

# Inteligencia Artificial mediante Ingeniería de Software

## Artificial Intelligence driven Software Engineering

\*Héctor Arturo Flórez Fernández

Fecha de recepción: 25 de septiembre de 2007  
Fecha de aceptación: 28 de enero de 2008

### Resumen

En la actualidad, la inteligencia artificial es una de las ciencias con bastante progreso. Para comprender las virtudes de esta ciencia en la informática es necesario considerar la aplicación de sus técnicas en ambientes con plataformas robustas. Para ello, el uso de la ingeniería de software mediante el concepto de Model Driven Architecture es una solución que presenta grandes virtudes al momento de realizar la abstracción que se desea obtener.

**Palabras clave:** inteligencia artificial, ontología, Web inteligente, Web semántica, Model Driven Architecture, Framework AIR.

### Abstract

The artificial intelligence is one of the sciences with enough progress at the present time. To understand the virtues of this science in computer science, it is necessary to consider the application of its techniques in environments with robust platforms. To that end, the use of software engineering through the concept of Model Driven Architecture is a solution that presents great virtues when making abstraction to be achieved.

**Key words:** artificial intelligence, ontology, smart Web, semantic Web, Model Driven Architecture, Framework AIR.

\* Ingeniero Electrónico, Universidad El Bosque. Ingeniero de Sistemas, Universidad El Bosque. Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente investigador de la Universidad Konrad Lorenz. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: hectorarturo@yahoo.com

## 1. Introducción

La inteligencia artificial es una de las ciencias que avanza con bastante fuerza en la actualidad, ya que genera nuevos conceptos y técnicas para la solución de diferentes problemas. Para facilitar el proceso de desarrollo de soluciones mediante la inteligencia artificial, se puede dar uso a la ingeniería de software, el cual permitiría modelar las diferentes soluciones de la inteligencia artificial.

## 2. Inteligencia Artificial

El diseño y desarrollo confiable, robusto, bien elaborado en su arquitectura y fácil de extender en aplicaciones de Software o herramientas en cualquier campo exige la conformidad con principios racionales y las normas de ingeniería de software. Sistemas inteligentes, especialmente el desarrollo de Herramientas IA, no son una excepción. Aunque la Inteligencia Artificial (IA) siempre ha sido una fuente de ideas que la ingeniería de software ha adoptado, la mayor parte de sus joyas siguen en laboratorios, disponible sólo a unos pocos profesionales de la IA [1]. Las herramientas de IA se deberían integrar con las principales herramientas de desarrollo de software, de esa manera, llegaría a ser más conocido y utilizado.

Existe un desarrollo denominado Air Framework, el cual es un entorno de desarrollo para IA basado en los conceptos de MDA (Model Driven Architecture). El desarrollo del Air Framework tiene como objetivos principales:

- Proporcionar un modelado y metamodelado a la infraestructura para el análisis de sistemas, diseño y desarrollo.
- Hacer la infraestructura, con los instrumentos correspondientes y metamodelos resultantes en la Web Semántica.

- Ser capaz de instanciar o se especializar el framework general, que defina más específicamente el framework de la inteligencia artificial, para que soporte el desarrollo en dominios específicos como la manufactura, la medicina y la educación [1].

### 2.1. Web Inteligente

La Web inteligente es uno de los conceptos obtenidos del estudio de la inteligencia artificial. De ella surge el concepto de Web Semántica, el cual es uno de los fundamentos para la conceptualización de la información. La aparición de Internet se sitúa en 1989, cuando Tim Berners-Lee presentó su proyecto de "World Wide Web" (WWW) en el CERN (Suiza), con las características esenciales que perduran en estos días. Berners-Lee completó en 1990 el primer servidor Web y el primer cliente, y un año más tarde publicó el primer borrador de las especificaciones de HTML y HTTP [2].

Desde que se lanzó al mercado el primer navegador de dominio público de Internet en 1993, se marca el momento en que la Web se da a conocer al mundo, extendiéndose primero en universidades y laboratorios y en cuestión de meses al público en general; fue así como se inició el que sería su vertiginoso crecimiento [1]. A partir de este momento el crecimiento de la información que se manipula en la Web se ha multiplicado y ha generado la necesidad de desarrollar sistemas capaces de buscar información que sea útil para los usuarios, pero la mayoría de estos sistemas se basan en búsqueda por palabras clave, lo que puede generar respuestas que no corresponden a las necesidades de los usuarios. La Web semántica aporta un conjunto de reglas que permite realizar búsquedas por medio de toma de decisiones e inferencia [3].

Tim Berners-Lee, el creador de la WWW tenía una visión sobre lo que es hoy por hoy la Web

que conocemos. Él pensó en una red de recursos que nos permitiera programar agentes que navegaran la infinitud de sitios pudiendo obtener la información que necesitamos, sin tener que indicarle de dónde obtenerla o qué significado debe tener cada recurso, transformando finalmente esa información a un formato que sea fácilmente entendible por nosotros. Esa Web, que aún se encuentra en una fase de desarrollo, es lo que se conoce como la Web Semántica [4] ver figura 1.

La Web Semántica se basa en dos conceptos fundamentales:

- La descripción del significado que tienen los contenidos en la Web.
- La manipulación automática de estos significados.

La descripción del significado requiere conceptos ligados a:

- La semántica, entendida como significado procesable por máquinas.

- Los metadatos, como contenedores de información semántica sobre los datos.
- Las ontologías, conjunto de términos y relaciones entre ellos que describen un dominio de aplicación concreto.

En la figura 2 se puede observar la capa Unicode, que corresponde a la universalización de los caracteres para los contenidos y lenguajes de programación, y los URI (Uniform Resource Identifiers), que permiten identificar los recursos en la Web. Además, se utiliza el XML (eXtensible Markup Language), como lenguaje común de publicación, que permite la compatibilidad entre todo tipo de dispositivos y programas. El RDF (Resource Description Framework) agrega el etiquetado de información semántico, que le permite a los dispositivos transmitir datos y entenderlos, para comunicarlos a otros dispositivos y a las personas; el conjunto incluye un sistema generalizado de firma y encriptación que define la autoría de contenidos, fechas de modificación, permisos y accesos, entre otros.

Figura 1. Búsqueda en la Web [3]

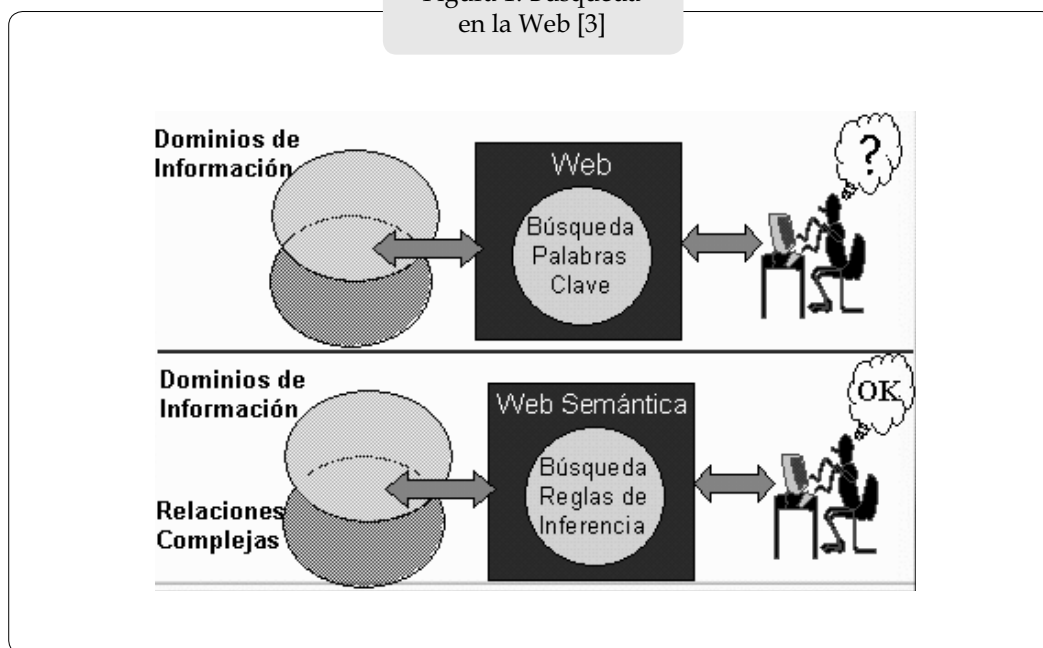
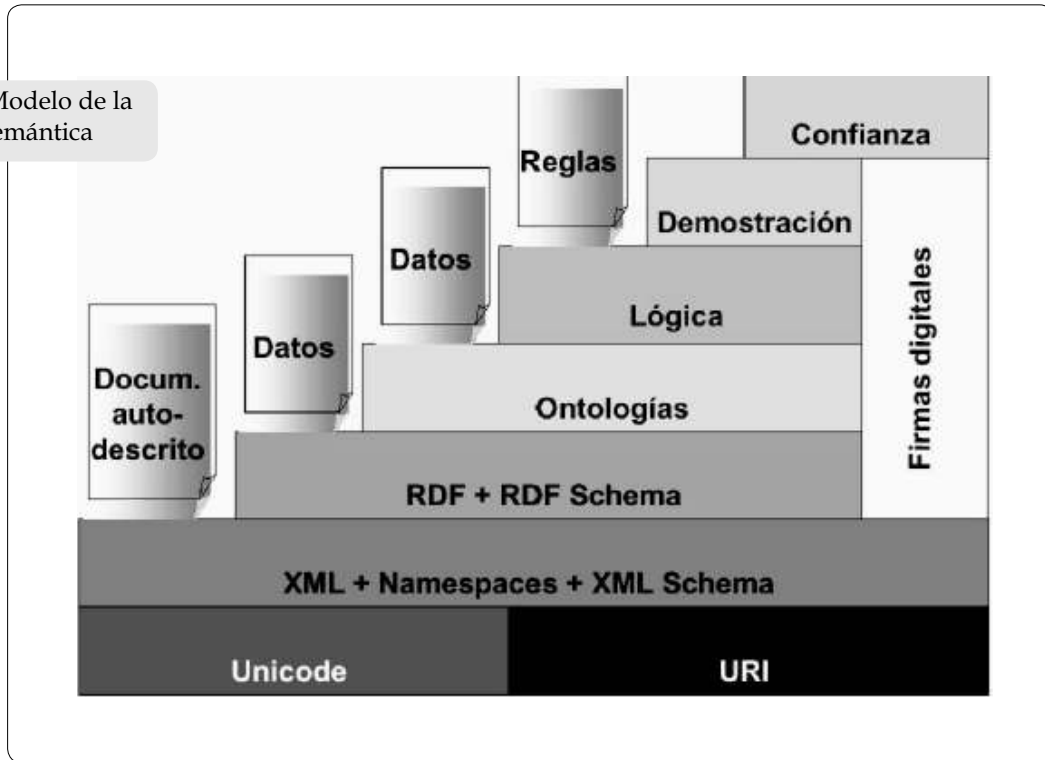


Figura 2. Modelo de la Web Semántica



Según Berner-Lee, las ontologías conforman la base central de la Web Semántica; éstas representan una visión común, compartible y reutilizable de un dominio de aplicación, y se emplea para dar significado a la estructura de información que intercambian los sistemas de información. Una ontología es esencialmente un modelo conceptual de información formal y estructurada [5]. El nivel lógico incorpora el conjunto de reglas sobre las cuales deben trabajar los agentes para hacer uso de los datos y las capas de pruebas (proof) y confianza (trust) se encargan de la evaluación y validación de las reglas del nivel lógico.

Una parte importante de los antecedentes y el contexto para discutir la relación entre Web Inteligente e Inteligencia Artificial es la Web Semántica. La Web Semántica es la

nueva generación de Web que permite expresar la información de manera precisa, la máquina de forma interpretables, listo para agentes de software para procesar, compartir y reutilizar, así como para comprender lo que los términos hacen referencia con el significado de los datos. Permite a las aplicaciones basadas en Web ínter operar tanto en el nivel sintáctico y semántico [6].

Hay una gran cantidad de lenguajes para el desarrollo de ontologías y anotaciones semánticas en las páginas Web. De un modo u otro, la mayoría de ellos están basados en XML (Extensible Markup Language), XML Schemas, RDF (Resource Description Framework), y esquemas RDF, todos ellos desarrollados bajo la World Wide Web Consortium (W3C) y la utilización de Sintaxis de XML. Otra rama importante de los lenguajes

es para apoyar la infraestructura de la Web inteligente, como WSDL (Web Services Description Language), WSFL (Web Services Flow Language), UDDI (Universal Description, Discovery, Integration), SOAP (Simple Object Access Protocol), y PSML (Problem Solver Markup Language) [6].

## 2.2. Servicios Web semánticos

Un servicio web es un sistema de software identificado por una URI (Identificador de Recursos Universal), cuyos interfaces públicos y enlaces se definen y describen usando XML. Su definición puede ser descubierta por otros sistemas de software; estos sistemas pueden interactuar con el servicio Web de la forma prescrita por su definición, usando mensajes basados en XML, a través de estándares de Internet [10].

Las descripciones en XML de un servicio Web tienen uno u otro significado dependiendo del contexto en que se encuentren. Por ejemplo, si existe un servicio en la Web que hace conversiones de moneda, éste puede tener un significado diferente, dependiendo de la moneda que se desea convertir. En este caso un agente de software no podría distinguir cuál es el servicio más apropiado para ejecutar; por ejemplo, una conversión a pesos colombianos. Las descripciones semánticas cubren esta carencia, agregando datos sobre el servicio, su funcionalidad y sus parámetros, entre otros. Así, el uso de la semántica para describir servicios solventa el problema de los sistemas de interoperabilidad basados en la UDDI (Descripción, Descubrimiento e Integración Universales).

A partir de las propuestas de la Web Semántica se creó el lenguaje ontológico de orden superior DAML-S [7], para la descripción semántica de servicios web, que más tarde evolucionó a OWL-S, el cual está basado en los

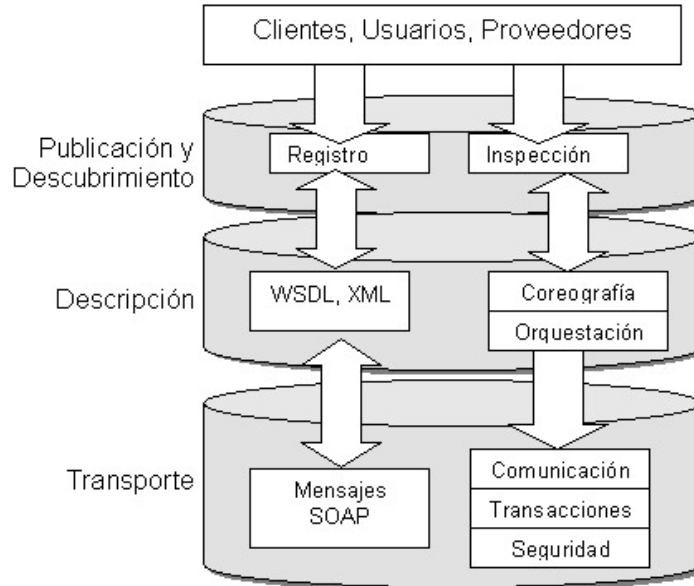
lenguajes de marcado semántico DAML (referencias) y OWL (W3C, 2004) respectivamente. De esta forma es posible describir semánticamente las capacidades los servicios Web, para que agentes de software lean las descripciones y razonen sobre la forma de interactuar con los servicios que describen. Sin embargo, aún no ha sido posible un uso masivo de las plataformas y motores necesarios para la ejecución de tales servicios.

La semántica que se agrega a los servicios es explícita para su descripción; ésta se adiciona por medio de los metadatos, utilizando ontologías. Aunque la especificación actual de servicios Web contiene metadatos en su descripción, éstos no se consideran semánticos porque no están relacionados con ontologías. Las ontologías permiten la selección, integración e invocación dinámica de los servicios, dotándolos de la capacidad de reconfigurarse o componerse dinámicamente, para adaptarse a los cambios sin intervención humana [8].

La arquitectura de servicios Web SOA está conformada por tres capas: transporte, descripción y descubrimiento; cada una se basa en los protocolos desarrollados para los servicios web y se pueden integrar en dos tipos de actores: el cliente y el proveedor [3].

- La capa de transporte se basa en un conjunto de mensajes generados en ella con la estructura SOAP (Simple Object Access Protocol), que se basa en XML para el intercambio de información. Para enviar los mensajes generados se puede usar el protocolo HTTP.
- La capa de descripción utiliza el WSDL para describir los métodos del servicio, y define cómo invocarlos por medio de SOAP. Un archivo WSDL se puede definir como un documento XML que describe un conjunto de mensajes SOAP

Figura 3. Arquitectura de servicios web [3]



y la forma en que éstos intercambian información.

- La capa de descubrimiento utiliza los UDDI para almacenar de manera estructurada la información sobre empresas y los servicios que éstas ofrecen. Por medio de estos identificadores se puede dar a conocer un servicio para que sea utilizado por la comunidad Web. Cuando se ha implementado un servicio Web éste se debe registrar para que pueda ser encontrado por otros sistemas y ser utilizado.

### 3. Ontologías

Una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones, que define una terminología consensuada para definir redes semánticas de unidades de información

interrelacionadas. Una ontología proporciona un vocabulario de clases y relaciones para describir un dominio [11].

Las ontologías son usadas para capturar conocimiento sobre algún dominio de interés. Una ontología describe los conceptos del dominio, así como las relaciones que se dan entre éstos. Existen diferentes lenguajes para ontologías que proveen diversas facilidades, el más reciente estándar dado por la W3C es el OWL [12].

Las ontologías proveen una comprensión compartida y consensuada del conocimiento de un dominio que puede ser comunicada entre personas y sistemas heterogéneos. Fueron desarrolladas en el área de Inteligencia Artificial (IA) para facilitar el intercambio y reuso del conocimiento [13].

Las ontologías se implementan por medio de RDF y OWL. Este último es definido por el W3C como un lenguaje de representación del conocimiento descriptivo y basado en lógica. Actualmente se han desarrollado entornos gráficos para visualizar y construir ontologías como Kaon, WebODE o Protege; de todas ellas Protégé, desarrollado en la Universidad de Stanford, es la herramienta de construcción más empleada actualmente [14].

#### 4. Ingeniería de software en la inteligencia artificial

Algunas tendencias de la ingeniería de Software son generales y abarcan muchos campos y dominios de aplicación. Por ejemplo, las versiones adaptadas del Lenguaje Unificado de Modelado ayudan a especificar dominios. Igualmente, los plug-in en las arquitecturas permiten fácilmente extender modularmente las herramientas y los sistemas con características específicas en grupos de usuarios como Protege [1], la cual es una herramienta para el diseño y desarrollo de ontologías.

Una tendencia nueva de la Ingeniería de software implica el desarrollo de aplicaciones basadas en MDA, la cual ha recibido el apoyo del Object Management Group (OMG). MDA puede interesar a los desarrolladores de IA, porque tiene mucho en común con el modelamiento y desarrollo de ontologías MDA.

Es definido por tres niveles de abstracción en el modelamiento del sistema: [1]

- El modelo de computación independiente corresponde al modelo del dominio del sistema y se asemeja al dominio de la ontología. No se muestra la estructura del sistema.
- Cómo corre el sistema en una máquina virtual con tecnología neutral.
- Permite la implementación de detalles.

#### 5. MDA (Model Driven Architecture)

En la historia de la ingeniería de software ha existido un aumento importante del uso de modelos y del nivel de abstracción de los modelos. Basicamente, MDA tiene como fundamento la definición de la funcionalidad del sistema como un modelo de plataforma independiente.

MDA define una arquitectura que proporciona un conjunto de directrices para las especificaciones de estructuras expresadas como modelos. La traslación entre modelos de plataformas independientes y modelos de plataformas específicas es normalmente realizada utilizando herramientas automatizadas [16].

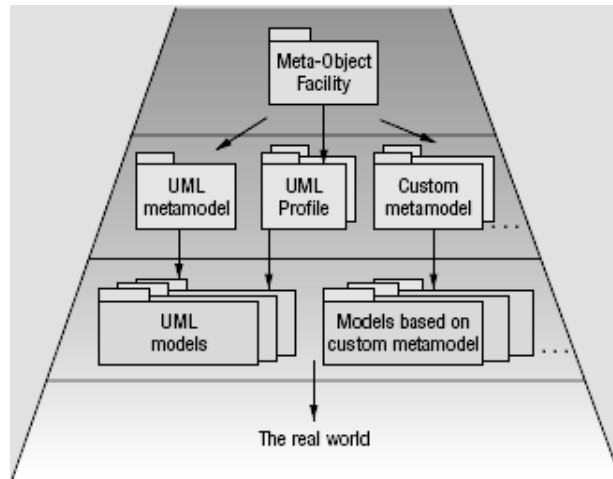
MDA se compone de una arquitectura de metamodelo de cuatro capas que son la capa de meta-metamodelo, la capa de metamodelo capa, la capa de modelo y la capa de la instancia.

En la parte superior de la arquitectura MDA se encuentra el meta-metamodelo, que hace referencia al MOF (Meta Object Facility). Esto define un lenguaje abstracto y un framework para especificar, construir y manejar metamodelos [17].

La arquitectura de MDA se ilustra en la figura 4.

Los desarrolladores de software usualmente utilizan UML para representar el modelo del dominio, el cual se representa por la capa de modelo (capa M1) de la arquitectura de MDA. Este modelo del dominio pretende representar elementos del mundo real, como cosas, conceptos, personas, etc. y estos elementos hacen parte de la capa del mundo real (capa M0) de la arquitectura de MDA. Adicionalmente, MDA provee significado

Figura 4. Modelo de arquitectura de MDA



para los lenguajes de definición de modelo, la cual hace referencia a la capa de metadatos (capa M2) de la arquitectura de MDA. Finalmente, la capa de MOF (capa M3) de la arquitectura de MDA permite especificar los metamodelos en lenguajes de modelamiento.

## 6. Framework air

Los desarrolladores de IA necesitan utilizar representación del conocimiento, razonamiento, comunicación, y paradigmas de aprendizaje en los sistemas [1]. Para ello, es necesario elaborar modelamiento de esos sistemas apoyados con herramientas de modelado de software. Igualmente, esos modelos podrían ser migrados a nuevas herramientas que satisfagan sus necesidades con mayores prestaciones. En esos casos, la integración entre formatos, herramientas técnicas, entre otros, hacen que el proyecto tenga bastante aceptación.

Para apoyar esta integración, el Framework AIR usa los principios de metamodelamiento MDA. La parte central del framework es

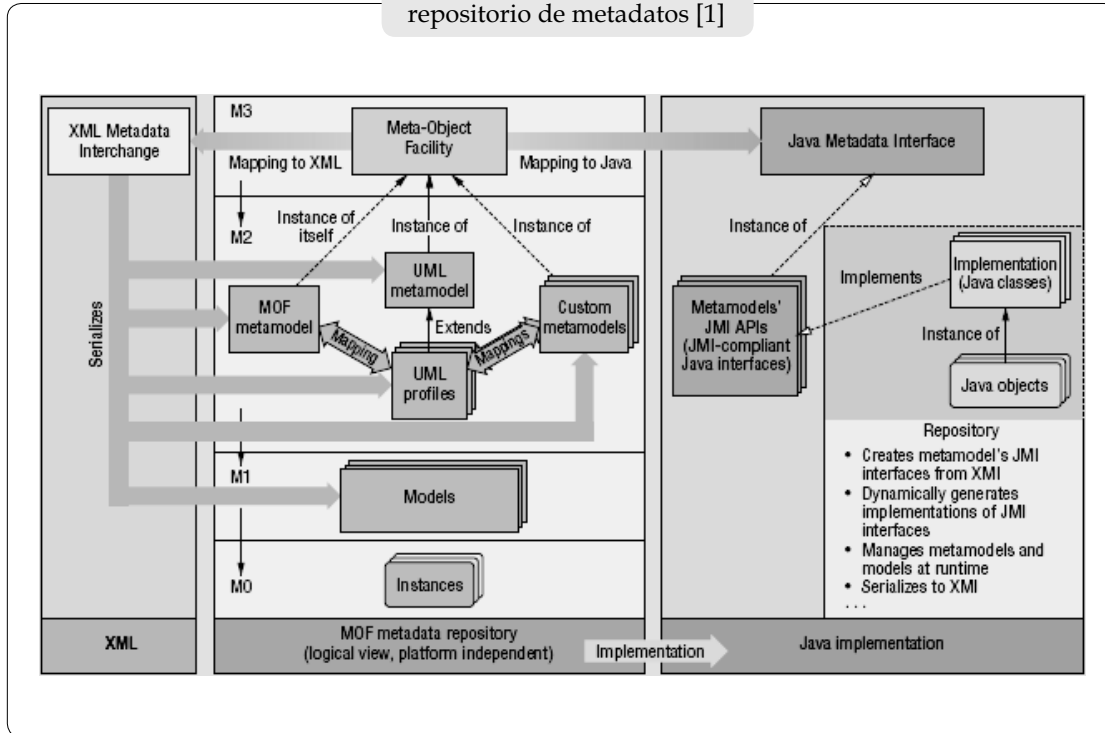
la base del modelo representado como un repositorio de metadatos. Se pueden incluir modelos de diferentes tipos de sistemas inteligentes, así como modelos de cualquier dominio de interés en un proyecto específico.

El modelo del dominio es el fundamento del diseño de una aplicación. El framework Air almacena estos modelos del dominio en un modelo base, el cual es implementado como un repositorio basado en MOF. La especificación MOF define un framework para implementar repositorios que mantienen los metadatos descritos por los metamodelos [1].

Una vista conceptual basada en MOF, la cual refleja las cuatro capas de la arquitectura MDA, es presentada en la figura 5. Los metamodelos utilizan MOF como meta-meta-modelo, los cuales se pueden definir usando UML, lo que permite manipular los metamodelos usando herramientas de modelado en UML. La implementación de los repositorios basada en Java utiliza JMI (Java Metadata Interface) [1].



Figura 5. Estructura de repositorio de metadatos [1]



La aplicación oficial de referencia que se define como un punto de referencia para la JMI repositorio de metadatos de Unisys es la CIM (Complex Information Manager). La otra aplicación es el NetBeans MDR, que es una parte del proyecto de NetBeans.

El repositorio posee varios tipos de modelos. Una parte fundamental de un sistema de IA, su base de conocimientos. Con el aumento de la Web Semántica, las ontologías toman un papel muy importante.

ODM está diseñado para cubrir los conceptos comunes de una ontología. Un buen punto de partida para la construcción de ODM es OWL, porque es el resultado de la evolución de los lenguajes de representación de ontologías. Esto se convierte en la capa lógica de la Web Semántica, en la parte superior de la capa de RDF Schema. Para utilizar las

capacidades gráficas del modelado UML un ODM debe tener un perfil correspondiente UML. El perfil permite la edición gráfica de ontologías usando diagramas UML, incluyendo otros beneficios que dependen de la herramienta de modelado UML. Ambos modelos UML y ODM son modelos serializados en formato XMI para hacer transformaciones usando XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformation). OWL también tiene su representación en formato XML, por lo que debe proporcionar XSLT para interactuar entre ODM y OWL.

Para interactuar con OUP y perfiles específicos UML se deben añadir transformaciones, cambios, evoluciones para soportar el uso de ontologías en el modelado de otros dominios. OUP (Ontology UML Profile) es una extensión de UML para el modelamiento gráfico de ontologías. UML es el más ampliamente

conocido estándar de OMG y es soportado por numerosas herramientas. También es un metamodelo que define una representación gráfica de los conceptos y sus extensiones estándar, lo que permite que otros metamodelos lo utilicen como su representación gráfica (figura 6).

Al trabajar IA se involucran las tecnologías XML, especialmente después de la creación de la Web Semántica. La arquitectura de la Web Semántica es basada en XML. El modelo estandar RDF para especificar ontologías, se encuentra igualmente en XML. Herramientas de desarrollo de IA define sus propios formatos XML para compartir sus bases de conocimiento.

En el framework air se usa XMI para compartir metadatos MDA. XMI es un conjunto de la producción de normas que especifican la forma de transformar un modelo compatible con MOF en el correspondiente XML Schema y un documento XML. Con base en este concepto, el framework air intercambia metadatos MDA a través de XML. Algunos

estándares XML Schemas para MOF son compatibles con los modelos existentes, tales como el esquema XMI para UML y el esquema XML para el MOF. Sin embargo, es necesario definir esquemas XML personalizados para cada nuevo modelo o metamodelo. Entonces XML es usado en IA y MDA, con el objetivo de interactuar entre modelos UML y ontologías. De igual forma, como utilizan diferentes formatos XML, se deben definir las transformaciones entre ellos por medio de XSLT. La figura 7 presenta cómo se puede implementar un modelo usando herramientas de modelado UML y herramientas de construcción de ontologías.

Una deficiencia importante de XSLT es su sensibilidad a los cambios en el formato de entrada, que puede hacer difícil el mantenimiento. Soluciones basadas en XSLT pueden ser inadecuadas para el lenguaje de ontología, debido a que algunos utilizan diferentes formas sintácticas para expresar la misma semántica. Este problema se puede resolver a través de algunos lenguajes de consulta RDF.

Figura 6. Ontología Modelada por OUP (Ontology UML Profile) [1]

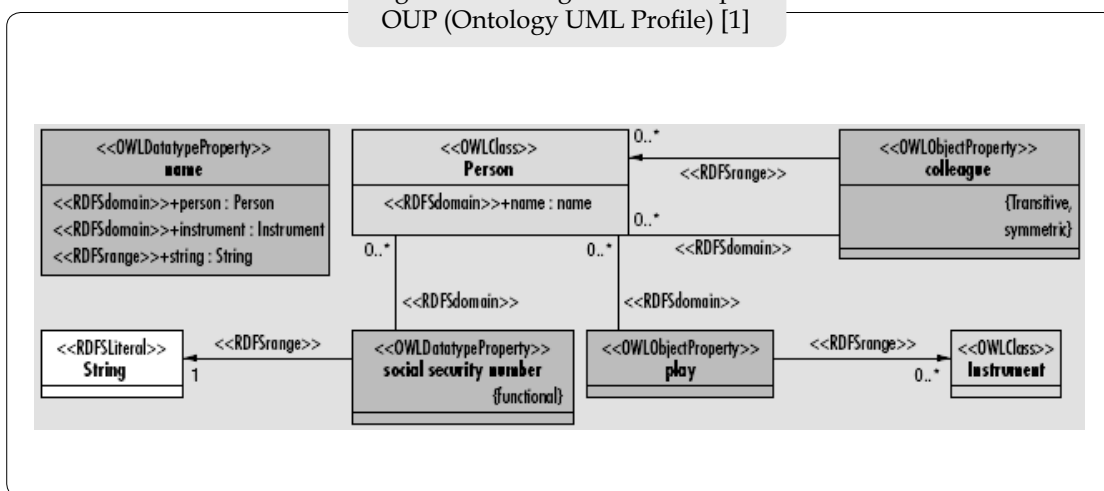
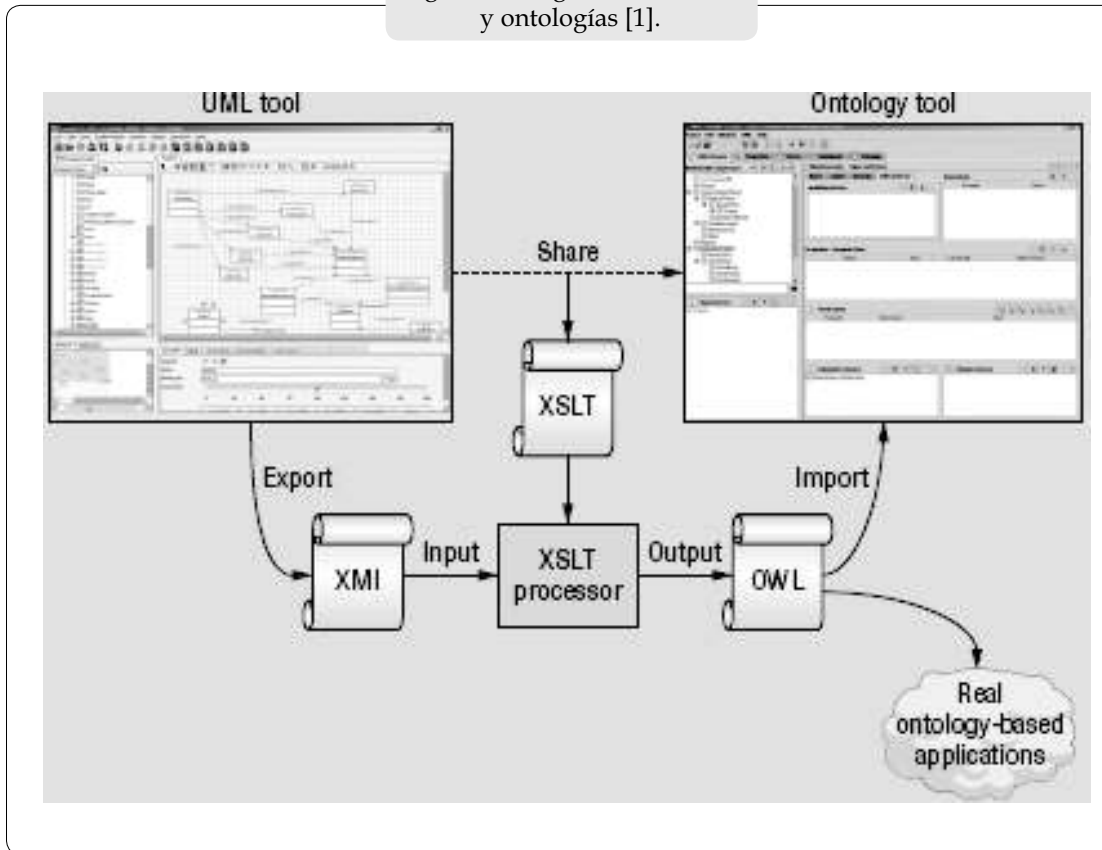


Figura 7. Integración de UML y ontologías [1].



## 7. Conclusiones

- En la actualidad se han generado ciertas tendencias de la ingeniería de Software que abarcan muchos campos y dominios de aplicación. Las versiones adaptadas del Lenguaje Unificado de Modelado ayudan a especificar dominios. Los plug-in en las arquitecturas permiten extender modularmente las herramientas y los sistemas con características específicas en grupos de usuarios.
- Las ontologías permiten proveer la conceptualización en un alto nivel de abstracción del dominio del problema; esta conceptualización permite modelar de forma semántica ampliamente los diferentes conceptos que dicho problema plantea.
- Los conceptos abstraídos en una ontología OWL, con base en las relaciones de sus clases, permiten ofrecer la semántica requerida para una lógica de negocio con un comportamiento determinado.
- La Web Semántica ha logrado cambiar el punto de vista con respecto a los servicios Web encontrados en la actualidad, dado que la Web Semántica agrega razonamiento a las aplicaciones, lo cual permite que éstas tengan nuevas características, en cuanto a la eficiencia de los procesos, pertinencia, consistencia y persistencia de la información competente en un sistema.
- La lógica de primer orden se puede definir como un conjunto de reglas que son aplicadas a un proceso. Estas reglas logran que un proceso tenga un

comportamiento semántico. Además, al aplicarlo a la IA, tomando estas reglas como heurística se puede obtener resultados concretos, dada la lógica de negocio de un proyecto en particular al que se aplique estos conceptos.

- MDA es un modelo que permite definir una arquitectura que proporciona un conjunto de directrices para las especificaciones de estructuras expresadas como modelos. MDA se compone de una arquitectura de metamodelo de cuatro capas, las cuales son esenciales para la aplicación del modelo abstraído mediante la arquitectura.

### Referencias bibliográficas

- [1] Djurić, Dragan, Devedžić, Vladan, Gašević, Dragan. *Adopting Software Engineering Trends in AI*. University of Belgrade. Belgrado. 2007.
- [2] Castells, Pablo. *La Web Semántica*. Escuela Politécnica Superior. Universidad Autónoma de Madrid. 2003
- [3] Guevara, Juan, Flórez, Héctor, Pinzón, Sonia, Pérez, Nelson, Espinel, Álvaro. *Aplicación de la Web semántica en el ámbito universitario*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2006.
- [4] López, Leandro Mariano. *Qué es la Web Semántica*. 2004
- [5] Fernández, Breis, Tomás, Jesualdo. *Tecnologías semánticas para facilitar la integración de datos e interoperabilidad de sistemas de información médicos*. Departamento de Informática y Sistemas, Facultad de Informática. Universidad de Murcia. 2005.
- [6] Devedžić, Vladan. *Web Intelligence and Artificial Intelligence in Education*. University of Belgrade, Belgrado, 2004.
- [7] Frankel, David, Hayes, Pat, Kendall, Elisa, Mcguinness, Deborah. *The Model Driven Semantic Web*. David Frankel Consulting, Institute for Human & Machine Cognition University of West Florida, Sandpiper Software, Knowledge Systems Laboratory Stanford University. 2005.
- [8] Cubillos, Jaime Andrés, Burbano, Javier Ernesto, Corrales, Juan Carlos, Ordóñez, José Armando. *Composición semántica de servicios Web*. Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 2005.
- [9] García, Ignacio. *Servicios Web*. Universidad de Castilla-La Mancha, España. 2004.
- [10] Pelechano, Vicente. *Servicios Web. Estándares, extensiones y perspectivas de futuro*. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 2006.
- [11] Flórez, Héctor. *Construcción de ontologías OWL*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2007.
- [12] Guarino, Nicola. *Formal Ontology and Information Systems. In the Proceedings of Formal Ontology in Information Systems*. 1998.
- [13] Mcguinness, Deborah. *Ontologies Come of Age*. 2001.
- [14] Silva, Lydia. *Representación de Ontologías en la Web Semántica*. Instituto de Informática - Universidad de Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. 2002.
- [15] Knublauch, Holger et al. *The Protégé OWL Plug In: An Open Development Environment for Semantic Web Applications*. Stanford University. 2004.
- [16] Brockmans, Saartje, Colomb, Robert M, Kendall, Elisa F., Wallace, Evan K., Welty, Chris, XIE, Guo Tong. *A Model Driven Approach for Building OWL DL and OWL Full Ontologies*. 2003.
- [17] Peis Redondo, Eduardo. *Ontologías, metadatos y agentes: recuperación "semántica" de la información*. Universidad de Granada. 2003.