 51 - Ejemplo de instanciación en Protégé en formato *RDF/XML Syntax*.



# 5 DISEÑO DEL SISTEMA DE INSTANCIACIÓN

*El placer más noble es el júbilo de comprender*

*Leonardo da Vinci*

En este capítulo se presenta el proceso de instanciación de la ontología que previamente se ha diseñado en anteriores capítulos de este trabajo. Este proceso es fundamental en el desarrollo de cualquier ontología, pues es la pieza clave que permitirá que la información pueda ser transmitida, en este caso, del sistema ERP hacia el sistema PLM, sin ningún tipo de pérdida de valor de ésta, basándose en la sintaxis común que se ha definido para ambos sistemas.

Una instanciación es el proceso de especificar información en un campo de datos. Éste es un proceso dirigido por el usuario dentro del software en cuestión (en este caso ARAS Innovator), en el que el usuario le indica al software qué datos debe leer, y de qué lugar debe tomarlos.

La gran cantidad de datos que manejan estos sistemas en los programas aeronáuticos que se desarrollan en la actualidad, hace imprescindible disponer de un sistema de instanciación robusto y eficaz, que permita unos trasvases de información rápidos. Para ello, el sistema de instanciación de la ontología es capaz de reconocer la sintaxis común y relacionar los atributos de ambos sistemas, para enlazar la información y almacenarla en el sistema destino, en este caso, el sistema PLM.

El proceso de instanciación comienza en la herramienta PLM, ARAS. Una vez customizada esta herramienta, la importación y exportación de datos a través de la ontología se realiza en la pestaña *Design*, en la que aparece el ItemType *Part* diseñado de acuerdo a las necesidades del cliente.

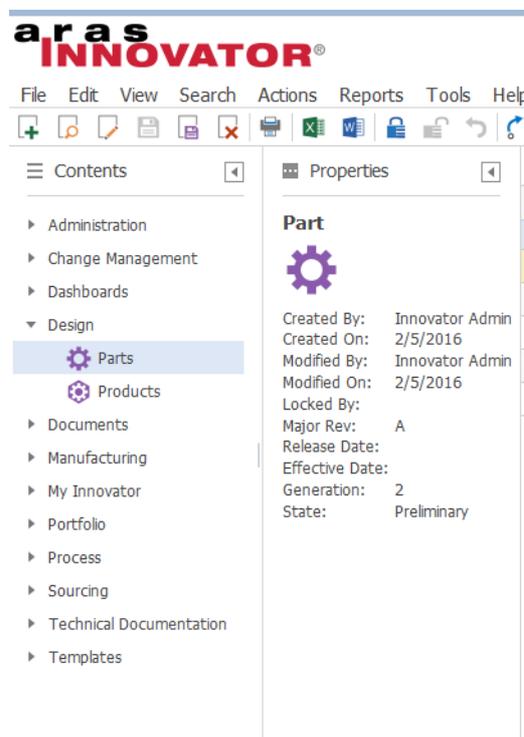


Figura 52 – Pestaña *Design* en ARAS Innovator.

En este caso, la customización se ha realizado en base a los atributos que se exportan del Sistema ERP, a través de la ontología. Tal y como se vio anteriormente, ARAS permite la creación de un nuevo ItemType con los datos

## 5. Diseño del sistema de instanciación

customizados a petición del cliente y en línea con la ontología que se haya diseñado a través de la opción *Create a new item*. En este caso, si se selecciona esta opción, aparece la ventana que se muestra en la siguiente figura:

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost - Part - AC430DDC25304DFFA6A220686CC7EBCE - Mozilla Firefox`. The browser's menu bar includes File, Edit, Views, Search, Actions, Reports, Tools, and Help. The main content area is titled 'Part' and features a gear icon and a metadata section on the left. The metadata includes fields for 'Created By:', 'Created On:', 'Modified By:', 'Modified On:', 'Locked By:', 'Major Rev:', 'Release Date:', 'Effective Date:', 'Generation: 1', and 'State:'. The main form area contains numerous input fields and dropdown menus for various attributes: PNR, MAN, STA, EVO, CAT, DES, PRE, MON, MIN, COM, NIV, REP, ESE, EQU, CON, ELE, ALM, DET, EMQ, EF1, EF2, FIN, MES, and ADI. There is also a 'Select an image...' link next to the ADI field. At the bottom of the browser window, there is a 'BOM' tab and a table header with columns: Sequence, Part Number, Name, Type, Quantity, and Sta.

Figura 53 – Introducción de datos de parte en ARAS Innovator.

En esta ventana aparecen todos los atributos definidos para el sistema PLM. Una vez introducidos los datos en la pestaña anterior, ARAS almacena los datos. Esta información podrá ser visualizada o editada en el futuro. Además, es destacable señalar que la herramienta permita establecer relaciones entre distintos *Parts*, del mismo modo que se realizará con la ontología, según se mostrará posteriormente en la demostración realizada en este trabajo. Estas relaciones se establecen a través de la pestaña *BOM*, del mismo que se harían en cualquier proceso de diseño al uso:

The screenshot shows the 'BOM' tab in the ARAS Innovator interface. The table header has the following columns: Sequence, Part Number, Name, Type, Quantity, State, Unit, and Reference Designator. The table body is currently empty.

Figura 54 - Pestaña *BOM* en ARAS Innovator.

Una vez almacenada la información en el nuevo *Item* generado, se podrá acceder al conjunto de nuevos *Parts* que se hayan generado en esta herramienta PLM de forma conjunta:

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

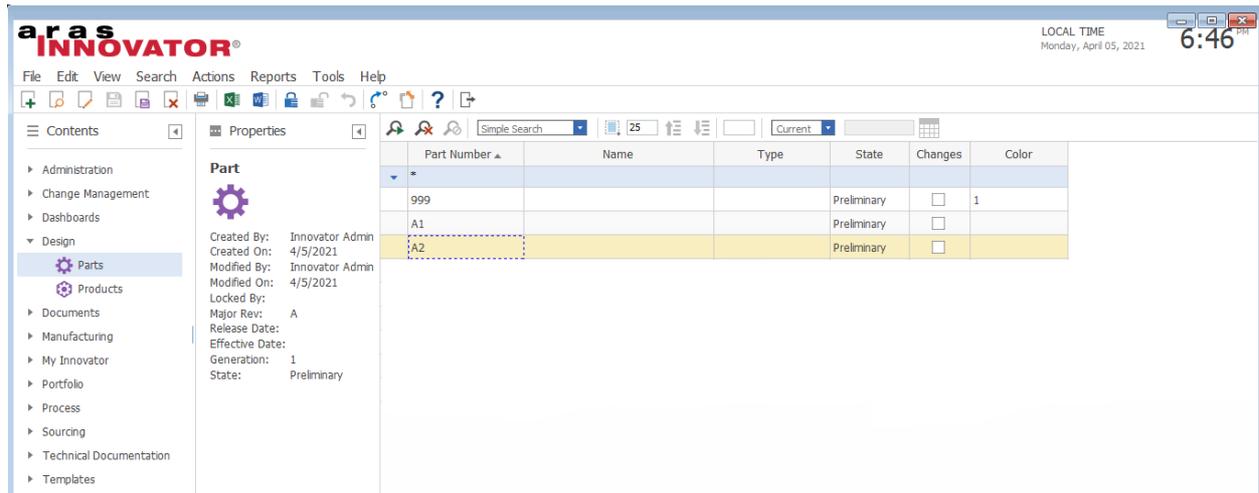


Figura 55 - Partes generadas en ARAS Innovator.

De esta forma, obtenemos en el sistema PLM el reflejo de la información que aparece en el sistema ERP. Esta información será de gran utilidad para el desarrollo de las tareas de mantenimiento de la aeronave, así como la creación de las listas de repuestos *as maintained* necesarios para estas tareas, pues comprometerá el trabajo de los técnicos de mantenimiento de las aeronaves, según la información que se haya definido por parte de los equipos de diseño en el sistema ERP.



# 6 DEMOSTRACIÓN

---

*Los científicos estudian el mundo tal como es; los ingenieros crean el mundo que nunca ha sido*

*Theodore Von Karman*

En el presente capítulo se procede a desarrollar un ejemplo del sistema de instanciación definido en el apartado anterior, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento. Para ello, se hará uso de los conocimientos de implementación en herramientas adquiridos en el capítulo 4 en las herramientas de ARAS Innovator y Protégé.

El ejemplo que se llevará a cabo corresponde con un *assembly* de una tubería con su correspondiente despiece, conformado por la propia tubería, unos tornillos y una abrazadera. La propia tubería, a su vez, es otro *assembly* y está compuesta por una manguera y un codo. A continuación, se muestra el listado de las partes a utilizar en este ejemplo:

Tabla 5 – Partes utilizadas en el ejemplo.

Parte	Descripción de la parte
M29020010000	Montaje completo
M29020010010	Tubería
DIN913-M4x5	Tornillo
ABS0396H12ND	Abrazadera
M29020010011	Manguera
AS5182B	Codo

En la siguiente figura se muestra el conjunto del montaje en el que se aprecian visualmente los distintos elementos que lo conforman:

## 6. Demostración

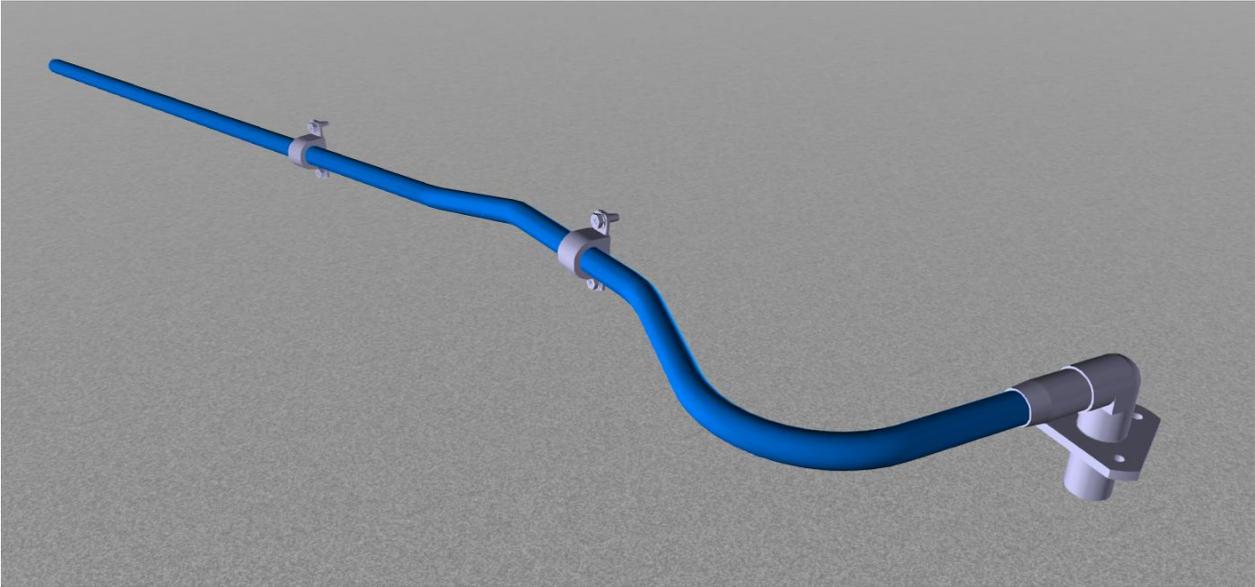


Figura 56 - Montaje completo M29020010000.

Como se ha comentado, la propia tubería que forma el *assembly* es, a su vez, otro montaje conformado por una manguera y un codo, como se muestra a continuación:

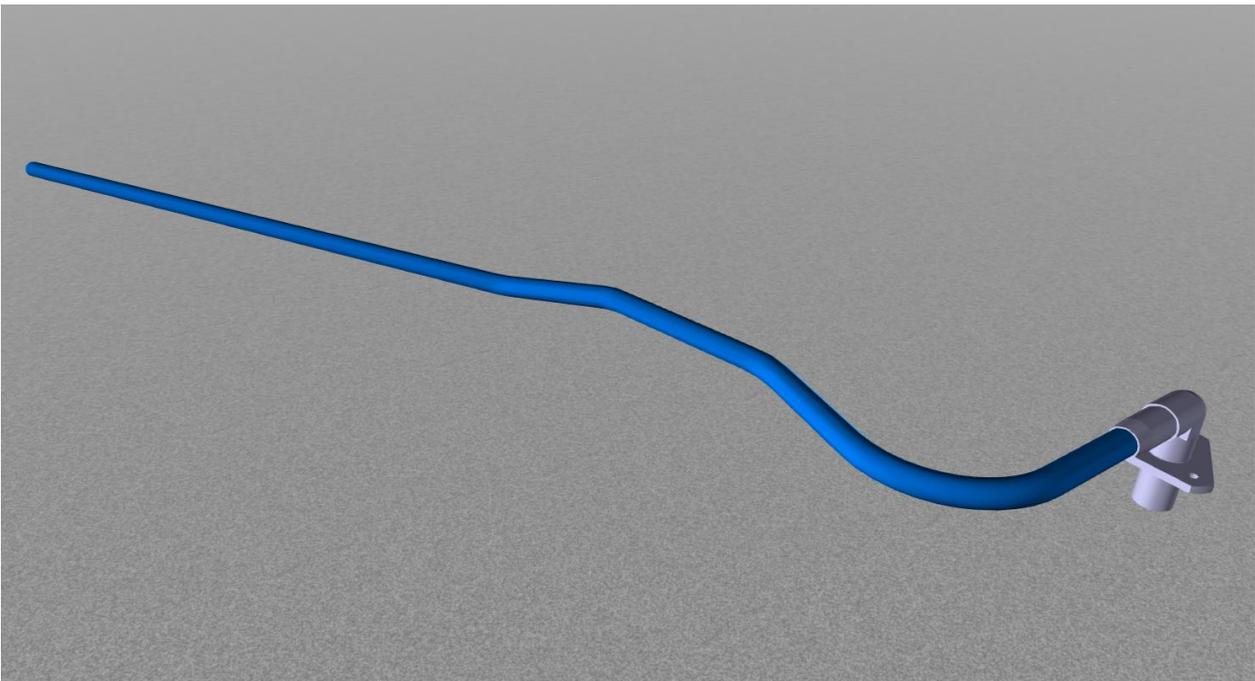


Figura 57 - Montaje de la tubería M29020010010.

Para llevar a cabo esta demostración, en primer lugar, en la herramienta ARAS se ha generado un proyecto de datos, que incluye un montaje descrito en la anterior tabla. Se muestra a continuación en una serie de figuras, la información de las distintas partes descritas que se han implementado en el software PLM tras el desarrollo de la ontología, para conocer específicamente toda su información asociada. Cabe recordar en este punto que la información de cada una de las partes proviene de un extracto en formato.XLM del sistema ERP que se muestra a continuación:

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

PNR/MFR	ABS0396H12ND:FAPE3	DIN913-M4x5:80205	M29020010010:D8518	M29020010000:D8518	M29020010011:D8518	AS5182B:D8518
Ext. manufacturer	FAPE3	80205	D8518	D8518	D8518	D8518
Description For military Part	CLAMP,LOOP	BOLT	PIPE	PIPE,ASSEMBLY	HOSE	ELBOW
Item Name Code (INC)	17532	16247	10200	11003	12053	13027
Spare Parts Classification (SPC)	1	1	6	6	1	1
Purchasing leadtime	3	2	8	10	8	9
Special Storage (STR)	0	0	0	0	0	0
Shelf Life Code (SLC)	X	0	0	0	0	0

Figura 58 - Extracto del sistema ERP de las partes utilizadas en la demostración.

Para el montaje completo (*assembly*), se ha utilizado la herramienta de ARAS que permite asociar las distintas *Parts* entre ellas, a través de la pestaña *BOM*. En concreto se ha denominado que, un montaje completo incluye una tubería, cuatro tornillos y dos abrazaderas, es decir, que cada abrazadera requiere de dos tornillos para su sujeción a la tubería. Además, cada tubería incluye una manguera y un codo en su montaje. Este tipo de abrazaderas son muy útiles para sujetar tuberías a una estructura en particular, o a la estructura de la aeronave en general. Además, se ha definido el *assembly* como un FIN (*102QA*), es decir, como un equipo (*EQU=1*) con entidad propia, lo cual afectará a algunos datos del PNR.

Se puede apreciar además que, tanto los tornillos como las abrazaderas y el codo, corresponden elementos standard, es decir, que se fabrican de acuerdo con una norma estándar internacional, en este caso, normas *DIN* o *ABS*, por ejemplo.

The screenshot displays the ARAS software interface for a BOM (Bill of Materials) structure. The top section shows the 'Part' details for PNR M29020010000, MAN D8518, STA Completo, EVO A, and CAT 11003. The description is 'PIPE,ASSEMBLY'. Below this, various attributes are set, including PRE 380, MON EUR, MIN 1, COM 10, NIV 1, REP 1, ESE 0, EQU 1, CON 0, ELE 0, ALM 0, DET 1, EMQ 0, EF1 7, EF2 21, FIN 102QA, and MES. The BOM structure is shown in a table below:

Sequence	Part Number	Name	Type	Quantity	State	Unit
1	ABS0396H12ND	CLAMP,LOOP		2	Preliminary	EUR
2	DIN913-M4x5	BOLT		4	Preliminary	EUR
3	M29020010010	PIPE		1	Preliminary	EUR

Figura 59 – Montaje completo en ARAS.

6. Demostración

http://localhost - Part - M29020010010 (read only) - Mozilla Firefox

File Edit Views Search Actions Reports Tools Help

Part

Created By: Innovator Admin  
 Created On: 12/25/2020  
 Modified By: Innovator Admin  
 Modified On: 4/2/2021  
 Locked By:  
 Major Rev: A  
 Release Date:  
 Effective Date:  
 Generation: 5  
 State: Preliminary

PNR: M29020010010  
 MAN: D8518  
 STA: Completo  
 EVO: A  
 CAT: 10200

DES: PIPE

PRE: 201  
 MON: EUR  
 MIN: 1  
 COM: 8

NIV: 1  
 REP: 1  
 ESE: 0  
 EQU: 0  
 CON: 0

ELE: 0  
 ALM: 0  
 DET: 1  
 EMQ: 0

EF1: 7  
 EF2: 21  
 FIN:  
 MES:

ADI

BOM Structure Alternates AML Documents CAD Documents Goals Changes Part Submission Warrants

Actions Pick Related

Sequence	Part Number	Name	Type	Quantity	State	Unit
1	M29020010011	HOSE		1	Preliminary	EUR
2	AS5182B	ELBOW		1	Preliminary	EUR

Figura 60 – Tubería del montaje en ARAS.

http://localhost - Part - DIN913-M4x5 (read only) - Mozilla Firefox

File Edit Views Search Actions Reports Tools Help

Part

Created By: Innovator Admin  
 Created On: 12/25/2020  
 Modified By: Innovator Admin  
 Modified On: 12/25/2020  
 Locked By:  
 Major Rev: A  
 Release Date:  
 Effective Date:  
 Generation: 1  
 State: Preliminary

PNR: DIN913-M4x5  
 MAN: 80205  
 STA: Completo  
 EVO: A  
 CAT: 16247

DES: BOLT

PRE: 1  
 MON: EUR  
 MIN: 100  
 COM: 2

NIV: 0  
 REP: 0  
 ESE: 0  
 EQU: 0  
 CON: 0

ELE: 0  
 ALM: 0  
 DET: 1  
 EMQ: 0

EF1: 7  
 EF2: 21  
 FIN:  
 MES:

ADI

Figura 61 – Tornillos del montaje en ARAS.

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

http://localhost - Part - ABS0396H12ND (read only) - Mozilla Firefox

File Edit Views Search Actions Reports Tools Help

Part

Created By: Innovator Admin  
 Created On: 10/26/2020  
 Modified By: Innovator Admin  
 Modified On: 12/25/2020  
 Locked By:  
 Major Rev: A  
 Release Date:  
 Effective Date:  
 Generation: 4  
 State: Preliminary

PNR: ABS0396H12ND  
 MAN: FAPE3  
 STA: Completo  
 EVO: A  
 CAT: 17532

DES: CLAMP,LOOP

PRE: 178  
 MON: EUR  
 MIN: 1  
 COM: 3

NIV: 0  
 REP: 0  
 ESE: 0  
 EQU: 0  
 CON: 0

ELE: 0  
 ALM: 0  
 DET: 1  
 EMQ: 0

EF1: 7  
 EF2: 21  
 FIN:  
 MES:

ADI: Este es un PNR de prueba

Figura 62 – Abrazaderas del montaje en ARAS.

http://localhost - Part - M29020010011 (read only) - Mozilla Firefox

File Edit Views Search Actions Reports Tools Help

Part

Created By: Innovator Admin  
 Created On: 4/2/2021  
 Modified By: Innovator Admin  
 Modified On: 4/2/2021  
 Locked By:  
 Major Rev: A  
 Release Date:  
 Effective Date:  
 Generation: 1  
 State: Preliminary

PNR: M29020010011  
 MAN: D8518  
 STA: Completo  
 EVO: A  
 CAT: 12053

DES: HOSE

PRE: 180  
 MON: EUR  
 MIN: 1  
 COM: 8

NIV: 0  
 REP: 0  
 ESE: 0  
 EQU: 0  
 CON: 0

ELE: 0  
 ALM: 0  
 DET: 0  
 EMQ: 0

EF1: 7  
 EF2: 21  
 FIN:  
 MES:

ADI:

Figura 63 - Manguera del montaje en ARAS.

## 6. Demostración

The screenshot shows the ARAS software interface for configuring a part. The browser address bar indicates the URL is `http://localhost - Part - AS5182B (read only) - Mozilla Firefox`. The interface includes a menu bar (File, Edit, Views, Search, Actions, Reports, Tools, Help) and a toolbar with various icons. The main content area is titled 'Part' and features a gear icon. On the left, there is a metadata section with the following details:

- Created By: Innovator Admin
- Created On: 4/2/2021
- Modified By: Innovator Admin
- Modified On: 4/2/2021
- Locked By:
- Major Rev: A
- Release Date:
- Effective Date:
- Generation: 1
- State: Preliminary

The right side of the interface contains a grid of configuration fields:

- PNR:** AS5182B
- MAN:** D8518
- STA:** Completo
- EVO:** A
- CAT:** 13027
- DES:** ELBOW
- PRE:** 21
- MON:** EUR
- MIN:** 10
- COM:** 9
- NIV:** 0
- REP:** 0
- ESE:** 0
- EQU:** 0
- CON:** 0
- ELE:** 0
- ALM:** 0
- DET:** 0
- EMQ:** 0
- EF1:** 7
- EF2:** 21
- FIN:**
- MES:**
- ADI:** (empty field)

Figura 64 - Codo del montaje en ARAS.

Con anterioridad se ha desarrollado una ontología que permita la interoperabilidad entre los sistemas ERP y PLM. De este modo, la información que se mostró anteriormente dentro del sistema PLM, ha sido volcada en éste a través de la ontología, tomando como origen de la información, el sistema ERP, según se detalló en el capítulo 5 de este trabajo.

A continuación, se muestran algunas capturas del software de Protégé, en cuyo apartado de *Individuals*, aparecen estos ejemplos implementados, junto con toda su información asociada, con la información tanto del sistema ERP como PLM. También se han generado unos *Individuals* que permiten la creación de las relaciones entre las distintas partes: estos *Individuals* pertenecen a las clases *Part\_BOM* y *Parte\_BOM* que se detallaron en el capítulo 4 de este mismo trabajo. En concreto, todos los elementos que se denominan *Part* corresponden a la estructura generada para el sistema PLM, mientras que los denominados *Parte* se corresponden con la estructura del sistema ERP.

El conjunto de *Individuals* generados se muestra a continuación:

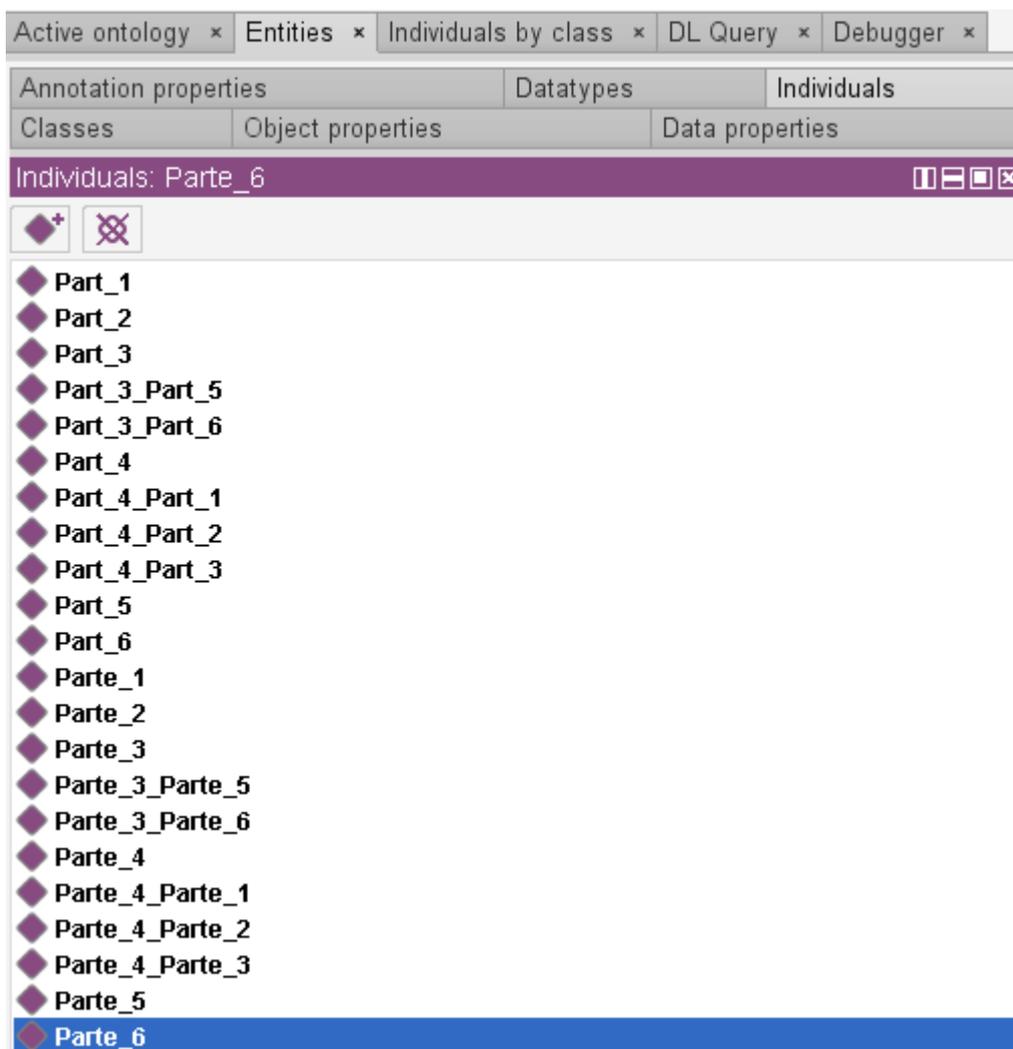


Figura 65 – *Individuals* generados en Protégé.

Para cada uno de estos elementos, existe una información asociada y casada con la información que se mostró anteriormente para el sistema PLM. En concreto, por ejemplo, en *Part\_3* se encuentra la información relativa a la tubería del montaje que se mostraba anteriormente también para el sistema PLM en ARAS. A continuación, se muestran los datos tal y como aparecen en Protégé:

## 6. Demostración

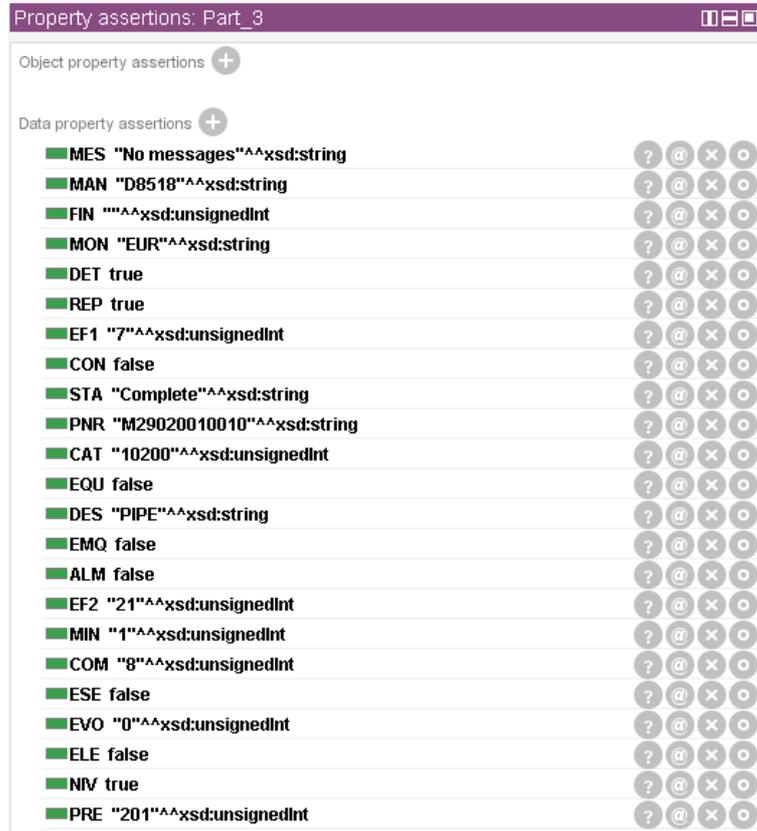


Figura 66 – Información de la tubería en Protégé.

Del mismo modo, *Part\_4\_Part\_3*, muestra la relación de cardinalidad que existe entre la parte del *assembly* y la tubería, en este caso, es una relación 1:1, pues por cada montaje, existe una única tubería:

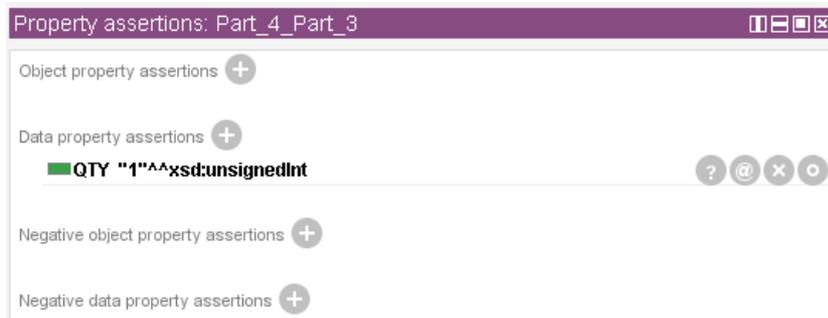


Figura 67 - Relación entre el montaje completo y la tubería en Protégé.

También se muestra en Protégé la relación aguas abajo, no sólo aguas arriba. Es decir, también existe el *Individual Part\_3\_Part\_5* que muestra la relación de cardinalidad entre la tubería y la manguera que conforma la propia tubería. Dicha relación se muestra en la siguiente figura:



Figura 68 - Relación entre la tubería y la manguera que la compone en Protégé.

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

El resto de los casos que se mostraban anteriormente, siguen la misma línea y contienen el resto de información necesaria para crear la ontología entre los sistemas ERP y PLM. La ontología completa en formato *RDF/XML Syntax* puede encontrarse en el Anexo II que se encuentra al final del presente documento; no obstante, en las siguientes figuras se muestran algunas instancias de la ontología para los *Individuals* en formato *RDF/XML Syntax*:

```
673 <!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3 -->
674
675 <owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3">
676   <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3"/>
677   <ALM rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ALM>
678   <CAT rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">10200</CAT>
679   <COM rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">8</COM>
680   <CON rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</CON>
681   <DES rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">PIPE</DES>
682   <DET rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</DET>
683   <EF1 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>
684   <EF2 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>
685   <ELE rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ELE>
686   <EMQ rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EMQ>
687   <EQU rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EQU>
688   <ESE rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ESE>
689   <EVO rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>
690   <FIN rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"></FIN>
691   <MAN rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">D8518</MAN>
692   <MES rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>
693   <MIN rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</MIN>
694   <MON rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>
695   <NIV rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</NIV>
696   <PNR rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">M29020010010</PNR>
697   <PRE rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">201</PRE>
698   <REP rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</REP>
699   <STA rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>
700 </owl:NamedIndividual>
```

Figura 69 - Part\_3 en formato RDF/XML Syntax.

```
904 <!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_3 -->
905
906 <owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_3">
907   <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_3"/>
908   <Complete_Status rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</Complete_Status>
909   <Concession rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Concession>
910   <Currency_code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</Currency_code>
911   <DFL rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</DFL>
912   <Description_For_military_Part rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">PIPE</Description_For_military_Part>
913   <Essentiality_code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Essentiality_code>
914   <Ext_Manufacturer rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">D8518</Ext_Manufacturer>
915   <FIN-CI rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"></FIN-CI>
916   <First_effectivity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</First_effectivity>
917   <INC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">10200</INC>
918   <ITY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ITY>
919   <Last_effectivity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</Last_effectivity>
920   <Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator>
921   <Minimum_Sales_Quantity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</Minimum_Sales_Quantity>
922   <Packaging_Level_Code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Packaging_Level_Code>
923   <Purchasing_leadtime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">8</Purchasing_leadtime>
924   <REV rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</REV>
925   <SLC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</SLC>
926   <SPC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</SPC>
927   <STR rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</STR>
928   <Source_Maintenance_Recoverability rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</Source_Maintenance_Recoverability>
929   <Unit_price rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">201</Unit_price>
930   <PNR:MFR rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">M29020010010</PNR:MFR>
931 </owl:NamedIndividual>
```

Figura 70 - Parte\_3 en formato RDF/XML Syntax.

```
771 <!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_3 -->
772
773 <owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_3">
774   <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM"/>
775   <QTY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTY>
776 </owl:NamedIndividual>
```

Figura 71 - Part\_4\_Part\_3 en formato RDF/XML Syntax.

```
704 <!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3_Part_5 -->
705
706 <owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3_Part_5">
707   <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM"/>
708   <QTY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTY>
709 </owl:NamedIndividual>
```

Figura 72 - Part\_3\_Part\_5 en formato RDF/XML Syntax.

También se muestra en la siguiente imagen la equivalencia entre los *DataProperties* definidos, por ejemplo, para *QTA* y *QTY*:

## 6. Demostración

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTA -->  
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTA">  
  <owl:equivalentProperty rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTY" />  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte\_BOM" />  
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt" />  
</owl:DatatypeProperty>
```

Figura 73 - Equivalencia entre propiedades en formato RDF/XML Syntax.

En esta equivalencia de propiedades radica la sintaxis común que la ontología es capaz de interpretar.

# 7 CONCLUSIONES

---

*Lo importante es no dejar de hacerse preguntas*

*Albert Einstein*

Una vez realizado todo el proceso de desarrollo, construcción y comprobación de la ontología que en este trabajo se presenta, se está en disposición de enunciar las principales conclusiones alcanzadas en el presente capítulo.

Para comenzar, en una industria tan globalizada como es la aeronáutica, se ha visto como en un mismo programa aeronáutico pueden concurrir cientos de proveedores de productos distintos, cada uno de ellos con sus particularidades, virtudes y defectos. De hecho, cada uno de ellos podrían trabajar con un sistema PLM o ERP distinto. Por ello, las ontologías se han establecido como una solución útil para el entendimiento, dentro de un programa aeronáutico, de las distintas fuentes de información de los datos de producto. En ocasiones, los sistemas PLM del fabricante de la aeronave no recogen la información de las partes que provienen de proveedores externos por la ausencia de una ontología, lo cual obliga al uso de sistemas más tradicionales y arcaicos para el volcado de la información, con la consecuente pérdida de eficacia y seguridad en el proceso.

Así, se ha podido afianzar y corroborar la idea descrita en el primer capítulo de este trabajo con relación a la interoperabilidad y las ontologías: las ontologías son una herramienta útil para resolver el problema de la interoperabilidad en los sistemas y aplicaciones que así lo requieren y, en particular, en el ámbito de la industria aeronáutica. Todo ello se ha consolidado a través del estudio del estado del arte de esta materia.

Posteriormente, tras el desarrollo de una ontología para la gestión de datos de partes de mantenimiento, se ha demostrado que la interoperabilidad entre sistemas distintos (en este caso entre un sistema ERP y un sistema PLM), es posible, efectiva y útil. Si bien ha sido necesario customizar y trabajar con distintas herramientas, en este caso ARAS Innovator y Protégé, los resultados alcanzados en cuanto a robustez y fiabilidad en el intercambio de información deben hacer plantearse a la industria que utiliza estos sistemas en la actualidad el uso de ontologías para trasvases de información de forma rápida y eficaz.

De manera general, se ha visto cómo las ontologías no sólo generan unos datos o unas relaciones entre ellos, sino que, a través de la lógica, son capaces de generar el entendimiento y transmitir la información. La clave de este punto se ha situado en el uso de una sintaxis común entre los distintos sistemas. Además, según se ha visto en este trabajo a través del uso de herramientas *Open Source*, las ontologías son customizables según las necesidades del cliente, y las particularidades del proyecto en cuestión.

El propio uso de manera satisfactoria de herramientas de tipo *Open Source* puede considerarse una conclusión más de este trabajo, afianzando este tipo de herramientas como una solución robusta y fiable en la industria real del siglo XXI.



# REFERENCIAS

---

- [1] K. Giammarco, A Formal Method for Assessing Architecture Model and Design Maturity Using Domain-independent Patterns, *Procedia Comput.*, 2014.
- [2] J. L. e. al., Design Ontology Supporting Model-based Systems-engineering Formalisms, 2020.
- [3] B. P. a. S. M. Zeigler, «Enhancing DoDAF with a DEVS-based system lifecycle development process,» *IEEE international conference on systems, man and cybernetics*, 2005.
- [4] RAE, «<https://dpej.rae.es/lema/interoperabilidad>,» 2021. [En línea].
- [5] M. Á. S. U. y. G. d. R. L. Salvador Sánchez Alonso, «Sobre la interoperabilidad semántica en las descripciones archivísticas digitales,» *REVISTA ESPAÑOLA DE DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICA*, 2008.
- [6] NCOIC, «NCOIC Experts Can Show You the Path to Increased Capability with Reduced Risk and Cost,» [En línea].
- [7] ISO, «Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 242: Application protocol: Managed model-based 3D engineering». Patente 10303-242:2014, 2014.
- [8] ISO, «Enterprise-control system integration — Part 1: Models and terminology». Patente IEC 62264-1:2013.
- [9] I. STEP Tools, «<https://www.steptools.com/stds/step/>,» [En línea].
- [10] J. A. Stefan, «Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies,» 2008.
- [11] Altertecnica, «<https://altertecnica.com/ingenieria-concurrente-vs-tradicional/>,» [En línea].
- [12] «<https://ingsoftwarejefer.webcindario.com/unidad-1/modelos-de-proceso-del-software/modelo-lineal-secuencial.html>,» [En línea].
- [13] «<https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/ingenieria-concurrente/>,» [En línea].
- [14] L. d. C. Linares, Gerencia de producción y operaciones I.
- [15] «[www.incoseonline.org.uk](http://www.incoseonline.org.uk),» [En línea].
- [16] «<https://www.omgwiki.org/MBSE/>,» [En línea].
- [17] Y. Mordecai, O. Orhof y D. Dori, «Model-Based Interoperability Engineering in Systems-of-Systems and Civil Aviation,» *IEEE*, 2016.
- [18] M. Auguston y C. Whitcomb, «Behavior Models and Composition for Software and Systems Architecture,» de *24th International Conf. on Software & Systems Engineering - ICSSEA*, 2012.

## 8. Referencias

- [19] UML, «<https://www.uml.org/what-is-uml.html>,» [En línea].
- [20] P. M. Calero, Modelo SysML de un Robot Khepera III, TFG.
- [21] OMG, OMG Systems Modeling Language (OMG SysML) Version 1.3, no. 1.3. 2012.
- [22] OMG, «<https://www.omg.org/sysml-directory/>,» [En línea].
- [23] W. N. Borst, Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse, 1997.
- [24] M. F.-L. A. G.-P. Oscar Corcho, «Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?,» *ELSEVIER*, 2002.
- [25] T. R. Gruber, «A Translation Approach to Portable Ontology Specifications,» 1993.
- [26] W3C Recommendation, «<https://www.w3.org/TR/owl-features/>,» 2004. [En línea].
- [27] «<https://blog.classora-technologies.com/2012/12/18/owl-el-lenguaje-de-ontologias-web-del-w3c/>,» [En línea].
- [28] Notepad++, «<https://notepad-plus-plus.org/>,» [En línea].
- [29] KSL Stanford, «<http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>,» [En línea].
- [30] EnterpriseArchitect, «<https://sparxsystems.com/>,» [En línea].
- [31] Y. M. Muñoz, «<http://personales.upv.es/ccarrasc/doc/2001-2002/Protege2000/PROTEGE.htm>,» 2002. [En línea].
- [32] Stanford, «<https://protege.stanford.edu/>,» [En línea].
- [33] J. Stark, Product Lifecycle Management (Volume 2), Springer, 2016.
- [34] ARAS Innovator, «<https://www.aras.com/>,» [En línea].
- [35] InfoWorld, «<https://www.infoworld.com/article/2660551/soft-sell-for-open-source-apps.html>,» [En línea].

# ANEXO I

En este Anexo se presenta el modelo de datos al completo exportado del sistema ERP.

Object	29128406_010	29128406_020	29128406_030	29128406_040	29128406_050	29128406_060
Item Sol	2	2	2	2	2	2
PNR/MFR	ABS0396H12ND: FAPE3	DIN913- M4x5:80205	M29020010010: D8518	M29020010000: D8518	M29020010011: D8518	AS5182B:D85 18
Type	PNPS	PNPS	PNPS	PNPS	PNPS	PNPS
Group	34	34	34	34	34	34
SPC	1	1	1	1	1	1
PNR/MFR description	CLAMP	BOLT	PIPE	ASSEMBLY	HOSE	ELBOW
LC	L	L	L	L	L	L
Civilian or/and Military Domain	B	B	B	B	B	B
Manufactu rer Part No.	ABS0396H12ND	DIN913-M4x5	M29020010010	M29020010000	M29020010011	AS5182B
Ext. manufactu rer	FAPE3	80205	D8518	D8518	D8518	D8518
Descriptio n For military Part	CLAMP,LOOP	BOLT	PIPE	PIPE,ASSEMBL Y	HOSE	ELBOW
Item Name Code (INC)	17532	16247	10200	11003	12053	13027
NATO Supply Class (NSC)	5340	5320	1720	1600	1730	1940
A400M Unit of Issue	EA	EA	EA	EA	EA	EA
SPQ	1	100	1	1	1	1
Type of price	06	06	06	06	06	06
Item Type (ITY)	BD	HW	MD	MD	BD	BD
Spare Parts Classificat ion (SPC)	1	1	6	6	1	1
Purchasi ng leadtime	3	2	8	10	8	8
Special Storage (STR)	0	0	0	0	0	0
Shelf Life Code (SLC)	X	0	0	0	0	0
Packaging Level Code	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Procurem ent code	AB	AB	AB	AB	AB	AB

## 9. Anexo I

Unit price	178,00	1,00	201,00	380,00	180,00	21,00
Currency code (constant EUR for A400M)	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR
Minimum Sales Quantity	1	100	1	1	1	10
Physical security Code	U	U	U	U	U	U
Military Status	Quality check					
Redactor Code Description	IDEA-STUDEC	IDEA-STUDEC	IDEA-STUDEC	IDEA-STUDEC	IDEA-STUDEC	IDEA-STUDEC
Complete Status	Complete	Complete	Complete	Complete	Complete	Complete
Mil Electrostatic Sens Device Indicator	0	0	0	0	0	0
Airbus business organisation	D8518	D8518	D8518	D8518	D8518	D8518
Source Maintenance Recoverability	PAOZZ	PAOZZ	PAOOO	PAOOO	PAOZZ	PAOZZ
NATO Identification Number (NIN)	145958075	145958075	145958075	145958075	145958075	145958075
Reference Number Category Code (RNC)	1	1	1	1	1	1
Reference Number Justification Code(RNJ)	0	0	0	0	0	0
Reference Number Variation Code (RNV)	2	2	2	2	2	2
Essentiality code	2	2	1	1	1	1
Figure Type	IF	IF	IF	IF	IF	IF
First effectivity	7	7	7	7	7	7
Last effectivity	21	21	21	21	21	21
FIN-CI				102QA		
DFL	Not interchangeable					
REV	0	0	0	0	0	0
Concession	0	0	0	0	0	0

## ANEXO II

En el presente Anexo se documenta la ontología diseñada en este trabajo, tras su exportación desde el software Protégé en formato *RDF/XML Syntax*.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#"
  xml:base=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9"
  xmlns:PNR=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PNR/"
  xmlns:owl=http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml=http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  xmlns:xsd=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs=http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  <owl:Ontology rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9">

  <!--
  //////////////////////////////////////
  //
  // Object Properties
  //
  //////////////////////////////////////
  -->

  <!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PartDestino -->

  <owl:ObjectProperty      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#PartDestino">
    <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Part_BOM">
    <rdfs:range  rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Part">
  </owl:ObjectProperty>
```

10. Anexo II

<!-- <http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PartOrigen> -->

```
<owl:ObjectProperty      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PartOrigen
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part\_BOM"/>
  <rdfs:range  rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- <http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ParteDestino> -->

```
<owl:ObjectProperty      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ParteDestino
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte\_BOM"/>
  <rdfs:range  rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!-- <http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ParteOrigen> -->

```
<owl:ObjectProperty      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ParteOrigen
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte\_BOM"/>
  <rdfs:range  rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte"/>
</owl:ObjectProperty>
```

<!--

////////////////////////////////////

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
//  
// Data properties  
//  
////////////////////////////////////  
-->  
  
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ALM -->  
  
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ALM"  
<owl:equivalentProperty  
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#STR"  
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part"  
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"  
<rdfs:comment>El PNR requiere un almacenaje especial</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>  
  
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#CAT -->  
  
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#CAT"  
<owl:equivalentProperty  
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#INC"  
<rdfs:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty"  
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part"  
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"  
<rdfs:comment>Código de catalogación del producto</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>  
  
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#COM -->
```

## 10. Anexo II

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#COM">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Purchasing_leadtime">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
  <rdfs:comment>Tiempo (en meses) que tarda la compra del producto</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#CON -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#CON">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Concession">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
  <rdfs:comment>¿El PNR ha sido modificado por una concesión?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Complete_Status -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Complete_Status">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#STA">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
  <rdfs:comment>Estado del producto en el sistema</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Concession -->
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Concession">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource=http://www.w3.org/2002/07/owl#topDataProperty">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
  <rdfs:comment>¿El PNR ha sido modificado por una concesión?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Currency_code -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Currency_code">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MON">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
  <rdfs:comment>Moneda en la que aparece el precio</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#DES -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#DES">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Description_For_military_Part">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
  <rdfs:comment>Nombre del producto</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#DET -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#DET">
  <owl:equivalentProperty
```

## 10. Anexo II

```
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#SLC">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
    <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
      <rdfs:comment>¿el material se deteriora?</rdfs:comment>
    </owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#DFL -->

<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#DFL">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MES">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    <rdfs:comment>Mensaje a añadir sobre el PNR (alternativos)</rdfs:comment>
  </owl:DatatypeProperty>

<!--          http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Description_For_military_Part -->

<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Description_For_military_Part">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte">
    <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
      <rdfs:comment>Nombre del producto</rdfs:comment>
    </owl:DatatypeProperty>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EF1 -->

<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EF1">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#First_effectivity">
```

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part#>
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt#>
<rdfs:comment>Primera efectividad del producto en el avión</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EF2 -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EF2#
<owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Last_effectivity#>
<rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part#>
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt#>
<rdfs:comment>Última efectividad del producto en el avión</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ELE -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ELE#
<owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator#>
<rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part#>
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean#>
<rdfs:comment>¿Es un componente electrico?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EMQ -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
```

## 10. Anexo II

ontology-9#EMQ"

```
<owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Packaging_Level_Code">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
  <rdfs:comment>¿el material se proporciona empaquetado?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EQU -->

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EQU">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ITY">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
  <rdfs:comment>¿Es un equipo?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ESE -->

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ESE">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Essentiality_code">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
  <rdfs:comment>¿Esencial? ¿Puede el avión volar sin él?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

## Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EVO -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#EVO">
```

```
<owl:equivalentProperty  
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#REV">
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
```

```
<rdfs:comment>Contador del número de evoluciones que ha sufrido el PNR con respecto a los cambios de MFC</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Essentiality_code -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Essentiality_code">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
```

```
<rdfs:comment>¿Esencial? ¿Puede el avión volar sin él?</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Ext._Manufacturer -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Ext._Manufacturer">
```

```
<owl:equivalentProperty  
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MAN">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
```

```
<rdfs:comment>Fabricante del producto</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#FIN -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#FIN">
```

## 10. Anexo II

```
<owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#FIN-CI">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
  <rdfs:comment>En caso de ser un equipo, indicar su código de equipo</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#FIN-CI -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#FIN-CI">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
  <rdfs:comment>En caso de ser un equipo, indicar su código de equipo</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#First_effectivity -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#First_effectivity">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
  <rdfs:comment>Primera efectividad del producto en el avión</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#INC -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#INC">
  <rdf:type rdf:resource=http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
  <rdfs:comment>Código de catalogación del producto</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ITY -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#ITY">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">  
  <rdfs:comment>¿Es un equipo?</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Last_effectivity -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Last_effectivity">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">  
  <rdfs:comment>Última efectividad del producto en el avión</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MAN -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MAN">  
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">  
  <rdfs:comment>Fabricante del producto</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MES -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MES">  
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

## 10. Anexo II

```
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">  
<rdfs:comment>Mensaje a añadir sobre el PNR (alternativos)</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MIN -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-  
ontology-9#MIN">  
  <owl:equivalentProperty  
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-  
9#Minimum_Sales_Quantity">  
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-  
9#Part">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">  
  <rdfs:comment>Cantidad mínima de compra del producto</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#MON -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-  
ontology-9#MON">  
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-  
9#Part">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">  
  <rdfs:comment>Moneda en la que aparece el precio</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!--          http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-  
9#Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-  
ontology-9#Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">  
  <rdfs:comment>¿Es un componente electrico?</rdfs:comment>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Minimum_Sales_Quantity -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Minimum_Sales_Quantity">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
```

```
<rdfs:comment>Cantidad mínima de compra del producto</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#NIV -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#NIV">
```

```
<owl:equivalentProperty
```

```
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#SPC">
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
```

```
<rdfs:comment>Nivel de indentación del producto</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PNR -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PNR">
```

```
<owl:equivalentProperty
```

```
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PNR/MFR">
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
```

```
<rdfs:comment>Part Number del producto</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

## 10. Anexo II

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PRE -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PRE">
```

```
<owl:equivalentProperty  
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Unit_price">
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
```

```
<rdfs:comment>Precio</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Packaging_Level_Code -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Packaging_Level_Code">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
```

```
<rdfs:comment>¿el matereial se proporciona empaquetado?</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Purcharsing_leadtime -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Purcharsing_leadtime">
```

```
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
```

```
<rdfs:comment>Tiempo (en meses) que tarda la compra del producto</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTA -->
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTA">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTY">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_BOM">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTY -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#QTY">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#REP -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#REP">
  <owl:equivalentProperty
rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Source_Maintenance_Recoverability">
  <rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
  <rdfs:comment>¿Reparable?</rdfs:comment>
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#REV -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#REV">
```

## 10. Anexo II

```
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">
```

```
<rdfs:comment>Contador del número de evoluciones que ha sufrido el PNR con respecto a los cambios de MFC</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#SLC -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#SLC">
```

```
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
```

```
<rdfs:comment>¿el material se deteriora?</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#SPC -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#SPC">
```

```
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">
```

```
<rdfs:comment>Nivel de indentación del producto</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#STA -->
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#STA">
```

```
<rdfs:domain rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
```

```
<rdfs:comment>Estado del producto en el sistema</rdfs:comment>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#STR -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#STR">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">  
  <rdfs:comment>El PNR requiere un almacenaje especial</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!--          http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Source_Maintenance_Recoverability -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Source_Maintenance_Recoverability">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">  
  <rdfs:comment>¿Reparable?</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Unit_price -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Unit_price">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">  
  <rdfs:comment>Precio</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PNR/MFR -->
```

```
<owl:DatatypeProperty    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#PNR/MFR">  
  <rdfs:range rdf:resource=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">  
  <rdfs:comment>Part Number del producto</rdfs:comment>  
</owl:DatatypeProperty>
```

## 10. Anexo II

```
<!--  
////////////////////////////////////  
//  
// Classes  
//  
////////////////////////////////////  
-->
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part -->
```

```
<owl:Class      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">  
  <owl:equivalentClass  rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte">  
  <rdfs:comment>Clase generada para el sistema PLM</rdfs:comment>  
</owl:Class>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part\_BOM -->
```

```
<owl:Class      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part\_BOM">  
  <owl:equivalentClass  rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte\_BOM">  
  <rdfs:comment>Clase para la relación entre partes en sistema PLM</rdfs:comment>  
</owl:Class>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte -->
```

```
<owl:Class      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte">  
  <rdfs:comment>Parte generada para el sistema ERP</rdfs:comment>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
</owl:Class>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_BOM -->
```

```
<owl:Class      rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_BOM">
```

```
  <rdfs:comment>Clases para la relación entre partes en sistema ERP</rdfs:comment>
```

```
</owl:Class>
```

```
<!--
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
//
```

```
// Individuals
```

```
//
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
-->
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_1 -->
```

```
<owl:NamedIndividual      rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_1">
```

```
  <rdf:type      rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part1">
```

```
    <ALM rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ALM>
```

```
    <CAT rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">17532</CAT>
```

```
    <COM rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">3</COM>
```

```
    <CON rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</CON>
```

```
    <DES rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">CLAMP,LOOP</DES>
```

```
    <DET rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>true</DET>
```

```
    <EF1 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>
```

```
    <EF2 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>
```

```
    <ELE rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ELE>
```

## 10. Anexo II

```
<EMQ rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EMQ>
<EQU rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EQU>
<ESE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ESE>
<EVO rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>
<FIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"></FIN>
<MAN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">FAPE3</MAN>
<MES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>
<MIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</MIN>
<MON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>
<NIV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</NIV>
<PNR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ABS0396H12ND</PNR>
<PRE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">178</PRE>
<REP rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</REP>
<STA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_2 -->
```

```
<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_2">
```

```
<rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<ALM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ALM>
<CAT rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">16247</CAT>
<COM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">2</COM>
<CON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</CON>
<DES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">BOLT</DES>
<DET rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</DET>
<EF1 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>
<EF2 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>
<ELE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ELE>
<EMQ rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EMQ>
<EQU rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EQU>
<ESE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ESE>
<EVO rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>
<FIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"></FIN>
```

```
<MAN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">80205</MAN>
<MES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>
<MIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">100</MIN>
<MON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>
<NIV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</NIV>
<PNR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">DIN913-M4x5</PNR>
<PRE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</PRE>
<REP rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</REP>
<STA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3 -->
```

```
<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3">
```

```
<rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part1">
```

```
<ALM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ALM>
<CAT rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">10200</CAT>
<COM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">8</COM>
<CON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</CON>
<DES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">PIPE</DES>
<DET rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</DET>
<EF1 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>
<EF2 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>
<ELE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ELE>
<EMQ rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EMQ>
<EQU rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EQU>
<ESE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ESE>
<EVO rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>
<FIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"></FIN>
<MAN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">D8518</MAN>
<MES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>
<MIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</MIN>
<MON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>
<NIV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</NIV>
<PNR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">M29020010010</PNR>
```

## 10. Anexo II

```
<PRE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">201</PRE>
<REP rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</REP>
<STA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3_Part_5 -->
```

```
<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3_Part_5">
  <rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM">
  <QTY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTY>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3_Part_6 -->
```

```
<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_3_Part_6">
  <rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM">
  <QTY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTY>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4 -->
```

```
<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4">
  <rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
  <ALM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</ALM>
  <CAT rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">11003</CAT>
  <COM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">10</COM>
  <CON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</CON>
  <DES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">PIPE,ASSEMBLY</DES>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<DET rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</DET>
<EF1 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>
<EF2 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>
<ELE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ELE>
<EMQ rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EMQ>
<EQU rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</EQU>
<ESE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ESE>
<EVO rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>
<FIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">102QA</FIN>
<MAN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">D8518</MAN>
<MES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>
<MIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</MIN>
<MON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>
<NIV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</NIV>
<PNR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">M29020010000</PNR>
<PRE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">380</PRE>
<REP rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</REP>
<STA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_1 -->
```

```
<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_1">
  <rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM"/>
  <QTY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">2</QTY>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_2 -->
```

```
<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_2">
  <rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM"/>
```

## 10. Anexo II

```
<QTY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">4</QTY>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_3 -->
```

```
<owl:NamedIndividual    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_4_Part_3">
```

```
<rdf:type    rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_BOM">
```

```
<QTY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTY>
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_5 -->
```

```
<owl:NamedIndividual    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_5">
```

```
<rdf:type    rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
<ALM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</ALM>
```

```
<CAT rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">12053</CAT>
```

```
<COM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">8</COM>
```

```
<CON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</CON>
```

```
<DES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">HOSE</DES>
```

```
<DET rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>true</DET>
```

```
<EF1 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>
```

```
<EF2 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>
```

```
<ELE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</ELE>
```

```
<EMQ rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</EMQ>
```

```
<EQU rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</EQU>
```

```
<ESE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</ESE>
```

```
<EVO rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>
```

```
<FIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"></FIN>
```

```
<MAN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">D8518</MAN>
```

```
<MES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>
```

```
<MIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</MIN>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<MON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>  
<NIV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</NIV>  
<PNR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">M29020010011</PNR>  
<PRE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">180</PRE>  
<REP rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</REP>  
<STA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>  
</owl:NamedIndividual>
```

```
<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_6 -->
```

```
<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part_6">
```

```
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Part">
```

```
  <ALM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ALM>  
  <CAT rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">13027</CAT>  
  <COM rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">9</COM>  
  <CON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</CON>  
  <DES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ELBOW</DES>  
  <DET rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</DET>  
  <EF1 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</EF1>  
  <EF2 rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</EF2>  
  <ELE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ELE>  
  <EMQ rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EMQ>  
  <EQU rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</EQU>  
  <ESE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ESE>  
  <EVO rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</EVO>  
  <FIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"></FIN>  
  <MAN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">D8518</MAN>  
  <MES rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</MES>  
  <MIN rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">100</MIN>  
  <MON rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</MON>  
  <NIV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</NIV>  
  <PNR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">AS5182B</PNR>  
  <PRE rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</PRE>  
  <REP rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</REP>  
  <STA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</STA>
```

## 10. Anexo II

</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte\_1 -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte\_1">

<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte"/>

<Complete\_Status

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</Complete\_Status>

<Concession rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Concession>

<Currency\_code rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</Currency\_code>

<DFL rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</DFL>

<Description\_For\_military\_Part

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">CLAMP,LOOP</Description\_For\_military\_Part>

<Essentiality\_code

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Essentiality\_code>

<Ext\_Manufacturer

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">FAPE3</Ext\_Manufacturer>

<FIN-CI rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"></FIN-CI>

<First\_effectivity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">7</First\_effectivity>

<INC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">17532</INC>

<ITY rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</ITY>

<Last\_effectivity rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">21</Last\_effectivity>

<Mil\_Electrostatic\_Sens\_Device\_Indicator

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Mil\_Electrostatic\_Sens\_Device\_Indicator>

<Minimum\_Sales\_Quantity

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</Minimum\_Sales\_Quantity>

<Packaging\_Level\_Code

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Packaging\_Level\_Code>

<Purchasing\_leadtime

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">3</Purchasing\_leadtime>

<REV rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">0</REV>

<SLC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</SLC>

<SPC rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</SPC>

<STR rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</STR>

<Source\_Maintenance\_Recoverability

rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Source\_Maintenance\_Recoverability>

```
<Unit_price rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^178</Unit_price>
<PNR:MFR
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^ABS0396H12ND</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_2 -->

<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_2^
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte^>
  <Complete_Status
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^Complete</Complete_Status>
  <Concession rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Concession>
  <Currency_code rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^EUR</Currency_code>
  <DFL rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^No messages</DFL>
  <Description_For_military_Part
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^BOLT</Description_For_military_Part>
  <Essentiality_code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Essentiality_code>
  <Ext_Manufacturer
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^80205</Ext_Manufacturer>
  <FIN-CI rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^</FIN-CI>
  <First_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^7</First_effectivity>
  <INC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^16247</INC>
  <ITY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</ITY>
  <Last_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^21</Last_effectivity>
  <Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicat
or>
  <Minimum_Sales_Quantity
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^100</Minimum_Sales_Quantity>
  <Packaging_Level_Code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Packaging_Level_Code>
  <Purchasing_leadtime
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^2</Purchasing_leadtime>
  <REV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^0</REV>
  <SLC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</SLC>
  <SPC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</SPC>
  <STR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</STR>
```

## 10. Anexo II

```
<Source_Maintenance_Recoverability
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Source_Maintenance_Recoverability>
<Unit_price rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>1</Unit_price>
<PNR:MFR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>DIN913-M4x5</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_3 -->

<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_3>
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte/>
  <Complete_Status
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>Complete</Complete_Status>
  <Concession rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Concession>
  <Currency_code rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>EUR</Currency_code>
  <DFL rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>No messages</DFL>
  <Description_For_military_Part
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>PIPE</Description_For_military_Part>
  <Essentiality_code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Essentiality_code>
  <Ext_Manufacturer
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>D8518</Ext_Manufacturer>
  <FIN-CI rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string></FIN-CI>
  <First_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>7</First_effectivity>
  <INC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>10200</INC>
  <ITY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</ITY>
  <Last_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>21</Last_effectivity>
  <Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicat
or>
  <Minimum_Sales_Quantity
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>1</Minimum_Sales_Quantity>
  <Packaging_Level_Code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Packaging_Level_Code>
  <Purchasing_leadtime
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>8</Purchasing_leadtime>
  <REV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>0</REV>
  <SLC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</SLC>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<SPC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</SPC>
<STR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</STR>
<Source_Maintenance_Recoverability
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">true</Source_Maintenance_Recoverability>
<Unit_price rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">201</Unit_price>
<PNR:MFR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">M29020010010</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_3_Parte_5 -->

<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_3_Parte_5">
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte_BOM">
  <QTA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTA>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_3_Parte_6 -->

<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_3_Parte_6">
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte_BOM">
  <QTA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTA>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_4 -->

<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_4">
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte">
  <Complete_Status
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</Complete_Status>
  <Concession rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">false</Concession>
```

## 10. Anexo II

```
<Currency_code rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^EUR</Currency_code>
<DFL rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^No messages</DFL>
<Description_For_military_Part
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^PIPE,ASSEMBLY</Description_For_military_P
art>
<Essentiality_code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Essentiality_code>
<Ext_Manufacturer
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^D8518</Ext_Manufacturer>
<FIN-CI rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^102QA</FIN-CI>
<First_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^7</First_effectivity>
<INC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^11003</INC>
<ITY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^true</ITY>
<Last_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^21</Last_effectivity>
<Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicat
or>
<Minimum_Sales_Quantity
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^1</Minimum_Sales_Quantity>
<Packaging_Level_Code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</Packaging_Level_Code>
<Purchasing_leadtime
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^10</Purchasing_leadtime>
<REV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^0</REV>
<SLC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</SLC>
<SPC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^true</SPC>
<STR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^false</STR>
<Source_Maintenance_Recoverability
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean^true</Source_Maintenance_Recoverability>
<Unit_price rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt^380</Unit_price>
<PNR:MFR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string^M29020010000</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_4_Parte_1 -->

<owl:NamedIndividual rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_4_Parte_1^
<rdf:type rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte_BOM^>
```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
<QTA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">2</QTA>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_4_Parte_2 -->

<owl:NamedIndividual    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_4_Parte_2">
  <rdf:type    rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte_BOM">
  <QTA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">4</QTA>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_4_Parte_3 -->

<owl:NamedIndividual    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_4_Parte_3">
  <rdf:type    rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte_BOM">
  <QTA rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt">1</QTA>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_5 -->

<owl:NamedIndividual    rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_5">
  <rdf:type    rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte">
  <Complete_Status
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Complete</Complete_Status>
  <Concession rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean">>false</Concession>
  <Currency_code rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">EUR</Currency_code>
  <DFL rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">No messages</DFL>
  <Description_For_military_Part
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">HOSE</Description_For_military_Part>
  <Essentiality_code
```

## 10. Anexo II

```

rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Essentiality_code>
  <Ext_Manufacturer
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>D8518</Ext_Manufacturer>
  <FIN-CI rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string></FIN-CI>
  <First_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>7</First_effectivity>
  <INC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>12053</INC>
  <ITY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</ITY>
  <Last_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>21</Last_effectivity>
  <Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicat
or>
  <Minimum_Sales_Quantity
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>1</Minimum_Sales_Quantity>
  <Packaging_Level_Code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Packaging_Level_Code>
  <Purchasing_leadtime
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>8</Purchasing_leadtime>
  <REV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>0</REV>
  <SLC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>true</SLC>
  <SPC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</SPC>
  <STR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</STR>
  <Source_Maintenance_Recoverability
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Source_Maintenance_Recoverability>
  <Unit_price rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt>180</Unit_price>
  <PNR:MFR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>M29020010011</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-9#Parte_6 -->

<owl:NamedIndividual      rdf:about=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-
ontology-9#Parte_6>
  <rdf:type      rdf:resource=http://www.semanticweb.org/francisco/ontologies/2020/10/untitled-ontology-
9#Parte6>
  <Complete_Status
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>Complete</Complete_Status>
  <Concession rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>false</Concession>
  <Currency_code rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>EUR</Currency_code>
  <DFL rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>No messages</DFL>
  <Description_For_military_Part

```

Diseño e implementación de una ontología para la gestión de la interoperabilidad en datos de producto entre sistemas ERP y PLM

```
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"ELBOW</Description_For_military_Part>
  <Essentiality_code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</Essentiality_code>
  <Ext_Manufacturer
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"D8518</Ext_Manufacturer>
  <FIN-CI rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"</FIN-CI>
  <First_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"7</First_effectivity>
  <INC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"13027</INC>
  <ITY rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</ITY>
  <Last_effectivity rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"21</Last_effectivity>
  <Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</Mil_Electrostatic_Sens_Device_Indicator>
  <Minimum_Sales_Quantity
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"1</Minimum_Sales_Quantity>
  <Packaging_Level_Code
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</Packaging_Level_Code>
  <Purchasing_leadtime
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"9</Purchasing_leadtime>
  <REV rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"0</REV>
  <SLC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</SLC>
  <SPC rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</SPC>
  <STR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</STR>
  <Source_Maintenance_Recoverability
rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"false</Source_Maintenance_Recoverability>
  <Unit_price rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#unsignedInt"21</Unit_price>
  <PNR:MFR rdf:datatype=http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"AS5182B</PNR:MFR>
</owl:NamedIndividual>
</rdf:RDF>
```

<!-- Generated by the OWL API (version 4.5.9.2019-02-01T07:24:44Z) <https://github.com/owlcs/owlapi> -->