



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro de Investigación en Computación

**Generación de perfiles de usuario con base
en ontologías**

Tesis

Que para obtener el grado de

Doctorado en Ciencias de la Computación

Presenta

Carlos Vladimir Luna Soto

Directores de tesis

Dr. Rolando Quintero Téllez
Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra

México, D.F.

Julio 2016





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 9:00 horas del día 15 del mes de junio de 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del:

Centro de Investigación en Computación

para examinar la tesis titulada:

“Generación de perfiles de usuario con base en ontologías”

Presentada por el alumno:

LUNA

Apellido paterno

SOTO

Apellido materno

CARLOS VLADIMIR

Nombre(s)

Con registro:

B	1	2	1	0	0	2
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: **DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Rolando Quintero Téllez

Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra

Dr. Grigori Sidórov

Dr. Marco Antonio Moreno Armendáriz

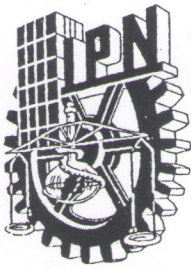
Dr. Miguel Jesús Torres Ruiz

Dr. José Giovanni Guzmán Lugo

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN COMPUTACIÓN
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 21 del mes junio del año 2016, el que suscribe Carlos Vladimir Luna Soto alumno del Programa de Doctorado en Ciencias de la Computación con número de registro B121002, adscrito al Centro de Investigación en Computación, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Rolando Quintero Téllez y el Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra y cede los derechos del trabajo intitulado "Generación de perfiles de usuario con base en ontologías", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección lsotoa10@sagitario.cic.ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Carlos Vladimir Luna Soto

Nombre y firma

Resumen

En este trabajo se presenta una metodología para generar perfiles de usuario con base en ontologías. La motivación principal es que esta metodología permita generar perfiles de usuario con base en los contextos en los que se desenvuelve, aunque como caso de estudio utilizaremos sitios web como contextos. Lo que se pretende realizar es obtener un perfil que va creciendo en información automáticamente de acuerdo a la experiencia diaria del usuario. A partir de los datos básicos del usuario, los cuales describen la información mínima con la cual se puede identificar una persona, (como su nombre, fecha de nacimiento, lugar de trabajo, etc.) y los contextos electrónicos en donde generalmente se relaciona una persona, (sitios web de bancos, tiendas en línea, trámites en línea, etc.). Por ejemplo: “Lalo entra a un sitio web de un banco y es cliente; por lo tanto, tiene acceso a ver su estado de cuenta y al pago de servicios”; cuando el usuario sale de ese contexto: “Lalo estuvo en Sitio Web de Banco el 12/05/2016”.

Para lograr representar esto, se propone realizar una metodología con tres etapas: Saludo, Interacción y Despedida. En la etapa de Saludo se busca representar lo que realizan las personas cuando llegan a un lugar o conocen a una persona, por primera vez o en casos recurrentes, esta acción es “saludar” o presentarse. El primer paso es generar una conceptualización detallada del usuario. La conceptualización del usuario debe modelar sus dimensiones básicas, es decir, la información personal del usuario. Por otra parte, la representación del contexto es definida por cada contexto, es decir, cada contexto modela los tipos de usuarios, los roles de usuario.

En la etapa de Interacción se realizan las consultas para averiguar quién es el usuario que se presenta ante un determinado contexto, es decir, el rol que juega en el lugar. En esta etapa hay dos posibilidades de resultados, la primera es el caso donde el usuario se presenta por primera vez en ese contexto, por lo tanto, se debe actualizar su perfil, agregando una nueva relación con ese lugar. La segunda posibilidad es cuando el usuario ya había estado en ese contexto, por lo que se actualiza la relación con la fecha actual de visita. En cualquiera de las posibilidades, se realiza una consulta en la base de conocimiento de roles asignados para este contexto actual, con el fin de saber si el usuario está “registrado” en este contexto.

En la etapa de Despedida se lleva a cabo cuando un usuario “cambia” del contexto actual, en esta etapa se actualizan las relaciones del contexto con el usuario. Algo como: “Lalo estuvo en Centro de Investigación el 12/06/2016”. Y automáticamente entra en la etapa de Saludo, debido a que el usuario en todo momento está en un contexto distinto, tal como sucede en la vida real. Esta etapa debe modelar los cambios de contexto del tipo: “Lalo estuvo en Centro de Investigación”, “Lalo está en La Calle”, “Lalo está en Medio de Transporte Autobús...”.

Abstract

In this work, we present a methodology to generate user profiles based on ontologies. The main motivation is that this methodology allows to generate user profiles in relation with their contexts, although as a case of study we will use websites like contexts. What is intended to perform is from the basic user data, which describe the minimum information which can identify a person (such as your name, birthday, address, etc.) and contexts where a person usually relates to their daily lives (websites of banks, online stores, etc.). For example: "Lalo login into website of a bank and is a customer; therefore, have access to view your account status and payment of services "; when the user exits of this context: "Lalo was in Website Bank at 12.05.2016".

The description that we pursue is based on the experience of all people in their daily life. This experience is based on our activities, and the actions we can do in every places that we visited every day. From this experience, each person knows which things you like and what not, these are the interests and preferences that are being added to our knowledge about the user (their profile). To represent this, we propose a methodology with three stages: Salutation, Interaction and Farewell.

At the Salutation stage it seeks to represent what people realizes when they arrive at a place or when they meet a person, for the first time or recurrent cases, this action is "say hello", as it is done in real life. To make a semantic representation, the first step is having a detailed conceptualization of the user and the context. User conceptualization should model its basic dimensions, i.e., the user's personal information, the minimum information with which we can identify a person, e.g., your name; academic information, as most recent studies; professional information, where do you work; even means if transport which the user uses to get around. Moreover, the representation of context should model places and user roles, i.e., should represent each type of context, and types of users present at each location. User roles, or types of people, are defined by the context.

In the Interaction stage, the queries to find out who is the user that arrives to a particular context, that is, the role played by the user there. At this stage there are two possible results, the first is the case where the user is presented for the first time in this context, therefore, you should update their profile, adding a new relationship with that place. This new relation will remain on your profile for future references. The second possibility is when the user had already been in that context, so the relation with the current visit date is updated. In either possibility, a query is performed on the basis of knowledge of user roles assigned to this current context, in order to know if the user is already “registered” in this context.

Farewell stage takes place when a user leaves the current context, at this stage the relations between the context and the user are updated. Something like: “Lalo was at Research Center on 06/03/2016”. Automatically the Salutation stage is called, due to the user at all times is in a different context, as it happens in real life. This stage should model the changes of context such as: “Lalo was in Research Center”, “Lalo is on the street”, “Lalo is on a Bus as a mean of transport”.



Agradecimientos

A mi familia, a lme, a mis amigos

Gracias

Índice

Contenido

Resumen	ii
<i>Abstract</i>	iv
Agradecimientos	vi
Índice	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xi
1. Introducción	1
1.4 Objetivo	8
1.4.1 Objetivos particulares	8
2. Estado del arte	11
2.1.1 Comparación de los modelos de usuario	20
2.2 Contexto	23
2.2.1 Una revisión cronológica de la evolución de la administración del contexto	24
2.2.2 Comparación de modelos de contexto	30
2.3 Perfil de usuario	31
2.3.1 Comportamiento	32
2.3.2 Contexto	32
2.3.3 Intereses	32
2.4 Modelación de perfiles de usuario	33
2.4.1 Ontología GUMO	37
2.5 Contexto	39
2.5.1 Modelación de contextos	40
2.5.2 El contexto del usuario	42
3. Marco teórico	43

3.1	Ontologías.....	43
3.2	Lenguajes para la representación de ontologías.....	46
3.2.1	<i>Resource Description Framework (RDF)</i>	46
3.2.2	OWL (Web Ontology Language).....	47
3.2.3	El lenguaje <i>OWL</i>	48
3.2.4	SPARQL.....	49
3.3	METHONTOLOGY.....	50
3.4	Modelación del usuario.....	52
3.4.1	La noción del modelo de usuario.....	52
3.4.2	Las dimensiones del modelo de usuario.....	53
3.4.3	Formalismos del modelo de usuario.....	54
3.4.4	Modelos de alto nivel y ontologías.....	55
3.4.5	<i>General User Model Ontology – GUMO</i>	55
3.5	Modelado de contexto.....	57
3.5.1	Modelos basados en ontologías de información contextual.....	58
3.5.2	Modelo de información del contexto.....	59
3.6	Operaciones con ontologías.....	61
3.6.1	Similitud.....	61
3.6.2	Mapeo de ontologías.....	61
3.6.3	Medidas de similitud.....	63
3.6.4	Adaptación de ontologías (<i>Ontology matching</i>).....	67
3.6.5	Alineación de ontologías.....	68
3.7	Lenguaje de reglas de la Web Semántica (SWRL).....	68
3.8	Reglas <i>SWRL</i>	70
3.8	Red de ontologías.....	71
3.9	<i>Parliament</i>	74
3.9.1	Almacenamiento.....	75
4.	Metodología.....	78

4.1	Suposiciones iniciales	79
4.2	Construcción de las ontologías aplicando METHONTOLOGY.....	79
4.2.1	Construcción de la ontología de perfil de usuario	80
4.2.2	Construcción de la ontología de roles de usuario	89
4.3	Descripción general.....	96
4.4	Ontología de contextos	98
4.4.1	Definiendo el contexto	98
4.5	Ontología de roles.....	100
4.6	Red de ontologías	101
4.7	Saludo.....	102
4.8	Interacción.....	105
4.8.1	Asignación de roles.....	105
4.8.2	Definición de reglas de usuario.....	106
4.8.3	Primera visita en un contexto.....	107
4.9	Despedida.....	108
5.	Pruebas y resultados	110
5.1	Ontología Perfil de Usuario	111
5.1.1	Ontología Contextos	113
5.1.2	Ontología Roles de usuario.....	114
5.1.3	Diseño de la Red de ontologías	115
5.2	Construcción del <i>SPARQL EndPoint</i>	118
5.3	Implementación del sistema ORBIS.....	119
5.3.1	Registro de nuevos usuarios.....	119
5.4	Experimentos	124
5.4.1	Experimento 1	125
5.4.2	Experimento 2.....	130
5.4.3	Experimento 3.....	133
5.4.4	Experimento 4.....	136

6. Conclusiones y trabajo futuro.....	140
6.1 Logros	141
6.2 Contribuciones científicas	142
6.3 Alcances y limitaciones	143
6.4 Trabajo Futuro.....	143
Bibliografía	145

Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación de las dimensiones del contexto.....	3
Figura 2. Organización de la tesis.....	10
Figura 3. Evolución de los modelos de usuario	11
Figura 4. Evolución del modelado de contextos	24
Figura 5. Dimensiones del modelo de usuario en estados situacionales	38
Figura 6. Ejemplo de representación de intereses	38
Figura 7. Ejemplo de representación de rangos	38
Figura 8. Niveles de abstracción en el modelado del usuario	44
Figura 9. Fragmento de la ontología GUMO	54
Figura 10. Escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías.....	57
Figura 11. Pila de similitud.....	64
Figura 12. Ejemplo de una regla con SWRL.....	70
Figura 13. Escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías	72
Figura 14. Arquitectura de <i>Parliament</i>	76
Figura 15. Tareas incluidas en la actividad de conceptualización de METHONTOLOGY.....	80
Figura 16. Taxonomía de conceptos de la ontología de perfil de usuario	82
Figura 17. Sección del diagrama de relaciones binarias ad-hoc de la ontología perfil de usuario.....	83
Figura 18. Fragmento de la ontología Perfil de Usuario	89
Figura 19. Taxonomía de conceptos de la ontología roles de usuario.....	91
Figura 20. Sección del diagrama de relaciones binarias ad-hoc de la ontología perfil de usuario.....	92
Figura 21. Ontología de roles de usuario.....	96
Figura 22. Esquema general de la metodología propuesta.....	97

Figura 23. Red de ontologías	102
Figura 24. Etapa de Saludo	104
Figura 25. Etapa de Interacción	105
Figura 26. Creación de una nueva relación <i>hasContext</i>	108
Figura 27. Etapa de Despedida	109
Figura 28. Fragmento de la ontología Perfil de Usuario	112
Figura 29. Ontología de Contextos	113
Figura 30. Ontología de roles	114
Figura 31. Red de ontologías, Perfil de Usuario y Contexto	117
Figura 32. Fragmento de las sentencias cargadas en el <i>EndPoint</i>	118
Figura 33. Registro de un nuevo usuario	119
Figura 34. Pantalla inicial de ORBIS	121
Figura 35. Formulario para el registro de un nuevo usuario	122
Figura 36. Fragmento de los contextos y roles de “Lalo López”	126
Figura 37. Experimento 1	126
Figura 38. Captura de la instancia contexto2	128
Figura 39. Instancia contexto2 desde el <i>EndPoint</i>	128
Figura 40. Resultado de la consulta 1	130
Figura 41. Roles y contextos de “Lalo López”	131
Figura 42. Experimento 2	131
Figura 43. Roles y contextos de “Teresa Garrido”	134
Figura 44. Experimento 3	134
Figura 45. Experimento 4	136
Figura 46. Roles y contextos de “Leonel Maldonado”	137

Índice de Tablas

Tabla 1. Trabajos relacionados con modelado de usuarios	22
Tabla 2. Trabajos relacionados con enfoques de modelación de contextos	30
Tabla 3. Reglas para obtener la similitud semántica entre ontologías	67
Tabla 4. Glosario de términos de la ontología perfil de usuario	81
Tabla 5. Diccionario de conceptos de la ontología perfil de usuario	83
Tabla 6. Relaciones binarias de la ontología perfil de usuario	84

Tabla 7. Atributos de las instancias de la ontología perfil de usuario.....	84
Tabla 8. Atributos de las clases de la ontología perfil de usuario.....	85
Tabla 9. Constantes de la ontología perfil de usuario.....	86
Tabla 10. Axiomas formales de la ontología perfil de usuario.....	86
Tabla 11. Reglas de la ontología perfil de usuario.....	87
Tabla 12. Instancias de la ontología perfil de usuario.....	88
Tabla 13. Glosario de términos de la ontología roles de usuario.....	89
Tabla 14. Diccionario de conceptos de la ontología roles de usuario.....	92
Tabla 15. Relaciones binarias de la ontología roles de usuario.....	93
Tabla 16. Atributos de las instancias de la ontología roles de usuario.....	93
Tabla 17. Atributos de las clases de la ontología roles de usuario.....	94
Tabla 18. Constantes de la ontología roles de usuario.....	94
Tabla 19. Axiomas formales de la ontología roles de usuario.....	95
Tabla 20. Reglas de la ontología roles de usuario.....	95
Tabla 21. Instancias de la ontología roles de usuario.....	96
Tabla 22. Clases y propiedades de la ontología perfil de usuario.....	111
Tabla 23. Clases y propiedades de la ontología contextos.....	113
Tabla 24. Clases y propiedades de la ontología roles de usuario.....	114
Tabla 25. URIs de las ontologías	115
Tabla 26. Descripción de los perfiles de usuario	124
Tabla 27. Descripción de los contextos	124
Tabla 28. Resultado de la consulta 1.....	127

1. Introducción

Los perfiles de usuario han desempeñado un papel importante en la adaptación de los resultados de búsquedas, cuanto más fielmente represente un perfil de usuario los intereses y las preferencias de la persona, mayor es la probabilidad de mejorar el proceso de búsqueda. Para definir un perfil existen tres enfoques principales: la recolección del conocimiento relacionado con las preferencias del usuario, la selección de un lenguaje formal para representar este conocimiento, y definir la estrategia para actualizar el perfil.

Idealmente, los usuarios sólo deben contar con la información que se ajuste a sus necesidades personales. En general, los principales enfoques para personalizar son el reordenamiento, el filtrado de los resultados de la búsqueda y el desarrollo de sistemas personalizados de recomendación. Pero, para lograr los resultados de acuerdo a los intereses del usuario y a sus necesidades de información, no basta con obtener la información estadística del usuario, también es necesaria una descripción explícita de sus intereses, que sea capaz de expresar un amplio rango de valores de una manera interoperable. Esto ha provocado la investigación en áreas del modelado del usuario, el modelado del contexto y la interacción hombre-máquina en aplicaciones sensibles al contexto.

Uno de los desafíos clave en los sistemas personalizados es proporcionar la información “indicada” para el usuario “correcto” en el momento “oportuno” y en la forma “adecuada” (Skillen et al., 2012). Es aceptable suponer que los usuarios no tienen los mismos intereses y preferencias, por lo tanto, los resultados de selección no serán los mismos en diferentes contextos para una misma consulta formulada por distintos usuarios. Las búsquedas personalizadas se basan en

modelar el contexto del usuario mediante un perfil de usuario que representa sus intereses y preferencias. Recientes trabajos de investigación sobre la generación de contenido personalizado han enfocado sus esfuerzos en el establecimiento de las preferencias del usuario, la recomendación de los temas más relevantes, así como en las técnicas de adaptación sensibles al contexto, pero están limitados en cómo representar el proceso de interacción entre el perfil de usuario y su contexto.

Esto ha llevado al uso de ontologías como un medio para proporcionar servicios personalizados a través de modelos adaptables de usuario. Las ontologías se han utilizado recientemente como un medio altamente expresivo para representar perfiles de usuario; permiten representar el conocimiento de una forma estructurada y expresiva. Los modelos de usuario han sido desarrollados para utilizarlos en sistemas personalizados de recuperación de información, en diseño de interfaces adaptables al usuario y aplicaciones personalizadas (De Oliveira et al., 2013).

Además de los resultados personalizados de las búsquedas, los perfiles de los intereses del usuario también pueden ser utilizados para determinar la experiencia del usuario. Existen varios enfoques para recopilar datos para la construcción de perfiles de usuario, se presenta un resumen de algunos de ellos en el capítulo 3. En contraste con la mayoría de estos enfoques, no se modela la interacción entre el usuario y su contexto habitual, así como el papel o rol que juega el usuario en determinado lugar, las reglas y permisos a los que está sujeto.

En relación al término contexto, la noción de contexto ha sido reconocida recientemente como un elemento clave en el desarrollo de sistemas de información (Flouris et al., 2008). La información contextual se puede definir como cualquier información recopilada que pueda ser utilizada para enriquecer el conocimiento sobre el estado del usuario, por ejemplo, su entorno físico [(Abowd et al., 1999), (Schmidt et al., 1999)].

Se han presentado dos conceptos genéricos como superclases que encapsulan dimensiones contextuales (Petit, 2007). La Figura 1 resume las dimensiones del contexto.

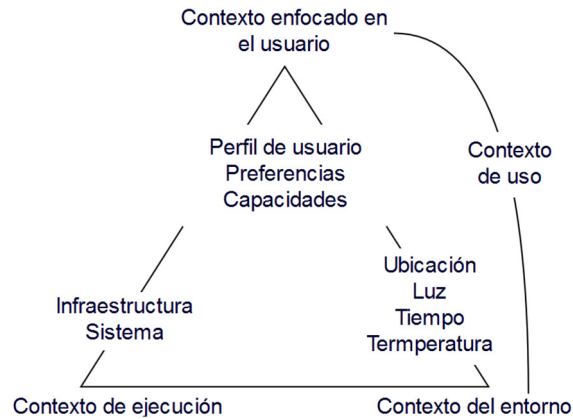


Figura 1. Clasificación de las dimensiones del contexto.

- *Contexto de uso*: Incluye las dimensiones del contexto enfocadas al usuario, como el perfil de usuario preferencias, capacidades cognitivas/psicológicas; y el contexto ambiental que se refiere a los parámetros que influyen en el usuario (por ejemplo, la ubicación, la hora, temperatura, etc.)
- *Contexto de ejecución*: Modela el comportamiento de un sistema de información y comprende la dimensión de la infraestructura y la organización topológica de los componentes del sistema (Afyouni et al., 2014).

Un espacio interior puede ser definido informalmente como un entorno construido donde las personas se comportan habitualmente (Castillejo et al., 2014) (por ejemplo, casas, centros comerciales, etc.). Pueden ser proporcionados diversos tipos de servicios proporcionados al permitir la integración en tiempo real de las dimensiones de contexto en los servicios prestados a los usuarios. Algunos ejemplos de estos servicios incluyen, pero no están limitados, la señalización humana y la navegación en los entornos cerrados, rutas de evacuación de personas atrapadas en un edificio en caso de emergencia, y las actividades de colaboración en tiempo real (De Amo et al, 2015, Baxter et al, 2015). Se han realizado trabajos en el modelado de usuarios para los sistemas que se pueden adaptar a las propiedades y dimensiones del usuario [(Gerber et al., 2010), (Heckman, 2005), (Kobsa, 2001)].

En este trabajo se describe el desarrollo de una metodología que puede ser utilizada para generar perfiles de usuario con base en ontologías. La motivación principal es que esta metodología permita generar perfiles de usuario en relación a sus contextos, por ejemplo, lugares y personas. Lo que se pretende realizar es, a partir de los datos básicos del usuario, los cuales describen la información mínima con la cual se puede identificar una persona (como el nombre, fecha de nacimiento, lugar de trabajo, etc.) y los contextos en donde generalmente se relaciona cualquier persona en su vida cotidiana (como su casa, su lugar de trabajo, el medio de transporte, etc.). Lo que se pretende obtener es un perfil que va generándose automáticamente de acuerdo a la experiencia diaria del usuario. Algo así como: *“Lalo accede al sitio web de un banco y es cliente; por lo tanto, tiene acceso a su estado de cuenta y al pago de servicios”*; cuando el usuario sale de ese contexto: *“Lalo estuvo en el sitio web del banco el 12/05/2016”*.

La descripción que buscamos realizar está basada la experiencia que tienen todas las personas en su vida cotidiana. Esta experiencia está basada en las actividades que realizamos, y las acciones que se pueden realizar en cada uno de los lugares que visitamos día con día. A partir de esta experiencia, cada persona sabe cuáles cosas le gustan y cuáles no, estos son los gustos y preferencias que se deben ir agregando a nuestro conocimiento del usuario. Para lograr representar esto, se propone realizar una metodología con tres etapas: Saludo, Interacción y Despedida.

Este trabajo pretende representar la interacción entre perfiles de usuario con el contexto de los lugares encontrados en cualquier ciudad, tales como aeropuertos, hoteles, escuelas, restaurantes, etc. Es decir, todos aquellos lugares donde el usuario pueda realizar una actividad o recibir/prestar un servicio. Para realizar la representación del perfil de usuario y el contexto de los lugares nos apoyamos en la representación por medio de ontologías. Las ontologías son modelos formales acerca de cómo percibimos un dominio de interés y proporcionan una descripción precisa, la lógica del significado de términos, estructuras de datos y otros elementos para modelar el mundo real (Flouris et al., 2008). Debido a que las ontologías reflejan los cambios en dominios del mundo real, difícilmente serán

estáticas o fijas, por esta razón las ontologías deben reflejar los cambios en los dominios que sean conceptualizados, deben mantenerse al día con el propósito de reflejar los cambios que afecten su ciclo de vida.

Las ontologías también se utilizan para identificar y resolver los problemas de heterogeneidad, generalmente a nivel esquemático, como una forma de establecer un vocabulario formal explícito para compartir conocimiento. Cuando se utilizan ontologías para integrar datos, es necesario generar mapeos para enlazar conceptos similares o relaciones entre la o las ontologías y las fuentes de datos por medio de una equivalencia. Este es el proceso de definición de mapeo (Flouris et al., 2008) y la salida de esta tarea es una colección de reglas de asignación. En la práctica, este proceso se realiza manualmente con la ayuda de interfaces gráficas para los usuarios, y es una actividad que consume tiempo, trabajo intensivo y es propensa a errores (Velegrakis et al., 2004).

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente la personalización de sistemas de recomendación, aplicaciones, servicios, es un requisito fundamental para la satisfacción de las peticiones que requieran los sistemas orientados al usuario. Se han realizado trabajos para tratar de modelar al usuario, sus características personales, preferencias, ubicaciones y demás elementos que lo caracterizan. Estos esfuerzos han ayudado a sistemas de recomendación en ofrecer una solución acorde a las peticiones del usuario, es decir, que las respuestas de los sistemas resuelvan satisfactoriamente las peticiones del usuario.

En los últimos años, los sistemas personalizados han estado utilizando las ontologías para los propósitos de representación semántica, la adquisición automática de conocimientos, la conceptualización de dominios, la visualización del modelo de usuario y para la creación de soluciones interoperables y reutilizables (Kostadinov et al., 2007).

Con respecto a los perfiles de usuario, cada persona es diferente, cada una tiene requisitos distintos y características propias que la caracterizan, por lo que los modelos que describen al usuario deben considerar las dimensiones o elementos necesarios para caracterizarlo adecuadamente. Existen ontologías en el estado del arte que consideran ciertas dimensiones de acuerdo al tipo de investigación realizada y a la información que se necesite recuperar sobre cada usuario.

Los modelos de usuarios necesitan ser actualizados constantemente, de igual forma que el usuario adquiere nuevos conocimientos. Un usuario puede adquirir información según el contexto en donde se presente, también a partir de los demás usuarios con el que el usuario conviva cotidianamente, por vivencias, o simplemente por la experiencia que tiene en su vida diaria. Por lo anterior, el modelo que represente las características del usuario debe contemplar la nueva información que el usuario adquiere con respecto a los lugares o actividades que realice.

La utilización de perfiles de usuario brinda a los sistemas la capacidad de personalización, por lo que los resultados son más enfocados a los requerimientos y necesidades de cada persona. Se ha contemplado que cada usuario es diferente, por lo que los resultados deben ser adaptables a cada persona y a cada contexto. Sin embargo, un aspecto que han dejado atrás, es la representación de la interacción entre el usuario y el contexto en el que se encuentre. En otras palabras, a partir de un perfil de usuario, cómo describir el rol que desempeñará el usuario, así como las reglas, restricciones y permisos que este contexto pueda definir.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de esta tesis es “diseñar, implementar y probar una metodología que genere perfiles de usuario con base en ontologías y con base en la información contextual disponible. Los perfiles de usuario deberán reflejar las situaciones de los usuarios, los roles y permisos que cada contexto ofrezca al usuario”.

1.2 Motivación

El volumen de información disponible en medios digitales está aumentando a ritmos elevados (Mayer-Schönberger y Cukier, 2013). Para los usuarios, esto significa más contenido para consumir, pero también más información a filtrar antes de encontrar la información de interés. Para localizar esta información, se utilizan sistemas de recomendación y de filtrado. Este resultado tradicionalmente considera los intereses y preferencias de los usuarios almacenados en el perfil de usuario. La información contenida en el perfil de usuario en sistemas no intrusivos puede ser recolectada para dar seguimiento de las acciones de los usuarios en el sistema. También hay perfiles construidos por el usuario de forma manual a través de un cuestionario (Lee et al., 2014, Razmerita et al., 2003). Estas técnicas para construir perfiles de usuario tratan al usuario como una sola entidad con un conjunto de intereses y preferencias. Este no es necesariamente el caso en todos los sistemas porque los usuarios utilizan distintos dispositivos para diferentes tareas en distintas circunstancias. Si los intereses del usuario son obtenidos con respecto al contexto, el usuario puede ignorar los intereses registrados por un perfil de usuario general, entonces las recomendaciones podrían ser más precisas. Además, si el usuario pudiera seleccionar específicamente el contexto o situación para obtener recomendaciones, el usuario podría recibir las recomendaciones mejor relacionadas con su perfil y contexto, en lugar de las recomendaciones generales que representan todas las situaciones de los usuarios. Esto podría incrementar la experiencia del usuario para los sistemas de generación de perfiles de usuario con base en sus intereses y situaciones proporcionando mayor precisión en las recomendaciones y la personalización de los resultados.

1.3 Contribución

La contribución de este trabajo está en explorar las posibilidades de generar perfiles de usuario con base en ontologías combinado con la información contextual e intereses del usuario. La generación automática de los perfiles y la identificación de los roles de usuario de acuerdo al contexto es la tarea central de este trabajo, así como la contribución principal. De acuerdo al estado del arte consultado (ver Capítulo 2) no hay otro trabajo similar que genere perfiles de usuario con base en ontologías de manera automática con base en la información contextual de los usuarios.

1.4 Objetivo

Definir e implementar una metodología para generar perfiles de usuario con base en ontologías y modelar los roles de cada usuario de acuerdo en los cambios de contexto con el propósito de modelar el proceso de interacción entre los usuarios y los contextos en los que se desenvuelve.

1.4.1 Objetivos particulares

- Definir el modelo de perfil de usuario, de tal manera que pueda representar a cualquier persona.
- Desarrollar una red ontológica con la ontología del perfil de usuario, la ontología de contextos y la ontología de roles de usuario.
- Desarrollar los algoritmos que permitan obtener el rol del usuario de acuerdo al contexto presentado.

- Desarrollar una aplicación que muestre los resultados de la interacción entre los perfiles de usuarios y una serie de contextos definidos en el caso de estudio.
- Definir un escenario de pruebas dentro de la implementación de la metodología propuesta.

1.5 Estructura de la tesis

El resto de esta tesis se estructura de la siguiente manera. Trabajos relacionados con la generación de perfiles de usuario son presentados en el Capítulo 2. El marco teórico es presentado en el Capítulo 3. El enfoque y metodología se presentan en el Capítulo 4. La implementación del trabajo en el Capítulo 5. Los resultados del trabajo realizado se presentan en el Capítulo 6. Las conclusiones en el Capítulo 7 y, finalmente, los trabajos futuros se discuten en el Capítulo 8.

La organización de esta tesis se resume en la Figura 2.

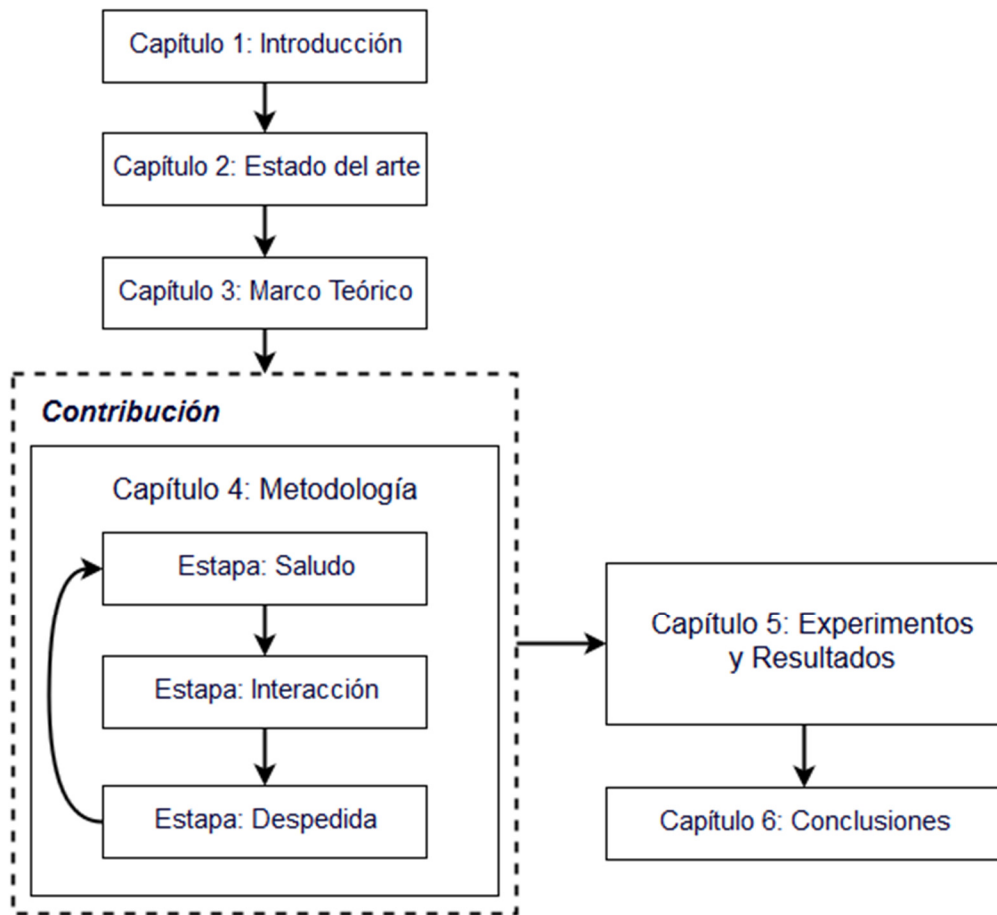


Figura 2. Organización de la tesis.

2. Estado del arte

En este capítulo se presentan las revisiones de algunos trabajos relacionados con este trabajo. Se presenta en esta sección un estudio del desarrollo teórico de la representación conceptual de los modelos de usuario y contextuales. Se hace un enfoque en las tendencias del modelado de usuarios que pueden ayudar en la generación de perfiles de usuario basados en ontologías. Además, se presentan las características de algunas ontologías encontradas en la literatura para la modelación de perfiles de usuario y contextos.

2.1 Modelos de usuario

La Figura 3 ilustra la evolución y diferentes soluciones en orden cronológico en los últimos 15 años. Durante este periodo se han considerado distintas características del usuario de acuerdo al propósito principal requerido por el sistema.

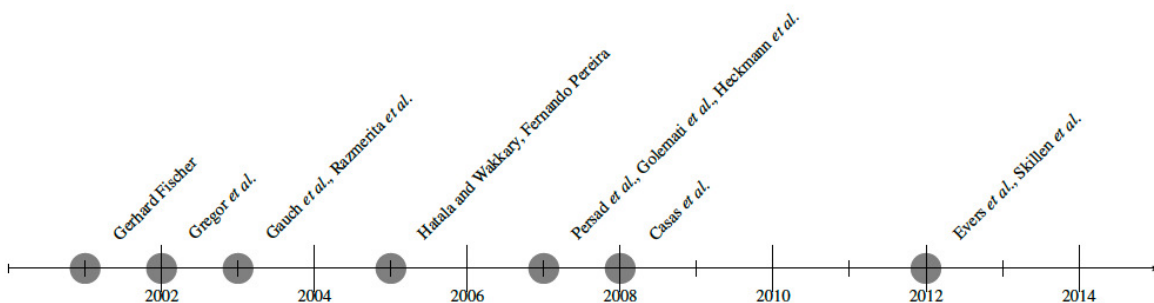


Figura 3. Evolución de los modelos de usuario.

Antes de comenzar con la descripción de los trabajos sobre modelado de usuario, se plantea la siguiente pregunta, ¿qué es el modelado de usuario? Existen al menos dos diferentes perspectivas que pueden responder esta pregunta. Una es relacionada con la Inteligencia Artificial, que considera el modelo del usuario como el proceso mediante el cual los sistemas obtienen información y conocimiento acerca de los usuarios y de sus características individuales. Por lo tanto, un modelo de usuario se considera como una fuente de información sobre el usuario del sistema que contiene varias suposiciones sobre datos de comportamiento. Cada sistema debe utilizar la información del usuario que sea capaz de ver y reaccionar ante sus diferentes problemas y necesidades y mejorar el propósito del sistema. En esta sección se analizan los modelos de usuario más significativos en los últimos 15 años.

Fischer, (2001) revisó los modelos de usuario de los último 10 años. Describió cómo el uso de computadoras en ambientes con Interacción Hombre-Máquina (*HCI*) siempre había sido modelado como la tupla usuario-computadora. Estos elementos son modelados como una conexión explícita que representa la comunicación entre ellos. Las nuevas y modernas interfaces, tales como ventanas, menús, punteros, colores, sonido y pantallas táctiles han "ampliado" esta línea de comunicación gracias a sus capacidades. Por otra parte, además de las posibilidades de los nuevos enfoques de diseño, las arquitecturas basadas en conocimiento en *HCI* exploran la posibilidad de un canal de comunicación implícito. El conocimiento requerido considera el problema del dominio, los procesos de comunicación y el agente de la comunicación. Los usuarios son parte del grupo de agentes de comunicación. Fischer defiende la idea de que hay muchos tipos de usuarios. Además, sus necesidades cambian con la experiencia y en el tiempo. De esta manera, una clasificación simple del usuario, por ejemplo, "novato", "intermedio" y "experto", no es suficiente para caracterizar los usuarios en entornos complejos. Sin embargo, a pesar de Fischer comenta la importancia de cada agente, no establece cuáles capacidades del agente son importantes para enfrentar el problema de modelar un usuario.

En Gregor et al. (2002) se enfocan en un cierto grupo de usuarios: los ancianos. Realizó una clasificación de tres grupos. En el primer grupo están las personas de edad avanzada en forma, que no son considerados discapacitados. El segundo grupo está formado por las personas de edad avanzada que tienen una o más discapacidades. Finalmente, el último grupo abarca las personas mayores y con discapacidad cuya capacidad para funcionar depender de otras facultades. En este caso, los autores identifican varias capacidades de usuario:

- Capacidades físicas, sensoriales y cognitivas.
- La capacidad de aprender nuevas técnicas (cognitivas).
- Los problemas de memoria (cognitivas).
- El medio ambiente puede afectar a varias capacidades mayores.
- Experiencia de personas de edad avanzada (como un hecho positivo).

Por otra parte, Gregor considera que, como las personas envejecen, sus capacidades cambian. Este proceso abarca una reducción de las funciones cognitivas, físicas y sensoriales dependiendo del individuo. Esta "diversidad dinámica" es un problema importante para el modelado de los usuarios y el diseño de sistemas computacionales.

Con el objetivo de navegación personalizada en información en línea Gauch et al. (2003) proponen una ontología de usuario para modelar la dinámica de navegación del usuario. La ontología está formada por varios conceptos que se ponderan indicando el interés percibido por el usuario en el concepto correspondiente. Estos conceptos están relacionados con la experiencia de navegación, es decir, el contenido, la duración y el tiempo dedicado, en cada página web y son clasificados en la ontología de referencia. De esta manera el perfil de usuario se crea automáticamente. Esto significa que la información de perfil de usuario se captura implícitamente sin realimentación de usuario, como los conceptos ontologías se ponderan automáticamente teniendo en cuenta la cantidad de información relacionada de la navegación del usuario.

Enfocado en el contexto de los Sistemas de Administración del Conocimiento (KMS) Razmerita et al. (2003) presentan *OntobUM*, una arquitectura genérica basada en ontologías para el modelado de usuario. El modelo se genera a través de dos formas diferentes:

- Explícitamente, utilizando un editor de perfiles de usuario. De esta manera el usuario tiene que proporcionar alguna información.
- Implícitamente, la información es almacenada por varios servicios inteligentes que (1) almacenan y actualizan la información sobre el usuario teniendo en cuenta el comportamiento del usuario con los servicios y (2) proporcionan servicios adaptados con base a las preferencias del usuario.

La arquitectura de la presente ontología es formada por lo siguiente:

- La ontología del usuario, la cual estructura las diferentes características y preferencias del usuario.
- La ontología de dominio, la cual define muchos conceptos acerca del dominio.
- La ontología Log, la cual administra la semántica de la interacción entre el usuario y todo el sistema.

Ec(h)o es un sistema de audio con realidad aumentada basado en ontologías para museos que tiene como objetivo enriquecer y adaptar la información de salida. El objetivo principal de este trabajo es abordar el problema de mejorar las experiencias y la funcionalidad relacionada con las visitas al museo a través de modelos de usuario combinada con la realidad aumentada y el sistema de interfaz de usuario. Hatala y Wakkary (2005) encuentran varios retos para la captura de información rica acerca del contexto. Para el escenario presentado, algunos factores son importantes para la experiencia del usuario, como factores sociales, culturales, históricos y psicológicos. En este campo la argumentación hecha por Dourish (2004a, 2004b) se destaca como relevante. Dourish establece que las actividades y el contexto están vinculados directamente y de forma dinámica. Este concepto se denomina "incorporación de la interacción".

El núcleo del módulo de razonamiento de *Ec(h)o* es un modelo de usuario dinámicamente actualizado. El modelo basado en normas cambia a medida que el usuario se mueve a través del museo y selecciona varios audios. Este modelo permite a los desarrolladores seleccionar cuáles entradas tienen influencia en los intereses del usuario. En el sistema *Ec(h)o* hay dos formas de actualizar el modelo: a través del movimiento del usuario y de acuerdo con la selección de un audio. Estas acciones tienen diferentes efectos sobre el modelo de los intereses de los usuarios, es decir, afectan la selección de interés iniciales, la selección de objetos de interés de los usuarios y del cambio de ubicación.

Como ocurre con los sistemas de recomendación, los intereses de los usuarios son de vital importancia para el concepto de ontología. Estos conceptos son ponderados en la ontología como conceptos que representan los gustos del usuario dentro del entorno. Además, se almacena un historial de interacción del usuario mediante la forma en que el usuario interactúa con el museo. Además de estas características, el tipo de usuario también se toma en cuenta. De esta manera el sistema permite caracterizar la experiencia del usuario con el entorno. Con lo anterior, se clasifica a los usuarios en tres diferentes categorías:

1. El visitante avaricioso, el cual quiere ver lo más posible dentro del museo de manera secuencial.
2. El visitante selectivo, el cual es más cuidadoso con los conceptos en los que tiene especial interés.
3. El visitante ocupado, el cual prefiere no pasar mucho tiempo y obtener una visión general de las exposiciones.

Pereira (2005) estudió una caracterización del usuario a través de tres dimensiones diferentes: sensoriales, perceptivas y emocionales. En primer lugar, Pereira establece la diferencia entre las sensaciones y percepciones de la siguiente manera:

- Las sensaciones son mono-modales, más de bajo nivel, físicas y menos relacionados con el mundo real que con las percepciones. Ellos consideran

que la experiencia consciente para un estímulo físico, por ejemplo, la variación de la luz y la reacción de los ojos ante este cambio, están relacionados con el primer contacto entre un ser humano y el medio ambiente circundante.

- Las percepciones son multimodales, y son parte del proceso cognitivo (conocimiento y aprendizaje) y toman en cuenta la experiencia consciente y la identificación de los objetos.

Por otro lado, se consideran las emociones como parte central en el proceso de comunicación y entretenimiento. Por lo tanto, Pereira propone un modelo de usuario de tres capas sensación-percepción-emoción (*SPE*) para la evaluación de la calidad de la experiencia en el consumo de contenido multimedia.

Persad et al. (2007a, 2007b) relacionan las capacidades del usuario y las demandas de los productos como una herramienta para evaluar el diseño de un producto. Los autores mencionan cuatro componentes principales a considerar en la interacción entre las personas y la tecnología: (1) el usuario; (2) el producto; (3) el entorno o contexto y (4) el conjunto de actividades o tareas que definen la interacción Persad et al. (2007b). Ellos tratan de evaluar el nivel de adaptación entre los usuarios y los productos diseñados utilizando diferentes medidas de compatibilidad. Estas medidas pueden ser evaluados en diferentes niveles de las aptitudes humanas, incluyendo la capacidad sensorial, cognitiva y motora. Los conceptos de capacidad del usuario y la demanda de productos proporcionan un marco útil para el análisis de la compatibilidad entre el dispositivo y el usuario. Los niveles de demanda del producto los consideran multidimensionales y están definidos por los atributos de la interfaz del producto en sí. Por ejemplo, la visualización del texto de un producto se ha diseñado con un tamaño de la fuente y el contraste de colores determinados. La combinación de estos atributos define el nivel de demanda visual dentro de las capacidades visuales del usuario. Del mismo modo, otras combinaciones de atributos de los productos ocasionan varias exigencias cognitivas y motoras.

Golemtati et al. (2007) presentan una ontología que tiene como objetivo reducir los problemas intrínsecos de modelado del usuario, teniendo en cuenta las recientes soluciones en la literatura: los procesos del modelado ad-hoc, la cantidad de trabajo requerida para modelar los usuarios y la posibilidad de errores por omisión de las características de varios de los usuarios. Con este objetivo, los autores presentan una ontología extensible, integral y general cuyo diseño se realiza a través de un enfoque de arriba hacia abajo en primer lugar, mediante la recopilación de información estática sobre el usuario. Después, los diseñadores de ontología analizan la semántica de los modelos de perfil y sugieren conceptos para modelar adecuadamente. Es de destacar que este trabajo se centra en las características del usuario estáticas, aunque consideran la posibilidad de incorporar características dinámicas y temporales.

Un enfoque distinto es el implementado por Heckmann et al. (2007). Los autores presentan GUMO, un modelo de ontología para caracterizar las capacidades de los usuarios dentro de entornos adaptativos. Divididos en cuatro grupos principales (estado emocional, personalidad, características y estado fisiológico). Un aspecto significativo de los usuarios que se toma en cuenta en este trabajo es el estrés. En el dominio de las interfaces adaptables, es necesario prestar especial atención a las consecuencias de cada adaptación. Pero el estrés no sólo está determinado por este proceso, también se genera a partir de varias experiencias de usuario, como el contexto actual, por ejemplo, el tráfico, el ruido, la gente de los alrededores, etc. Babisch (2002).

Otro enfoque es el presentado por Casas et al. (2008) En este caso los autores trabajan bajo el concepto de "Persona", el cual es presentado para distinguir entre diferentes grupos de usuarios dentro de un dominio de interfaces de usuario adaptables. Originalmente este concepto fue presentado por Cooper (1999) con la siguiente definición:

"Personas" no son gente real, pero las representan a través de un proceso de diseño. Ellos son arquetipos hipotéticos de usuarios reales.

Casas et al. mencionan que hay dos categorías de personas:

- Primaria: aquellas que representan el grupo principal y utilizan las interfaces principales.
- Secundaria: aquellos que pueden utilizar las interfaces principales, pero con varias necesidades adicionales.

Mediante la asignación de valores aleatorios en varias características, por ejemplo, edad, educación, profesión, condiciones familiares, incapacidades y experiencia tecnológica, los autores son capaces de cubrir un amplio rango de usuarios potenciales. Sin embargo, la contribución más significativa es que, en lugar de enfocarse en las capacidades del usuario, ellos toman en cuenta las necesidades de los usuarios. Para que, con esto, construir un perfil de usuario con base en 4 conceptos principales:

- El nivel de usuario, indica la habilidad del usuario para utilizar el sistema.
- La interfaz, para el mecanismo de interacción utilizado por el usuario.
- Audio, para indicar los niveles de volumen del sonido.
- Monitor/Pantalla, incluye los controles habituales (contraste, colores, brillo, ...)

Este enfoque está orientado en la perspectiva que permite los usuarios configurar la interacción con base en sus capacidades. Esto ayuda a los diseñadores de aplicaciones debido a que las habilidades del usuario no se toman en cuenta en el modelo como aspectos médicos o técnicos. De esta manera no hay necesidad de ser expertos o tener ningún conocimiento médico acerca de las discapacidades de los usuarios. Otra ventaja es que cada usuario puede gestionar su propio perfil. De esta manera, los usuarios pueden configurar por su cuenta sus preferencias y capacidades.

Varios estudios, como el presentado por Evers et al. (2012), reconocen que es complejo realizar adaptaciones de interfaces sin molestar al usuario. Por una parte, la adaptación de una interfaz sin la participación del usuario podría dar lugar a un resultado insatisfactorio. Por otro lado, pedir demasiada participación puede molestar al usuario. A partir de este trabajo se asume que si el usuario tiene altos

niveles de estrés la aplicación no debe solicitar interacción. De esta manera, la aplicación podría funcionar como "automática" y "autosuficiente" tanto como sea posible. Siguiendo esta perspectiva del estrés, Liao et al. (2005) presenta un modelo de decisión probabilístico basado en Diagramas de Influencia para el modelado de los niveles de estrés de los usuarios. Estos niveles fueron inferidos por inferencias probabilísticas de varias fuentes de datos, por ejemplo, la frecuencia cardíaca, la apertura de la boca, los movimientos de la cabeza, el monitoreo de las pupilas, etc.

En la personalización de aplicaciones en entornos móviles, Skillen et al. (2012) presentan una ontología de perfiles de usuario que es capaz de modelar componentes dinámicos. La ontología toma en cuenta tanto los aspectos estáticos y dinámicos del usuario, principalmente centrado en sus cambios de comportamiento. En este trabajo las habilidades del usuario también se tienen en cuenta para el perfil de usuario. Las habilidades se definen como la medida en que el usuario tiene una capacidad, es decir, física, emocional o cognitiva, para llevar a cabo algunas actividades. Los intereses de los usuarios y varios parámetros del contexto también se consideran en la ontología para cubrir entornos sensibles al contexto.

De Amo et al. (2015) proponen un método automático para la obtención de preferencias basado en técnicas de minería. Este método consiste en la extracción de un perfil de usuario a partir de un conjunto de muestras de las preferencias del usuario. Los autores definen un perfil a partir de un conjunto de reglas de preferencias contextuales. Proponen una solución en dos etapas, la primera etapa extrae todas las preferencias individuales de los usuarios por medio de reglas de preferencias contextuales. La segunda etapa construye el perfil de usuario a partir de este conjunto de reglas utilizando un método *greedy*.

2.1.1 Comparación de los modelos de usuario

Existen varios puntos de vista con respecto a los requisitos para modelar usuarios. En este trabajo se toma la perspectiva HCI. La cual es, (como establece Pohl, 1999) que el modelo de usuario se refiere a las características del usuario utilizando un determinado sistema. En la perspectiva AI, los trabajos de Alfred Kobsa y Wolfgang Pohl son significativos. Los autores diseñan sistemas genéricos de modelado de usuario desde el punto de vista de Kobsa (2001) y Kobsa (1994).

Se destaca la cantidad de diferentes dominios que se tratan en la literatura para los modelados de usuario. Desde el diseño de productos a la adaptación de interfaces de usuario para contenido multimedia, cada enfoque sigue el mismo propósito: tener en cuenta varias características de los usuarios para mejorar la satisfacción del usuario y del sistema y la facilidad de uso del producto o servicio. Sin embargo, aunque estas soluciones comparten los mismos objetivos, las características que se toman difieren mucho. Para los dominios sensibles al contexto, se consideran las actividades. Por ejemplo, Razmerita et al. (2003) discuten acerca de una arquitectura basada en ontologías, que pretende ser genérica mediante la recolección de datos del usuario en dos diferentes maneras, explícitamente o implícitamente. Golemtati et al. (2007) También presentaron un punto de vista ontológico para evitar el problema de la dependencia del dominio (entre otros) mediante el diseño de una ontología general, integral y extensible.

Gauch et al. (2003) destacan la importancia del tiempo en su ontología presentada. Con respecto al dominio de estudio que presentan (navegadores web), el tiempo es significativo porque podría ayudar a caracterizar el usuario considerando el tiempo que dedica a la lectura de un artículo o visitando un sitio web.

Las actividades del usuario también se han considerado como relevantes por muchos autores en la literatura. El primer ejemplo es el sistema Orwant (1991), que utiliza las actividades del usuario para intercambiar información relevante del usuario en diferentes aplicaciones. De la misma manera, Persad et al. (2007),

Heckmann et al. (2007) y Skillen et al. (2012) modelaron actividades para obtener el comportamiento del usuario y su interacción con los sistemas que propusieron. Para Hatala y Wakkary (2005) las actividades también son vitales en entornos sensibles al contexto.

Así como ocurre con el modelado del contexto están disponibles muchas técnicas para la representación del modelo. Esto por lo general depende tanto del desarrollador, debido a su experiencia, o por las características técnicas del sistema. Por ejemplo, si el sistema es capaz de inferir con base en los datos del usuario una representación basada en ontologías podría ser más útil que un enfoque basado en objetos. Strang y Linnhoff-Popien (2004) demuestran que el modelado ontológico es más apropiado para entornos de computación ubicua.

También es común modelar características médicas relacionadas con el usuario. Por ejemplo, los trabajos de Gregor et al. (2002) y Parsad et al. (2007) consideran capacidades físicas, cognitivas y sensoriales. Skillen et al. (2012) modelan varias habilidades del usuario para la realización de diferentes tareas y actividades. Por ejemplo, la medición de la capacidad de visión de un individuo requiere cierta experiencia médica o asesoramiento. Además, las personas con la misma afectación médica no responden de la misma manera. En Castillejo et al. (2014) plantean la idea de modelar las capacidades de los usuarios en lugar de modelar las habilidades médicas. La primera aproximación de esta idea se encuentra en Casas et al. (2008). Los autores presentan un perfil de usuario que realiza una abstracción de los aspectos fisiológicos y permite a los usuarios gestionar y configurar su propio perfil. Justo lo opuesto presentan Skillen et al. (2012), quienes modelan las capacidades de los usuarios como un conjunto de habilidades que permiten realizar alguna actividad o tarea.

Por otro lado, Gerard Fischer comenta en Fischer (2001) que no sólo es difícil modelar los usuarios debido a la amplia gama de tipos de personas que existen. También considera que cada individuo cambia con la experiencia y a través del tiempo. Por ejemplo, las capacidades de las personas mayores disminuyen con la edad. Esta idea es compartida con Gregor et al. (2002), cuyo trabajo se enfoca en

las personas mayores. Heckmann (2006) considera que los usuarios podrían evolucionar (desde la perspectiva de IA), sino que también tiene nueva información del contexto a través de un proceso de inferencia. Esto también abre un nuevo punto de vista, tomar en cuenta el contexto como una entidad significativa del entorno del usuario que puede influir directamente en las capacidades del usuario. En otras palabras, los usuarios cambian con el tiempo, a través de su experiencia y, en situaciones concretas, debido a las características del contexto actual. Por ejemplo, un individuo podría no padecer de alguna discapacidad motriz, pero en una calle concurrida sería difícil realizar ciertas actividades cotidianas, el solo hecho de caminar sería difícil.

La Tabla 1 resume los enfoques analizados para el modelado de usuarios enfatizando el modelado de las características del usuario y los dominios. Para esta tesis se destacaron los trabajos que siguen un enfoque basado en ontologías. Esto es porque muchos de los trabajos citados son más teóricos o compendios. Además, Strang y Linnhoff-Popien (2004) demuestran que el uso de ontologías es más apropiado para sistemas sensibles al contexto. En las características de los usuarios se destacan las Actividades (A) o comportamientos, Capacidades (C), Experiencia (Ex), Intereses (I), Emociones (E), Personal (P), Estrés (Es) e información sobre la Ubicación del usuario (U).

Tabla 1. Trabajos relacionados con modelado de usuarios.

Solución	Dominio	Ontologías	Características del usuario							
			A	C	Ex	I	E	P	Es	U
Gregor et al. (2002)	Diseño inclusivo			✓	✓					
Gauch et al. (2003)	Perfil automático	✓				✓				
Razmerita et al. (2003)	KMS	✓	✓			✓		✓		
Hatala y Wakkary (2005)	Interfaces	✓				✓		✓		✓
Pereira (2005)	Adaptación multimedia					✓				
Persad et al. (2007)	Diseño de productos		✓	✓						

Golemtati et al. (2007)	Perfiles de usuario	✓	✓		✓	✓		✓		
Heckmann et al. (2007)	Aplicaciones ubicuas	✓	✓				✓	✓	✓	
Casas et al. (2008)	Interfaces de usuario adaptables			✓	✓					
Evers et al. (2012)	Aplicaciones adaptables									✓
Skillen et al. (2012)	Entornos móviles	✓	✓	✓		✓				✓

2.2 Contexto

El contexto se define principalmente por la definición de Dey (2001):

“El contexto es cualquier información que se puede utilizar para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, un lugar o un objeto que se considera relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo el usuario y aplicaciones en sí.”

Esta definición permite a los desarrolladores enumerar fácilmente los elementos que intervienen en el contexto de un cierto dominio de una aplicación. El autor también define que "si una pieza de información se puede usar para caracterizar la situación de un participante en una interacción, entonces, esa información es el contexto". En esta sección se muestra cómo ha evolucionado el modelado y la definición de contexto en los últimos 15 años.

La gestión de contexto nos permite identificar las condiciones del entorno. De esta manera, los desarrolladores son capaces de adaptar los servicios o aplicaciones para el usuario, teniendo en cuenta estas condiciones. Para esto, en primer lugar, es necesario recolectar información del contexto. Después, esta información tiene que ser procesada y, por último, se va a utilizar para personalizar y contextualizar la situación actual.

2.2.1 Una revisión cronológica de la evolución de la administración del contexto

La Figura 4 muestra la evolución del modelado del contexto en orden cronológico para los últimos 15 años.

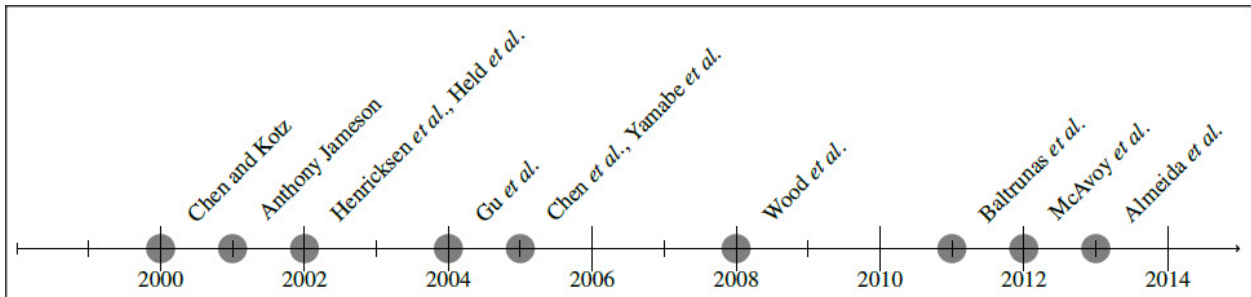


Figura 4. Evolución del modelado de contextos.

Dey (2001) también define los sistemas sensibles al contexto como aquellos sistemas que, utilizando los datos del contexto, proporcionan información significativa para el usuario, donde la relevancia de la información proporcionada depende de la tarea del usuario. Esta dependencia del dominio implica que cada modelo de contexto sea muy concreto o específico y poco sensible a otros entornos.

En esta sección, se presenta una revisión de los sistemas sensibles al contexto más populares, principalmente aquellos enfocados en el modelado de parámetros del contexto, técnicas, dominios y dependencias. Además, varios autores definen el contexto y la sensibilidad al contexto a través de su propia experiencia.

Chen y Kotz (2000) definen el contexto de la siguiente manera: El contexto es el conjunto de estados del entorno y las configuraciones que, determinan el comportamiento de las aplicaciones o, en las que se produce un evento de la aplicación y es de interés para el usuario. Además, definen la sensibilidad activa y pasiva del contexto:

- Sensibilidad activa del contexto: “una aplicación se adapta automáticamente al contexto descubierto, por el cambio en el comportamiento de la aplicación”.
- Sensibilidad pasiva del contexto: “una aplicación presenta el nuevo o actualizado contexto a un usuario o hace el contexto persistente para que el usuario lo pueda recuperar más tarde”.

Basado en el trabajo de Schilit et al. (1994), Chen y Kotz consideran el tiempo como una característica importante y natural para muchas aplicaciones. Por otra parte, como la ubicación es una de las características del contexto más modeladas, Chen y Kotz realizan un estudio de varios aspectos que deben tenerse en cuenta cuando los investigadores requieren modelarlo.

Jameson (2001) analiza cómo la computación sensible al contexto representa un desafío para los investigadores en el área de las interfaces de usuario adaptativas. En este trabajo se compara la información sobre el entorno, el estado actual del usuario, las propiedades a largo plazo del usuario y el comportamiento del usuario, con el fin de tomar la decisión de adaptación correcta. La idea general es comparar varios escenarios, en el primero, sólo se considera la información sobre el entorno, en los siguientes escenarios se toman en cuenta los estados actuales del usuario, el comportamiento y las propiedades a largo plazo. De esta manera, los resultados indican que, considerando una amplia gama de información sobre el usuario, puede ayudar a los diseñadores de sistemas sensibles al contexto.

El enfoque realizado por Henriksen et al. (2002) realiza las siguientes anotaciones sobre el contexto en entornos ubicuos.

- La información del contexto exhibe características temporales. El contexto puede ser estático (aquellas características que no cambian con el tiempo, por ejemplo, los cumpleaños) o pueden ser dinámicos, por ejemplo, la ubicación del usuario. Además, la persistencia de la información dinámica puede cambiar fácilmente. De esta manera, se justifica que el contexto estático deba ser proporcionado por el usuario, mientras que el dinámico debe ser obtenido por sensores.

- Una segunda característica de la información del contexto es su imperfección. La información puede no ser útil si no refleja un estado del mundo real. También puede ser inconsistente si contiene contradicciones, o incompleta si algún aspecto del contexto es desconocido. Hay muchas causas para estas situaciones. Por ejemplo, la información puede cambiar tan rápido que puede no ser válida cuando se obtiene. Esto es debido a la propia naturaleza dinámica del entorno.
- El contexto tiene múltiples representaciones alternativas. La información del contexto por lo general proviene de sensores que “hablan” distintos idiomas. Por ejemplo, un sensor de ubicación puede usar las métricas de latitud y longitud, mientras que la aplicación involucrada trabaja con un mapa de vialidades.

En Held et al. (2002) discuten acerca de la necesidad de adaptación del contenido y formatos de representación para la información del contexto en entornos dinámicos. Una perspectiva significativa es la justificación de modelar no sólo el usuario, sino también el estado de la red y la información del contexto del dispositivo. Los autores también presentan una serie de requisitos relativos a la representación de la información del contexto. De acuerdo con ello, mencionan que un perfil de contexto debe ser:

- Estructurado, para facilitar la gestión de la cantidad de información recopilada y los datos relevantes sobre el contexto.
- Intercambiable, para intercambiar perfiles de contexto distintos.
- Uniforme, para facilitar la interpretación de la información.
- Extensible, para incorporar nuevos atributos.
- Estandarizado, para los intercambios de perfiles de contexto en diferentes entidades del sistema.

En Gu et al. (2004) diseñaron la arquitectura orientada a servicios y sensible a contextos *SOCAM* para el diseño y prototipos de aplicaciones en un entorno

Inteligente. Utilizan *OWL* para describir su ontología de contextos. Los autores dividieron la ontología en dos categorías:

- Una ontología superior, que captura el conocimiento general del contexto acerca del entorno físico.
- Una ontología de bajo nivel, que se relaciona con cada subdominio y puede ser conectada y desconectada de la ontología superior cuando cambia el contexto.

Como resultado, la ontología superior considera las personas, ubicaciones, entidades computacionales y actividades como conceptos del contexto.

Otro trabajo con un enfoque similar es el realizado por Chen et al. (2005). Los autores presentan el sistema basado en la ontología *CoBrA*, el cual proporciona un conjunto de conceptos semánticos para la caracterización de entidades como personas, lugares u otros objetos dentro de cualquier contexto. El agente de contexto es el elemento principal en esta arquitectura. Este agente mantiene y gestiona un modelo de contexto compartido entre los agentes (aplicaciones, servicios web, etc.). La ontología presentada se basa en:

- Conceptos que definen lugares físicos y sus conexiones espaciales.
- Conceptos que definen agentes (humanos y no humanos).
- Conceptos que definen la ubicación de un agente.
- Conceptos que describen la actividad de un agente.

En Yamabe et al. (2005) presentan un *framework* para dispositivos personales que recopilan información del contexto acerca del usuario y su entorno. La información de los sensores también es recopilada para evaluar la información de alto nivel del contexto. Por ejemplo, las lecturas del acelerómetro pueden reconocer si el usuario está caminando o corriendo, girando o rotando, etc. El micrófono no solo se utiliza para el ruido ambiental, también es útil para detectar el lugar donde está el usuario, por ejemplo, una habitación, un restaurante, la calle, una reunión, etc.

La adquisición del contexto se categoriza en dos grupos diferentes: el usuario y el entorno. Para el usuario se analizan varias cuestiones. Por ejemplo, para el reconocimiento de las actividades es necesario que el usuario utilice el dispositivo de manera específica (no es lo mismo utilizarlo con las manos o llevarlo en la cintura). Una problemática que encuentran se refiere a la complejidad intrínseca y la ambigüedad de la información del contexto. Por ejemplo, el significado de lo que es la voz alta puede depender de la situación actual, por ejemplo, si el usuario se encuentra en una sala de reuniones, o si el usuario está en la calle.

AlarmNet es un sistema de monitoreo de redes inalámbricas para la atención sanitaria en residencias para pacientes con necesidades especiales. En este trabajo, Wood et al. (2008) contribuyen con varias ideas:

- Un middleware extensible para redes heterogéneas.
- Protocolos sensibles al contexto.
- *SenQ*, un protocolo de consultas para la transmisión eficiente de datos de los sensores.

El protocolo sensible al contexto utiliza un flujo de información de dos vías. Se utilizan varios sensores para detectar la calidad del entorno: la luz, la temperatura, el polvo, las actividades de los residentes (sensores de movimiento), etc.

Suponiendo que los sistemas sensibles al contexto se adaptan a una situación específica del usuario, Baltrunas et al. (2011) presentan un sistema de recomendación de música que toma en cuenta el estado de ánimo del usuario y las condiciones de tráfico.

Con este fin, los autores diseñaron una metodología donde los usuarios pueden ser solicitados para juzgar varios factores contextuales, por ejemplo, si las condiciones de tránsito son relevantes para una toma de decisiones, o para clasificar un elemento cuando se cumple una determinada condición contextual. El contexto se modela con varios factores independientes, con el fin de considerar la preferencia musical del usuario y la influencia que puede tener el contexto sobre ellos.

En este trabajo los autores proponen un sistema basado en ontologías para el manejo de contextos en entornos inteligentes. Una de las contribuciones más importantes trata de la administración de la información de alto nivel a través de los metadatos y una red de sensores McAvoy et al. (2012). Los dispositivos de detección deben ser modelados con el propósito de ser enriquecidos semánticamente. Los datos son formalmente representados como una ontología mediante el uso de entidades y las relaciones que los unen entre sí. Estos nuevos datos enriquecidos son almacenados en un repositorio semántico en forma de tripletas.

Almeida y López-de-Ipiña (2013) consideran dos problemas comunes relacionados con la ambigüedad en el área de modelado de contextos: la incertidumbre y la precisión. La incertidumbre modela la semejanza de cierto hecho, mientras que la vaguedad representa el grado de pertenencia a un conjunto difuso.

Debido a la naturaleza del proceso de recolección de datos del entorno, la ontología propuesta ha sido diseñada para trabajar con dos tipos de incertidumbre:

- Datos inciertos: Este tipo de incertidumbre se genera a partir de la captura de los datos de los sensores ocasionada por la naturaleza imperfecta de los dispositivos.
- Reglas inciertas: Ocurre cuando se ejecutan las reglas.

Dai et al, 2015 proponen un modelo generalizado para el contexto (*CGM*) para la compresión de datos heterogéneos. Este modelo construye un grafo con una estructura combinatoria de orden finito con los símbolos predichos como sus nodos. La probabilidad estimada para la predicción se obtiene ponderando más de una clase de modelos de contexto que contienen todas las ocurrencias de nodos en el grafo.

2.2.2 Comparación de modelos de contexto

En la Tabla 2 se presenta una comparativa con los trabajos descritos previamente bajo los dominios: Sensible al contexto (SC), Modelado de contexto (MC), Computación ubicua (CU), Entornos inteligentes (EI), Computación móvil (CM) y Sistemas de recomendación (SR). Con los parámetros: Ubicación (U), Tiempo (T), Actividad (A), Recursos cercanos (RC), Personas Cercanas (PC), Entorno físico (EF), Entorno social (ES), Infraestructura (I), Parámetros del usuario (PU) e Información de alto nivel (IA).

Tabla 2. Trabajos relacionados con enfoques de modelación de contextos.

Trabajo	Dominio	Ontologías	Parámetros del contexto										
			U	T	A	RC	PC	EF	ES	I	PU	IA	
Chen y Kotz (2000)	SC		✓	✓									
Jameson (2001)	MC		✓		✓							✓	✓
Henricksen et al. (2002)	CU				✓	✓				✓	✓		✓
Held et al. (2002)	SC										✓	✓	
Gu et al. (2004)	AI	✓											✓
Chen et al. (2005)	CU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Yamabe et al. (2005)	CM		✓		✓				✓			✓	✓
Wood et al. (2008)	AAL				✓				✓			✓	
Baltrunas et al. (2011)	SR								✓			✓	
McAvoy et al. (2012)	AI	✓						✓					✓
Almeida y López-de-Ipiña (2013)	AI	✓	✓						✓				

2.3 Perfil de usuario

Esta sección trata acerca de la información fundamental sobre los perfiles de usuario y temas relacionados con respecto a su construcción. Para que un sistema sea capaz de proporcionar una experiencia a la medida o ajustada por los intereses del usuario, el sistema necesita saber algo acerca de cada usuario. En los sistemas de recomendación el perfil de usuario es un componente central porque el sistema necesita información relevante acerca del usuario para poder recomendar o filtrar el contenido a ese usuario específico. Normalmente, un perfil de usuario se crea con base en la información que el sistema necesita o debería saber sobre el usuario. Esta información puede ser típicamente la información general del usuario (por ejemplo, nombre, edad, sexo), el comportamiento el usuario, el contexto y los intereses.

Si el objetivo es proporcionar al usuario publicidad atractiva y relevante, ya que a menudo es para los perfiles de usuario, el perfil de usuario debe contener la mayor cantidad de información posible sobre los intereses de un usuario y otra información contextual. Si el perfil de usuario contiene la ubicación actual del usuario, esto se puede utilizar para proporcionar la publicidad sobre las tiendas y las instalaciones cercanas. Esto podría ser mucho más relevante para el usuario que los anuncios de las tiendas que podrían no estar disponibles para el usuario.

Los perfiles de usuario pueden ser contruidos del lado del cliente o bien, en un servidor que reciba la información sobre el usuario. Almacenar el perfil de usuario del lado del cliente tiene algunas ventajas, siempre que los requisitos del sistema lo permitan. El perfil puede contener información confidencial sobre el usuario si estos datos se envían, el usuario no tendría control directo sobre ellos. Una restricción para almacenar el perfil de usuario del lado del cliente podría ser la limitación del tamaño de los clientes o los requisitos computacionales con respecto a las operaciones que se necesite realizar. Por otro lado, almacenar el perfil de usuario en un servidor, ofrece mayor durabilidad de los datos, siempre y cuando el servidor esté configurado correctamente. Parte de la información que

generalmente se puede almacenar en un perfil de usuario se detalla en las siguientes subsecciones.

2.3.1 Comportamiento

El modelado del comportamiento del usuario puede ser construido mediante el análisis de la historial del usuario y el descubrimiento de patrones (Schmidt, 2006). El historial del usuario puede ser construido registrando las diferentes acciones que el usuario realiza en un sistema o sistemas. Mediante la construcción de un modelo de comportamiento del usuario, el sistema puede determinar la efectividad de la interfaz de usuario o la eficacia de campañas publicitarias, como algunos ejemplos.

2.3.2 Contexto

La información contextual que contenga un perfil de usuario refleja los requisitos específicos de la aplicación. Aplicaciones como *Netflix*¹ pueden utilizar información como la edad, género y ubicación del usuario para mejorar las recomendaciones basada en información demográfica. Aplicaciones móviles pueden utilizar la información de la ubicación y de la conectividad para mejorar la experiencia del usuario. El contexto en sí se trata con más detalle en la sección 2.1.

2.3.3 Intereses

Los intereses del usuario son la información más importante en los sistemas de recomendación. Las preferencias del usuario se pueden utilizar para localizar contenidos que se adapten mejor a las necesidades del usuario (Gao et al, 2010).

¹ <http://www.netflix.com>

2.4 Modelación de perfiles de usuario

El papel de la modelación del perfil de usuario y el acceso a información personalizada ha ido incrementando debido a la gran cantidad de información disponible en internet, bibliotecas digitales y otros medios. Los usuarios necesitan una atención personalizada en la búsqueda a través de una gran cantidad de información recuperada de acuerdo a sus intereses. Los sistemas de recuperación adaptan su funcionamiento a usuarios individuales aprendiendo sus preferencias durante la interacción, con el propósito de construir un perfil de usuario que pueda ser aprovechado en el proceso de búsqueda.

Las ontologías son modelos formales acerca de cómo percibimos un dominio de interés y proporcionan una descripción precisa, la lógica del significado de términos, estructuras de datos y otros elementos para modelar el mundo real (Flouris *et al.*, 2008). Debido a que las ontologías reflejan los cambios en dominios del mundo real, difícilmente serán estáticas o fijas, por esta razón las ontologías deben reflejar los cambios en los dominios que sean conceptualizados, deben mantenerse al día con el propósito de reflejar los cambios que afecten su ciclo de vida. Las ontologías pueden cambiar debido a que el experto del dominio adquiere conocimientos adicionales sobre el dominio de interés, por la aparición de nuevos lenguajes o por la generación de nuevas versiones de la ontología actual.

(*MAPEKUS*, 2008) es un proyecto que originalmente surgió para diseñar y crear una ontología de dominio para publicaciones científicas. La ontología *MAPEKUS* se compone de dos ontologías para modelar al usuario: la ontología de usuario genérico, la cual define las características generales del usuario (características demográficas, educativas, personales, etc.); y la ontología de publicaciones del usuario, la cual define las características sobre el dominio de publicaciones (título, fecha, *abstract*, tipo de publicación, etc.).

En (Bouneffouf, 2013) definen las características del perfil de usuario, sus indicadores de interés y describen algunos enfoques para modelar un perfil de usuario. Estos enfoques son: 1) representación vectorial, la cual está basada en el

modelo clásico de espacio vectorial, donde el perfil es representado como un vector *m-dimensional*, cada dimensión corresponde a un término distinto y *m* es el total de términos que contiene el perfil de usuario; 2) representación por conexión, se basa en una interconexión asociativa de los nodos que representan el perfil de usuario; 3) representación basada en ontologías, para representar las relaciones semánticas entre unidades de información del perfil de usuario. Este modelo representa el perfil de usuario como una jerarquía de conceptos, donde cada clase en la jerarquía representa el conocimiento en un área de interés del perfil de usuario. La relación (generalización/especificación) entre los elementos de la ontología refleja un interés más realista del usuario; 4) representación multidimensional, tiene la ventaja de proporcionar una mejor interpretación de la semántica del perfil de usuario.

En (Lakiotaki *et al.*, 2011) representan los contenidos del perfil de usuario como un modelo estructurado con una categoría predefinida llamada dimensiones: datos personales, fuente de los datos, entrega de los datos, datos de comportamiento y datos de seguridad. En el mismo contexto, en (Kichou *et al.*, 2011) proponen un conjunto de dimensiones que pueden contener la mayoría de la información que caracteriza al usuario. Proponen ocho dimensiones: datos personales, el enfoque, la ontología de dominio, la calidad esperada, personalización, seguridad, preferencias e información diversa.

La conceptualización de perfiles de usuario en base a una ontología debe reflejar la naturaleza dinámica del usuario. El usuario actualiza constantemente las características que lo definen, como preferencias, habilidades, información personal, ubicaciones, personalidad, entre otras. En la literatura hay trabajos que han enfocado sus esfuerzos en generar una representación semántica del modelo del usuario, como es el caso de la ontología *GUMO* (Calvanese *et al.*, 2009), la cual describe un usuario con las siguientes dimensiones básicas: Información de contacto, información demográfica, habilidades, personalidad, características, estado emocional, estado psicológico, estado mental, rol, nutrición, movilidad, expresión facial (Heckmann *et al.*, 2005).

En (Han *et al.*, 2013) proponen un método llamado *OUPA* para la adquisición de perfiles de usuario basados en ontologías. Además, las ontologías del usuario son construidas automáticamente. Este método puede hacer que los perfiles de usuario sean fuertemente expresivos y menos inferidos manualmente. Las características más importantes de este método son: 1) introducen una simulación para dividir el clúster y la generación automática de las ontologías del usuario, y 2) propone un algoritmo híbrido tanto del modelo de la consulta del k-vecino más cercano y proponen el algoritmo de búsqueda *branch-and-bound* para el mantenimiento de la ontología del usuario.

En (Chen *et al.*, 2013) proponen mejoras en la adaptación de ontologías de dominio para búsquedas y recomendaciones personalizadas mediante el diseño de un modelo de adaptación y el desarrollo de una metodología de adaptación, así como un sistema de adaptación de ontologías de dominio. La metodología para la adaptación de ontologías de dominio contiene análisis de factores de adaptación, análisis de preferencias del usuario, clústeres de conceptos basados en requerimientos y adaptación personalizada.

Presentan una investigación en el desarrollo de un sistema para la adaptación de una ontología de dominio para la búsqueda y recomendación personalizada de conocimiento que adapta una ontología de dominio de acuerdo con el comportamiento de navegación y lectura de los usuarios. Además, lo complementaron con un sistema de evaluación para evaluar la eficiencia del sistema.

Facilita la búsqueda y recomendación personalizada de conocimiento, además promueven la precisión de la ontología para satisfacer los requerimientos de conocimiento del dominio de los usuarios, como consecuencia aumentar el valor de uso de la ontología de dominio.

Otros trabajos basan sus investigaciones sobre perfiles de usuario en redes sociales, como en (Abel *et al.*, 2013) donde estudian perfiles basados en formularios y basados en etiquetas, de acuerdo a un gran conjunto de datos recopilados de redes sociales. Analizan la integridad, consistencia y la respuesta

de perfiles basados en formularios, que los usuarios crean de forma explícita en sistemas como *Twitter*, *Facebook* y *LinkedIn*. Los autores desarrollaron y evaluaron el rendimiento de varias estrategias de modelado de usuarios en el contexto de sistemas de recomendación. Uno de los problemas que solucionan son el “*cold-start*” (encendido en frío). Este problema se presenta cuando la ontología del perfil de usuario no tiene suficientes datos, por lo que las consultas a este perfil pueden ser incompletas. En este caso, la ontología es poblada con datos recuperados a partir de información del usuario de fuentes externas como sus perfiles en las redes sociales.

En (Kondylakis y Plexousakis, 2013) proponen una metodología para responder consultas (*queries*) en sistemas integradores de datos mediante evolución de ontologías y sin redefinición de mapeos. La forma en que lo realizan es reescribir las consultas entre las diferentes versiones de la ontología y luego las reenvían a los sistemas integradores de datos subyacentes para ser respondidas.

Aceptar una ontología como punto de referencia común, se utiliza para eliminar los conflictos de denominación (*naming*) y se reducen los conflictos semánticos. Las ontologías se utilizan para identificar y resolver los problemas de heterogeneidad, generalmente a nivel esquemático como una forma de establecer un vocabulario formal explícito para compartir conocimiento. Durante los últimos años, se han utilizado las ontologías como esquemas globales en integración de bases de datos (Calvanese *et al.*, 2009), obteniendo resultados prometedores, por ejemplo, en los campos de la biomedicina y a bioinformática (Martin, *et al.*, 2008), (Hartung *et al.*, 2008). Cuando se utilizan ontologías para integrar datos, es necesario generar mapeos para enlazar conceptos similares o relaciones entre la o las ontologías y las fuentes de datos por medio de una equivalencia. Este es el proceso de definición de mapeo (Flouris, *et al.*, 2008) y la salida de esta tarea es una colección de reglas de asignación. En la práctica, este proceso se realiza manualmente con la ayuda de interfaces gráficas para los usuarios, y es una actividad que consume tiempo, trabajo intensivo y es propensa a errores (Velegrakis, *et al.*, 2004).

En (Peissner, et al., 2012) los autores describen que el perfil de usuario tiene que adaptarse continuamente con el usuario asociado con el perfil. Independientemente del contenido que es modelado concretamente dentro de un perfil de usuario, la noción de contexto actual es un concepto importante en los sistemas sensibles al contexto. Representar el contexto actual de un usuario es una tarea no trivial en los dominios donde pueda presentarse un conflicto con la información. Esto podría ser debido a que la información de un sensor indique dos valores distintos para un concepto del modelo del usuario en un mismo lugar o en un mismo tiempo.

Especialmente en un enfoque en el que el perfil de usuario se adapta continuamente, hay una necesidad de una estrategia para prevenir o disminuir el efecto de falsas actualizaciones. Otros tipos de conflictos serían violar cardinalidades. Este podría ser el caso si hay más hechos en un conjunto de hechos, en donde hay múltiples ocurrencias de una determinada característica. En este caso no habría forma de “saber” el valor correcto de una característica, debido a que sólo un concepto del modelo del usuario puede ser válido a la vez. Por ejemplo, se podría considerar tener varias instancias del hecho “un usuario A tiene contexto B”.

2.4.1 Ontología GUMO

Una ontología de nivel superior comúnmente aceptada para modelos de usuario podría ser de gran importancia para la comunidad de investigación de modelado de usuarios como se menciona en (Heckmann et al., 2005). Esta ontología debería representar en un lenguaje moderno para web semántica como OWL o DAML+IOL, ver (Fensel et al., 2003) por ejemplo, y por lo tanto estar disponible a través de Internet para todos los sistemas adaptables al usuario. La principal ventaja debe ser la simplificación para el intercambio de datos entre el modelo del usuario y distintos sistemas adaptados al usuario. El problema actual de las diferencias sintácticas y estructurales entre sistemas actuales de modelado de

usuarios podrían solucionarse mediante una taxonomía globalmente aceptada, especializada para tareas de modelación de usuarios.

La idea conceptual principal en el enfoque de ESTADOS SITUACIONALES que influyen en la construcción del modelo general de usuario GUMO es dividir las descripciones de las dimensiones del usuario en tres partes: auxiliar, predicado y rango, como se muestra en la Figura 5.

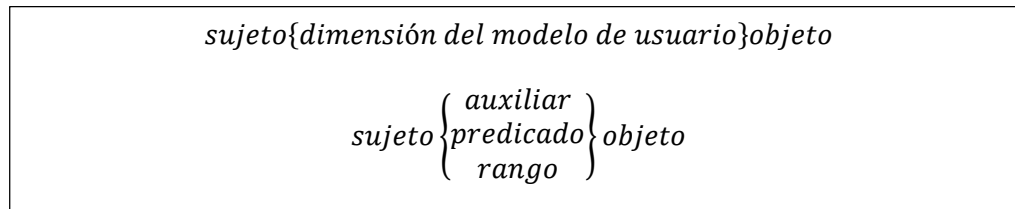


Figura 5. Dimensiones del modelo de usuario en estados situacionales.

Por ejemplo, si se requiere representar algo sobre el interés del usuario por el fútbol, se podría dividir en la parte auxiliar “tiene interés”, la categoría “fútbol” y el rango “poco-medio-alto” como se muestra a continuación (Ver Figura 6).

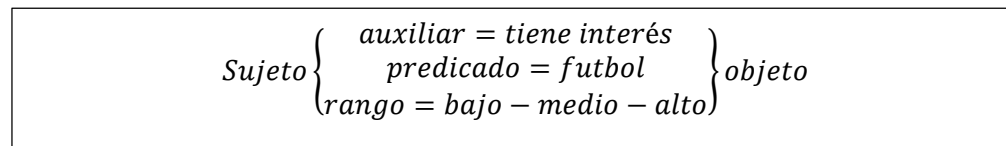


Figura 6. Ejemplo de representación de intereses.

Si se quiere expresar lo siguiente “el conocimiento del usuario acerca de las sinfonías de Beethoven”, se podría expresar con la tripleta “tiene conocimiento”, “sinfonías de Beethoven” y “poco-promedio-bueno-excelente”:

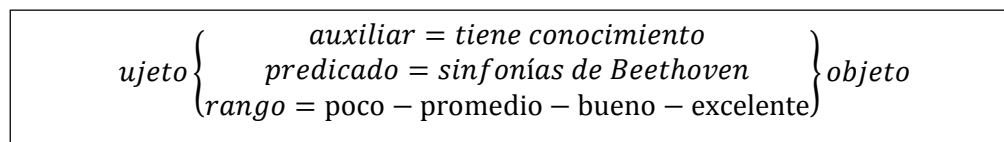


Figura 7. Ejemplo de representación de rangos.

La implicación para la ontología *GUMO* de los ejemplos anteriores, es la clara separación entre auxiliares, clases de predicados y rangos especiales. Lo que conduce a un problema complicado es que en realidad todo puede ser un predicado si el auxiliar es “interés” o “conocimiento”.

2.5 Contexto

Cuando los seres humanos se comunican tienen la capacidad de utilizar la información contextual para enriquecer la comunicación. Esta capacidad no funciona bien en la comunicación entre personas y computadoras. Las computadoras no tienen la capacidad de leer y procesar la información circunstancial sin que así lo indique. El área de la computación relacionada con la lectura y procesamiento contextual es llamada computación sensible al contexto (Abowd et al, 1999).

El contexto es un concepto que se utiliza en una amplia variedad de campos por razones diferentes. Una definición de contexto se puede encontrar en el Diccionario Merriam-Webster. Merriam-Webster define el contexto como "la situación en la que sucede algo: el grupo de condiciones que existe dónde y cuándo pasa algo"². Gregory D. Abowd y Anind K. Dey definen el contexto como "cualquier información que puede ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad, cuando una entidad puede ser una persona, un lugar o un objeto físico o computacional". Ambas definiciones son, en esencia, lo mismo. El contexto es el conjunto de condiciones o situación que rodean una entidad.

(Schmidt et. al. 2006) Categorizan el contexto en seis categorías de alto nivel. Estos incluyen tres factores humanos y tres factores físicos. Los factores humanos son el usuario (por ejemplo, la edad, hábitos), el entorno social (por ejemplo, las interacciones sociales) y, las tareas (tareas activas, metas). Mientras que los factores físicos son condiciones (por ejemplo, el clima, la luz), la infraestructura (por ejemplo, recursos) y la ubicación.

² <http://www.merriam-webster.com/dictionary/context>

2.5.1 Modelación de contextos

Las entidades informáticas en múltiples entornos deben ser sensibles al contexto para que puedan adaptarse situaciones que constantemente cambian. Esto requiere modelos del contexto independientes del dominio para la representación de situaciones y lugares, la administración del contexto y la interoperabilidad semántica.

Actualmente, se han utilizado diferentes enfoques para construir ontologías de contextos. Sin embargo, no existe un modelo ampliamente aceptado que pueda ser reutilizado para el modelado del contexto en diferentes aplicaciones. Por otro lado, hay muchos enfoques para desarrollar ontologías de contextos, algunos ejemplos de implementaciones de estas ontologías son ((Cantera y Lewis, 2010), (Chen y Joshi, 2003), (Chen y Joshi, 2005), (Klyne et al, 2003), (Preuveneers et al, 2004)). A continuación, se presenta un resumen de las ontologías de contexto más conocidas.

El modelo *ASC (Aspect-Scale-Context)* (Strang y Frank, 2003) incluye como conceptos básicos: aspectos, escalas e información contextual. Cada aspecto agrega una o más escalas, y cada escala agrega alguna o varia información del contexto. Esta ontología es especialmente útil para describir los conceptos relacionados con las unidades de medida; no es muy útil para describir información abstracta del contexto, como las actividades del usuario.

El modelo *CC/PP (Composite Capabilities/Preference Profile)* ((Lai et al, 2003), (Karlson at al, 2009)) es una iniciativa del *W3C* que propone una infraestructura para describir las características del dispositivo y las preferencias del usuario. Este modelo se puede utilizar para adaptar los contenidos presentados en el dispositivo. La arquitectura del modelo se basa en perfiles y utiliza *RDF* como lenguaje de implementación. La representación del modelo consiste en una estructura jerárquica de componentes divididos en las áreas: hardware, software y aplicaciones.

COBRA-ONT (Chen et al, 2003) es una ontología que define algunas de las relaciones comunes y atributos que están relacionados con las personas, lugares y actividades. El objetivo principal de esta ontología es permitir el intercambio de conocimiento y el razonamiento con la infraestructura de *CoBra* (*Context Broker Architecture*). *COBRA-ONT* define categorías clave como acción, agente, tiempo, espacio, dispositivo, etc.

La ontología *CoDaMoS* (Preuveneers et al, 2004) define cuatro entidades principales: usuario, ambiente, plataforma y servicio. Esta ontología ha sido diseñada con el objetivo de resolver los siguientes problemas: adaptación de aplicaciones, generación automática de código, movilidad y generación de interfaces de usuario específicas.

CONON (Wang et al, 2004) (para ontología de contexto) define los conceptos generales tales In MyUI, La información del contexto es utilizada para adaptar automáticamente las interfaces de usuario, es decir, se enfoca en los aspectos de situaciones que, a) pueden ser capturadas con ayuda de sensores y b) son útiles para decidir sobre las estrategias de adaptación, tales como la ubicación, actividad, persona, cuyos términos pueden ampliarse de manera jerárquica mediante la agregación de conceptos específicos de dominio. Los autores dividen este modelo de contexto en una ontología superior y una ontología específica. Por un lado, la ontología superior es una ontología de alto nivel que captura las características generales de las entidades contextuales básicas. Por otro lado, la ontología específica define los detalles de los conceptos generales y sus características en cada subdominio cubierto.

La ontología de contexto *Delivery* (Cantera y Lewis, 2010) ofrece un modelo formal de las características del entorno en el que distintos dispositivos interactúan con servicios específicos. Esta ontología incluye las características del dispositivo, el software utilizado para acceder al servicio y la red que proporciona la conexión, entre otros. Las principales entidades modeladas en esta ontología son el medio, hardware, software. Ubicación y medida.

2.5.2 El contexto del usuario

El contexto del usuario es la representación de las situaciones del usuario relevante para el sistema, el *framework* o la aplicación (Schmidt, 2006). En múltiples aplicaciones, la información del contexto se utiliza para controlar la adaptación automática de interfaces de usuario.

3. Marco teórico

Este capítulo presentamos algunos de los fundamentos teóricos esenciales a los tópicos del conocimiento que utilizaremos más adelante en este trabajo. Comenzaremos por tratar la teoría actual sobre ontologías, desde el punto de vista de los sistemas de información. Mencionaremos, además, los lenguajes para la representación de ontologías. Posteriormente, trataremos el tema sobre la modelación del perfil de usuario después, el concepto de contexto, finalizando con el modelado de contextos.

3.1 Ontologías

Las ontologías son un tema que ha sido estudiado en diferentes campos de investigación y en varias áreas del conocimiento. Pueden encontrarse publicaciones sobre ontologías escritas por autores de filosofía, ciencias de la computación y ciencias de la información con repercusiones en los dominios como la ingeniería, biología, medicina, leyes y geografía.

Desde el punto de vista filosófico, Ontología es la disciplina que representa la definición de un sistema particular de categorías que representan una cierta visión del mundo (Milligan, 1992). Bajo esta definición, una ontología es independiente del lenguaje utilizado para describirla. La comunidad de Inteligencia Artificial, por el contrario, define una ontología en relación con el vocabulario específico que describe una cierta realidad. (Gruber, 1995) define una ontología como una especificación explícita de una conceptualización. Distinguir una conceptualización

de una ontología, (Guarino y Giaretta, 1995) modificaron la definición de Gruber y describieron una ontología como “una teoría lógica diseñada para tener en cuenta el significado que se pretende dar a un vocabulario, en otras palabras, es el compromiso ontológico de una conceptualización particular del mundo”. Ellos además sugirieron que una conceptualización es “una estructura semántica intencional que codifica las reglas implícitas que condicionan la estructura de un segmento de realidad”. La Figura 8 aclara la relación entre conceptualización, lenguaje y ontología (Guarino, 1998). La relación entre el punto de vista filosófico y el computacional sobre una ontología, existe si la conceptualización está asociada con el sentido filosófico de una ontología.

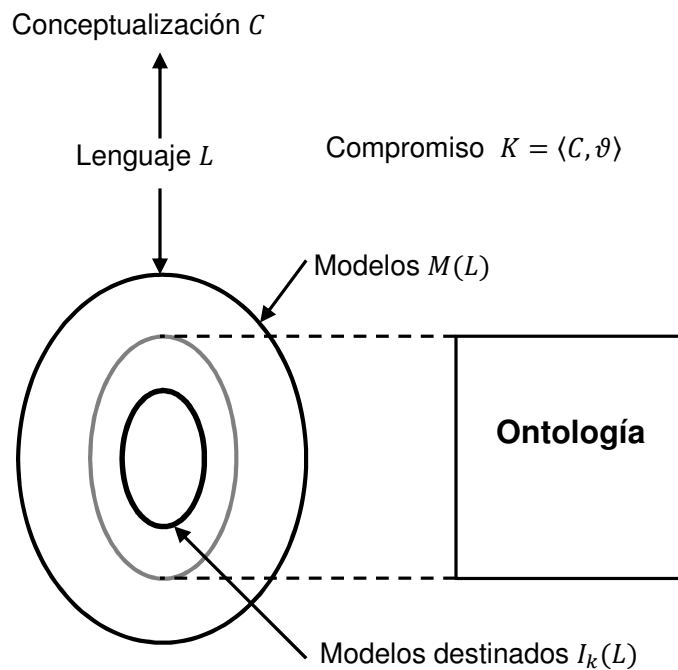


Figura 8. Relación entre conceptualización, lenguaje y ontología.

A pesar de que una ontología es vista como un tipo de conocimiento base, una ontología contiene información independiente del estado. En ésta se describen los hechos que una comunidad de usuarios supone que siempre serán ciertos. Una base de conocimiento, por el contrario, también puede incluir hechos y afirmaciones relacionadas con un estado particular de un acontecimiento. En un caso simple, una ontología describe una jerarquía de conceptos creados por un

proceso de generalización. Una ontología más compleja introduce axiomas que relacionan conceptos y limitan sus interpretaciones.

El interés sobre las ontologías por parte de la comunidad de las ciencias de la computación se refleja en el uso cada vez mayor de ontologías en áreas tan diversas como la representación del conocimiento (Guarino, 1995), ingeniería del conocimiento (Gruber, 1995, Uschold et al. 1998), ingeniería del lenguaje (Mahesh y Nirenburg 1995, Milligan 1992), recuperación y extracción de la información (Guarino 1997, Guarino et al. 1999, Welty 1998) y la integración de la información (Bergamaschi et al. 1999, Mena et al. 1998, Wiederhold 1994).

En ciencias de la computación hay un gran número de publicaciones sobre ontologías, donde el término ontología representa un artefacto de la ingeniería de software (Gruber, 1993). Las ontologías se aplican en el modelado, como en sistemas de bases de datos (Wand, Storey, & Weber, 1999) y en sistemas de representación del conocimiento (Genereseth & Nilsson, 1987). En el primer contexto, las ontologías son vistas como un tipo de metamodelo utilizado para mejorar los modelos conceptuales. En el segundo contexto, las ontologías auxilian la representación del contexto enfocado a un razonamiento automático.

Como se define en (Giaretta y Guarino, 1995), una ontología es una descripción formal y explícita de un dominio, que consiste de clases, las cuales son los conceptos encontrados en el dominio (también llamadas entidades). Cada clase puede tener una o más clases padre (relaciones del tipo es-un), formulando de esta manera una jerarquía de especialización/generalización; una clase tiene propiedades (también llamados roles o atributos) que describen las diferentes características de la clase modelada, así como las restricciones (llamados también descripciones de los roles). Cada propiedad, a su vez, tiene un tipo de dato y podría tener un número limitado de valores permitidos, que pueden ser de tipos simples (cadenas, números, booleanos), o instancias de otras clases. De la misma manera, las clases pueden tener instancias, que corresponden a los objetos individuales en el dominio en cuestión; cada instancia tiene un valor específico para cada propiedad de la clase a la que pertenece. Una ontología junto con un

conjunto de instancias individuales de clases constituye una base de conocimientos.

3.2 Lenguajes para la representación de ontologías

3.2.1 *Resource Description Framework (RDF)*

El lenguaje *RDF* hace declaraciones acerca de los recursos en forma de tripletas: (sujeto, predicado, objeto). El sujeto indica el recurso y el predicado indica la relación entre el sujeto y el objeto, que puede ser otro recurso o una literal.

RDF (Klyne y Carroll, 2006) como una recomendación de *W3C*³ proporciona un modelo de datos para anotaciones en la Web Semántica. Una declaración *RDF* (o tripleta *RDF*) es de la forma:

sujeto, propiedad, objeto (1)

RDF es un lenguaje de propósito general para representar información en la *Web* y es la tecnología fundamental para la *Web Semántica*. Además, acota los recursos *Web* en términos de las propiedades. Los valores de las propiedades (los objetos) pueden ser referencias a *URIs* de recursos *Web* o literales, es decir, representaciones de valores de datos (como enteros y cadenas). Un conjunto de sentencias *RDF* se conoce como grafo *RDF*.

RDF proporciona los medios para describir los recursos presentes en un entorno de red y sus inter-relaciones. Estas relaciones se describen a través de un modelo de grafo que conecta el sujeto de interés con sus atributos o propiedades relacionadas con él. Para cada recurso, está relacionado un objeto a través de un predicado. Esta relación puede ser representada a través de un grafo simple dirigido no cíclico.

³ <https://www.w3.org/>

Para representar las sentencias *RDF* de una forma entendible por una máquina, *RDF* define una sintaxis específica en formato *XML*, conocido como *RDF/XML* (Becket y McBride, 2004). Los sujetos, o recursos anotados *RDF*, por lo general son nombrados por referencias *URIs* (*Uniform Resource Identifiers*). Las *URIs* son cadenas que identifican recursos *Web* (Siemoneit et al, 2015). Las *URLs* (*Uniform Resource Locators*) son un tipo particular de *URIs*, es decir, las que tienen direcciones de red. Una referencia *URI* (o *URIref*) tiene un fragmento identificador opcional al final. Por ejemplo, la *URI* `http://www.example.org/Elephant#Ganesh`, consiste en la *URI* `http://www.example.org/Elephant` y (separado por el símbolo #) el identificador del fragmento Ganesh. Como convención, los espacios de nombres, son generalmente *URIs* con el carácter #. Por ejemplo, `http://www.example.org/Elephant#` es un espacio del nombre. Los recursos sin *URIrefs* son llamados nodos en blanco; un nodo en blanco indica la existencia de un recurso, sin mencionar explícitamente la *URIref* de ese recurso.

3.2.2 OWL (Web Ontology Language)

Los lenguajes de ontologías permiten escribir conceptualizaciones formales y explícitas de modelos de dominios. Los requerimientos básicos son: a) una sintaxis bien definida; b) una semántica bien definida; c) razonamiento eficiente; d) suficiente capacidad expresiva; y e) conveniencia de la expresión (Antoniou y Van Harmelen, 2004).

La importancia de una sintaxis bien definida es clara y conocida por los lenguajes de programación; es una condición necesaria para el procesamiento computacional de la información. *OWL* se construye sobre *RDF* y *RDFS* y tiene el mismo tipo de sintaxis.

La semántica formal describe precisamente el significado del conocimiento. “Precisamente” significa que la semántica no se refiere a intuiciones subjetivas ni es susceptible a diferentes interpretaciones por distintas personas (o máquinas).

La importancia de la semántica formal es bien establecida en el dominio de la lógica matemática, entre otros.

Un uso de la semántica formal es permitir a los humanos razonar acerca del conocimiento. Para el conocimiento ontológico podemos razonar sobre:

- *Pertenencia a una clase*: Si x es una instancia de la clase C , y C es una subclase de D , entonces podemos inferir que x es una instancia de D .
- *Equivalencia de clases*: Si la clase A es equivalente a la clase B , y la clase B es equivalente a la clase C , entonces A es equivalente a C también.
- *Consistencia*: Supongamos que declaramos x como una instancia de la clase A . Además, supongamos que A es una subclase de B , y A y B son disjuntas. Entonces tenemos una inconsistencia que señala un probable error en la ontología.
- *Clasificación*: Si declaramos que ciertas tuplas propiedad-valor son condiciones suficientes para pertenecer a la clase A , entonces si un individuo x satisface tales condiciones, entonces x debe ser una instancia de A .

3.2.3 El lenguaje OWL

OWL es construido sobre *RDF* y utiliza la sintaxis *XML* de *RDF*. Debido a que esta es la sintaxis principal de *OWL*, aunque no muy legible. Debido a esto, se han definido otras formas sintácticas para *OWL*:

- Una sintaxis basada en *XML* que no sigue las convenciones de *RDF*. Esto hace que esta sintaxis sea significativamente más fácil de leer por los humanos.
- Una sintaxis abstracta que se utiliza en el documento de especificación del lenguaje. Esta sintaxis es mucho más compacta y fácil de leer que la sintaxis *XML* o la *RDF/XML*.

- Una sintaxis gráfica basada en las convenciones del lenguaje *UML* (*Universal Modelling Language*). Debido a que *UML* es ampliamente utilizado, será una manera fácil para que las personas se familiaricen con *OWL*.

3.2.4 SPARQL

SPARQL es un acrónimo recursivo de pie del *SPARQL Protocol* y *RDF Query Language*, por lo tanto, este término es usado para hacer referencia al lenguaje de consultas para *RDF*, así como un protocolo con especificaciones para realizar consultas remotas.

Para el primer uso *SPARQL Language*⁴ es un lenguaje basado en sintácticamente que es utilizado para realizar consultas a grafos en *RDF* a través de patrones de coincidencias. Este lenguaje da posibilidad de incluir patrones básicos conjuntivos, filtros por valores, patrones opcionales y patrones de disyunción.

Para el segundo uso (Protocolo) se define como un método para invocar remotamente *consultas* de *SPARQL*. El protocolo *SPARQL*⁵ se puede describir de dos maneras: primero, como una interfaz independiente abstracta de cualquier realización concreta, aplicación, o unirse a otros protocolos; la segunda como *HTTP* o *SOAP* el cual se puede unir a dicha interfaz.

El protocolo *SPARQL* contiene una interfaz, un *SparqlQuery* que contiene una operación de *query*. Este protocolo descrito abstractamente con *WSDL 2.0* en términos de servicio web que implementa una interfaz, tipos, faltas y operaciones, a la vez como *HTTP* y *SOAP* relacionados.

Para realizar consultas al protocolo *SPARQL* se necesita implementar un *Endpoint*., este es un servicio del protocolo *SPARQL* el cual está definido conforme al estándar *SPROT*. Este permite al usuario realizar consultas a una base de conocimiento vía el lenguaje *SPARQL*. Resulta típico regresar en uno o

⁴ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

⁵ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-protocol/>

más formatos la respuesta a la consulta realizada en el *Endpoint*, por lo tanto, un *SPARQL Endpoint* está concebido como una interfaz amigable hacia una base de conocimiento.

Ambas formulaciones de las consultas y la presentación de resultados humanamente legibles, debe ser implementada y llamada en software a la vez de no ser un proceso manual hecho por humanos, estas consultas utilizan como base para la consulta de archivos *RDF*, los cuales están almacenados en un *triple store*.

Un *triple store* es una base de datos especialmente diseñada para el almacenamiento y recuperación de tripletas, siendo una tripeleta una entidad de datos compuesta de sujeto-predicado-objeto, como "Alejandro tiene 35" o "Alejandro conoce a Oscar". Al igual que una base de datos relacional, uno almacena la información en un *triple store* y lo recupera a través de un lenguaje de consulta.

A diferencia de una base de datos relacional, *un triple store* está optimizado para el almacenamiento y recuperación de triples. Además de las consultas, las tripletas usualmente se pueden importar o exportar utilizando el formato *RDF* o en algún otro formato como *HTML* o *JSON* (Ilube, 2008).

3.3 METHONTOLOGY

METHONTOLOGY [(Fernández-López y Gómez-Pérez), (Fernández-López, et al, 1997)] ha sido desarrollada por el Grupo de Ingeniería Ontológica de la Universidad Politécnica de Madrid. Esta metodología permite construir ontologías en el nivel de conocimientos, y tiene sus raíces en las actividades identificadas por el proceso de desarrollo de software propuesto por la organización IEEE y en otras metodologías de ingeniería de conocimientos. ODE y WebODE (Corcho et al, 2005) se construyeron para dar soporte tecnológico a METHONTOLOGY, aunque esto no descarta que también se pueda utilizar cualquier otra herramienta como soporte tecnológico a esta metodología. METHONTOLOGY ha sido recomendada como metodología de construcción de ontologías por la Fundación de los Agentes

Físicos Inteligentes³, la cual promueve la interoperabilidad entre aplicaciones basadas en agentes. METHONTOLOGY proporciona guías sobre cómo llevar a cabo el desarrollo de la ontología a través de las actividades de especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento. A continuación, se describe brevemente en qué consiste cada una de estas actividades:

- La actividad de *especificación* permite determinar por qué se construye la ontología, cuál será su uso, y quiénes serán sus usuarios finales.
- La actividad de conceptualización se encarga de organizar y convertir una percepción informal del dominio en una especificación semi-formal, para lo cual utiliza un conjunto de representaciones intermedias (RRII), basadas en notaciones tabulares y gráficas, que pueden ser fácilmente comprendidas por los expertos de dominio y los desarrolladores de ontologías. El resultado de esta actividad es el modelo conceptual de la ontología. La actividad de formalización se encarga de la transformación de dicho modelo conceptual en un modelo formal o semi-computable.

La actividad de implementación construye modelos computables en un lenguaje de ontologías (Ontolingua, RDF Schema, OWL, etc.). La mayor parte de las herramientas de ontologías permiten llevar a cabo esta actividad de manera automática. Por ejemplo, WebODE puede importar y exportar ontologías desde y a los siguientes lenguajes: XML, RDF(S), OIL, DAML+OIL, OWL, CARIN, FLogic, Jess y Prolog.

La actividad de mantenimiento se encarga de la actualización y/o corrección de la ontología, en caso necesario. METHONTOLOGY también identifica actividades de gestión (planificación, control y aseguramiento de la calidad), y de soporte (adquisición de conocimientos, integración, evaluación, documentación y gestión de la configuración).

3.4 Modelación del usuario

Muchos autores han propuesto explicaciones para los conceptos de modelo de usuario y modelación de usuario. Por ejemplo (Wahlster y Kobsa, 1989) definieron un modelo de usuario como: "...la fuente de conocimiento en un sistema inteligente que contenga suposiciones sobre diferentes aspectos del usuario que puedan ser relevantes para el comportamiento de la adaptación del sistema. Estas suposiciones deben separarse del resto del conocimiento del sistema.". Como consecuencia, la modelación de usuarios es el campo de las ciencias de la información que trata sobre la obtención, representación y utilización de modelos de usuario.

3.4.1 La noción del modelo de usuario

La modelación del usuario es la creación de diferentes personajes con el propósito de tomar decisiones antes de que ocurran los eventos reales.

Algunas investigaciones en el campo de la Interacción Hombre-Máquina (*Human-Computer Interaction HCI*) se han interesado en la modelación del usuario debido a su potencial para mejorar los sistemas *HCI*. La comprensión del comportamiento de los usuarios puede ayudar en la construcción de mejores sistemas orientados al usuario. El propósito principal de la modelación del usuario es comprender como pueden interactuar con un sistema usuarios con diferentes atributos. Por lo anterior, un modelo de usuario debe ser hecho para el beneficio de los usuarios (Fischer 2001).

Los modelos de usuario se pueden definir como "una fuente de conocimiento en un sistema inteligente que contiene supuestos sobre diferentes aspectos del usuario que pueden ser relevantes para la respuesta de un sistema adaptativo" (Sosnovsky y Dicheva, 2010).

3.4.2 Las dimensiones del modelo de usuario

De acuerdo con (Sosnovsky y Dicheva, 2010) algunas de las dimensiones del modelo de usuario son:

- **Los conocimientos del usuario:** Se basa en la estructura conceptual de un dominio de aprendizaje, por lo que el modelo de conocimiento consiste en la evaluación de conocimientos para determinados conceptos del dominio.
- **Habilidades cognitivas del usuario:** Representa conocimiento procedural (“*how-to*”) en comparación con los conceptos que representan conocimiento declarativo (“*what-is*”).
- **Antecedentes del usuario:** Se define como la experiencia relevante obtenida por el usuario.
- **Concepto de tarea o necesidad:** Es un enfoque muy popular por los sistemas de recomendación, debido a que las recomendaciones que no tomen en cuenta las tareas o necesidades del usuario probablemente sean insignificantes y poco útiles.
- **Características demográficas del usuario:** Información del usuario, como género, edad, lengua nativa, nivel educativo, profesión, entre otros, son características importantes para los sistemas de recomendación orientados al usuario.
- **Contexto del usuario:** Puede incluir cualquier información acerca de la ubicación del usuario, como la fecha, la hora, el medio físico y social, etc.

También en (Sosnovsky y Dicheva, 2010) mencionan que las dimensiones del modelo de usuario son:

- Conocimiento, Creencias, Habilidades, Antecedentes
- Intereses y Preferencias

- Metas, Planes, Tareas y Necesidades
- Información demográfica
- Estado emocional
- Contexto

3.4.3 Formalismos del modelo de usuario

En la literatura existen algunos trabajos que han realizado sus investigaciones sobre técnicas para representar el modelo del usuario, como se muestra en la Figura 9, estas técnicas pueden agruparse de acuerdo a su nivel de abstracción. Por un lado, se encuentran las técnicas que solo son legibles por una máquina, tal como *XML* o *RDF*. Y por el otro lado, están las técnicas que son más descriptivas y entendibles por personas, tal como la ontología *GUMO*, *ISO/IEC 24751* o el lenguaje *UML*.

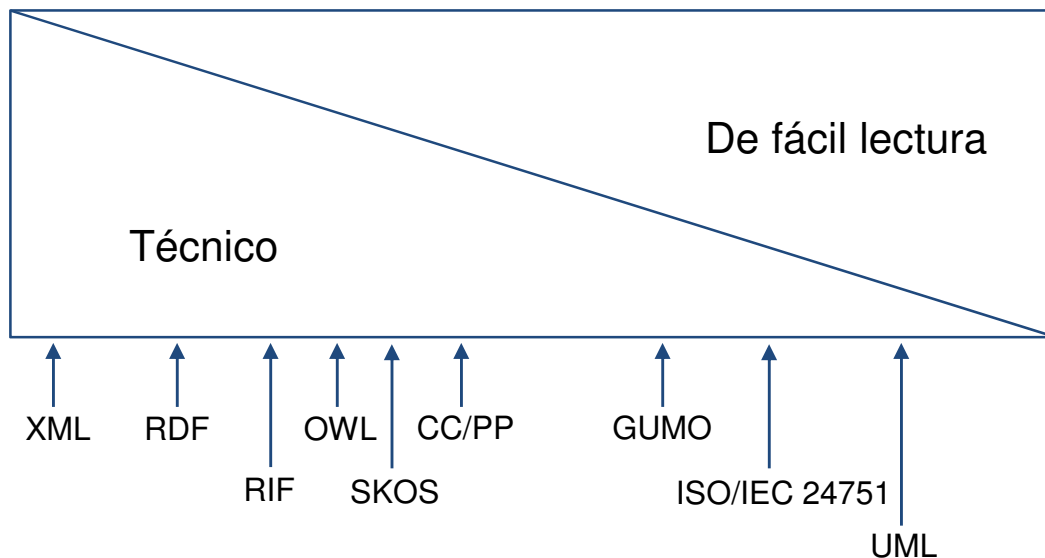


Figura 9. Niveles de abstracción en el modelado del usuario.

3.4.4 Modelos de alto nivel y ontologías

Muchas ontologías pueden ser utilizadas para la modelación del usuario, sin embargo, una ontología más específica y de alto nivel, aceptada por un grupo de expertos, puede ser de gran importancia para la modelación del usuario en la comunidad de la investigación. Esta ontología puede ser representada por alguno de los lenguajes web semánticos, como *OWL*, y estar disponible para todos los sistemas orientados al usuario. Una ventaja importante es la simplificación del intercambio de datos del modelo entre diferentes sistemas adaptables al usuario.

3.4.5 General User Model Ontology – GUMO

GUMO fue presentada por (Heckmann et al, 2005) y fue diseñada de acuerdo con el enfoque de dividir las dimensiones básicas del usuario en tripletas. La ventaja de usar la ontología *GUMO* en entornos descentralizados es su uniformidad semántica. Se han identificado una gran cantidad de auxiliares, predicados y rangos. Pero resultó que en realidad todo puede ser un predicado para el auxiliar *hasInterest* o *hasKnowledge*, lo que lleva a un problema si el diseño no es modular. La solución sugerida es identificar las dimensiones básicas del modelo de usuario, por un lado, dejando el conocimiento del mundo más general abierto para otras ontologías existentes por otro lado. Los candidatos son la ontología *SUMO* (*Suggested User Merged Ontology*) (Pease et al, 2002) y la ontología *UbisWorld* para modelar entornos inteligentes. Este conocimiento lleva a un enfoque modular que constituye un elemento clave en *GUMO*. Otra ontología de alto nivel comúnmente aceptada para modelos de usuario puede ser de gran importancia para la comunidad de investigación de modelado de usuario. Pero ¿qué grupos de dimensiones de usuario se pueden identificar? Por otra parte, esta ontología debería representarse en un lenguaje moderno de web semántica como *OWL*, por lo que estaría disponible para todos los sistemas adaptables al usuario. La mayor ventaja es la simplificación del intercambio de información sobre el modelo de usuario entre diferentes sistemas.

Los auxiliares identificados del modelo de usuario además de *hasKnowledge* y *hasInterest* son *hasBelieve*, *hasProperty*, *hasGoal*, *hasPlan* y *hasRegularity*. Los predicados del modelo de usuario que se adaptan al auxiliar “*hasProperty*” son llamados *BasicUserDimensions*. Algunos ejemplos son Estados Emocionales, Características y Personalidad. El siguiente listado presenta el concepto de *EstadoPsicológico* definido como *owl:Class*. Está definido como una subclase de *BasicUserDimensions*. Una clase define un grupo de individuos que comparten algunas características. Las clases pueden organizarse en una jerarquía de especialización utilizando *rdfs:subClassOf*.

```
<owl:Class rdf:ID="PhysiologicalState.700016">
<rdfs:label> Physiological State </rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#BasicUserDimensions.700002" />
<gumo:identifier> 700016 </gumo:identifier>
<gumo:lexicon>state of body or bodily functions</gumo:lexicon>
<gumo:privacy> high.640033 </gumo:privacy>
<gumo:website rdf:resource="&GUMO;concept=700016" />
</owl:Class>
```

Cada concepto tiene un *rdf:ID* único, que se puede resolver en una URI completa. El atributo *gumo:privacy* define el estado de privacidad predeterminada para esta clase de dimensiones del usuario. La abreviatura *&GUMO;* es un acceso directo para la URL completa de la ontología *GUMO* en la web semántica. El atributo *gumo:expiry* proporciona un valor predeterminado para la caducidad promedio que tiene el lapso de tiempo cualitativo de cuánto tiempo se espera que sea válida la declaración. En la mayoría de los casos, cuando se miden las dimensiones del modelo del usuario se tiene una idea aproximada de la vigencia prevista. Por ejemplo, los estados emocionales no tienen una vigencia mayor a 15 minutos, sin embargo, los rasgos de personalidad no van a cambiar en cuestión de meses. Debido a que este lapso de tiempo cualitativo depende de cada dimensión del modelo del usuario, debe definirse en la ontología *GUMO*. En la Figura 10 se muestra un fragmento de la ontología *GUMO*.

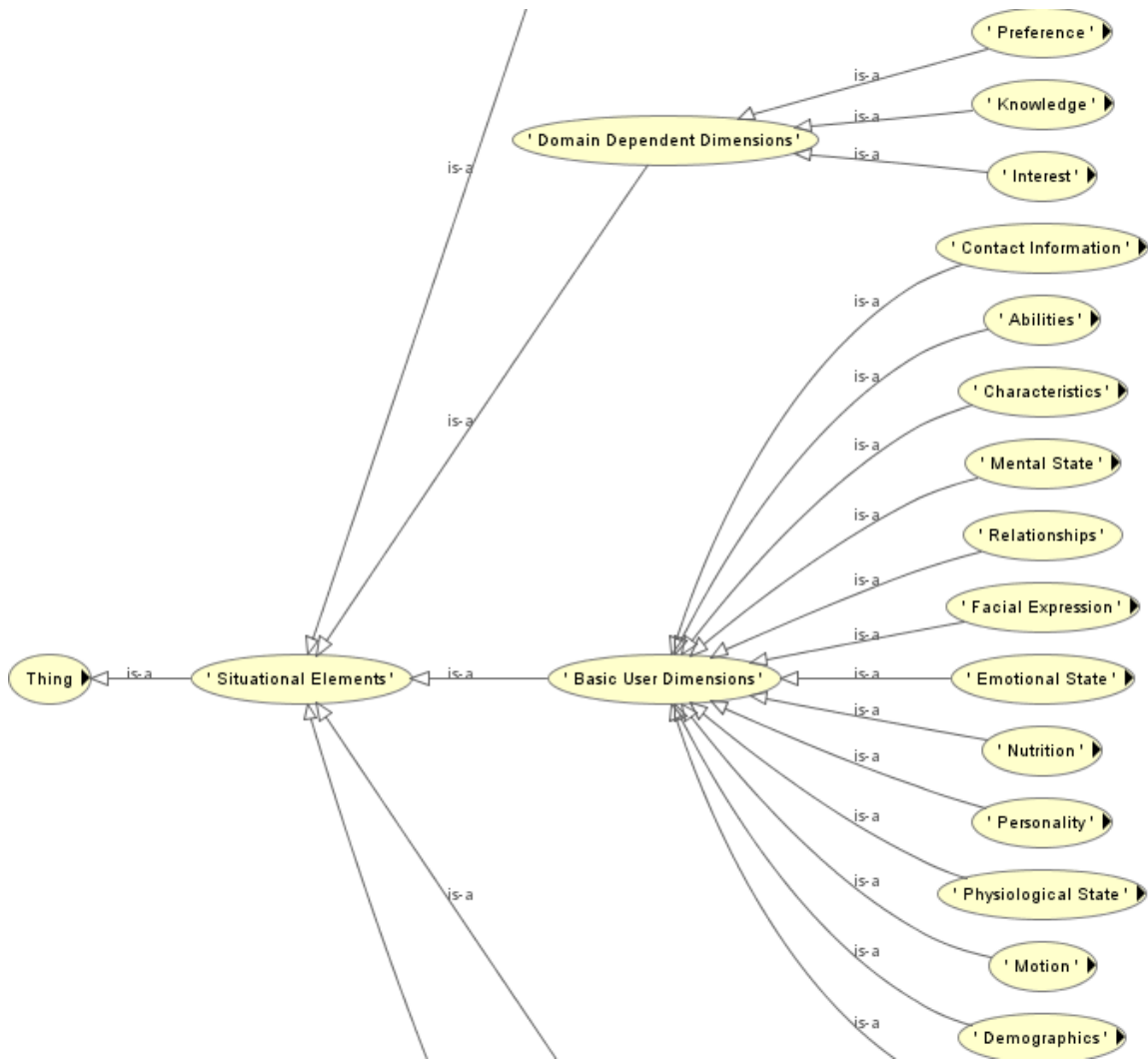


Figura 10. Fragmento de la ontología GUMO.

3.5 Modelado de contexto

La mayoría de las definiciones de contexto mencionan el espacio como un factor vital: por ejemplo (Schilit et al, 1994) definen tres aspectos importantes del contexto como “¿Dónde estás, con quién estás y qué recursos hay cerca?” (Schilit et al, 2004). También, en la definición de contexto más frecuentemente utilizada por (Dey et al., 2001) el espacio puede ser visto como un aspecto central de las entidades de contexto: “Una entidad es una persona, un lugar o un objeto que se considera relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo a los mismos usuarios y las aplicaciones”. De esta manera, algunos

métodos para la modelación del contexto tratan primordialmente al espacio y la ubicación. La mayoría de los modelos de contexto espacial son modelos basados en hechos, los cuales organizan su información de contexto mediante las ubicaciones físicas. Éstas podrían ser las ubicaciones de entidades del mundo real que son descritas en la información del contexto (Por ejemplo, los límites de un edificio) (Bettini et al, 2010).

3.5.1 Modelos basados en ontologías de información contextual

El contexto se puede considerar como un tipo específico de conocimiento. De esta manera, es natural investigar si alguno de los marcos de trabajo para la representación del conocimiento y razonamiento pueden ser apropiados para el manejo del contexto. El equilibrio entre expresividad y la complejidad del razonamiento ha llevado la mayor parte de la investigación hacia la representación del conocimiento simbólico en las dos últimas décadas, y lógicas descriptivas (Baader, 2003) han surgido entre otros formalismos basados en la lógica, sobre todo debido a que proporcionan un razonamiento completo mediante herramientas optimizadas automáticas. Debido a que las ontologías son descripciones de los conceptos y sus relaciones, no es sorprendente que el subconjunto de lenguaje *OWL* permite realizar razonamiento automático (*OWL-DL*), esto es una lógica descriptiva. Los modelos basados en ontologías para información del contexto explotan el poder de representación y el razonamiento de estas lógicas para múltiples propósitos: a) la expresividad del lenguaje se utiliza para describir los datos de contexto complejo que no puede ser representado, por ejemplo, por los lenguajes simples como *CC/PP* (Reynolds et al, 1999); b) brindando una semántica formal de los datos de contexto, se hace posible compartir y/o integrar el contexto entre las diferentes fuentes; c) las herramientas de razonamiento disponibles se pueden utilizar tanto para comprobar la consistencia de la serie de relaciones que describen un escenario de contexto, y, más importante, para reconocer que un conjunto particular de las instancias de datos de contexto básicos y sus relaciones en realidad revela la presencia de una caracterización

más abstracta del contexto (por ejemplo, la actividad del usuario se puede reconocer de forma automática).

3.5.2 Modelo de información del contexto

El formalismo seleccionado en los modelos basados en ontologías para la información del contexto es generalmente *OWL-DL* (Horrocks et al, 2003) o de algunas de sus variaciones. Por medio de *OWL-DL* es posible modelar un dominio particular mediante la definición de las clases, los individuos, las características de los individuos (propiedades de tipo de datos), y las relaciones entre los individuos (propiedades del objeto).

Las descripciones complejas de las clases y propiedades se pueden construir mediante la composición de las descripciones elementales a través de operadores específicos proporcionados por el lenguaje. Por ejemplo, teniendo en cuenta dos clases atómicas *Persona* y *Femenino*, la clase *Masculino* se puede definir como:

$$\textit{Masculino} \equiv \textit{Persona} \sqcap \neg \textit{Femenino}$$

Se pueden obtener definiciones más complejas mediante el uso de operadores tales como restricciones de propiedad que pueden forzar a todos o algunos de los valores de una determinada propiedad que pertenece a una clase dada, o pueden forzar a una propiedad para que tenga al menos k valores.

Por lo tanto, los datos de un contexto complejo, aquellos datos que pueden inferirse a través de tareas de razonamiento sobre la base de los datos en bruto, adquiridos directamente a través de los sensores, otros datos del contexto complejo se pueden representar a través de expresiones en *OWL-DL*. Estos datos generalmente incluyen información en relación al entorno sociocultural del usuario, las preferencias del usuario en relación a la adaptación de servicios y actividades. Por ejemplo, la siguiente definición (tomada de la ontología utilizada dentro del trabajo *CARE* (Bettini et al, 2007, Agostini et al, 2009)), se utiliza para describir *ReuniónNegocios* incluyendo cualquier actividad que se realiza en una sala de

conferencias dentro de un edificio corporativo, y, además, tiene al menos dos actores, cada uno de los cuales es un empleado.

$$\begin{aligned} \text{ReuniónNegocios} &\sqsubseteq \text{Actividad} \sqcap \\ &\geq \text{hasActor} \sqcap \forall \text{hasActor.Empleado} \\ &\sqcap \exists \text{hasLocation.}(\text{SalaConferencias} \sqcap \text{EdificioCorporativo}) \end{aligned}$$

Además de ofrecer un formalismo expresivo para representar datos de contexto complejos, las ontologías son muy adecuadas para el intercambio de conocimientos, debido a que ofrecen una especificación formal de la semántica de los datos del contexto. Esta característica es particularmente importante en entornos móviles y omnipresentes, en el que diferentes entidades heterogéneas y distribuidas deben interactuar para el intercambio de información de contexto de los usuarios a fin de proporcionar los servicios adaptados. Con este fin, se han propuesto varias ontologías OWL para representar descripciones compartidas de datos del contexto. Entre los más destacados son las propuestas como la ontología *SOUPA* (Chen et al, 2004) para el modelado de contextos en entornos ubicuos, y el *CONON* (Zhang et al, 2005), una ontología para entornos domésticos inteligentes. Estas ontologías compartidas pueden ser integradas con modelos específicos de aplicaciones de contexto, por medio de extensiones del lenguaje *OWL*, como el propuesto en (Bouquet et al, 2004).

Para esta tesis es necesario representar diferentes tipos de información sobre el contexto, como la estructura de las actividades, el perfil del usuario y sus preferencias, información personal como el historial clínico, e información espacial como su ubicación y su entorno (Mihailidis y Fernie, 2002). Los sistemas sensibles al contexto representan la información del contexto utilizando enfoques como los modelos basados en valores clave (Henricksen et al, 2002), modelos basados en marcadores (Salber et al, 1999), lenguajes para el modelado de situaciones (Brdiczka, 2007), (Crowley et al, 2002) y modelos de contexto basados en información de metadatos, tales como la confianza y la resolución (Ranganathan et al, 2004), (Lei et al, 2002). Además, se han propuesto varios modelos

ontológicos como *COMANTO* (Roussaki et al, 2006), *SOPRANO* (Klein et al, 2007), *SSH* (Chen et al, 2009), *SOUPA* (Chen et al, 2004) y *GAIA* (Ranganathan et al, 2003). Los modelos de ontologías son particularmente interesantes, ofrecen una representación explícita de conceptos comúnmente acordada de manera jerárquica, utilizando propiedades compartidas, subclases y superclases. Los lenguajes de etiquetado basados en ontologías ofrecen una especificación portátil acoplada con mecanismos de razonamiento. Para tratar la información incompleta en modelos de ontologías en el mundo real, algunos investigadores han utilizado recursos en línea tales como *eHow* o *WordNet* para determinar la similitud entre los conceptos y conceptos desconocidos (Wyatt et al, 2005), (Tapia et al, 2006).

3.6 Operaciones con ontologías

3.6.1 Similitud

(Bisson, 1995) define formalmente la similitud como:

- $similitud(x, y) \in [0..1]$
- $similitud(x, y) = 1 \rightarrow x = y$: dos objetos son idénticos
- $similitud(x, y) = 0$: dos objetos son diferentes y no tienen características en común
- $similitud(x, x) = 1$: la similitud es reflexiva
- $similitud(x, y) = similitud(y, x)$: la similitud es simétrica.

3.6.2 Mapeo de ontologías

El término mapeo de ontologías (*Ontology mapping*) se refiere a la tarea de relacionar el vocabulario de dos ontologías que compartan el mismo dominio de discurso de tal manera que la estructura matemática de firmas ontológicas y sus interpretaciones se respeten de acuerdo a lo especificado por los axiomas ontológicos (Kalfoglou y Schorlemmer, 2003). Una definición similar y equivalente

aparece en (De Bruijn et al. 2006) donde el mapeo de ontologías se define como una especificación declarativa de la de la superposición de dos ontologías, que puede ser de un sentido (inyectiva) o de dos vías (biyectiva). El resultado de un algoritmo de mapeo es una función (morfismo) entre las firmas de las ontologías. Se pueden identificar dos diferentes tipos de mapeos, mapeos totales y mapeos parciales. Adoptando un enfoque algebraico y presentando las ontologías como teorías lógicas, una ontología es un par $O = (S, A)$, donde S es la firma ontológica que describe el vocabulario – y A es un conjunto de axiomas – especificando la interpretación deseada del vocabulario en algún dominio del discurso.

Por lo general, una firma ontológica será modelada por alguna estructura matemática. Por ejemplo, podría consistir en una jerarquía de concepto o de clase de símbolos modelados como un conjunto ordenado parcial (*poset*), junto con un conjunto de símbolos de relaciones cuyos argumentos se definen en los conceptos de la jerarquía de conceptos. Las relaciones en sí también pueden ser estructuradas en un conjunto parcialmente ordenado.

Entendemos el mapeo de ontologías como la tarea de relacionar el vocabulario de dos ontologías que comparten el mismo dominio de discurso de tal manera que la estructura matemática de las firmas ontológicas y sus interpretaciones deseadas son respetados, como se especifica por los axiomas. La estructura de los mapeos entre las estructuras matemáticas se le llama morfismos; por ejemplo, una función f entre dos conjuntos parcialmente ordenados ($a \leq b$ implica $f(a) \leq f(b)$) es un morfismo de los conjuntos parcialmente ordenados. Por lo tanto, vamos a caracterizar los mapeos de la ontología como morfismos de las firmas ontológicas de la siguiente manera.

Un mapeo total de $O_1 = \langle S_1, A_1 \rangle$ a la ontología objetivo $O_2 = \langle S_2, A_2 \rangle$ es un morfismo $f: S_1 \rightarrow S_2$ de firmas ontológicas, tal que, $A_2 \neq f(A_1)$, es decir, que todas las interpretaciones que satisfagan a los axiomas O_2 también satisfacen los axiomas O_1 . Esto hace el mapeo de ontologías una teoría de morfismos, debido a que se define generalmente en el campo de las especificaciones algebraicas (Kalfoglou & Schorlemmer 2003).

Debido a la amplia gama de expresiones utilizadas en esta área (fusión de ontologías, alineación, integración, etc.) Ehrig y Sure (2004) describen el término “mapeo” de la siguiente manera: “Dadas dos ontologías A y B, mapear una ontología con otra significa que para cada concepto (nodo) en la ontología A, se trata de encontrar un concepto correspondiente (nodo), que tiene la misma semántica o similar en la ontología B, o viceversa”. Otras definiciones similares son las de (Ding et al, 2001) o (Pinto et al, 1999). Formalmente una función de mapeo de ontologías puede ser definida de la siguiente manera:

- $mapeo: O_{i1} \rightarrow O_{i2}$
- $mapeo(e_{i1j1}) = e_{i2j2}, \text{ if } similitud(e_{i1j1}, e_{i2j2}) > t$ donde t es una entidad umbral, del mapeo de e_{i1j1} en e_{i2j2} , si son semánticamente idénticos, cada entidad de e_{i1j1} es mapeada en toda la entidad e_{i2j2} .

3.6.3 Medidas de similitud

En esta sección describimos cómo se han creado los diversos métodos de similitud.

3.6.3.1 Reglas manuales

Este enfoque se basa en utilizar reglas para identificar posibles mapeos. Este esfuerzo manual es necesario debido a que las coherencias en las ontologías son complejas para ser aprendidas directamente por las máquinas. Un experto en la comprensión de los conocimientos codificados en las ontologías formula reglas interpretables por una máquina. Cada regla brinda una pista sobre si dos entidades son idénticas, pero ninguna regla por sí misma proporciona la ayuda suficiente para identificar un mapeo de forma inequívoca. Naturalmente, la evaluación de estas reglas creadas manualmente tiene que ser un elemento central de todo el proceso.

3.6.3.2 Pila de similitud

Para obtener una mejor comprensión, las reglas se clasifican en una pila de similitud como se muestra en la Figura 11. Las ontologías se basan en ciertos vocabularios bien definidos y bien comprendidos, y con un significado generalmente aceptado. La parte izquierda muestra estos aspectos dispuestas a lo largo de su complejidad. Por lo tanto, la parte derecha abarca aspectos específicos de dominio. Como este conocimiento específico del dominio puede estar situado en cualquier nivel de complejidad ontológica, se presenta como una caja a través de todos ellos.

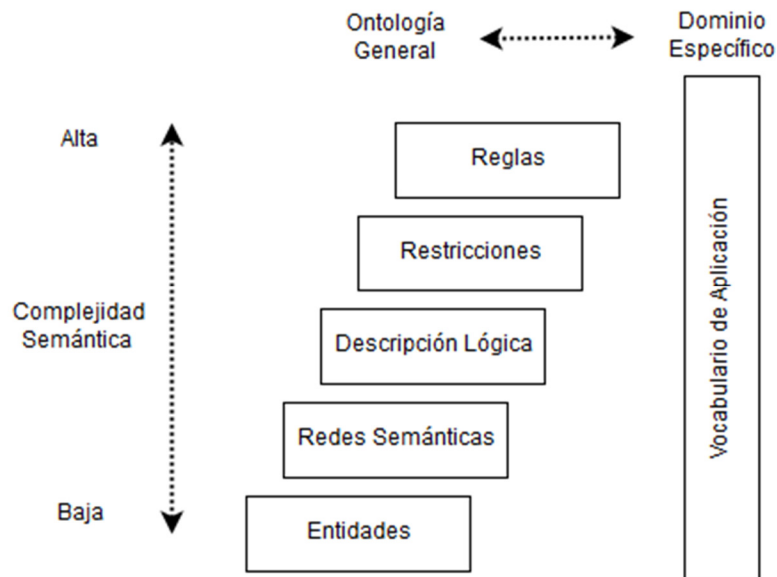


Figura 11. Pila de similitud.

3.6.3.3 Métodos de similitud individuales

Entidades: El primer nivel describe las entidades. No se necesitan consideraciones ontológicas para estas características. Las etiquetas son identificadores humanos (nombres) para las entidades, normalmente compartidos por una comunidad que hablan un lenguaje común. Por tanto, podemos inferir que, *si las etiquetas son las mismas, las entidades son, probablemente, también la misma* (véase el ejemplo 1). varias ideas ya se han creado para comparar etiquetas, por ejemplo, la distancia de edición (Swart y Ferreira, 2002). Diccionarios (por ejemplo, WordNet

(Kilgarriff y Fellbaum, 2000)) puede utilizarse además para las comparaciones, incluso a través de idiomas aplicando algunas restricciones. Otra de las características de los objetos puede ser un identificador como las URIs, que son únicos para cada entidad. Por lo tanto, sabemos que, *si dos entidades tienen el mismo identificador, entonces son idénticas.*

```
<owl:Class rdf:ID='id1'>
  <rdfs:label>telephone number</label>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID='id2'>
  <rdfs:label>phone number</label>
</owl:Class>
```

Ejemplo. Dos entidades *id1* e *id2* con etiquetas similares.

Redes semánticas: El segundo nivel son las redes semánticas presentadas por (Quillian, 1967). Donde un concepto es una clase general de objetos, los cuales están en relación con otros a través de atributos o propiedades. *Si las propiedades de dos conceptos son iguales, los conceptos también son iguales.* Lo mismo aplica para las propiedades. *Si el dominio y el rango (el original y el concepto resultado) de dos propiedades son iguales, las propiedades son iguales también.*

Lógica de descripción: El tercer nivel abarca las ontologías que tienen la complejidad de lo dispuesto por lógicas descriptivas (Baader, 2003). Una taxonomía se puede crear sobre conceptos, en el que un concepto hereda todas las relaciones de sus super-conceptos. Otra regla es que, si los conceptos son los mismos, es probable que tengan los mismos super-conceptos. La misma regla en sentido inverso: *si los super-conceptos son los mismos, los conceptos actuales son similares entre sí.* En la práctica se calcula el grado de solapamiento de los dos conjuntos de super-conceptos, lo que proporciona un número entre 0% y 100% (Castano et al, 1998). Y, finalmente, los subconceptos de dos clases iguales también serán los mismos. *Si los sub-conceptos son los mismos, entonces los conceptos en comparación son similares* (Maedche et al, 2002). Además, *si tienen conceptos hermanos similares (es decir, los hijos de los conceptos padre), también son similares.*

```

<owl:Class rdf:ID=''automobile'' />
<owl:Class rdf:ID=''car'' />
<owl:Class rdf:ID=''porsche''>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource=''automobile''>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource=''car''>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID=''mercedes''>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource=''car''>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource=''automobile''>
</owl:Class>

```

Ejemplo. Dos entidades con los mismos subconceptos.

También es posible que las propiedades del grupo en una taxonomía, con las normas correspondientes generadas: super-propiedades y sub-propiedades. La siguiente pieza de información que se pueden añadir son las instancias. Una instancia es una entidad específica de una clase general de la que hereda todas las relaciones. Un concepto en el otro lado también se puede definir como un representante de un conjunto de instancias. Por lo tanto, podemos inferir que *los conceptos que tienen las mismas instancias son los mismos* (Doan et al, 2002). Viceversa, *las instancias que tienen el mismo concepto padre son similares*. También es interesante echar un vistazo a la posible distribución de las instancias en los conceptos. *Si los conceptos similares tienen un alta/baja fracción de instancias, los conceptos son similares*. Al igual que los conceptos están interconectados a través de las propiedades, las instancias también se consideran para ser interconectadas a través de propiedades de las instancias. Esto significa que, *si dos instancias están ligadas a otra instancia a través de la misma propiedad, las dos instancias originales son similares*. Hasta cierto punto también podemos indicar esto: *si dos propiedades se conectan con las mismas instancias, las propiedades pueden ser similares*.

Restricciones: Las restricciones son definidas en el lenguaje de ontologías OWL. En OWL hay propiedades tales como "SameIndividualAs" o "sameClassAs". *Establecen explícitamente que dos entidades son las mismas*. Se podrían utilizar algunas otras características de OWL, como: Características de la propiedad (propiedad simétrica, propiedad funcional, inversa de, propiedad funcional inversa), restricciones de valores (todos los valores de, desde, cardinalidad, tiene

un valor de equivalencia), (clase equivalente de la propiedad equivalente), los operadores establecidos (mismo individuo que, al igual que la enumeración), (uno de), y disjuntos. De todas ellas se pueden derivar nuevas reglas para determinar la similitud.

A continuación, en la Tabla 3, se presentan algunas de las reglas aplicadas para obtener la similitud semántica entre ontologías.

Tabla 3. Reglas para obtener la similitud semántica entre ontologías.

Enfoque	Nombre
Los conceptos son similares, si ...(regla)... es similar	Etiquetas URIs Propiedades Super-conceptos Conceptos hermanos Sub-conceptos Instancias Fracción de instancias Relaciones <i>sameAs</i>
Las relaciones son similares, si ... (regla) ...es similar	Etiquetas URIs Dominio y rango Super-propiedades Sub-propiedades Instancias conectadas Relaciones <i>sameAs</i>
Las instancias son similares, si ... (reglas) ... son similares Archivos son similares, si adicionalmente ...(regla) ... es similar	Etiquetas URIs Conceptos padre Propiedades e instancias Relaciones <i>sameAs</i>

3.6.4 Asignación de ontologías (*Ontology matching*)

La adaptación de ontologías (*Ontology matching*) se refiere a la tarea de encontrar relaciones entre entidades (vocabulario) que pertenecen a dos diferentes ontologías. La salida de esta operación se conoce como Alineación de ontologías (Shvaiko et al. 2009). Otra definición para esta operación es la tarea de crear enlaces entre dos ontologías (Choi et al. 2006). Otra definición similar pero menos

específica aparece en (De Bruijn et al. 2006), donde definen a la adaptación de ontologías como el proceso de descubrir similitudes entre dos ontologías fuente.

La salida del proceso de adaptación de ontologías, como se mencionó anteriormente, es la alineación de ontologías, la cual es una relación binaria entre los vocabularios de dos ontologías. Este enfoque es más liberal, permitiendo a su vez más flexibilidad, por lo cual es más utilizado en la práctica. En muchos casos, como en (Aumueller et al. 2005), (David et al. 2011), (Giunchiglia et al. 2012), (Hu et al, 2011), (Shvaiko y Euzenat 2013), (Zhdanova y Shvaiko 2006) y en (Madhavan et al. 2005), el término adaptación de ontologías (esquemas) se utiliza para referirse a la alineación de ontologías y los dos términos son utilizados indistintamente.

3.6.5 Alineación de ontologías

La alineación de ontologías es la tarea de crear enlaces entre dos ontologías originales. Esta alineación de ontologías se realiza si las fuentes son consistentes entre sí, pero se mantienen separadas (Musen y Noy, 2000). Se establece cuando por lo general se tienen dominios complementarios. (Euzenat, 2004) describe el problema de la alineación de ontologías como: dadas dos ontologías cada una describiendo un conjunto de entidades discretas (las cuales pueden ser clases, propiedades, reglas, predicados, etc.) encontrar

3.7 Lenguaje de reglas de la Web Semántica (SWRL)

El Lenguaje de Reglas de la Web Semántica puede ser utilizado para expresar reglas así como la lógica, combinando *OWL DL* o *OWL Lite* con un subconjunto del Lenguaje de Marcado de Reglas (*Rule Markup Language*).

Las reglas son de la forma de una implicación entre un antecedente (cuerpo) y un consecuente (cabeza). El significado puede leerse como: siempre

que las condiciones especificadas se mantengan en el antecedente, entonces las condiciones especificadas en el consecuente también deben mantenerse.

Una ontología en OWL contiene una secuencia de hechos y axiomas. Los axiomas pueden ser de varias clases, por ejemplo, axiomas de subclase, axiomas de equivalencia de clases, restricciones sobre propiedades. *SWRL* propone extenderlos con axiomas de reglas.

Un axioma de regla consiste en un antecedente (cuerpo) y un consecuente (cabeza), cada uno de los cuales está compuesto por un conjunto (puede ser vacío) de átomos.

En la sintaxis inteligible por humanos de *SWRL*, una regla tiene la siguiente forma:

Antecedente => consecuente

De manera informal, una regla puede interpretarse como una indicación si el antecedente es cierto, entonces el consecuente también es cierto. Utilizando esta sintaxis (notación clásica), la propiedad de “ser un hijo de padres casados” se escribe de la siguiente manera:

$$Person(? x), hasParent(? x, ? y), hasParent(? x, ? z), hasSpouse(? y, ? z) - \\ > ChildOfMarriedParents(? x)$$

Una regla *SWRL* tiene, por lo tanto, la forma de una relación de implicación entre la cabeza y el cuerpo. La especificación de *SWRL* presenta una sintaxis abstracta que extiende la sintaxis abstracta de *OWL* descrita en (Bechhofer, 2009) para incluir una nueva relación en el lenguaje de ontologías. Las etiquetas *XML* que permiten describir estas reglas incluyen:

- `<ruleml:imp>`: Es el elemento que permite relacionar el cuerpo de la regla con la cabeza.
- `<ruleml:_body>`: Es el elemento que lista los átomos del cuerpo de la regla.

- `<ruleml:_head>`: Es el elemento que lista los átomos de la cabeza de la regla.
- `<ruleml:var>`: Permite definir las variables sobre las que evalúa las reglas.
- `<swrl:individualPropertyAtom>`: Permite definir átomos referidos a propiedades concretas. También es posible definir átomos referidos a clases, rangos de datos, propiedades valuadas o funciones propias de tipo matemático, cadenas de caracteres o fechas.

3.8 Reglas SWRL

El lenguaje *OWL 2* no permite expresar todas las relaciones. Un ejemplo es la representación de la expresión niños de padres casados, debido a que en *OWL 2* no hay manera de expresar la relación entre los individuos con los cuales un individuo tiene relaciones. La expresividad de *OWL* puede ser extendida agregando reglas mediante *SWRL* en la ontología. A continuación, se presenta un ejemplo con la anterior relación y su representación mediante reglas *SWRL*.

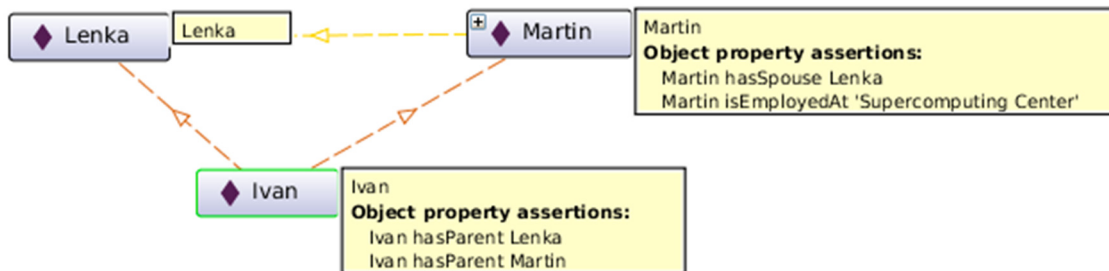


Figura 12. Ejemplo de una regla SWRL.

En la Figura 12 se presentan tres objetos *Lenka*, *Martin* e *Iván*. La propiedad asimétrica *tieneEsposo* conecta a *Lenka* y *Martin*. Podemos agregar una regla *SWRL* que diga que un individuo *X* de la clase *Personas*, que tenga padres *Y* y *Z*, tal que, *Y* tenga esposo *Z*, pertenece a una nueva clase *NiñoDePadresCasados*. Esta regla se puede describir de la siguiente manera en sintaxis *XML* concreta:

$$\begin{aligned}
 &Persona(?x) \wedge tienePadre(?x,?y) \wedge tienePadre((?x,?z) \\
 &\quad \wedge tieneEsposo(?y,?z) \Rightarrow NiñoDePadresCasados(?x).
 \end{aligned}$$

La sintaxis *XML* concreta es una combinación de la Sintaxis de Presentación del Lenguaje de Ontologías *Web XML* con la sintaxis en *XML* para *RuleML*. A continuación, se presenta el ejemplo anterior con la sintaxis *RDF* concreta.

```

<ruleml:imp>
  <ruleml:_rlab ruleml:href="#ejemplo1"/>
  <ruleml:_body>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="Persona">
      <ruleml:var>x</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="tienePadre">
      <ruleml:var>x</ruleml:var>
      <ruleml:var>y</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="tienePadre">
      <ruleml:var>x</ruleml:var>
      <ruleml:var>z</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="tieneEsposo">
      <ruleml:var>y</ruleml:var>
      <ruleml:var>z</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
  </ruleml:_body>
  <ruleml:_head>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="niñoDePadresCasados">
      <ruleml:var>x</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
  </ruleml:_head>
</ruleml:imp>

```

3.8 Red de ontologías

Para la construcción de la red de ontologías se utilizó la metodología *NeON*, Diseñada por (Suárez et al, 2012), esta metodología fue diseñada para la construcción de redes de ontologías. Está basada en escenarios auxiliados de los aspectos de colaboración de desarrollo de ontologías y su reutilización, así como en la evolución dinámica de las redes de ontologías en entornos distribuidos. Las características principales de la metodología *NeOn* son:

- Tiene un conjunto de nueve escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías, como se puede observar en la Figura 13. Hace hincapié en la reutilización de los recursos ontológicos y no ontológicos, la reingeniería y la fusión, y teniendo en cuenta la colaboración y el dinamismo. El glosario de procesos y actividades identifica y define aquellos procesos y actividades involucrados en el desarrollo de redes de ontologías.
- Cuenta con las directrices metodológicas para diferentes procesos y actividades del proceso de desarrollo de la red de ontologías, tales como la reutilización y la reingeniería de los recursos ontológicos y no ontológicos, la especificación de los requisitos de la ontología, la localización de la ontología, la programación, etc. Todos los procesos y actividades se describen con (a) una tarjeta llena, (b) un flujo de trabajo, y (c) un ejemplo.

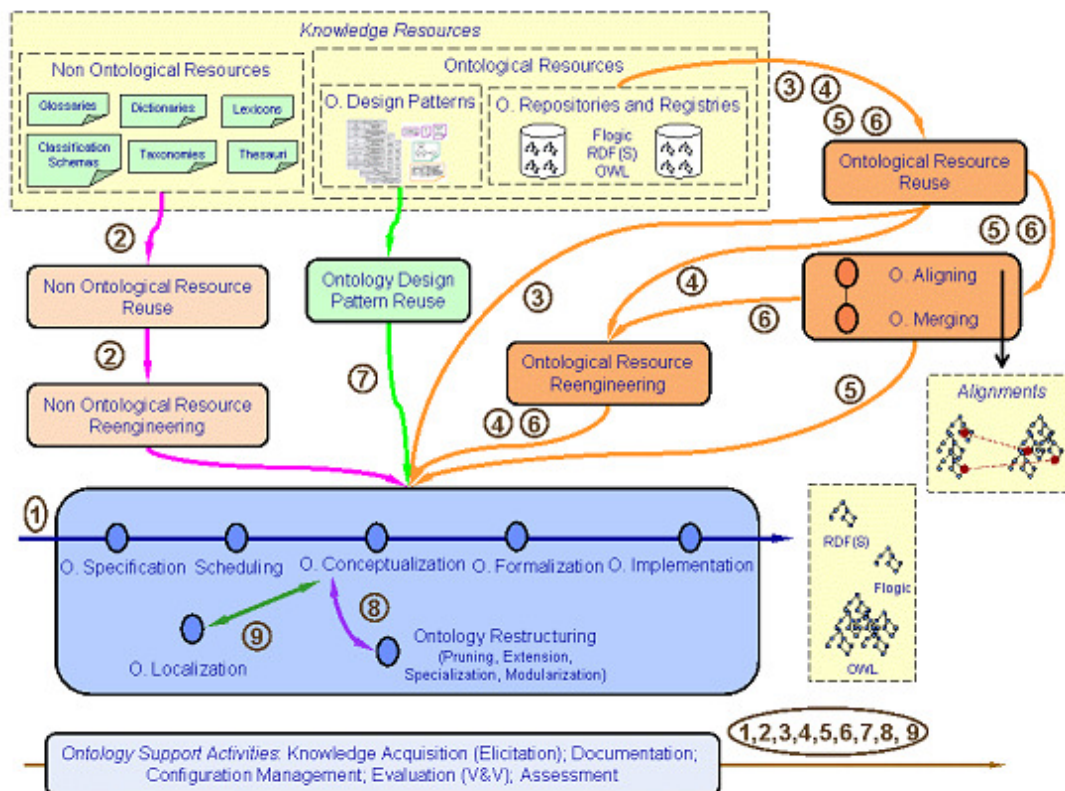


Figura 13. Escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías (Suárez et al, 2012).

- Los nueve escenarios se describen a continuación:
 - **Escenario 1: Desde la especificación de la aplicación.** Es el caso cuando la red de ontologías se desarrolla a partir de cero (sin volver a utilizar los recursos existentes). Los desarrolladores deben especificar los requisitos de la ontología. Después de eso, se asesora para llevar a cabo una búsqueda de recursos potenciales para ser reutilizados. A continuación, la actividad de planificación se debe realizar, y los desarrolladores deben seguir el plan.
 - **Escenario 2: La reutilización y reingeniería de los recursos no ontológicos (NOR).** Los desarrolladores deben llevar a cabo el proceso de reutilización *NOR* para decidir, de acuerdo con los requisitos de la ontología, que *NORs* pueden ser reutilizados para construir la red de la ontología. A continuación, los *NORs* seleccionados deben ser volver al proceso de re-ingeniería ontológicas.
 - **Escenario 3: La reutilización de los recursos ontológicos.** Los desarrolladores utilizan recursos ontológicos (ontologías como un conjunto de módulos ontológicos, y/o declaraciones) para construir redes de ontologías.
 - **Escenario 4: La reutilización y re-ingeniería de los recursos ontológicos.** Los desarrolladores de ontologías reutilizan los recursos y reorganizar los recursos ontológicos.
 - **Escenario 5: La reutilización y la fusión de los recursos ontológicos.** Este escenario se produce cuando varios recursos ontológicos en el mismo dominio que se seleccionan para su reutilización, y los desarrolladores desean crear un nuevo recurso ontológico con los recursos seleccionados
 - **Escenario 6: Reutilización, la fusión y re-ingeniería de los recursos ontológicos.** Los desarrolladores de ontologías reutilizan,

combinan y reorganizan los recursos ontológicos. Este escenario es similar al Escenario 5, pero en este caso los desarrolladores deciden reorganizar el conjunto de recursos combinados.

- **Escenario 7: Reutilización de los patrones de diseño de ontologías (ODPs).** Los desarrolladores de ontologías acceden a repositorios de reutilización *ODPs*.
- **Escenario 8: Reestructuración de recursos ontológicos.** Los desarrolladores de ontologías reestructuran (modularizan, podan, extienden y/o especializan) recursos ontológicos que deben integrarse posteriormente en la red de ontologías.
- **Escenario 9: Localización de recursos ontológicos.** Los desarrolladores de ontologías adaptan una ontología a otros lenguajes y la cultura las comunidades, obteniendo así una ontología multilingüe.

3.9 Parliament

*Parliament*⁶ es un triple store de alto desempeño diseñado para la *Web* semántica. Fue desarrollado originalmente con el nombre de *DAML DB* y fue extendido por *BBN Technologies* para el uso interno en programas *R&D*.

La *Web* semántica utiliza un modelo de datos diferente que el de las bases de datos relacionales. Una base de datos relacional almacena los datos en tablas (filas y columnas) mientras que *RDF* representa los datos como una lista de tripletas de la forma (sujeto, predicado, objeto). Esta lista también puede ser vista como un grafo dirigido, donde los nodos son los sujetos y objetos, y los predicados son las aristas. De acuerdo con esto, un almacén de datos para la *Web* semántica frecuentemente se conoce como triple store o una base de conocimientos.

⁶ <http://parliament.semwebcentral.org/>

Una base de datos relacional puede almacenar un grafo dirigido, y, de hecho, algunos almacenes de grafos se implementan como una delgada capa que envuelve a la base de datos relacional. Sin embargo, el rendimiento de la consulta de tales implementaciones es generalmente pobre. Esto se debe a la sencilla forma de almacenar el grafo con el nivel requerido de generalidad en las bases de datos, que es el de utilizar una sola tabla para almacenar todas las tripletas, y este esquema tiende a derrotar a los optimizadores de consultas relacionales.

El objetivo de *Parliament* es crear un mecanismo de almacenamiento optimizado específicamente para las necesidades de la Web semántica.

3.9.1 Almacenamiento

Parliament es una solución completa para la gestión de datos y triple store que es compatible con los estándares *RDF*, *RDFS*, *OWL*, *SPARQL* y *GeoSPARQL*. Incorpora, además, un conjunto de paquetes de terceros de código abierto, incluyendo *Jetty* (un contenedor de *servlets*), *Jena* y *ARQ* (un procesador de consultas), *Joseki* (una implementación basada en *servlet* del protocolo *SPARQL*), y *Barkeley BD* (utilizado para implementar un diccionario de recursos). La Figura 14 muestra la arquitectura de *Parliament*.

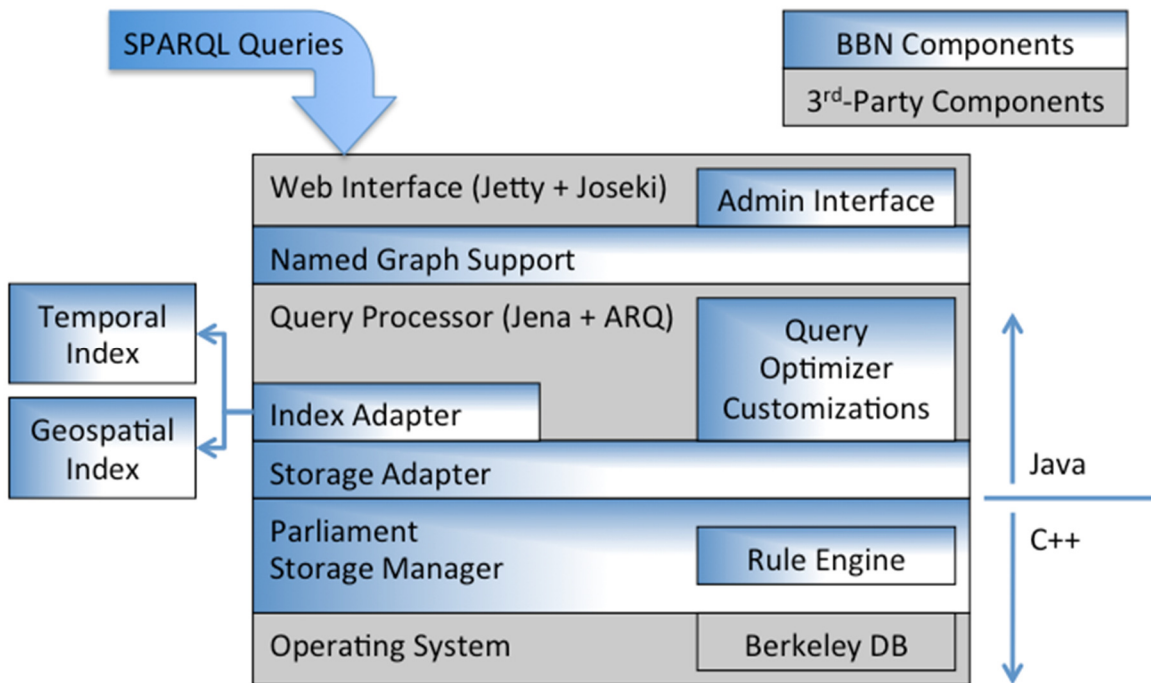


Figura 14. Arquitectura de *Parliament*.

Parliament tiene una serie de características interesantes:

- Utiliza un sistema de almacenamiento innovador que entrelaza los datos con un índice único. Esto mantiene el índice pequeño y permite mantener el índice actualizado con muy poco esfuerzo adicional. Debido a este índice, *Parliament* puede responder a las consultas de manera eficiente reordenando la ejecución de la consulta de manera que se ejecutan primero las partes más restrictivas de la consulta. El resultado final es un triple store que puede soportar tanto inserciones como consultas rápidas, en contraste con la mayoría de los *triple stores* que favorecen las consultas rápidas a expensas de la inserción.
- *Parliament* tiene un índice temporal, de manera que puede responder consultas eficientemente, por ejemplo “encuentra todos los eventos que sucedieron entre las fechas X y”.
- Tiene soporte para *GeoSPARQL*, el estándar *OGC* recientemente adoptado para datos geoespaciales semánticos. Utilizando este índice geoespacial,

Parliament puede responder consultas eficientemente, por ejemplo “encuentra todos los artículos ubicados dentro de la región X”.

- *Parliament* soporta directamente a *RDF*, permitiendo el almacenamiento eficiente y la búsqueda de procedencias y otros tipos de metadatos.
- Incluye un motor de reglas de alto rendimiento, que funciona como un medio eficaz de inferencia. El motor de reglas aplica un conjunto de reglas de inferencia en el grafo dirigido de datos en el triple store, con el propósito de obtener nuevos hechos. Esto permite inferir de forma automática y transparente hechos y relaciones adicionales en los datos para enriquecer los resultados de la consulta.

4. Metodología

En este capítulo se presenta la metodología desarrollada para este trabajo, la cual se enfoca en la generación de perfiles de usuario a través de la conceptualización de usuarios y contextos, así como las relaciones entre ellos que representan el proceso de interacción entre usuarios y contextos.

La metodología propuesta está basada fundamentalmente en tres etapas funcionales: Saludo, Interacción y Despedida. En la Figura 22 se presenta el esquema general de la metodología a desarrollar. Como se puede ver, estas tres etapas intentan modelar el proceso real que realiza cualquier persona cuando se presenta ante un contexto, es decir un lugar, actividad u otra persona. La primera etapa, Saludo, imita la primera acción que regularmente realizamos cuando llegamos a un lugar: “saludar” y presentarnos. En el caso de este trabajo, consideramos que el usuario siempre va a tener un contexto asignado. La etapa de Interacción representa las acciones que suceden mientras el usuario interactúa con el contexto, y, la tercera etapa, Despedida involucra el cambio de estatus del usuario, es decir el papel que estaba desempeñando en el contexto del cual se retira.

La generación de perfiles de usuario sensibles al contexto presentado e implementado en esta tesis puede ser dividido en tres partes. En primer lugar, está la etapa de recopilación de información básica de los usuarios. Esta información es recopilada y almacenada a través de una aplicación web, mediante la cual los usuarios realizan el registro de sus datos personales. De igual manera son recopilados los contextos seleccionados para el caso de estudio. Esta información es muy importante para el posterior enriquecimiento de los perfiles de usuario.

La segunda parte es el proceso de generación de los perfiles de usuario con base en la información contextual. Un desafío importante en esta parte es la detección automática del contexto y del rol que desempeña el usuario, así como la identificación de la información que será agregada al perfil. Esto se realiza mediante consultas dinámicas utilizando *SPARQL* en la red de ontologías construida para conceptualizar el perfil de usuario y la información contextual. En esta parte son identificados los tipos de usuario y los roles para cada situación y lugar en donde es presentado el usuario.

La tercera y última parte es un sistema para la consulta de los perfiles de usuario generados. Este sistema puede ser la entrada para un sistema de recomendación con base en la información contextual del usuario.

4.1 Suposiciones iniciales

Se establecen como suposiciones iniciales las siguientes:

- Los modelos del contexto se consideran que ya están contruidos por cada contexto, por lo que esta metodología no genera modelos de contextos.
- El modelo del perfil de usuario debe contener la información mínima con la cual se pueda identificar a una persona (por ejemplo, su nombre).

4.2 Construcción de las ontologías aplicando METHONTOLOGY

Para asegurar en cierta medida la consistencia y completitud de la ontología que se construye, las metodologías recomiendan realizar una serie de tareas en un orden determinado. Por ejemplo, no se debería definir una relación binaria si los conceptos origen y destino de la relación no han sido definidos aún en la ontología. La Figura 15 presenta las tareas propuestas por METHONTOLOGY para la actividad de conceptualización, haciendo énfasis en los componentes (conceptos, atributos, relaciones, constantes, axiomas formales, reglas e instancias) que se construyen en cada una de las tareas. El orden propuesto en la figura no es estrictamente secuencial.

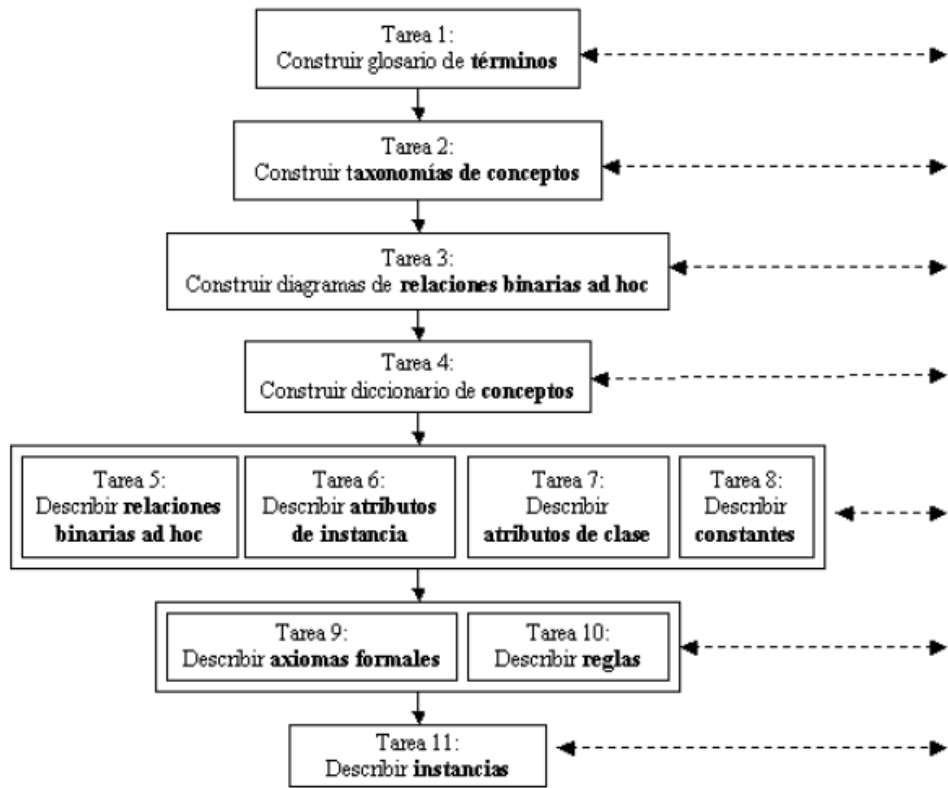


Figura 15. Tareas incluidas en la actividad de conceptualización de METHONTOLOGY.

4.2.1 Construcción de la ontología de perfil de usuario

Esta ontología describe las características del usuario: información personal; información demográfica como la edad, lugar de nacimiento; preferencias, intereses, habilidades, ubicación actual, grado académico, también conocidas como dimensiones básicas del usuario. Además, también debe conceptualizar la relación que tiene el usuario con cada contexto con el que interactúe. Por ejemplo, qué lugares ha visitado y cuando ha estado en esos lugares, el puesto o rol que desempeña, entre otros. Como se mencionó anteriormente, el perfil de usuario es representado por una ontología, en la Tabla 16 se puede ver las clases modeladas en la ontología del perfil de usuario.

4.2.1.1 Tarea 1: Construir el glosario de términos

En la Tabla 4 se presenta el glosario de términos necesarios para la construcción de la ontología perfil de usuario, incluye todos los términos relevantes del dominio perfil de usuario (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, etc.), así como sus descripciones en lenguaje natural y sus sinónimos.

Tabla 4. Glosario de términos de la ontología perfil de usuario.

Nombre	Sinónimos	Acrónimos	Descripción	Tipo
Usuario	Persona	--		Concepto
InformaciónPersonal	--	--	Representan la información básica con la cual puede ser identificado un usuario.	Concepto
InformaciónAcadémica	--	--	Son los datos correspondientes al nivel de estudios del usuario, grado académico, profesión, etc.	Concepto
InformaciónProfesional	--	--	Esta clase incluye la información relacionada con la experiencia laboral del usuario, tal como su lugar de trabajo, puesto, habilidades, entre otros.	Concepto
InformaciónContextual	--	--	Son los datos relativos a los contextos en donde se presenta el usuario, generalmente todos aquellos lugares en	Concepto

			donde tiene alguna actividad u obtiene algún servicio.	
Nombre	--	--	Nombre o nombres de una persona	Atributo de una instancia
Apellidos	--	--	Apellido paterno y materno de una persona	Atributo de una instancia
Fecha de nacimiento	--	--	Fecha de nacimiento de una persona	Atributo de instancia
Nivel de estudios	--	--	Nivel académico de una persona	Atributo de instancia
Contexto	Entorno	--	Lugar donde se encuentra una persona	Concepto

4.2.1.2 Tarea 2: Construir la taxonomía de conceptos

En la Figura 16 se muestra el diagrama de la taxonomía de conceptos que definen su jerarquía. Para construir esta taxonomía se seleccionan del glosario de términos únicamente los que sean conceptos, la relación taxonómica que se utiliza es *subclase_de*.

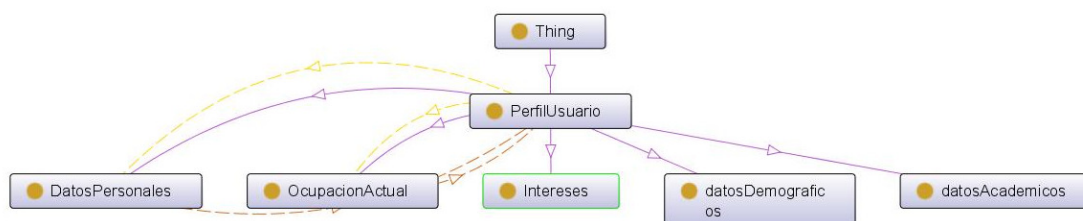


Figura 16. Taxonomía de conceptos de la ontología de perfil de usuario.

4.2.1.3 Tarea 3: Construir los diagramas de relaciones binarias ad-hoc.

En la Figura 17 se presenta un fragmento del diagrama de relaciones binarias ad hoc. El objetivo de este diagrama es establecer las relaciones *ad hoc* existentes entre conceptos de la misma o de distintas taxonomías de conceptos. La sección del diagrama mostrado corresponde a las relaciones *part_of* y su relación inversa *has_subclass*, Estas relaciones conectan los conceptos *PerfilUsuario* y *DatosPersonales*. En este caso, se indica que los datos personales son parte del perfil de usuario, y el perfil de usuario tiene como subclase a los datos personales.

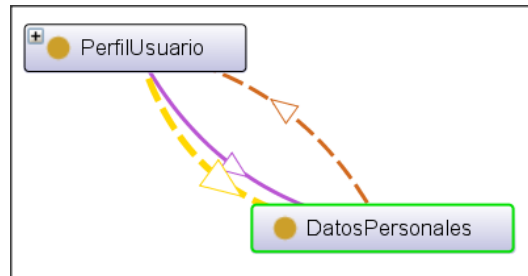


Figura 17. Sección del diagrama de relaciones binarias ad-hoc de la ontología perfil de usuario.

4.2.1.4 Tarea 4: Construir el diccionario de datos

En la tabla 5 se presenta el diccionario de conceptos de la ontología perfil de usuario, en la cual, se especifican cuáles son las propiedades que describen cada concepto de la taxonomía, así como las relaciones identificadas en el diagrama anterior y las instancias de cada uno de los conceptos.

Tabla 5. Diccionario de conceptos de la ontología perfil de usuario.

Nombre del concepto	Instancias	Atributos de clase	Atributos de instancia	Relaciones
Usuario	Juan López	--	Nombre Apellidos Fecha de nacimiento Dirección	Parte_de

			Lugar de trabajo	
			rolActual	Tiene_rol

4.2.1.5 Tarea 5: Describir las relaciones binarias ad-hoc

En la tabla 6 se muestran las descripciones en detalle de todas las relaciones binarias ad hoc identificadas en el diagrama de relaciones binarias e incluidas en el diccionario de conceptos. Se especifican el nombre de la relación, así como los nombres de sus conceptos origen y destino, su cardinalidad y su relación inversa, si existe.

Tabla 6. Relaciones binarias de la ontología perfil de usuario.

Nombre de la relación	Concepto origen	Cardinalidad máxima	Concepto destino	Relación inversa
hasRolContexto	Usuario	n	Contexto	--

4.2.1.6 Tarea 6: Describir los atributos de las instancias

En la Tabla 7 se describe un fragmento de los atributos de instancia incluidos en el diccionario de conceptos. Cada fila de atributos de instancia contiene la descripción detallada de un atributo de instancia, se debe especificar su nombre, el concepto al que pertenece el atributo, su tipo de valor, su rango de valores y sus cardinalidades mínima y máxima.

Tabla 7. Atributos de las instancias de la ontología perfil de usuario.

Nombre del atributo de la instancia	Concepto	Tipo de valor	Rango de valores	Cardinalidad
Nombre	Usuario	Cadena de caracteres	--	(1,1)
Apellidos	Usuario	Cadena de caracteres	--	(1,1)

Dirección	Usuario	Cadena de caracteres	--	(1,1)
Género	Usuario	Cadena de caracteres	--	(1,1)
Contexto	Usuario	Cadena de caracteres	--	(1,n)
Rol	Usuario	Cadena de caracteres	--	(1,n)

4.2.1.7 Tarea 7: Describir los atributos de las clases

En la tabla 8 se describen en detalle una sección de los atributos de clase incluidos en el diccionario de conceptos. Para cada atributo de clase, se describe el nombre del atributo, el nombre del concepto donde se define el atributo, su tipo de valor, Cardinalidad y valor o valores.

Tabla 8. Atributos de las clases de la ontología perfil de usuario.

Nombre del atributo de clase	Concepto	Tipo de valor	Cardinalidad	Valores
Nombre	Usuario	Cadena	1:1	“Juan López”
Dirección	Usuario	Cadena	1:!	“Sierravista 233”
RolActual	Usuario	Cadena	1:1	“Estudiante”
ContextoActual	Usuario	Cadena	1:1	“Centro de Investigación en Computación”

4.2.1.8 Tarea 8: Describir las constantes

En la tabla 9 se describe en detalle un fragmento de cada una de las constantes identificadas en el glosario de términos. Para cada constante, se especifica su nombre, tipo de valor y unidad de medida, en el caso de constantes numéricas.

Tabla 9. Constantes de la ontología perfil de usuario.

Nombre	Tipo de valor	Valor	Unidad de medida
ID	Cadena de caracteres	--	--
Fecha de Nacimiento	Cadena de caracteres	--	time_stamp

4.2.1.9 Tarea 9: Definir los axiomas formales

En la Tabla 10 se muestran los axiomas formales que son necesarios en la ontología y su descripción. Para cada definición de axioma formal, METHONTOLOGY propone especificar el nombre del axioma, su descripción en lenguaje natural, su expresión lógica, que define de manera formal el axioma usando lógica de primer orden, y los conceptos, atributos y relaciones ad hoc utilizadas en el axioma, así como las variables utilizadas.

Tabla 10. Axiomas formales de la ontología perfil de usuario.

Nombre del axioma	Descripción	Expresión	Conceptos	Relaciones	Variables
Compatibilidad contextos	Un perfil de usuario puede tener varios roles en el mismo contexto.	Existe(?X,?Y) (usuario(?X) y contexto(?Y) y rol1(?Y, ?X) y rol2(?Y, ?X))	Usuario Contexto	tieneRolContexto	?X ?Y

4.2.1.10 Tarea 10: Definir las reglas

En la tabla 11 se describen las reglas que se necesitan en la ontología. Para cada regla, METHONTOLOGY propone incluir el nombre de la regla, su descripción en lenguaje natural, la expresión que describe formalmente la regla, y conceptos, atributos, y relaciones ad hoc utilizados en la regla, así como las variables utilizadas.

Tabla 11. Reglas de la ontología perfil de usuario.

Nombre de la regla	Descripción	Expresión	Conceptos	Atributos	Relaciones	Variables
Contexto actual	Un usuario siempre tiene un contexto actual.					
Rol actual	Un usuario siempre tiene un rol actual.					

4.2.1.11 Tarea 11: Describir las instancias

En la tabla 12 se muestran algunas instancias que aparecen en el diccionario de conceptos. Para cada instancia se define: su nombre, el nombre del concepto al que pertenece y los valores de sus atributos de instancia, si se conocen.

Tabla 12. Instancias de la ontología perfil de usuario.

Nombre de la instancia	Nombre del concepto	Atributo	Valores
Usuario23	Usuario	Nombre	Juan
		Apellidos	López Hernández
		Fecha nacimiento	31/09/1985
		Género	Masculino
		rolActual	Estudiante
		ContextoActual	Centro de Investigación en Computación
		Grado Académico	Ingeniero
Usuario53	Usuario	Nombre	Victoria
		Apellidos	Fernández
		Fecha nacimiento	03/11/1960
		Género	Femenino
		rolActual	Contadora
		ContextoActual	Despacho contable
		Grado Académico	Licenciada

En la Figura 18 se muestra un fragmento de la ontología perfil de usuario construida para esta metodología.

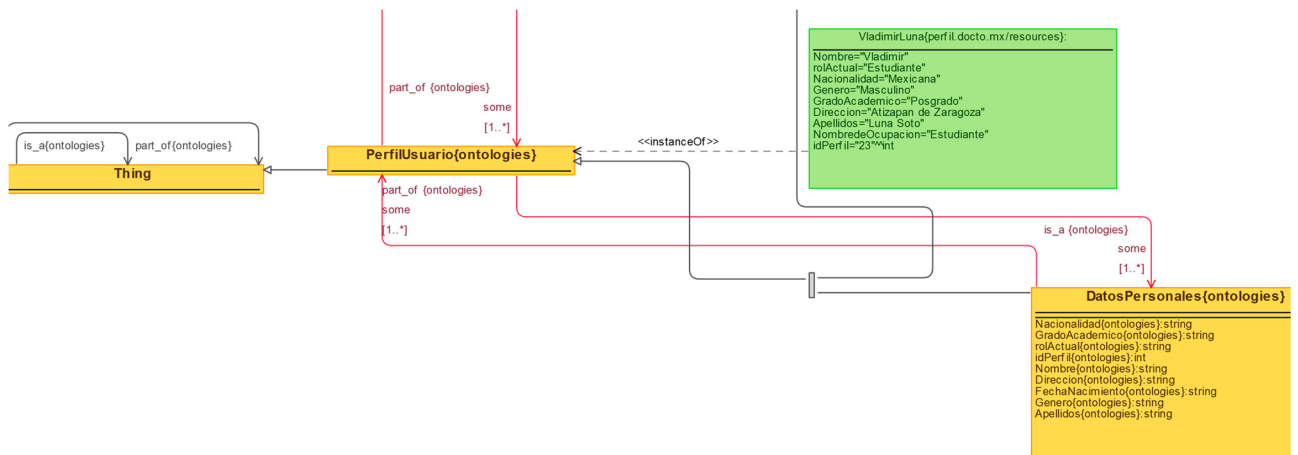


Figura 18. Ontología de perfil de usuario.

4.2.2 Construcción de la ontología de roles de usuario

4.2.2.1 Tarea 1: Construir el glosario de términos

En la Tabla 13 se presenta el glosario de términos necesarios para la construcción de la ontología roles de usuario, incluye todos los términos relevantes del dominio perfil de usuario (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, etc.), así como sus descripciones en lenguaje natural y sus sinónimos.

Tabla 13. Glosario de términos de la ontología roles de usuario.

Nombre	Sinónimos	Acrónimos	Descripción	Tipo
Centro Social	--	--	Roles de usuario dentro de lugares relacionados con centros de convivencia social.	Concepto
Comercial	--	--	Roles de usuario dentro de lugares relacionados a comercios.	Concepto
De Servicios	--	--	Roles de usuario relacionados con lugares prestadores de servicios	Concepto

			específicos.	
Educacionales	--	--	Roles de usuario relacionados con lugares educativos.	Concepto
Gobierno	--	--	Roles de usuario relacionados con lugares gubernamentales.	Concepto
Habitacionales	Vivienda	--	Roles de usuario relacionados con lugares habitacionales.	Concepto
Industriales	--	--	Roles de usuario relacionados con lugares industriales.	Concepto
Oficina	--	--	Roles de usuario relacionados con lugares tipo oficina.	Concepto
RadioTelevisión	--	--	Roles de usuario relacionados con radio y/o televisión.	Concepto
Salud y Social	--	--	Roles de usuario relacionados con centros de salud y sociales.	Concepto
Templo Religioso	--	--	Roles de usuario relacionados con templos religiosos.	Concepto
Transporte Pasajeros	--	--	Roles de usuario relacionados con terminales de transporte de pasajeros	Concepto
Vehicular	--	--	Roles de usuario relacionados con vehículos	Concepto

			automotores, públicos y privados.	
Vía Pública	--	--	Roles de usuario relacionados con la vía pública.	Concepto

4.2.2.2 Tarea 2: Construir la taxonomía de conceptos

En la Figura 19 se muestra el diagrama de la taxonomía de conceptos que definen su jerarquía. Para construir esta taxonomía se seleccionan del glosario de términos únicamente los que sean conceptos, la relación taxonómica que se utiliza es *subclase_de*.

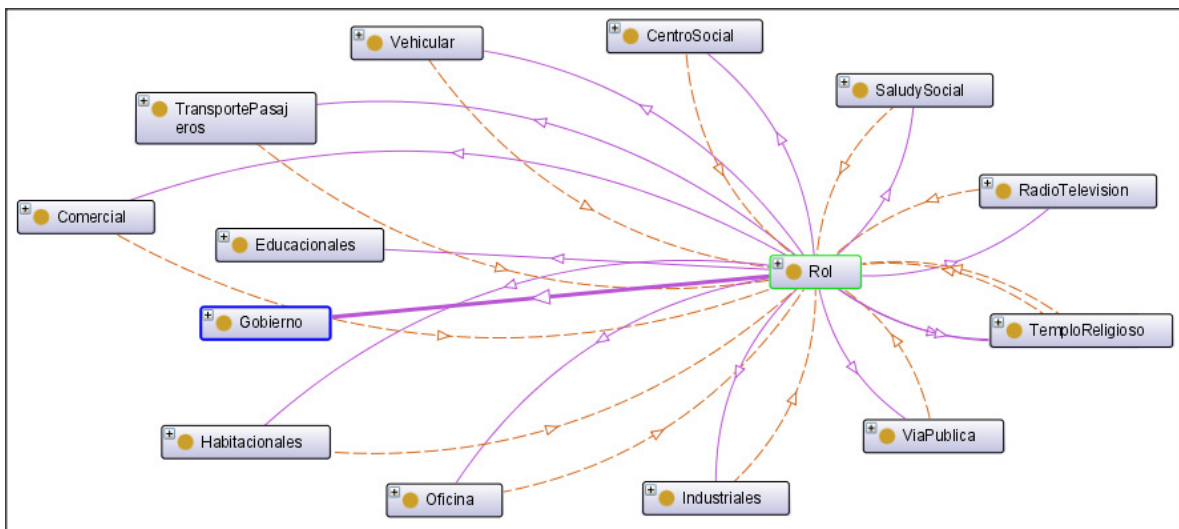


Figura 19. Taxonomía de conceptos de la ontología roles de usuario.

4.2.2.3 Tarea 3: Construir los diagramas de relaciones binarias ad-hoc.

En la Figura 20 se presenta un fragmento del diagrama de relaciones binarias ad hoc. El objetivo de este diagrama es establecer las relaciones *ad hoc* existentes entre conceptos de la misma o de distintas taxonomías de conceptos.

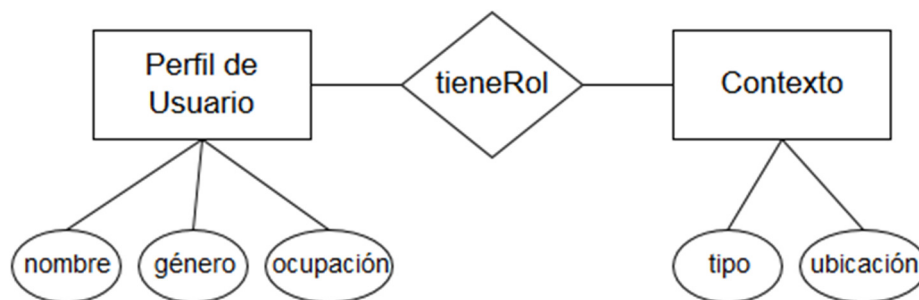


Figura 20. Sección del diagrama de relaciones binarias ad-hoc de la ontología perfil de usuario.

4.2.2.4 Tarea 4: Construir el diccionario de datos

En la tabla 14 se presenta el diccionario de conceptos de la ontología roles de usuario, en la cual, se especifican cuáles son las propiedades que describen cada concepto de la taxonomía, así como las relaciones identificadas en el diagrama anterior y las instancias de cada uno de los conceptos.

Tabla 14. Diccionario de conceptos de la ontología roles de usuario.

Nombre del concepto	Instancias	Atributos de clase	Atributos de instancia	Relaciones
Tipo Rol	Sitio Web, Educativas, Servicios, Oficina	HasRol hasRolContexto	Nombre Dirección Ubicación Permisos Restricciones	tieneContexto

4.2.2.5 Tarea 5: Describir las relaciones binarias ad-hoc

En la tabla 15 se muestran las descripciones en detalle de todas las relaciones binarias ad hoc identificadas en el diagrama de relaciones binarias e incluidas en el diccionario de conceptos. Se especifican el nombre de la relación, así como los nombres de sus conceptos origen y destino, su cardinalidad y su relación inversa, si existe.

Tabla 15. Relaciones binarias de la ontología roles de usuario.

Nombre de la relación	Concepto origen	Cardinalidad máxima	Concepto destino	Relación inversa
hasContext	TipoRol	n	Contexto	--

4.2.2.6 . Tarea 6: Describir los atributos de las instancias

En la tabla 16 se describe un fragmento de los atributos de instancia incluidos en el diccionario de conceptos. Cada fila de atributos de instancia contiene la descripción detallada de un atributo de instancia, se debe especificar su nombre, el concepto al que pertenece el atributo, su tipo de valor, su rango de valores y sus cardinalidades mínima y máxima.

Tabla 16. Atributos de las instancias de la ontología roles de usuario.

Nombre del atributo de la instancia	Concepto	Tipo de valor	Rango de valores	Cardinalidad
nombre	Rol	Cadena	--	(1,1)
dirección	Rol	Cadena	--	(1,1)
permisos	Rol	Cadena	--	(1,n)

4.2.2.7 Tarea 7: Describir los atributos de las clases

En la tabla 17 se describen en detalle una sección de los atributos de clase incluidos en el diccionario de conceptos. Para cada atributo de clase, se describe el nombre del atributo, el nombre del concepto donde se define el atributo, su tipo de valor, Cardinalidad y valor o valores.

Tabla 17. Atributos de las clases de la ontología roles de usuario.

Nombre del atributo de clase	Concepto	Tipo de valor	Cardinalidad	Valores
Tipo de rol	Sitio Web	(público)	(1,1)	privado
permisos	Registrar, comprar	(privado, público)	(1,1)	privado

4.2.2.8 Tarea 8: Describir las constantes

En la tabla 18 se describe en detalle un fragmento de cada una de las constantes identificadas en el glosario de términos. Para cada constante, se especifica su nombre, tipo de valor y unidad de medida, en el caso de constantes numéricas.

Tabla 18. Constantes de la ontología roles de usuario.

Nombre	Tipo de valor	Valor	Unidad de medida
Dirección	Cadena	“Av. Tamarindos 90”	--

4.2.2.9 Tarea 9: Definir los axiomas formales

En la Tabla 19 se muestran los axiomas formales que son necesarios en la ontología y su descripción. Para cada definición de axioma formal, METHONTOLOGY propone especificar el nombre del axioma, su descripción en lenguaje natural, su expresión lógica, que define de manera formal el axioma usando lógica de primer orden, y los conceptos, atributos y relaciones ad hoc utilizadas en el axioma, así como las variables utilizadas.

Tabla 19. Axiomas formales de la ontología roles de usuario.

Nombre del axioma	Descripción	Expresión	Conceptos	Relaciones	Variables
Permisos Roles	Un rol puede tener distintos permisos en el mismo contexto.	¿Existe (? X,? Y) (rol(?X) tieneDistintos(?Y))	Rol Permisos	tiene	?X ?Y

4.2.2.10 Tarea 10: Definir las reglas

En la tabla 20 se describen las reglas que se necesitan en la ontología. Para cada regla, METHONTOLOGY propone incluir el nombre de la regla, su descripción en lenguaje natural, la expresión que describe formalmente la regla, y conceptos, atributos, y relaciones ad hoc utilizados en la regla, así como las variables utilizadas.

Tabla 20. Reglas de la ontología roles de usuario.

Nombre de la regla	Descripción	Expresión	Conceptos	Atributos	Relaciones	Variables
Permisos en rol actual	Un rol de usuario tendrá los permisos que le otorgue el contexto actual	Si (contexto(?X) tienePermisos(?Y)) Entonces (rol(?Z) obtienePermisos(?Y)))	Rol Lugares Contextos	--	Tiene Rol Tiene permisos	?X ?Y ?Z

4.2.2.11 Tarea 11: Describir las instancias

En la Tabla 21 se muestran algunas instancias que aparecen en el diccionario de conceptos. Para cada instancia se define: su nombre, el nombre del concepto al que pertenece y los valores de sus atributos de instancia, si se conocen.

Tabla 21. Instancias de la ontología roles de usuario.

Nombre de la instancia	Nombre del concepto	Atributo	Valores
Cliente1	Rol	Nombre	“Cliente Banco”
Empleado3	Rol	Permisos	“Acceso área común, Acceso cubículos Acceso computadoras”

En la Figura 21 se muestra la ontología roles de usuario construida para esta metodología.

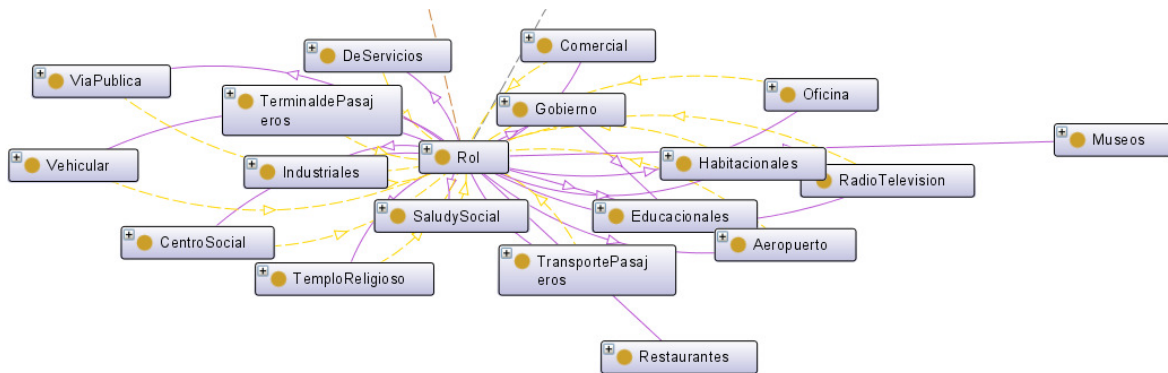


Figura 21. Ontología de roles de usuario

A continuación, se explica a detalle la metodología propuesta en este trabajo.

4.3 Descripción general

Como se mencionó anteriormente, la metodología propuesta en esta tesis se compone de tres etapas: Saludo, Interacción y Despedida (ver Figura 22). La primera etapa, Saludo, corresponde a la presentación del usuario en un contexto dado (representado por 1 y 2). Por ejemplo, el espacio de trabajo del usuario, un aeropuerto, un restaurante, entre otros. La etapa de Interacción representa el papel o rol del usuario en ese contexto, es decir, quién es ese usuario en ese

contexto. Además, se definen la relación o relaciones que se generan entre el usuario y el contexto, como pueden ser el rol que adquiere el usuario, así como los permisos y restricciones (representado por 3, 4 y 5). La etapa Despedida corresponde a la finalización de la relación entre el contexto y el usuario (representado por 6,7 y 8); el modelo del usuario es actualizado utilizando la información del contexto, tal como el tipo de contexto, la fecha y hora y la información adicional que se generó en el proceso de interacción.

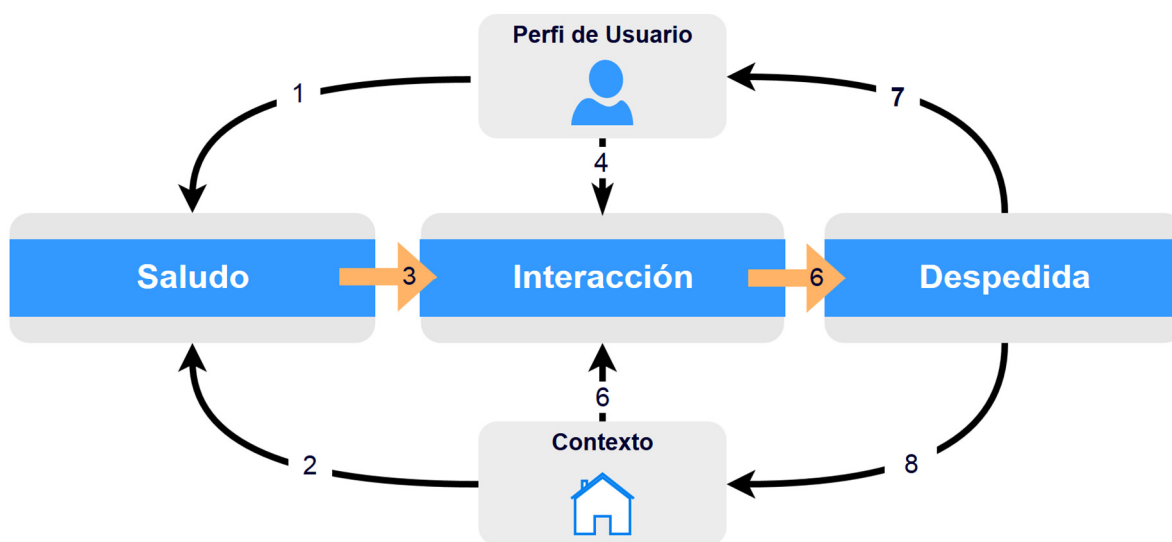


Figura 22. Esquema general de la metodología propuesta.

Debido a la complejidad para representar un perfil de usuario, se propone un enfoque ontológico para modelar el perfil de usuario y de manera similar, cada contexto es representado por una ontología. Tomando en cuenta la definición de ontología, éstas son modelos formales acerca de cómo se percibe un dominio de interés. Proporcionan una descripción precisa, la lógica del significado de los términos, las estructuras de los datos y otros aspectos para el modelado del mundo real. De acuerdo con los supuestos anteriores, las relaciones entre un perfil de usuario y un contexto también están representados en cada ontología. Las ontologías utilizadas en este trabajo se describen a continuación.

4.4 Ontología de contextos

En los entornos actuales de comunicación, la capacidad de proporcionar un control de acceso a recursos de información y servicios de una manera sensible al contexto es crucial. Mediante el aprovechamiento de la información del contexto que cambia dinámicamente, es posible lograr un control específico del contexto sobre el acceso a dichos recursos y servicios (Kayes et al, 2015). Los enfoques actuales de control de acceso son de dominio específico y controlan el acceso a los servicios en función de los tipos específicos de la información del contexto (por ejemplo, lugares y tiempo).

4.4.1 Definiendo el contexto

En el capítulo 2 se presentaron algunas definiciones de contexto que han realizado muchos investigadores. De acuerdo con (Dey, 2001) las entidades generales del contexto son: Persona, Lugar y Objeto. El autor definió el contexto como cualquier información que puede ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad (persona, lugar u objeto). Para nuestro propósito, sin embargo, esta definición de contexto no especifica los distintos tipos de entidades específicas para relacionar un usuario y una entidad del contexto y así responder a las preguntas: ¿quién es ese usuario en ese contexto?, ¿qué tiene permitido ese usuario?

Definimos contexto y sensibilidad al contexto de la siguiente manera:

Información del contexto: La información del contexto utilizada en una decisión de control de acceso se define como cualquier información relevante sobre el estado de una entidad relevante o el estado de una relación relevante entre personas relevantes (como entidades).

Sensibilidad al contexto: Se refiere al uso de la información del contexto para la toma de decisiones *CAAC* (*Context Aware Access Control*). Por ejemplo, la

identidad del usuario y la relación entre el usuario y su propietario es información del contexto.

Centrándose en las entidades relevantes del contexto, podemos clasificar las entidades del contexto (*E*) en dos grupos: las entidades centrales (*EC*) y las entidades del entorno (*EE*).

La relación entre personas es otro tipo de entidad central, y tiene su propia caracterización de la información del contexto.

$$EC = \{Usuario, Rol, Relación\}$$

La información del contexto se puede dividir en las siguientes subcategorías:

- i) *La información de relaciones del contexto* es cualquier información relevante acerca de las relaciones entre entidades personas, por ejemplo, la relación interpersonal entre “Lalo” y “Adriana”.
- ii) *La información del estatus del contexto* es cualquier información relevante acerca de una entidad en cierto contexto, por ejemplo, los roles del contexto “Banco”.
- iii) *La información del perfil del contexto* es cualquier información relevante acerca de una entidad, por ejemplo, el perfil académico del estudiante Lalo en el contexto Escuela.
- iv) *La información de la ubicación del contexto* es cualquier información relevante que pueda ser utilizada para describir las características espaciales de una entidad, por ejemplo, la dirección física del Centro de Investigación en Computación.
- v) *La información histórica del contexto* es cualquier información histórica de una entidad, por ejemplo, la última visita del usuario Lalo al contexto Banco.

La información del contexto puede ser de alto nivel o de bajo nivel, es decir, la información del contexto (IC) es la unión de toda la información de bajo nivel (IBN) y de toda la información de alto nivel (IAN).

$$IC = \{IBN, IAN\}$$

La información de contexto de bajo nivel es un atributo del contexto de una entidad (E) que depende directamente de un hecho crudo que caracteriza el estado de la entidad. Por ejemplo, una identidad del usuario del contexto de bajo nivel representa una propiedad del usuario, y, por lo tanto:

$$\{identidad(u) \mid u \in Usuario\} \subseteq IBN$$

En resumen, representamos la identidad de un usuario como $IDusuario$. En nuestro modelo, consideramos como contexto de bajo nivel a $IDusuario$, $RolUsuario$, $direccionContexto$, etc.

El contexto de alto nivel es un atributo de una entidad que depende de otra información del contexto.

4.5 Ontología de roles

Esta ontología describe todos los roles de usuario que puede tener un contexto. Como se mencionó con anterioridad, la presente metodología tiene como propósito modelar la interacción entre usuarios y contextos, precisamente una de estas interacciones es la de obtener el papel del usuario en determinado contexto. Los roles de usuario son definidos por cada lugar, por ejemplo, el contexto *Restaurante* tiene asociados roles como: gerente, mesero, cocinero, ayudante, entre otros. Como otro ejemplo, el contexto *SucursalBancaria* tiene los roles de usuario: cajero, gerente, vigilante, secretario/a, cuentahabiente etc. De acuerdo a lo anterior, esta ontología modela los trabajadores o empleados “enlistados” en cada lugar. Pero, qué sucede si el usuario que se presenta no trabaja en ese contexto, para esta situación, el contexto debe representar, además, un rol predefinido, esto es, cuando el usuario que se presenta ante un contexto no

“aparece” en la lista de trabajadores, entonces aplica el rol por omisión. Aquí un ejemplo, retomando el caso del contexto *SucursalBancaria*, se mencionaron los posibles roles que puede tener, en este ejemplo, el rol por omisión sería el de visitante. Suponiendo que el usuario abre una cuenta en ese banco, su rol automáticamente cambia al de cuentahabiente, debido a que ahora ya está en la “lista” del contexto.

En la sección 5.3 se presenta el desarrollo de una interfaz para agregar roles de usuario en cada contexto.

4.6 Red de ontologías

Para este trabajo se desarrolló una red de ontologías, según (Allocca, C.; D’Aquin, M.; Motta, E. 2009) una red de ontologías puede ser definida como la colección de ontologías relacionadas entre una variedad de diferentes relaciones tales como mapeo, modularización y control de versiones, entre otras. En el caso particular de esta metodología, la red de ontologías se encuentra en formato *RDF*, con el fin de ser almacenado en un *triple store*, las ontologías únicamente poseen los conceptos, relaciones y tipos de datos sin ninguna instancia. En la Figura 23 se muestran las ontologías que conforman la red de ontologías desarrollada para esta propuesta.

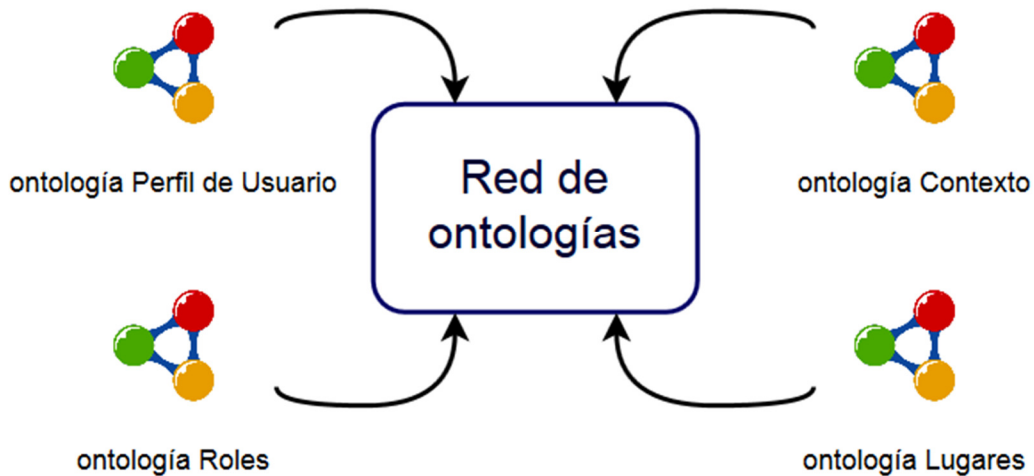


Figura 23. Red de ontologías.

Las ontologías están almacenadas en una red de ontologías, que actúa como una única ontología almacenada en el *SPARQL Endpoint*, en espera de ser poblada de perfiles de usuario, lugares y roles de usuario.

A continuación, se presentan las tres etapas de la metodología propuesta.

4.7 Saludo

Esta etapa representa el primer acercamiento que tiene una persona cuando llega a un sitio. Suponemos que la vida cotidiana de una persona adquiere un papel en función del contexto en el que se coloca, por ejemplo, si el usuario está en un restaurante, su rol podría ser el de comensal (o cliente), el de mesero, o puede ser el propietario o el gerente. Por otra parte, si el mismo usuario sale del restaurante e ingresa a una escuela, entonces su rol cambiaría por ejemplo al de estudiante, o profesor, o personal administrativo, según el puesto que tenga este usuario en la escuela. Del mismo modo, si el usuario estuviera conduciendo su coche, el rol podría cambiar al de conductor o al de pasajero. El rol del usuario cambia constantemente de acuerdo a los lugares que visite, además, los permisos o restricciones que le confiera cada contexto. Es decir, un usuario que sea funcionario público sólo debe tener este rol en su lugar de trabajo, y no en otro

lugar. Esta noción de roles de usuario y control de privilegios es uno de los objetivos más importantes que queremos lograr en esta propuesta. De tal manera que el contexto, tenga el conocimiento del tipo de usuario que está presentándose, y de la misma manera conferirle los accesos necesarios.

La Figura 24 muestra un diagrama de la etapa Saludo, que tiene como entrada la ontología perfil de usuario y la ontología del contexto. Como salida de esta etapa se presentan las relaciones entre dos ontologías y los conceptos involucrados, que servirá como entrada para la siguiente etapa. El Saludo hace un mapeo entre la ontología perfil de usuario y el contexto actual por medio de un proceso de alineación de la ontología, con el fin de encontrar relaciones entre pares de conceptos en dos ontologías previamente definidos. Por ejemplo, las relaciones, *sameAs*, *similar*, *different*, etc., se definen como sigue:

Dadas dos ontologías que representan el perfil de usuario y el contexto, la alineación de las ontologías se define como el proceso de crear mapeos de la forma (C_1, C_2, s) , donde $C_1 \in USR$ y $C_2 \in CTX$ son conceptos en las dos ontologías y $s \in [0,1]$ es la similitud estimada entre los dos conceptos. La alineación entre las ontologías USR y CTX es un conjunto de mapeos definidos como:

$$map(USR, CTX) = \{(C_1, C_2, s) | C_1 \in USR, C_2 \in CTX, s \in [0,1]\}$$

Los mapeos también pueden tener la versión extendida (c_1, c_2, s, r) , donde r es el tipo de relación como la equivalencia o la generalización, o una forma restringida (c_1, c_2) , donde el coeficiente de correspondencia no está clasificado (ver Algoritmo 1).

Tomando en cuenta estas definiciones, la función *user_exists* recibe la etiqueta *user_name* y retorna la identificación del usuario en el contexto actual. Si el usuario no existe en el contexto el valor retornado será falso, es decir, es la primera vez que el usuario visita ese contexto. En caso contrario, si el valor retornado es verdadero, quiere decir que el usuario está registrado previamente en ese lugar. Esta función es definida como sigue:

$$user_exists(user, context) = \begin{cases} true & U_{id} = esEmpleado \\ false & U_{id} = default \end{cases}$$

Algoritmo 1. Mapeo

Entrada: Un conjunto de etiquetas que representan las dimensiones básicas del usuario $dimensionesBasicas = \{idUsuario, nombre\}$ y la lista de usuarios definida por el contexto $rolesDefinidosPorContexto\{rolUsuario_1, rolUsuario_2, \dots, rolUsuario_n\}$.

Salida: Un vector de mapeo VM compuesto por una bandera UR que toma un valor booleano y un conjunto de conceptos de entrada.

si $usuarioExiste(idUsuario, contexto)$ **entonces**

$rolUsuario \leftarrow esEmpleado$

en otro caso

$rolUsuario \leftarrow default$

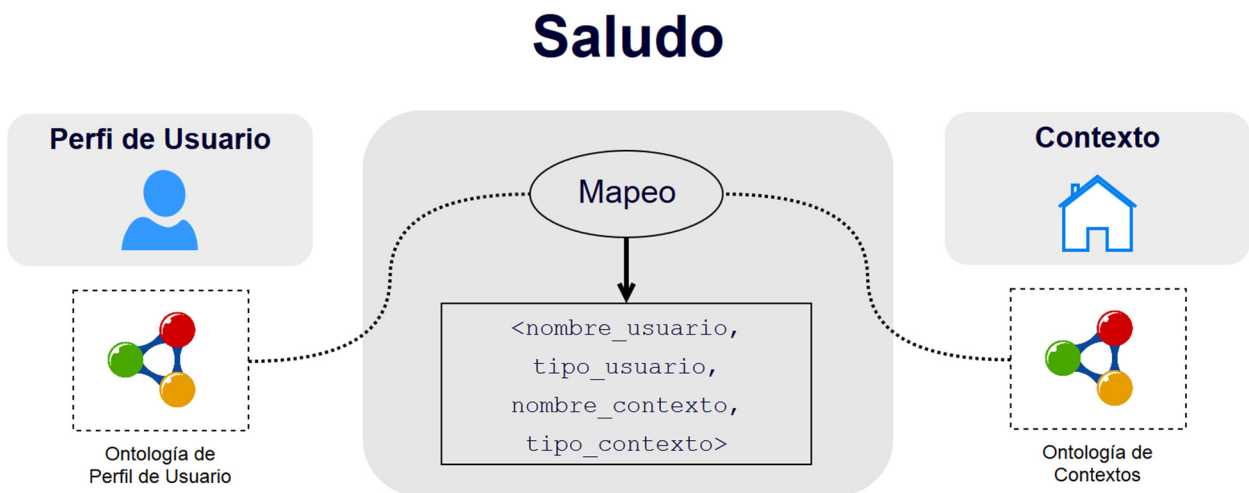


Figura 24. Etapa de Saludo.

4.8 Interacción

Como se mencionó anteriormente, el usuario va cambiando su rol de acuerdo al lugar donde se encuentre, como consecuencia también debe seguir ciertas reglas. Es decir, si el usuario se presenta en un restaurante con el rol de cliente, las reglas de este contexto le darían acceso, por ejemplo, a pedir comida y, de la misma forma, lo restringen a entrar a la cocina. En la Figura 25 se muestra el esquema de la etapa Interacción.

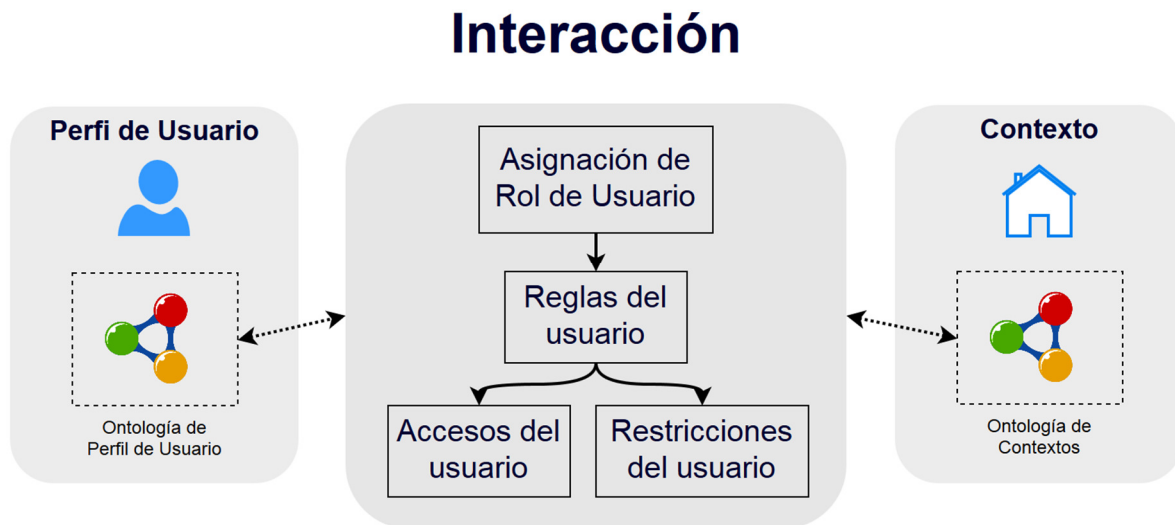


Figura 25. Etapa de Interacción.

La primera tarea que se realiza en la etapa de interacción es la asignación de roles, la cual se explica a continuación:

4.8.1 Asignación de roles

En esta etapa, a partir del tipo de usuario y el tipo de contexto que entrega la etapa anterior, se asigna el rol del usuario, los permisos y restricciones que aplican a este usuario de acuerdo a las reglas que el contexto tenga definidas. El contexto establece las reglas que se aplican sobre los distintos roles de usuario,

en otras palabras, el contexto tendrá tantos roles de usuario como la variedad de tipos de usuarios que puedan convivir en ese lugar. Además, cada rol tiene distintas reglas asociadas las cuales definen permisos y restricciones.

Algoritmo 2. Asignación del rol al usuario

Entrada: Una lista de roles definidos por el contexto

```
for ([Roli] ∈ Contexto){  
    if(existe(IDusuario, Roli))  
        tieneRolContexto(IDusuario, Roli, Contexto)  
    else  
        tieneRolContexto(IDusuario, RolDefault, Contexto)  
}
```

4.8.2 Definición de reglas de usuario

De acuerdo con *Semantic Web Rule Language*⁷ las reglas son de la forma de una implicación entre un antecedente (cuerpo) y un consecuente (encabezado). El significado puede leerse como: siempre que las condiciones especificadas se mantengan en el antecedente, entonces las condiciones especificadas en el consecuente también deben mantenerse. La ontología del contexto contiene una secuencia de hechos y axiomas, donde los axiomas pueden ser de varias clases, por ejemplo, axiomas de subclase, axiomas de equivalencia de clases o restricciones sobre propiedades.

Con base en lo anterior, una de las reglas asociadas con el rol de usuario cuentahabiente, es “todo usuario con el rol *cuantaHabiente* en el contexto *sucursalBancaria* tiene acceso a pasar a caja o con un ejecutivo, pero tiene

⁷ <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>

prohibido entrar a la bóveda”. Esta regla se puede escribir en lenguaje XML de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & usuario(usr) \wedge context(sucursalBancaria) \\ & \quad \wedge cuantahabiente(usr, sucursalBancaria) \\ & \Rightarrow pasarACaja(usr) \wedge accesoRestringido(usr, boveda) \end{aligned}$$

Como resultado, esta etapa obtiene una descripción del rol del usuario en el contexto, así como las reglas, permisos y restricciones que son aplicados al usuario.

4.8.3 Primera visita en un contexto

Durante la etapa Interacción, como se mencionó anteriormente, se obtiene el rol del usuario según lo que indique el contexto, si el usuario está registrado entonces se le asigna el rol definido, en caso contrario, se le asigna el rol por omisión, igualmente definido por el contexto. El perfil de usuario inicialmente es un libro en blanco, para esta metodología los únicos datos que se tienen del usuario son sus datos personales, como el nombre y algún identificador. Conforme el usuario tenga interacción con los contextos, nueva información se agregará a su perfil. En este punto se tienen dos vertientes, la primera es cuando el usuario nunca había estado en el contexto actual, es decir, es la primera vez que lo visita, por lo tanto, debemos agregar una nueva relación entre el contexto y el perfil de usuario, en la Figura 26 se muestra un diagrama de esta tarea.

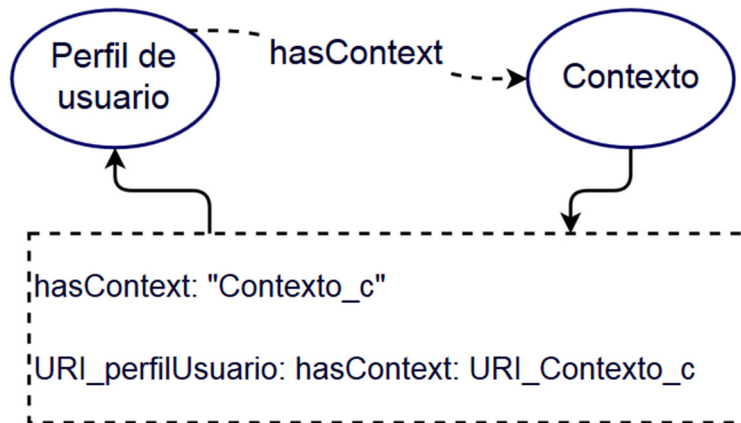


Figura 26. Creación de una nueva relación *hasContext*.

De esta manera, se agrega nueva información al modelo del perfil de usuario enriqueciendo la información que lo está conceptualizando. Esta acción se realiza en cada caso en donde el usuario no tenga registrado el contexto actual. Para posteriores visitas no será necesario crear una nueva relación, sino simplemente actualizar el parámetro última fecha de visita.

4.9 Despedida

En esta etapa se representa el fin de la interacción entre el usuario y el contexto. Una vez que el usuario abandona el contexto actual, debemos representar lo siguiente: el usuario debe “quedarse” con información de esta visita, así como el contexto también debe guardar la visita del usuario. La información mínima que debe guardar el perfil de usuario es el registro de la visita al contexto, adicionalmente se pueden registrar los gustos que tuvo el usuario hacia el lugar, y de igual importancia los disgustos. La idea general de esta metodología es la de generar automáticamente los perfiles de usuario con base en la experiencia diaria del usuario y por lo tanto con la interacción que tiene con sus contextos. La mayoría de los trabajos relacionados consideran únicamente las preferencias positivas del usuario, dejando en segundo plano las preferencias negativas. A pesar de que tienen igual importancia en la modelación de un perfil de usuario,

debido a que la información acerca de lo que no le agrada al usuario es de vital importancia para una posterior toma de decisiones (ver Figura 27).

En la ontología del perfil de usuario, se generan las relaciones del tipo estuvoEn, tienePreferencia, agregaContexto, agregaRolContexto, actualizaRolContexto.

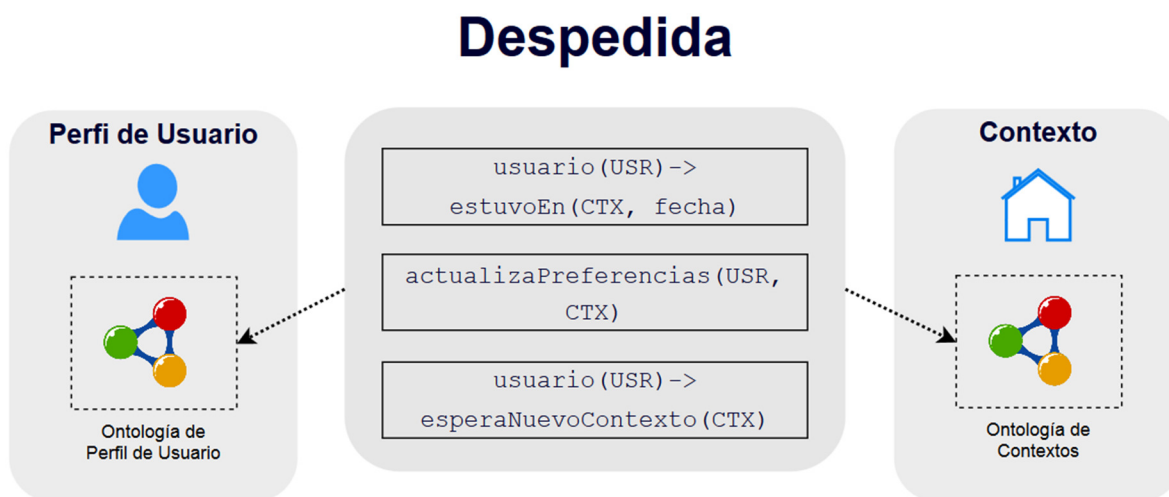


Figura 27. Etapa de Despedida.

En el siguiente capítulo se presentan los experimentos realizados con la implementación de la metodología propuesta, además de los resultados obtenidos durante cada experimento.

5. Pruebas y resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos con la implementación de la metodología propuesta. Como caso de estudio se definen contextos del tipo Lugar, como se presentó anteriormente, se tomó como base la clasificación del CENAPRED para los inmuebles de acuerdo al uso o propósito que tengan. De esta manera consideramos lugares como restaurantes, escuelas y sucursal bancaria para el desarrollo de los experimentos presentados en esta sección. Cabe mencionar que la metodología permite modelar contextos como Actividades y Personas.

Como primer paso se implementaron las ontologías mediante la metodología *NeOn*⁸ utilizando el escenario 2 para generar desde el principio la ontología perfil de usuario, contextos y roles de usuario. El escenario 2 menciona la reutilización de recursos ontológicos, en nuestro caso es la ontología *GeoSPARQL*⁹, la cual utilizamos para vincular la ubicación del lugar (contexto) con una entidad geográfico tipo punto. Los recursos no ontológicos utilizados fueron los tomados de manuales del CENAPRED para la clasificación de lugares de acuerdo al uso del inmueble en donde están presentes.

⁸ <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/es/methodologies/59-neon-methodology>

⁹ https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47664

5.1 Ontología Perfil de Usuario

Como parte de los experimentos, primero se realiza la implementación de la ontología que conceptualiza a los perfiles de usuarios. Las clases y propiedades de las clases de la ontología perfil de usuario se muestran la Tabla 22.

Tabla 22. Clases y propiedades de la ontología perfil de usuario.

Clase	Propiedad
DatosPersonales	IdPerfil Nombre Apellidos Nacionalidad FechaNacimiento
DatosAcademicos	NivelEstudios
DatosProfesionales	NombreOcupacion

En la Figura 28 se muestra un fragmento de la ontología perfil de usuario.

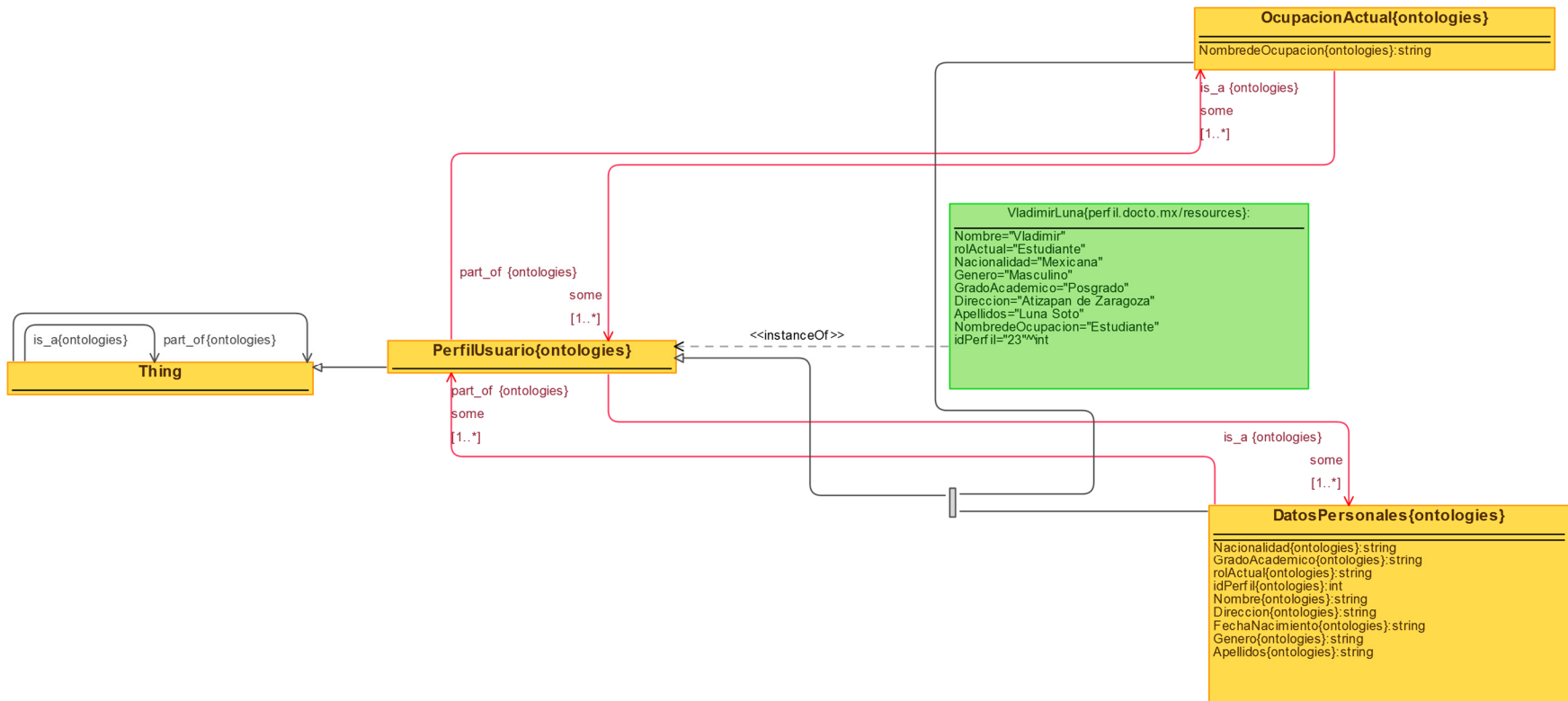


Figura 28. Fragmento de la ontología Perfil de Usuario.

5.1.1 Ontología Contextos

La ontología contextos tiene conceptualizados los tipos de lugares de acuerdo a la clasificación de inmuebles. En la tabla 23 se muestran las clases y propiedades de la ontología contextos y en la Figura 29 se muestra el diagrama de la ontología Contexto.

Tabla 23. Clases y propiedades de la ontología contextos.

Clase	Propiedad
Habitacional	IdLugar Dirección Horario Descripción TipoDeComida UltimaVisita Ubicación
Oficinas	
Educativo	
Salud	
Reunión	
Industrial	
Comunicaciones y transportes	
Exterior	
Medios de Transporte	
Alimentos	

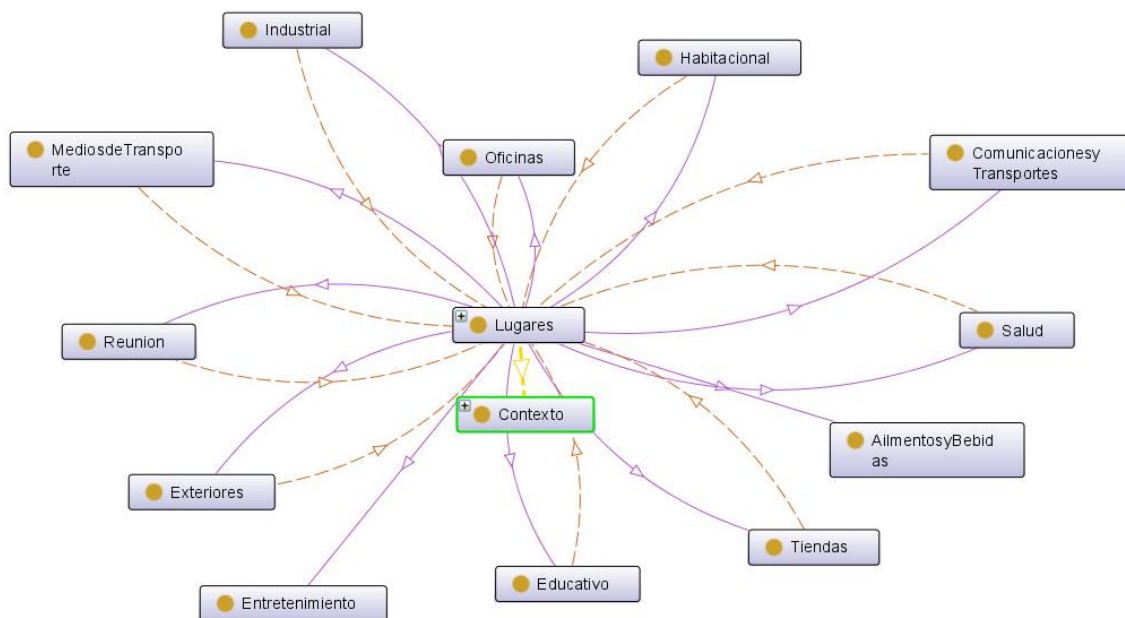


Figura 29. Ontología de Contextos.

5.1.2 Ontología Roles de usuario

La ontología roles de usuario tiene conceptualizados los tipos de roles de acuerdo a la clasificación de contextos. En la tabla 24 se muestran las clases y propiedades de la ontología roles de usuario y en la Figura 30 se muestra el diagrama de la ontología roles de usuario.

Tabla 24. Clases y propiedades de la ontología roles de usuario.

Clase	Propiedad
Aeropuerto	IdRol isPartOf
Centro Social	
Comercial	
DeServicios	
Educacionales	
Gobierno	
Habitacionales	
Industriales	
Oficina	
Radio y Televisión	
Restaurante	
Salud y Social	
Templo Religioso	
Terminal de Pasajeros	
Transporte de Pasajeros	
Vehicular	
Vía Pública	

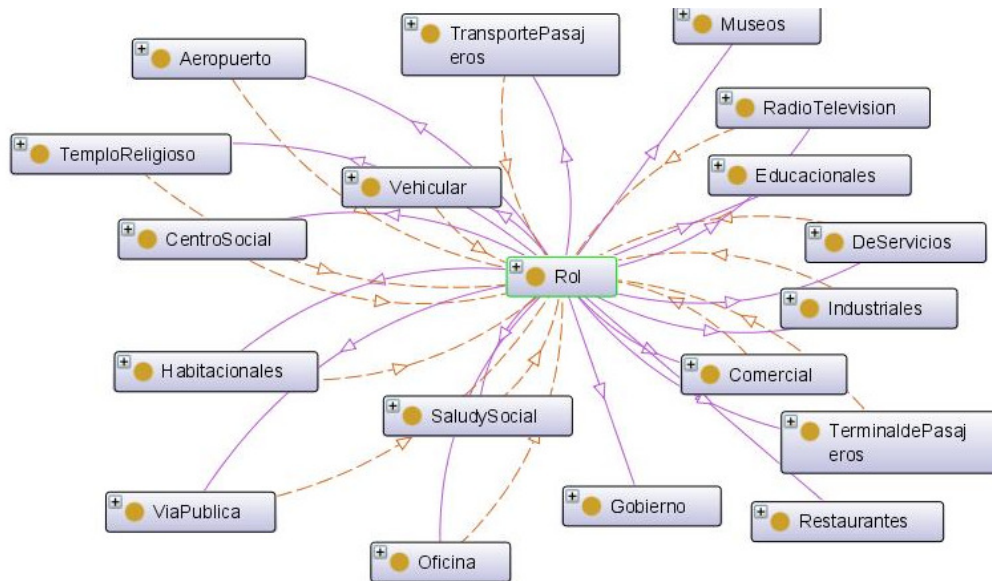


Figura 30. Ontología de roles.

5.1.3 Diseño de la Red de ontologías

La red de ontologías se diseña a partir de las URIs de cada ontología. Esta red es formada por la ontología del perfil de usuario, la ontología de contextos y la ontología de roles de usuario. En la Tabla 25 se presentan las URIs correspondientes a cada ontología.

Tabla 25. URIs de las ontologías.

ontología	URI
Perfil de Usuario	http://perfil.docto.mx/resources/
Contexto	http://location.docto.mx/resources/
Roles de Usuario	http://roles.docto.mx/resources/
Red de ontologías	http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/

La definición de la red de las ontologías en OWL se muestra a continuación:

```
<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY j.1 "http://www.opengis.net/ont/sf#" >
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY geo "http://location.docto.mx/resource/geometry/" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <!ENTITY ontologies "http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/" >
  <!ENTITY ontologies2 "http://perfil.docto.mx/ontologies/" >
  <!ENTITY ontologies3 "http://location.docto.mx/ontologies/" >
  <!ENTITY geosparql "http://www.opengis.net/ont/geosparql#" >
] >

<rdf:RDF xmlns="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#"
  xmlns:base="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies"
  xmlns:geosparql="http://www.opengis.net/ont/geosparql#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:geo="http://location.docto.mx/resource/geometry/"
  xmlns:j.1="http://www.opengis.net/ont/sf#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:ontologies="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/"
  xmlns:ontologies2="http://perfil.docto.mx/ontologies/"
  xmlns:ontologies3="http://location.docto.mx/ontologies/"
  >
  <owl:Ontology rdf:about="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies">
    <owl:imports rdf:resource="http://location.docto.mx/ontologies"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://perfil.docto.mx/ontologies"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://roles.docto.mx/ontologies"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.opengis.net/ont/geosparql"/>
  </owl:Ontology>
```

Definimos las propiedades de la red de ontologías como:

```
<!-- http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/hasContext -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="&ontologies;hasContext">
  <rdfs:domain rdf:resource="&ontologies2;PerfilUsuario"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&ontologies;Contexto"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/hasRol -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="&ontologies;hasRol">
  <rdfs:domain rdf:resource="&ontologies3;Lugares"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://roles.docto.mx/ontologies/Rol"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/has_Lugar -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="&ontologies;has_Lugar">
  <rdfs:domain rdf:resource="&ontologies3;Lugares"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&ontologies;Contexto"/>
</owl:ObjectProperty>

<!-- http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/hasrolContexto -->

<owl:ObjectProperty rdf:about="&ontologies;hasrolContexto">
  <rdfs:range rdf:resource="&ontologies;Contexto"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://roles.docto.mx/ontologies/Rol"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Teniendo esto, definimos una instancia de contexto de la forma:

```
<!-- http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#contexto2 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#contexto2">
  <rdf:type rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/Contexto"/>
  <ontologies:UltimaVisita
    rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">03 de Junio de
    2016</ontologies:UltimaVisita>
  <ontologies:has_Lugar
    rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#Centro_de_Investigacion
    _en_Computacion"/>
  <ontologies:hasrolContexto
    rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#Estudiante"/>
</owl:NamedIndividual>
```

En este ejemplo se agregó una instancia contexto2 que tiene como lugar al “Centro de Investigación en Computación”.

Después, podemos incluir una instancia de perfil de usuario, de la forma:

```
<!-- http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#VladimirLuna -->
<owl:NamedIndividual
rdf:about="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#VladimirLuna">
    <rdf:type rdf:resource="&ontologies2;PerfilUsuario"/>
    <ontologies:UltimaVisita
rdf:datatype="&xsd:string">03/06/2016</ontologies:UltimaVisita>
    <ontologies2:idPerfil rdf:datatype="&xsd:string">23</ontologies2:idPerfil>
    <ontologies2:FechaNacimiento
rdf:datatype="&xsd:string">23/03/1986</ontologies2:FechaNacimiento>
    <ontologies3:Direccion rdf:datatype="&xsd:string">Alcázar del Almirante 3 Col.
Castillo Grande. GAM</ontologies3:Direccion>
    <ontologies3:Nombre rdf:datatype="&xsd:string">Carlos
Vladimir</ontologies3:Nombre>
    <ontologies2:NombredOcupacion
rdf:datatype="&xsd:string">Estudiante</ontologies2:NombredOcupacion>
    <ontologies2:Apellidos rdf:datatype="&xsd:string">Luna
Soto</ontologies2:Apellidos>
    <ontologies2:Nacionalidad
rdf:datatype="&xsd:string">Mexicana</ontologies2:Nacionalidad>
    <ontologies:hasContext
rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#contexto2"/>
</owl:NamedIndividual>
```

En la Figura 31 se muestra el diagrama de la red de ontologías.

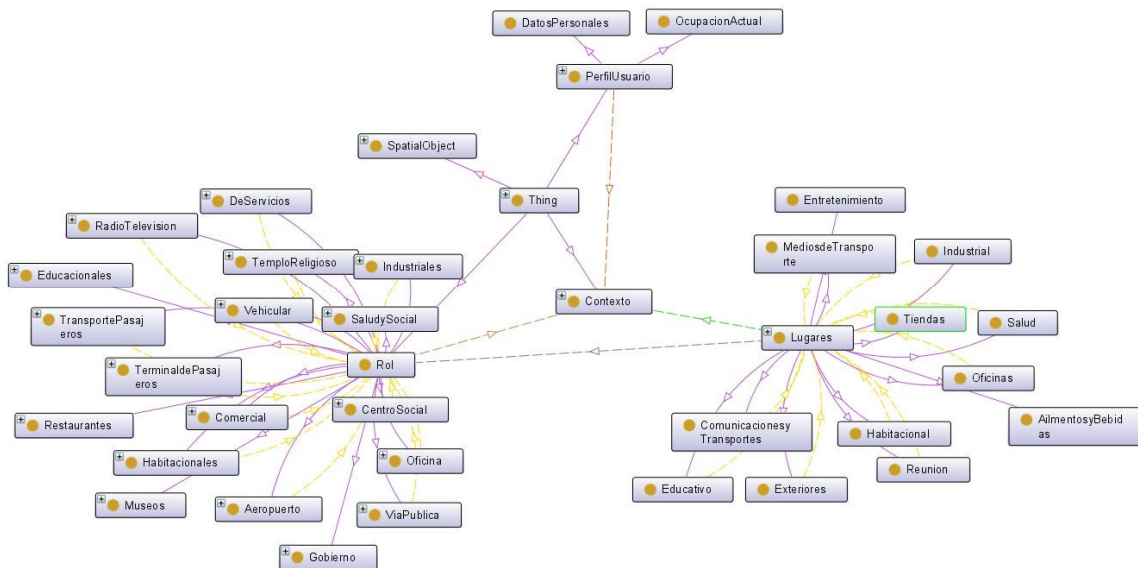


Figura 31. Red de ontologías, Perfil de Usuario y Contexto.

5.2 Construcción del SPARQL EndPoint

Como se mencionó en el marco teórico, SPARQL es un lenguaje de consultas para *RDF*, así como un protocolo con especificaciones para realizar consultas remotas, y un *endPoint* permite crear un mecanismo de almacenamiento optimizado específicamente para las necesidades de la Web semántica. En otras palabras, este *endpoint* sirve como nuestro repositorio de nuestra red de ontologías, en él podemos realizar las consultas no sólo para visualizar características de los modelos realizados acerca del perfil de usuario o el contexto, sino también podemos realizar actualizaciones e inserciones de nueva información. Todo esto a través del *endpoint*. En la Figura 32 podemos ver un fragmento de la interfaz de nuestro *endpoint* con la red de ontologías previamente agregada.

The screenshot shows the 'Explore Repository' interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Operations', 'Query', 'Explore', 'SPARQL/Update', 'Insert Data', 'Export', 'Indexes', and 'Admin'. Below this, the main content area displays the following sections:

- Showing statements for: urn:x-arg:DefaultGraph**
 - Use resource labels in overview
- Statements with this value as subject:**

graph	subject	predicate	object
http://parliament.semwebcentral.org/parliament#MasterGraph	-	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://parliament.semwebcentral.org/parliament#IndexedGraph
- Statements with this value as predicate:**

graph	subject	predicate	object
-- no statements found --			
- Statements with this value as object:**

graph	subject	predicate	object
-- no statements found --			
- Statements in this graph:**

subject	predicate	object
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#Ontology
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#comment	" GUMO, the General User Model (and Context) Ontology defines clas
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://purl.org/dc/elements/1.1/title	" GUMO, the General User Model Ontology in OWL "
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://purl.org/dc/elements/1.1/creator	"Dominik Heckmann"
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#comment	" This ontology is based on tutorials from Anthony Jameson and Jon
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://purl.org/dc/terms/hasVersion	"2.0"
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://purl.org/dc/elements/1.1/date	" 09.11.2006 "
http://orbiscontext.vlad.mx/1.0/	http://purl.org/dc/elements/1.1/publisher	"German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI GmbH)"
http://purl.org/dc/elements/1.1/creator	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#AnnotationProperty
http://purl.org/dc/elements/1.1/date	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#AnnotationProperty
http://purl.org/dc/elements/1.1/title	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#AnnotationProperty
http://purl.org/dc/terms/hasVersion	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#AnnotationProperty
http://ubisworld.org/documents/ubis.rdf#WordNet	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#AnnotationProperty
http://ubisworld.org/documents/ubis.rdf#category	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#AnnotationProperty

Figura 32. Fragmento de las sentencias cargadas en el *EndPoint*.

5.3 Implementación del sistema ORBIS

Se desarrolló una aplicación Web llamada ORBIS con la cual realizamos los experimentos para probar la metodología propuesta en este trabajo. Antes de realizar los experimentos, necesitamos información inicial acerca de los usuarios y los contextos, a través de ORBIS podemos registrar nuevos usuarios y nuevos contextos, así como los roles de usuario junto con las características que definen a cada usuario y a cada contexto. ORBIS permite también, visualizar toda la información generada a través de los experimentos y de esta manera, tener una visualización sencilla y cómoda de todo el proceso de la metodología descrita en este trabajo.

5.3.1 Registro de nuevos usuarios

Para registrar nuevos usuarios debemos definir las consultas en SPARQL para registrar los datos básicos del usuario, esto es la consulta que agregue una nueva instancia en el perfil de usuario. En la Figura 33 se muestra el diagrama general de esta etapa.

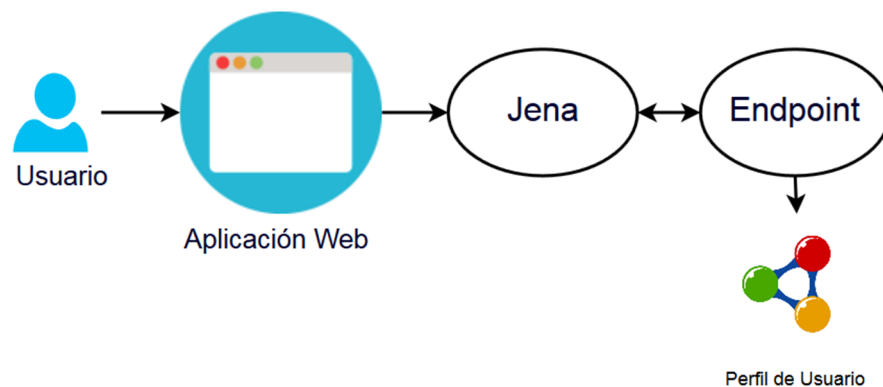


Figura 33. Registro de un nuevo usuario.

Como podemos ver, nos auxiliamos de *Jena*¹⁰ para establecer la comunicación entre nuestra aplicación Web y nuestro *endpoint*. *Jena* es un *framework* para aplicaciones *Java* de código libre para la creación de aplicaciones Web semánticas y *LinkedData*.

En la Figura 34 se muestra la interfaz inicial de *ORBIS*. En primer lugar, tenemos un control de acceso para usuarios ya registrados, pero también tenemos la opción de registrar a uno nuevo, así como la opción de ver los contextos creados y sus roles asociados.

¹⁰ <https://jena.apache.org/>

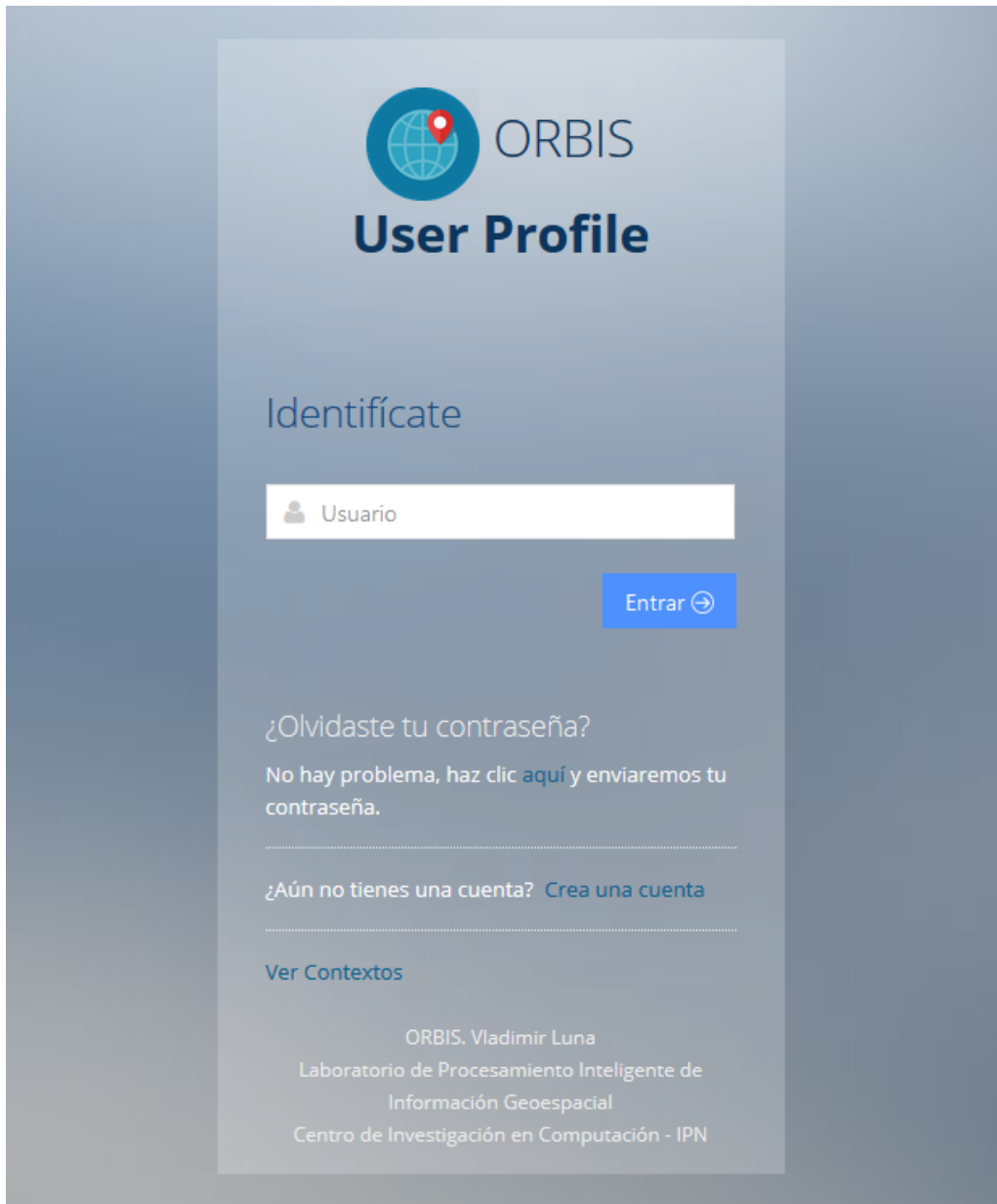



Figura 34. Pantalla inicial de ORBIS.

En la sección para registrar un nuevo usuario nos muestra una interfaz como la mostrada en la Figura 35 donde muestra un formulario para capturar la información básica de una persona, como es su nombre, dirección, además de un usuario y contraseña. Estos últimos datos le permitirán ingresar a través de la pantalla inicial de ORBIS.



ORBIS

User Profile

Registro

Ingresa tus datos personales:

Ingresa los detalles de tu cuenta de acceso:

Acepto los [Términos](#) y la [Política de Privacidad](#)

ORBIS, Vladimir Luna
Laboratorio de Procesamiento Inteligente de
Información Geoespacial
Centro de Investigación en Computación - IPN

Figura 35. Formulario para el registro de un nuevo usuario

A continuación, se muestra el código utilizado para realizar la consulta.

```
String dataproperties = "http://orbissystem.vlad.mx/2.0/#";
String instancia = "http://orbissystem.vlad.mx/2.0/resource/";

Model = ModelFactory.createDefaultModel();
model.setNsPrefix("propiedades", dataproperties);
model.setNsPrefix("instancia", instancia);

Resource nodo;
Property Nombre = model.createProperty(dataproperties, "FullName");
Property Pais = model.createProperty(dataproperties, "Country");
Property City = model.createProperty(dataproperties, "City");
Property Street = model.createProperty(dataproperties, "Street");
Property Email = model.createProperty(dataproperties, "Email");

Literal _Nombre = model.createLiteral(nombrecompleto, "es");
Literal _Pais = model.createLiteral(pais, "es");
Literal _City = model.createLiteral(ciudad, "es");
Literal _Street = model.createLiteral(direccion, "es");
Literal _Email = model.createLiteral(email, "es");

nodo = model.createResource(instancia + nombrecompleto);

nodo.addLiteral(Nombre, _Nombre);
nodo.addLiteral(Pais, _Pais);
nodo.addLiteral(City, _City);
nodo.addLiteral(Pais, _Pais);
nodo.addLiteral(Street, _Street);
nodo.addLiteral(Email, _Email);

try {
    FileOutputStream fout = new FileOutputStream(
        "D:\\\" + nombrecompleto + ".rdf");
    model.write(fout);
} catch (IOException e) {
    System.out.println("Exception caught" + e.getMessage());
}

model.write(System.out);

String queryString = "";
queryString = "PREFIX afn: <http://jena.hpl.hp.com/ARQ/function#>"
    + "PREFIX fn: <http://www.w3.org/2005/xpath-functions#>"
    + "PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>"
    + "PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>"
    + "PREFIX gml: <http://www.opengis.net/ont/gml#>"
    + "PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>"
    + "PREFIX par: <http://parliament.semwebcentral.org/parliament#>"
    + "PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>"
    + "PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>"
    + "PREFIX sf: <http://www.opengis.net/ont/sf#>"
    + "PREFIX time: <http://www.w3.org/2006/time#>"
    + "PREFIX units: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>"
    + "PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>"
    + "LOAD <file:///D://\" + nombrecompleto + ".rdf> INTO GRAPH <urn:x-
arq:DefaultGraph>";

UpdateRequest update = UpdateFactory.create(queryString);
UpdateProcessor processor = UpdateExecutionFactory.createRemote(update,
"http://192.168.1.106:8089/parliament/sparql");
```

processor.execute();

5.4 Experimentos

A continuación, se presentan dos experimentos que se realizaron con dos perfiles de usuario y dos distintos contextos. Los perfiles corresponden a los usuarios “Lalo López”, “Teresa Garrido” y “Leonel Maldonado”. Los dos contextos son: 1) el sitio Web de una escuela: “Centro de Investigación en Computación”; y 2) el sitio Web de un banco. En la Tabla 26 se muestran las características de los dos perfiles de usuario.

Tabla 26. Descripción de los perfiles de usuario.

Instancia de perfil de usuario	“Lalo López”	“Teresa Garrido”	“Leonel Maldonado”
Nombre	Lalo	Teresa	Leonel
Apellidos	López	Garrido	Maldonado
Género	Masculino	Femenino	Masculino
Estuvo en	<ul style="list-style-type: none"> - Sitio Web del Centro de Investigación en Computación (03/06/2016) - Sitio Web del Banco (04/06/2016) - Sitio Web de la Oficina de Tesorería de la CDMX (05/06/2016) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sitio Web del Banco (05/06/2016). 	<ul style="list-style-type: none"> - Sitio Web del Centro de Investigación en Computación (15/06/2016)

En la Tabla 27 se presentan las características de los cuatro contextos.

Tabla 27. Descripción de los contextos.

Instancia de Contexto	Tipo de Contexto	Roles	Reglas
“Sitio Web del Centro de Investigación en Computación”	Educativo	Director: Luis Villa Investigador: Marco Moreno Investigador: Rolando Quintero Investigador: Miguel Torres	Si Rol = Director entonces accesoTotal Si Rol = Investigador o Estudiante entonces acceso(aulas, laboratorios, cubículos) En cualquier otro caso Rol=Visitante

		Estudiante: María Fernández Estudiante: Lalo López	
“Sitio Web de un Banco”	Oficina	Gerente: Mario Morales Cajero: Hugo Ayala Cajero: María Solar Derechohabiente: Luis Camargo Derechohabiente: Nadia Camacho Derechohabiente: Carlos Rivas	Si Rol=Derechohabiente entonces acceso(Caja, Ejecutivo) Restricción(bóveda) En cualquier otro caso: Rol=Visitante
“Sitio Web de la Tesorería de la CDMX”	Gobierno	Director: “Juan Oropeza” Jefe: “Francisco Guerrero” Coordinador: “David Placencia” Fiscal: “Teresa Garrido”	Si Rol=Director o Subdirector entonces acceso(oficinas) En cualquier otro caso: Rol=Ciudadano

5.4.1 Experimento 1

Nuestro primer experimento es con la interacción del usuario “Lalo López” con el contexto “Sitio Web del Centro de Investigación en Computación”. Vamos a modelar la interacción de “Lalo López” con una porción de sus contextos habituales. Vamos a modelar la interacción del usuario con el sitio Web de una escuela, el Centro de Investigación en Computación y posteriormente la interacción con el sitio Web de un banco. Algo como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Fragmento de los contextos y roles de “Lalo López”.

Como se muestra en la figura anterior, no sabemos el rol de “Lalo” en el sitio Web de la escuela. Por lo tanto, en el momento en el que “Lalo López” entra al contexto Escuela, la metodología propuesta debe responder a las preguntas “¿Había estado antes Lalo López en el sitio Web del Centro de Investigación en Computación?”. La respuesta a esta primera pregunta nos hará saber si es la primera vez que Lalo López visita el portal del CIC (ver Figura 37). En caso afirmativo, este usuario puede ser estudiante, profesor, investigador, empleado, o cualquier tipo de personal en este contexto.

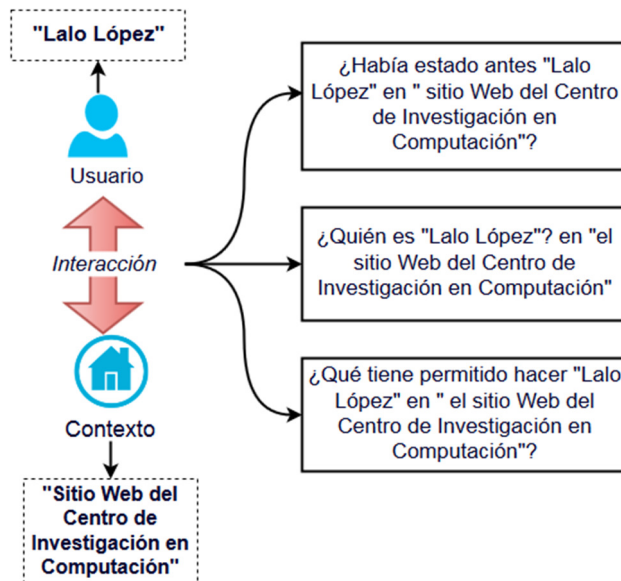


Figura 37. Experimento 1.

La consulta para saber si “Lalo López” ya había estado en este contexto es la siguiente:

```

PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX gml: <http://www.opengis.net/ont/gml#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX par: <http://parliament.semwebcentral.org/parliament#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sf: <http://www.opengis.net/ont/sf#>
PREFIX time: <http://www.w3.org/2006/time#>
PREFIX units: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>
PREFIX xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX perfil: <http://perfil.docto.mx/resources/>
PREFIX lugar: <http://location.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/>
PREFIX rperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/>
PREFIX rrperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#>
PREFIX rol: <http://roles.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://perfil.docto.mx/resources/>

SELECT DISTINCT
*

WHERE {
    perfil:Lalo_Lopez rperfil:hasContext ?contextos.
    ?contextos ?p lugar:SWeb_Centro_de_Investigacion_en_Computacion.
}

```

El resultado de la consulta 1 se puede observar en la Tabla 28:

Tabla 28. Resultado de la consulta 1.

Contextos	Predicado
http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/ contexto2	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/ has_Lugar

Esto quiere decir que “Lalo López” tiene la propiedad **hasLugar** con la instancia **contexto2**. La instancia **contexto2** está ubicada en <http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/contexto2>, en las Figura 38 y 39 se puede observar el detalle de la instancia.

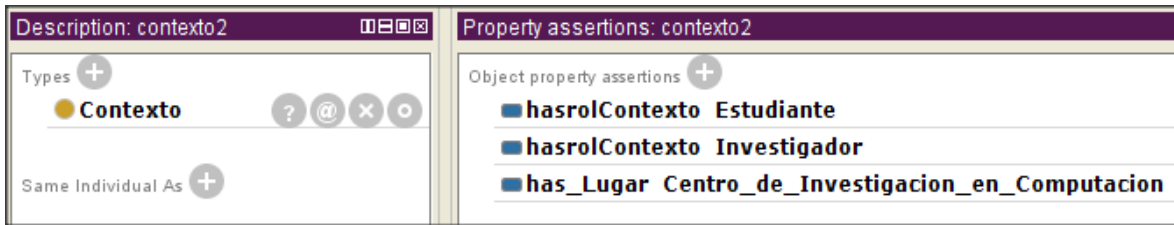


Figura 38. Captura de la instancia contexto2.

graph	subject	predicate	object
Default Graph	-	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/hasrolContexto	http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/Investigador
	-	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://roles.docto.mx/ontologies/Rol
	-	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/hasrolContexto	http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/Estudiante
	-	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature
	-	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://location.docto.mx/ontologies/Lugares
	-	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/has_Lugar	http://location.docto.mx/resources/Centro_de_Investigacion_en_Computacion
	-	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/UltimaVisita	"03 de Junio de 2016"
	-	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual
	-	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/Contexto

Figura 39. Instancia contexto2 desde el *EndPoint*.

Como se puede observar, la instancia **contexto2** hace referencia al “sitio Web del Centro de Investigación en Computación”. El resultado de esta consulta nos indica que en el perfil de “Lalo López” tiene una relación con “sitio Web del Centro de Investigación en Computación”. El siguiente paso es responder a la pregunta “¿Qué rol tiene Lalo López en sitio Web del CIC?”. Para esto, ejecutamos la siguiente consulta:

```

PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX gml: <http://www.opengis.net/ont/gml#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX par: <http://parliament.semwebcentral.org/parliament#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sf: <http://www.opengis.net/ont/sf#>
PREFIX time: <http://www.w3.org/2006/time#>
PREFIX units: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>
PREFIX xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX perfil: <http://perfil.docto.mx/resources/>
PREFIX lugar: <http://location.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/>
PREFIX rperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/>
PREFIX rrperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#>
PREFIX rol: <http://roles.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://perfil.docto.mx/resources/>

SELECT DISTINCT
*
WHERE {
  perfil:Lalo_Lopez rperfil:hasContext ?contextos.
  ?contextos ?p lugar:Centro_de_Investigacion_en_Computacion.
  ?contextos rperfil:hasrolContexto ?rol.
}

```

Esta consulta devuelve el rol de un usuario en determinado contexto, en este caso el rol del usuario “Lalo López” en el contexto “sitio Web del Centro de Investigación en Computación”. La consulta da como resultado el Rol de usuario **Estudiante** (ver Figura 40). De esta manera ya podemos responder a la pregunta anterior: “¿Qué rol tiene Lalo López en portal CIC?”, “Lalo López es estudiante en portal Web CIC”.

SPARQLer Query Results		
Home Operations: Query Explore SPARQL/Update Insert Data Export Indexes		
Admin		
Count: 1		
contextos	p	rol
http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/contexto2	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/has_Lugar	http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/Estudiante

Figura 40. Resultado de la consulta 1.

En el perfil de usuario de “Lalo López” es actualizada la relación *hasRolContexto*, cambiando de *hasRolContexto(Transeúnte)* a *hasRolContexto(Estudiante)*.

```
<ontologies:hasrolContexto
rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/Estudiante"/>
```

Posteriormente, aplican las reglas del contexto de acuerdo al tipo de rol de usuario. De acuerdo a lo presentado en la Tabla 11, las reglas del contexto “sitio Web Centro de Investigación en Computación” son:

Si Rol = Estudiante entonces

```
tieneAcceso(inscripciones, consulta_calificaciones,
solicitud_materias)
accesoRestringido(modificar_calificacion, asignaciones_alumnos)
```

5.4.2 Experimento 2

Ahora, siguiendo con el experimento anterior, supongamos que el usuario “Lalo López” desea realizar alguna consulta de su estado de cuenta bancario. Cuando este usuario ingresó al sitio web de la escuela, el rol que desempeñó fue el de Estudiante, en el portal del banco ya no. Como mencionamos anteriormente, los roles de usuario los define el contexto de acuerdo al personal que ahí trabaje, conviva o interactúe. En un contexto Sitio Web de un Banco, los roles de usuario

generalmente son: Derechohabiente (Cliente), Gerente, Ejecutivo de cuenta, entre otros, y el rol por omisión sería el de visitante.

De igual manera que el experimento 1, tenemos que saber si “Lalo López” tiene registro en su perfil del contexto sitio web de un banco (ver Figura 41).

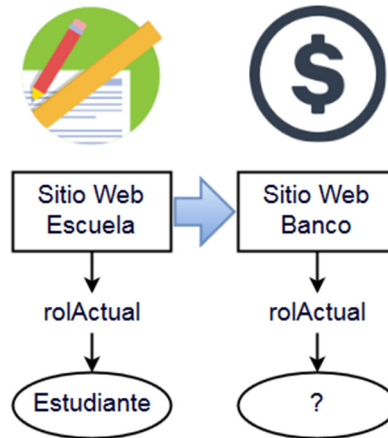


Figura 41. Roles y contextos de “Lalo López”.

Cuando el usuario cambia de contexto, en este caso ingresa al portal Web de su banco, primero debemos responder a la pregunta: “¿Había estado antes Lalo López en el sitio Web del Banco?”. Ver Figura 42.

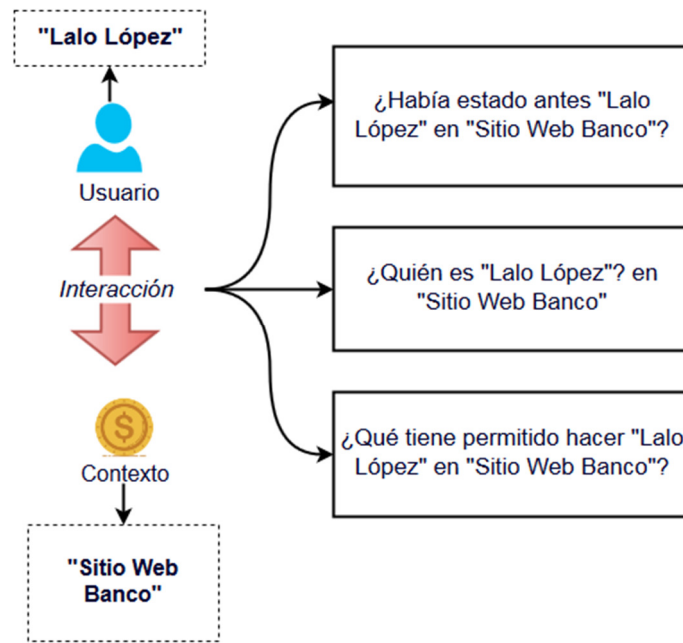


Figura 42. Experimento 2.

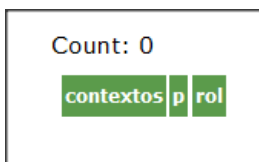
La consulta para poder responder a la primera pregunta se muestra a continuación:

```
PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX gml: <http://www.opengis.net/ont/gml#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX par: <http://parliament.semwebcentral.org/parliament#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sf: <http://www.opengis.net/ont/sf#>
PREFIX time: <http://www.w3.org/2006/time#>
PREFIX units: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>
PREFIX xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX perfil: <http://perfil.docto.mx/resources/>
PREFIX lugar: <http://location.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/>
PREFIX rperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/>
PREFIX rrperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#>
PREFIX rol: <http://roles.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://perfil.docto.mx/resources/>

SELECT DISTINCT
*

WHERE {
  perfil:Lalo_Lopez rperfil:hasContext ?contextos.
  ?contextos ?p lugar:Sitio_Web_Banco.
  ?contextos rperfil:hasrolContexto ?rol.
}
```

Esta consulta devuelve como resultado:



Lo que indica que “Lalo López”, al presentarse con el contexto Sitio Web Banco, su rol es el de **Derecho habiente**, es decir, este usuario es cliente de esta institución bancaria.

En el perfil de usuario de “Lalo López”, a diferencia del anterior experimento donde sólo se actualizó la relación *hasRolContexto*, en este caso se genera una nueva relación **hasContext** entre el perfil de usuario y este contexto “nuevo” para el usuario. Quedando de la forma:

```

<!-- http://perfil.docto.mx/resources/Lalo_Lopez -->
    <owl:NamedIndividual
rdf:about="http://perfil.docto.mx/resources/Lalo_Lopez">
    <rdf:type rdf:resource="&ontologies2;PerfilUsuario"/>
    <ontologies2:FechaNacimiento
rdf:datatype="&xsd:string">25/09/1985</ontologies2:FechaNacimiento>
    <ontologies3:Direccion rdf:datatype="&xsd:string">Av. Palmas
512</ontologies3:Direccion>
    <Matricula rdf:datatype="&xsd:string">B120500</Matricula>
    <rolActual rdf:datatype="&xsd:string">Estudiante</rolActual>
    <ontologies3:Nombre rdf:datatype="&xsd:string">Lalo</ontologies3:Nombre>
    <GradoAcademico rdf:datatype="&xsd:string">Licenciatura</GradoAcademico>
    <ontologies2:Apellidos
rdf:datatype="&xsd:string">López</ontologies2:Apellidos>
    <ontologies2:Genero
rdf:datatype="&xsd:string">Masculino</ontologies2:Genero>
    <ontologies2:Nacionalidad
rdf:datatype="&xsd:string">Mexicana</ontologies2:Nacionalidad>
    <ontologies:hasContext
rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/contexto4"/>
    </owl:NamedIndividual>

```

Donde **contexto4** es el sitio Web del Banco. Posteriormente, aplican las reglas del contexto de acuerdo al tipo de rol de usuario. De acuerdo a lo presentado en la Tabla 11, las reglas del contexto “Sitio Web Banco” son:

```

Si Rol=Derechohabiente entonces {
    acceso(Consulta_Saldo, Consulta_Estado_de_Cuenta,
    Solicitud_Crédito)
    Restricción(incremento_saldo, modificación_saldo)
}
Si Rol=Visitante{
    acceso(Consulta_información_general)
    Restricción(Consulta_Saldo, Consulta_Estado_de_Cuenta,
    Solicitud_Crédito)
}

```

5.4.3 Experimento 3

El experimento 3 corresponde a la interacción del usuario “Teresa Garrido” con el contexto “Sitio Web del Centro de Investigación en Computación” (el mismo que utilizó el usuario “Lalo López” para solicitar una reinscripción). Vamos a modelar la interacción de “Teresa Garrido” con una porción de sus contextos habituales, específicamente vamos a suponer que “Teresa Garrido” trabaja como encargada

del Departamento de Trámites Escolares del Centro de Investigación en Computación. Algo como se muestra en la Figura 43.



Figura 43. Roles y contextos de "Teresa Garrido".

Como en el experimento anterior, primero debemos responder a las preguntas: "¿Había estado antes Teresa Garrido en el sitio Web del CIC?" y "¿Quién es Teresa Garrido en el portal Web del CIC?". Ver Figura 44.

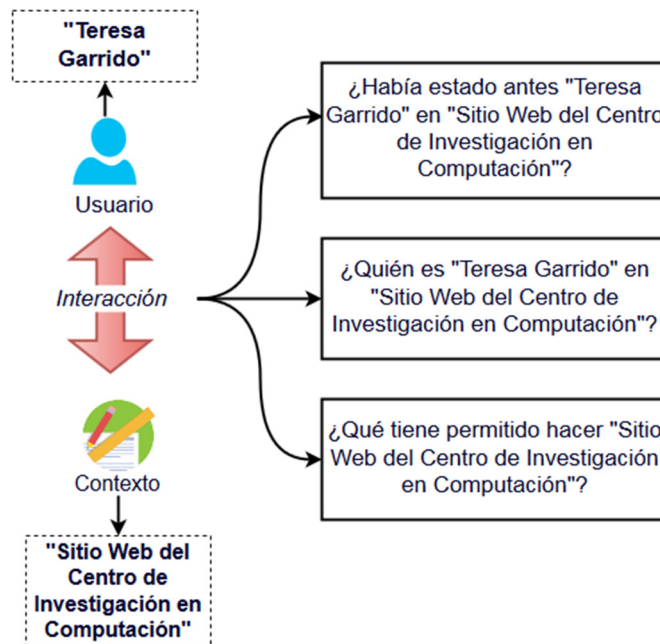


Figura 44. Experimento 3.

La consulta para poder responder a estas preguntas se muestra a continuación:

```

PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX gml: <http://www.opengis.net/ont/gml#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX par: <http://parliament.semwebcentral.org/parliament#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sf: <http://www.opengis.net/ont/sf#>
PREFIX time: <http://www.w3.org/2006/time#>
PREFIX units: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>
PREFIX xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX perfil: <http://perfil.docto.mx/resources/>
PREFIX lugar: <http://location.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/>
PREFIX rperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/>
PREFIX rrperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#>
PREFIX rol: <http://roles.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://perfil.docto.mx/resources/>

SELECT DISTINCT
*

WHERE {
  perfil:Lalo_Lopez rperfil:hasContext ?contextos.
  ?contextos ?p lugar:SWeb_Centro_de_Investigacion_en_Computacion.
  ?contextos rperfil:hasrolContexto ?rol.
}

```

El resultado de esta consulta nos arroja que el tipo de rol es el de Propietario, es decir “Teresa Garrido” es trabajadora en el Centro de Investigación en Computación.

contextos	p	rol
http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/contexto5	http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/has_Lugar	http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/Propietario

A continuación, se aplican las reglas del contexto vehículo particular presentadas en la Tabla 11.

Si Rol=Trabajador_DTE:
 Acceso(asignar_alumnos, modificar_información_personal_alumnos)

En cualquier otro caso:
 Rol=Visitante

Lo que queremos representar a través de este experimento es que un usuario puede tener privilegios en determinado contexto, que otro usuario no tenga. En este ejemplo, el usuario “Teresa Garrido” en el contexto sitio Web del CIC tiene el

rol de Trabajador en el DTE, con sus respectivos privilegios, puede modificar cierta información de los alumnos, asignar materias, etc. El usuario "Lalo López" también ingresó al contexto "sitio Web del CIC", pero tiene distintos privilegios, en este caso, el usuario "Lalo López" no tiene permitido modificar su información, o asignar materias o modificar calificaciones.

5.4.4 Experimento 4

Finalmente, el usuario "Leonel Maldonado" ingresa al "sitio Web del Centro de Investigación en Computación", en este momento debemos responder a las preguntas: "¿Había estado antes Leonel Maldonado en Sitio Web del CIC?", y "¿Quién es Leonel Maldonado en el portal del CIC?". Ver Figura 45 y 46.

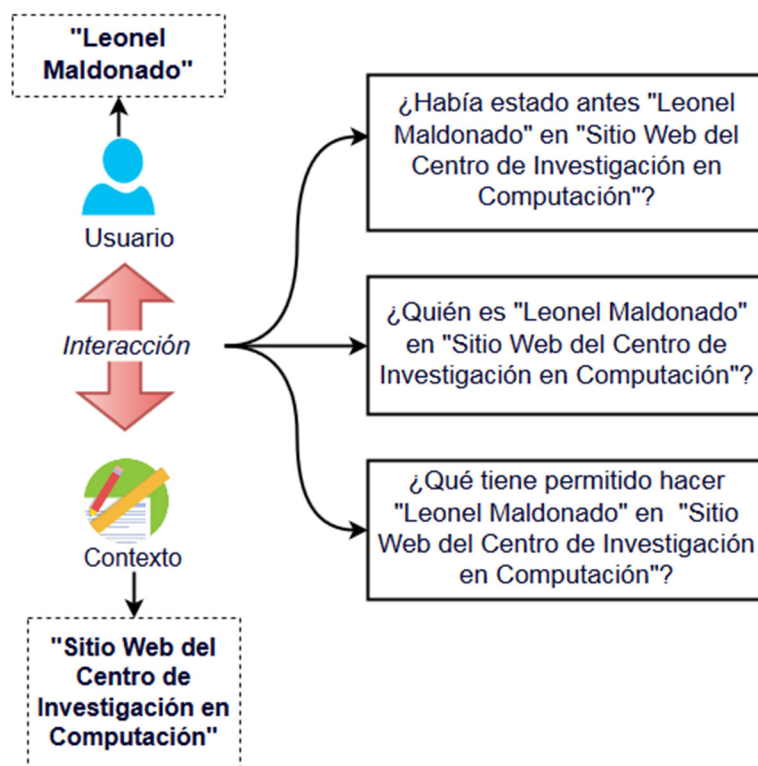


Figura 45. Experimento 4.

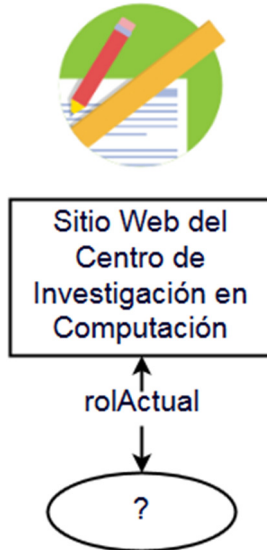


Figura 46. Roles y contextos de “Leonel Maldonado”.

Para poder responder a estas preguntas ejecutamos la siguiente consulta.

```

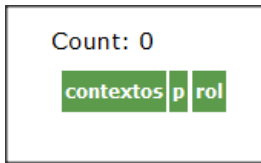
PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX gml: <http://www.opengis.net/ont/gml#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX par: <http://parliament.semwebcentral.org/parliament#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sf: <http://www.opengis.net/ont/sf#>
PREFIX time: <http://www.w3.org/2006/time#>
PREFIX units: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>
PREFIX xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX perfil: <http://perfil.docto.mx/resources/>
PREFIX lugar: <http://location.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/>
PREFIX rperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies/>
PREFIX rrperfil: <http://redPerfilContexto.docto.mx/ontologies#>
PREFIX rol: <http://roles.docto.mx/resources/>
PREFIX perfiles: <http://perfil.docto.mx/resources/>

SELECT DISTINCT
*

WHERE {
  perfil:Leonel Maldonado rperfil:hasContext ?contextos.
  ?contextos ?p lugar:Restaurante_Adetto.
  ?contextos rperfil:hasrolContexto ?rol.
}

```

Obteniendo como resultado:



Lo que indica que “Leonel Maldonado”, al presentarse con el contexto Sitio Web del CIC, su rol es el de **Profesor**, es decir, es encontrada una relación con el perfil de usuario y la lista de empleados de este lugar.

En el perfil de usuario de “Leonel Maldonado”, primero se actualiza la relación *hasRolContexto*, y se genera una nueva relación **hasContext** entre el perfil de usuario y este contexto “nuevo” para el usuario. Quedando de la forma:

```
<!-- http://perfil.docto.mx/resources/Teresa_Garrido -->
    <owl:NamedIndividual
rdf:about="http://perfil.docto.mx/resources/Leonel_Maldonado">
    <rdf:type rdf:resource="&ontologies2;PerfilUsuario"/>
    <ontologies2:Genero
rdf:datatype="&xsd:string">Masculino</ontologies2:Genero>
    <ontologies2:Apellidos
rdf:datatype="&xsd:string">Maldonado</ontologies2:Apellidos>
    <GradoAcademico rdf:datatype="&xsd:string">Licenciatura</GradoAcademico>
    <ontologies3:Nombre
rdf:datatype="&xsd:string">Leonel</ontologies3:Nombre>
    <ontologies:hasContext
rdf:resource="http://redPerfilContexto.docto.mx/resources/contexto6"/>
    </owl:NamedIndividual>
```

Donde **contexto6** es el sitio Web del CIC. Posteriormente, aplican las reglas del contexto de acuerdo al tipo de rol de usuario. De acuerdo a lo presentado en la Tabla 11, las reglas del contexto “Sitio Web del Centro de Investigación en Computación” son:

Si Rol=Profesor Entonces:

```
    Acceso(asignación_calificaciones, edición_calificaciones)
    Restricción(modificación_información_alumno, modificación_materias,
asignación_materias)
```


6. Conclusiones y trabajo futuro

En el presente trabajo de tesis hemos presentado una metodología para generar perfiles de usuario con base en ontologías con el propósito de modelar el proceso de interacción entre los usuarios y los contextos en los que se desenvuelve, de esta manera obtener los roles de cada usuario de acuerdo en los cambios de contexto. Dicha metodología consta de tres etapas: Saludo, Interacción y Despedida. Lo que se obtiene es un perfil que va generándose automáticamente de acuerdo a la experiencia diaria del usuario. Esta experiencia está basada en las actividades que realizamos, y las acciones que se pueden realizar en cada uno de los lugares que visitamos día con día.

La etapa de Saludo se generan mapeos para enlazar el perfil de usuario con el contexto, como primera acción se consulta el perfil de usuario con el objetivo de saber si existe algún registro del contexto actual en su perfil. De lo contrario, se establece una regla de asignación que representa el inicio de la interacción entre el usuario y el contexto.

La etapa de Interacción establece el rol que desempeña el usuario en el contexto actual, para obtener esto, se realizan consultas en las ontologías Lugares, Contextos y Roles, con la meta de recuperar el rol y una colección de las reglas aplicables al usuario que rigen las actividades que desempeña en el contexto.

En la etapa Despedida modela cuando el usuario “sale” del contexto actual, en esta fase se guarda la información sobre la interacción entre el usuario y el contexto. Esta información es guardada en las ontologías Perfil de usuario y Contextos. En la ontología Contextos, si es el primer registro del contexto en el perfil, se genera una nueva relación entre el perfil y el contexto, en otro caso se

actualiza la fecha de la última visita. En la ontología de perfiles de usuario se guarda, además del registro de la fecha de visita, las preferencias del usuario hacia el contexto.

Para realizar la representación del perfil de usuario y el contexto de los lugares nos apoyamos en la representación por medio de ontologías. Como parte del caso de estudio se desarrollaron cuatro ontologías: Perfil de usuario, Roles de usuario, Lugares y Contextos. La ontología Perfil de usuario conceptualiza las características del usuario, son agrupadas en características personales, académicas, profesionales. La ontología Roles de usuario modela los tipos de usuario que se desenvuelven en cada contexto, en esta ontología están conceptualizadas las reglas de cada rol de acuerdo al tipo de contexto. La ontología Lugares modela las características físicas e intrínsecas de los lugares. La ontología Contextos modela las relaciones entre el usuario, el lugar y el rol que obtiene.

Las cuatro ontologías desarrolladas son almacenadas en un *SPARQL Endpoint* para su consulta a través de la aplicación implementada en este trabajo. Las consultas al *SPARQL Endpoint* son realizadas utilizando el lenguaje *SPARQL*.

6.1 Logros

Haciendo un resumen de los logros que se han obtenido con el desarrollo de este trabajo, podemos puntualizar lo siguiente:

- Desarrollo e implementación de una metodología para la generación de perfiles de usuario con base en ontologías.
- Diseño e implementación de la ontología Perfiles de usuario.
- Diseño e implementación de la ontología Roles de usuario.
- Diseño e implementación de la ontología Lugares.
- Diseño e implementación de la red de ontologías que contiene Perfiles de usuario, Roles de usuario, Contextos y Lugares.

- Implementación de un *SPARQL Endpoint* donde se almacenó la red de ontologías.
- Desarrollo de una aplicación web para registrar las características básicas del perfil de usuario.
- Desarrollo de una aplicación web para registrar los contextos, los roles asociados y las reglas de cada rol.

6.2 Contribuciones científicas

- Publicación de un artículo JCR titulado “*An ontology-based approach for representing the interaction process between user profile and its context for collaborative learning environments*”. Publicado en *Computer in Human Behavior* 51. Octubre del 2014.
- Publicación del artículo “*Enrichment of Geographic Information Based on Gazetteers: An experiment in Massive Open Online Courses*”. Publicado en *International Journal of Knowledge Society Research (IJKSR)*.
- Estancia de investigación en la Universidad Estatal de Pensilvania, University Park, Pensilvania, Estados Unidos. Bajo la supervisión del Dr. Fred Fonseca. Febrero a mayo de 2015.
- Estancia de investigación en la Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Bajo la supervisión del Dr. Fred Fonseca y del Dr. Clodoveu Davis Jr. Mayo a agosto de 2015.
- Desarrollo de la herramienta ORBIS. Es una aplicación Web para el enriquecimiento de datos geográficos para el curso en línea: “*Maps and the Geospatial Revolution*” ofrecido por PennState. Esta herramienta fue uno de los productos de la estancia de investigación junto con la publicación del artículo “*Enrichment of Geographic Information Based on Gazetteers: An experiment in Massive Open Online Courses*”.

6.3 Alcances y limitaciones

Como es de esperarse, la metodología propuesta tiene sus limitaciones. Por ello, a continuación, presentamos los alcances de la metodología.

- Actualmente es necesario registrar un perfil de usuario por primera vez, aunque sólo es necesario capturar información básica acerca de la persona (por ejemplo, el nombre de la persona).
- De igual forma que el punto anterior, es necesario registrar por primera vez los contextos y roles.
- La ontología del perfil de usuario no modela todas las características del usuario, por lo que es posible que sean necesarias algunas adecuaciones para aplicarla a otro tipo de aplicación, por ejemplo, a sistemas de recomendación específicos.
-

6.4 Trabajo Futuro

Como consecuencia de los alcances y limitaciones que hemos presentado, es posible puntualizar algunos aspectos que en un futuro deben ser desarrollados:

- Desarrollar un método para capturar automáticamente nuevos perfiles de usuario y generar así las nuevas relaciones en la red de ontologías.
- Desarrollar un método para obtener la información de los contextos de forma automática y almacenarlos en la ontología contextos, así como el conjunto de roles por contexto.
- Implementar una forma de enriquecer los perfiles de usuario utilizando otras fuentes de información como redes sociales. De igual forma para los contextos.

Bibliografía

Abel, F., Herder, E., Houben, G. J., Henze, N., & Krause, D. (2013). Cross-system user modeling and personalization on the social web. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 23(2-3), 169-209.

Abowd, G. D., Dey, A. K., Brown, P. J., Davies, N., Smith, M., & Steggles, P. (1999, September). Towards a better understanding of context and context-awareness. In *Handheld and ubiquitous computing* (pp. 304-307). Springer Berlin Heidelberg.

Afyouni, I., Cyril, R., & Christophe, C. (2012). Spatial models for context-aware indoor navigation systems: A survey. *Journal of Spatial Information Science*, 1(4), 85-123.

Agostini, A., Bettini, C., & Riboni, D. (2009). Hybrid reasoning in the CARE middleware for context awareness. *International journal of Web engineering and technology*, 5(1), 3-23.

Almeida, Mauricio Barcellos. "Revisiting Ontologies: a necessary clarification." *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 64.8 (2013): 1682-1693.

Almeida, A., & López-de-Ipiña, D. (2012). Assessing ambiguity of context data in intelligent environments: Towards a more reliable context managing system. *Sensors*, 12(4), 4934-4951.

Aumueller, D., Do, H. H., Massmann, S., & Rahm, E. (2005, June). Schema and ontology matching with COMA++. In Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD international conference on Management of data (pp. 906-908). Acm.

- Antoniou, G., & Van Harmelen, F. (2004). Web ontology language: Owl. In *Handbook on ontologies* (pp. 67-92). Springer Berlin Heidelberg.
- Attard, J., Scerri, S., Rivera, I., & Handschuh, S. (2013, September). Ontology-based situation recognition for context-aware systems. In *Proceedings of the 9th International Conference on Semantic Systems* (pp. 113-120). ACM.
- Baader, F. (2003). *The description logic handbook: Theory, implementation and applications*. Cambridge University Press.
- Babisch, W. (2002). The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise and health*, 4(16), 1.
- Baltrunas, L., Kaminskas, M., Ludwig, B., Moling, O., Ricci, F., Aydin, A., ... & Schwaiger, R. (2011, August). InCarMusic: Context-Aware Music Recommendations in a Car. In *EC-Web* (Vol. 11, pp. 89-100).
- Baxter, K., Courage, C., & Caine, K. (2015). *Understanding Your Users: A Practical Guide to User Research Methods*. Morgan Kaufmann.
- Bechhofer, S. (2009). OWL: Web ontology language. In *Encyclopedia of Database Systems* (pp. 2008-2009). Springer US.
- Bettini, C., Brdiczka, O., Henriksen, K., Indulska, J., Nicklas, D., Ranganathan, A., & Riboni, D. (2010). A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Computing*, 6(2), 161-180.
- Bettini, C., Maggiorini, D., & Riboni, D. (2007). Distributed context monitoring for the adaptation of continuous services. *World Wide Web*, 10(4), 503-528.
- Bergamaschi, S., Castano, S., & Vincini, M. (1999). Semantic integration of semistructured and structured data sources. *ACM Sigmod Record*, 28(1), 54-59.
- Bisson, G. (1995). Why and how to define a similarity measure for object based representation systems. *Towards Very Large Knowledge Bases*, 236-246.
- Borst, W. N. (1997). *Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse*. Universiteit Twente.

Bouneffouf, D. (2013). Towards User Profile Modelling in Recommender System. *arXiv preprint arXiv:1305.1114*.

Bouquet, P., Giunchiglia, F., van Harmelen, F., Serafini, L., & Stuckenschmidt, H. (2004). Contextualizing ontologies. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 1(4), 325-343.

Bouquet, P., Giunchiglia, F., Van Harmelen, F., Serafini, L., & Stuckenschmidt, H. (2003). C-owl: Contextualizing ontologies. In *The Semantic Web-ISWC 2003* (pp. 164-179). Springer Berlin Heidelberg.

Brdiczka, O., Crowley, J. L., & Reignier, P. (2007). *Learning situation models for providing context-aware services* (pp. 23-32). Springer Berlin Heidelberg.

Brickley, D., & Miller, L. (2007). FOAF Vocabulary Specification 0.91. Namespace Document 2 November 2007–OpenID Edition. 2009-04-05]. <http://xmlns.com/foaf/spec>.

Calvanese, D., De Giacomo, G., Lembo, D., Lenzerini, M., Poggi, A., Rodriguez-Muro, M., & Rosati, R. (2009). Ontologies and databases: The DL-Lite approach. In *Reasoning Web. Semantic Technologies for Information Systems* (pp. 255-356). Springer Berlin Heidelberg.

Casas, R., Marín, R. B., Robinet, A., Delgado, A. R., Yarza, A. R., McGinn, J., ... & Grout, V. (2008). *User modelling in ambient intelligence for elderly and disabled people* (pp. 114-122). Springer Berlin Heidelberg.

Castano, S., De Antonellis, V., Fugini, M. G., & Pernici, B. (1998). Conceptual schema analysis: techniques and applications. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, 23(3), 286-333.

Castillejo, E., Almeida, A., López-de-Ipiña, D., & Chen, L. (2014). Modeling users, context and devices for Ambient Assisted Living environments. *Sensors*, 14(3), 5354-5391.

Chen, Y.J., Chu H.C., and Chen, Y.M. & Chao, C.Y. (2013). Adapting domain ontology for personalized knowledge search and recommendation. *Information & Management*, 50(6), 285-303.

- Chen, L., Nugent, C., Mulvenna, M., Finlay, D., & Hong, X. (2009). Semantic smart homes: towards knowledge rich assisted living environments. In *Intelligent Patient Management* (pp. 279-296). Springer Berlin Heidelberg.
- Chen, H., Finin, T., & Joshi, A. (2005). *Using OWL in a pervasive computing broker*. MARYLAND UNIV BALTIMORE DEPT OF COMPUTER SCIENCE AND ELECTRICAL ENGINEERING.
- Chen, H., Finin, T., & Joshi, A. (2005). *Semantic web in the context broker architecture*. MARYLAND UNIV BALTIMORE DEPT OF COMPUTER SCIENCE AND ELECTRICAL ENGINEERING.
- Chen, H., Perich, F., Finin, T., & Joshi, A. (2004, August). Soupa: Standard ontology for ubiquitous and pervasive applications. In *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on* (pp. 258-267). IEEE.
- Chen, H., Finin, T., & Joshi, A. (2003). An ontology for context-aware pervasive computing environments. *The Knowledge Engineering Review*, 18(03), 197-207.
- Chen, G., & Kotz, D. (2000). *A survey of context-aware mobile computing research* (Vol. 1, No. 2.1, pp. 2-1). Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College.
- Choi, N., Song, I. Y., & Han, H. (2006). A survey on ontology mapping. *ACM Sigmod Record*, 35(3), 34-41.
- Cooper, A. (1999). *The inmates are running the asylum:[Why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity]* (Vol. 261). Indianapolis: Sams.
- Corcho, O., Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & López-Cima, A. (2005). Building legal ontologies with METHONTOLOGY and WebODE. In *Law and the semantic web* (pp. 142-157). Springer Berlin Heidelberg.
- Crowley, J. L., Coutaz, J., Rey, G., & Reignier, P. (2002). Perceptual components for context aware computing. In *UbiComp 2002: Ubiquitous Computing* (pp. 117-134). Springer Berlin Heidelberg.

- Dai, W., Xiong, H., Wang, J., Cheng, S., & Zheng, Y. F. (2015). Generalized Context Modeling With Multi-Directional Structuring and MDL-Based Model Selection for Heterogeneous Data Compression. *Signal Processing, IEEE Transactions on*, 63(21), 5650-5664.
- David, J., Euzenat, J., Scharffe, F., & Trojahn dos Santos, C. (2011). The alignment API 4.0. *Semantic web*, 2(1), 3-10.
- De Amo, S., Diallo, M. S., Diop, C. T., Giacometti, A., Li, D., & Soulet, A. (2015). Contextual preference mining for user profile construction. *Information Systems*, 49, 182-199.
- De Bruijn, J., Ehrig, M., Feier, C., Martín-Recuerda, F., Scharffe, F., & Weiten, M. (2006). Ontology mediation, merging and aligning. *Semantic web technologies*, 95-113.
- De Oliveira, K. M., Bacha, F., Mnasser, H., & Abed, M. (2013). Transportation ontology definition and application for the content personalization of user interfaces. *Expert Systems with Applications*, 40(8), 3145-3159.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, 5(1), 4-7.
- Ding Y., Fensel D., M. Klein, and Omelayenko B.. Ontology management: Survey, requirements and directions. 2001.
- Doan, A., Madhavan, J., Domingos, P., & Halevy, A. (2002, May). Learning to map between ontologies on the semantic web. In *Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web* (pp. 662-673). ACM.
- Dourish, P. (2004a). What we talk about when we talk about context. *Personal and ubiquitous computing*, 8(1), 19-30.
- Dourish, P. (2004b). *Where the action is: the foundations of embodied interaction*. MIT press.
- Ehrig, M., & Sure, Y. (2004, May). Ontology mapping—an integrated approach. In *European Semantic Web Symposium* (pp. 76-91). Springer Berlin Heidelberg.

Euzenat, J. (2004, November). An API for ontology alignment. In International Semantic Web Conference (pp. 698-712). Springer Berlin Heidelberg.

Evers, C., Kniewel, R., Geihs, K., & Schmidt, L. (2012). Achieving user participation for adaptive applications. In *Ubiquitous computing and ambient intelligence* (pp. 200-207). Springer Berlin Heidelberg.

Fensel, D. (2001). *Ontologies: Dynamic networks of formally represented meaning*. Vrije University: Amsterdam.

Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. METHONTOLOGY. Laboratorio de Inteligencia Artificial, Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Campus de Montegancedo sn. Boadilla del Monte, 28660.

Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). Methontology: from ontological art towards ontological engineering.

Fischer, G. (2001). User modeling in human–computer interaction. *User modeling and user-adapted interaction*, 11(1-2), 65-86.

Flouris, G., Manakanatas, D., Kondylakis, H., Plexousakis, D., & Antoniou, G. (2008). Ontology change: Classification and survey. *The Knowledge Engineering Review*, 23(2), 117-152.

Gandon, F. L., & Sadeh, N. M. (2003). A semantic e-wallet to reconcile privacy and context awareness. In *The Semantic Web-ISWC 2003* (pp. 385-401). Springer Berlin Heidelberg.

Gauch, S., Chaffee, J., & Pretschner, A. (2003). Ontology-based personalized search and browsing. *Web Intelligence and Agent Systems: An international Journal*, 1(3, 4), 219-234.

Genesereth, M.R., & Nilsson, N.J. (1987). *Logical foundation of artificial intelligence*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Gerber, A. S., Huber, G. A., Doherty, D., & Dowling, C. M. (2012). Personality and the strength and direction of partisan identification. *Political Behavior*, 34(4), 653-688.

- Giaretta, P., & Guarino, N. (1995). Ontologies and knowledge bases towards a terminological clarification. *Towards very large knowledge bases: knowledge building & knowledge sharing*, 25, 32.
- Giunchiglia, F., Autayeu, A., & Pane, J. (2012). S-Match: an open source framework for matching lightweight ontologies. *Semantic Web*, 3(3), 307-317.
- Godoy, D., & Amandi, A. (2005). User profiling in personal information agents: a survey. *The Knowledge Engineering Review*, 20(04), 329-361.
- Golemati, M., Katifori, A., Vassilakis, C., Lepouras, G., & Halatsis, C. (2007, April). Creating an ontology for the user profile: Method and applications. In *Proceedings of the first RCIS conference* (No. 2007, pp. 407-412).
- Gregor, P., Newell, A. F., & Zajicek, M. (2002, July). Designing for dynamic diversity: interfaces for older people. In *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies* (pp. 151-156). ACM.
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?. *International journal of human-computer studies*, 43(5), 907-928.
- Gruber, T. (1993). What is an Ontology? *WWW Sitio Web*: <http://ejournal.narotama.ac.id/files/Ontology..pdf> (revisado el 07-02-2016).
- Gu, T., Wang, X. H., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2004, January). An ontology-based context model in intelligent environments. In *Proceedings of communication networks and distributed systems modeling and simulation conference* (Vol. 2004, pp. 270-275).
- Gu, T., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2004). Toward an OSGi-based infrastructure for context-aware applications. *Pervasive Computing, IEEE*, 3(4), 66-74.
- Guarino, N. (1997). Semantic matching: Formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration. In *Information Extraction A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology* (pp. 139-170). Springer Berlin Heidelberg.

- Guarino, N. (1997). Semantic matching: Formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration. In *Information Extraction A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology* (pp. 139-170). Springer Berlin Heidelberg.
- Guarino, N. (1995). Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation. *International journal of human-computer studies*, 43(5), 625-640.
- Han, L., Chen, G., & Li, M. (2013). A method for the acquisition of ontology-based user profiles. *Advances in Engineering Software*, 65, 132-137.
- Hartung, M., Kirsten, T., & Rahm, E. (2008, January). Analyzing the evolution of life science ontologies and mappings. In *Data Integration in the Life Sciences* (pp. 11-27). Springer Berlin Heidelberg.
- Hatala, M., & Wakkary, R. (2005). Ontology-based user modeling in an augmented audio reality system for museums. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 15(3-4), 339-380.
- Heckmann, D., Schwarzkopf, E., Mori, J., Dengler, D., & Kröner, A. (2007). The user model and context ontology GUMO revisited for future web 2.0 extensions. *Contexts and Ontologies: Representation and Reasoning*, 37-46.
- Heckmann, D. (2006). *Ubiquitous user modeling* (Vol. 297). IOS Press.
- Heckmann, D., Schwartz, T., Brandherm, B., Schmitz, M., & von Wilamowitz-Moellendorff, M. (2005). Gumo—the general user model ontology. In *User modeling 2005* (pp. 428-432). Springer Berlin Heidelberg.
- Heckmann, D., & Krueger, A. (2003). A user modeling markup language (UserML) for ubiquitous computing. In *User Modeling 2003* (pp. 393-397). Springer Berlin Heidelberg.
- Henricksen, K., Indulska, J., & Rakotonirainy, A. (2002). Modeling context information in pervasive computing systems. In *Pervasive Computing* (pp. 167-180). Springer Berlin Heidelberg.

- Held, A., Buchholz, S., & Schill, A. (2002, July). Modeling of context information for pervasive computing applications. In *Proceeding of the World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*.
- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., & Van Harmelen, F. (2003). From SHIQ and RDF to OWL: The making of a web ontology language. *Web semantics: science, services and agents on the World Wide Web*, 1(1), 7-26.
- Hu, W., Chen, J., Zhang, H., & Qu, Y. (2011, May). How matchable are four thousand ontologies on the semantic web. In *Extended Semantic Web Conference* (pp. 290-304). Springer Berlin Heidelberg.
- Huq, M. R., Tuyen, N. T. T., Lee, Y. K., Jeong, B. S., & Lee, S. (2007, June). Modeling an Ontology for Managing Contexts in Smart Meeting Space. In *SWWS* (pp. 96-102).
- Ilube, T. (2008). The Semantic Web, Social Graphs and Social Verification. *Semantic Technology Conference*.
- Jameson, A. (2001). Systems That Adapt to Their Users: An Integrative Perspective.
- Jameson, A. (2001). Modelling both the Context and the User. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1), 29-33.
- Kalfoglou, Y., & Schorlemmer, M. (2003). Ontology mapping: the state of the art. *The knowledge engineering review*, 18(01), 1-31.
- Kayes, A. S. M., Han, J., & Colman, A. (2015). OntCAAC: an ontology-based approach to context-aware access control for software services. *The Computer Journal*, bxx034.
- Kayes, A. S. M., Han, J., & Colman, A. (2013). An ontology-based approach to context-aware access control for software services. In *Web Information Systems Engineering–WISE 2013* (pp. 410-420). Springer Berlin Heidelberg.

- Kayes, A. S. M., Han, J., & Colman, A. (2015). OntCAAC: an ontology-based approach to context-aware access control for software services. *The Computer Journal*, bvx034.
- Kichou, S., Mellah, H., Amghar, Y., & Dahak, F. (2011, August). Tags Weighting Based on User Profile. In *AMT* (pp. 206-216).
- Kilgarriff, A., & Fellbaum, C. (2000). WordNet: An Electronic Lexical Database.
- Klein, M., Schmidt, A., & Lauer, R. (2007, September). Ontology-centred design of an ambient middleware for assisted living: The case of soprano. In *Towards Ambient Intelligence: Methods for Cooperating Ensembles in Ubiquitous Environments (AIM-CU), 30th Annual German Conference on Artificial Intelligence (KI 2007), Osnabrück*.
- Klyne, G., & Carroll, J. J. (2006). Resource description framework (RDF): Concepts and abstract syntax.
- Kobsa, A. (2001). Generic user modeling systems. *User modeling and user-adapted interaction*, 11(1-2), 49-63.
- Kobsa, A., & Pohl, W. (1994). The user modeling shell system BGP-MS. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4(2), 59-106.
- Kondylakis, H., & Plexousakis, D. (2013). Ontology evolution without tears. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*.
- Krüger, A., Baus, J., Heckmann, D., Kruppa, M., & Wasinger, R. (2007). Adaptive mobile guides. In *The adaptive web* (pp. 521-549). Springer Berlin Heidelberg.
- Lakiotaki, K., Matsatsinis, N. F., & Tsoukiàs, A. (2011). Multicriteria user modeling in recommender systems. *Intelligent Systems, IEEE*, 26(2), 64-76.
- Lee, W. J., Oh, K. J., Lim, C. G., & Choi, H. J. (2014, February). User profile extraction from Twitter for personalized news recommendation. In *Advanced Communication Technology (ICACT), 2014 16th International Conference on* (pp. 779-783). IEEE.

- Lei, H., Sow, D. M., Davis II, J. S., Banavar, G., & Ebling, M. R. (2002). The design and applications of a context service. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 6(4), 45-55.
- Liao, W., Zhang, W., Zhu, Z., & Ji, Q. (2005, July). A decision theoretic model for stress recognition and user assistance. In *AAAI* (Vol. 5, pp. 529-534).
- Luna, V., Quintero, R., Torres, M., Moreno-Ibarra, M., Guzmán, G., & Escamilla, I. (2015). An ontology-based approach for representing the interaction process between user profile and its context for collaborative learning environments. *Computers in Human Behavior*, 51, 1387-1394.
- Madhavan, J., Bernstein, P. A., Doan, A., & Halevy, A. (2005, April). Corpus-based schema matching. In *21st International Conference on Data Engineering (ICDE'05)* (pp. 57-68). IEEE.
- Maedche, A., Motik, B., Silva, N., & Volz, R. (2002, October). Mafra—a mapping framework for distributed ontologies. In *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management* (pp. 235-250). Springer Berlin Heidelberg.
- Mahesh, K., & Nirenburg, S. (1995, August). A situated ontology for practical NLP. In *Proceedings of the IJCAI-95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing* (Vol. 19, p. 21).
- MAPEKUS Project, 2008. <http://mapekus.fiit.stuba.sk>. Consultado el 12/02/2016.
- Martin, L., Anguita, A., Maojo, V., Bonsma, E., Bucur, A.I.D., Vrijnsen, J., Brochhausen, M., Cocos, C., Stenzhorn, H., Tsiknakis, M., Doerr, M., Kondylakis, H. (2008). Ontology Based Integration of Distributed and Heterogeneous Data Sources in *ACGT, HEALTHINF*, Funchal, Madeira, Portugal, pp. 30-306.
- McAvoy, L., Chen, L., & Donnelly, M. (2012, September). An Ontology Based Context Management System for Smart Environments. In *Proceedings of the International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2012)* (pp. 18-23). IARIA.

- Mendis, V. (2007, October). Rdf user profiles-bringing semantic web capabilities to next generation networks and services. In *Proceedings of the ICIN Conference*.
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Mihailidis, A., & Fernie, G. R. (2002). Context-aware assistive devices for older adults with dementia. *Gerontechnology*, 2(2), 173-188.
- Mulligan, K. (Ed.). (1991). *Language, Truth and Ontology* (Vol. 51). Springer Science & Business Media.
- Musen, N. N. M., & Noy, N. F. (2000). PROMPT: Algorithm and tool for automated ontology merging and alignment. In Proc. of the National Conf on Artificial Intelligence.
- Orwant, J. Doppelganger—A User Modeling System. Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, 1991.
- Pease, A., Niles, I., & Li, J. (2002, July). The suggested upper merged ontology: A large ontology for the semantic web and its applications. In *Working notes of the AAAI-2002 workshop on ontologies and the semantic web* (Vol. 28).
- Peissner, M., Häbe, D., Janssen, D., & Sellner, T. (2012, June). MyUI: generating accessible user interfaces from multimodal design patterns. In *Proceedings of the 4th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems* (pp. 81-90). ACM.
- Pereira, F. (2005, October). A triple user characterization model for video adaptation and quality of experience evaluation. In *Multimedia Signal Processing, 2005 IEEE 7th Workshop on* (pp. 1-4). IEEE.
- Persad, U., Langdon, P., & Clarkson, J. (2007a). Characterising user capabilities to support inclusive design evaluation. *Universal Access in the Information Society*, 6(2), 119-135.

- Persad, U., Langdon, P., Brown, D., & Clarkson, P. J. (2007b). Cognitive scales and mental models for inclusive design. In *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity* (pp. 776-785). Springer Berlin Heidelberg.
- Petit, M., Ray, C., & Claramunt, C. (2007). A user context approach for adaptive and distributed GIS. In *The European Information Society* (pp. 121-133). Springer Berlin Heidelberg.
- Pinto, H. S., Gómez-Pérez, A., & Martins, J. P. (1999). Some issues on ontology integration. IJCAI and the Scandinavian AI Societies. CEUR Workshop Proceedings.
- Pohl, W. (1999). Logic-based representation and reasoning for user modeling shell systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 9(3), 217-282.
- Preuveneers, D., Van den Bergh, J., Wagelaar, D., Georges, A., Rigole, P., Clerckx, T., ... & De Bosschere, K. (2004). Towards an extensible context ontology for ambient intelligence. In *Ambient intelligence* (pp. 148-159). Springer Berlin Heidelberg.
- Quillian, M. R. (1967). Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities. *Behavioral science*, 12(5), 410-430.
- Ranganathan, A., Al-Muhtadi, J., Chetan, S., Campbell, R., & Mickunas, M. D. (2004, October). Middlewhere: a middleware for location awareness in ubiquitous computing applications. In *Proceedings of the 5th ACM/IFIP/USENIX international conference on Middleware* (pp. 397-416). Springer-Verlag New York, Inc.
- Ranganathan, A., McGrath, R. E., Campbell, R. H., & Mickunas, M. D. (2003). Use of ontologies in a pervasive computing environment. *The Knowledge Engineering Review*, 18(03), 209-220.
- Rashidi, P., & Mihailidis, A. (2013). A survey on ambient-assisted living tools for older adults. *Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of*, 17(3), 579-590.
- Razmerita, L., Angehrn, A., & Maedche, A. (2003). Ontology-based user modeling for knowledge management systems. In *User modeling 2003* (pp. 213-217). Springer Berlin Heidelberg.

Reynolds, F., Hjelm, J., Dawkins, S., & Singhal, S. (1999). Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): A user side framework for content negotiation. *W3C Note*, <http://web4.w3.org/TR/Note-CCPP>.

Riboni, D., & Bettini, C. (2011). OWL 2 modeling and reasoning with complex human activities. *Pervasive and Mobile Computing*, 7(3), 379-395.

Rojbi, S., & Soui, M. (2011). User modeling and web-based customization techniques: An examination of the published literature. In *2011 4th International Conference on Logistics*.

Roussaki, I., Strimpakou, M., Kalatzis, N., Anagnostou, M., & Pils, C. (2006, March). Hybrid context modeling: A location-based scheme using ontologies. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2006. PerCom Workshops 2006. Fourth Annual IEEE International Conference on* (pp. 6-pp). IEEE.

Salber, D., Dey, A. K., & Abowd, G. D. (1999, May). The context toolkit: aiding the development of context-enabled applications. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 434-441). ACM.

Schilit, B., Adams, N., & Want, R. (1994, December). Context-aware computing applications. In *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on* (pp. 85-90). IEEE.

Schmidt, A. (2006). Ontology-based user context management: The challenges of imperfection and time-dependence. In *On the Move to Meaningful Internet Systems 2006: CoopIS, DOA, GADA, and ODBASE* (pp. 995-1011). Springer Berlin Heidelberg.

Schmidt, A., Beigl, M., & Gellersen, H. W. (1999). There is more to context than location. *Computers & Graphics*, 23(6), 893-901.

Shvaiko, P., & Euzenat, J. (2013). Ontology matching: state of the art and future challenges. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 25(1), 158-176.

- Shvaiko, P., Giunchiglia, F., & Yatskevich, M. (2010). Semantic matching with s-match. In *Semantic Web Information Management* (pp. 183-202). Springer Berlin Heidelberg.
- Siemoneit, B., McCrae, J. P., & Cimiano, P. (2015). Linking four heterogeneous language resources as linked data. *ACL-IJCNLP 2015*, 59.
- Skillen, K. L., Chen, L., Nugent, C. D., Donnelly, M. P., Burns, W., & Solheim, I. (2012). Ontological user profile modeling for context-aware application personalization. In *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence* (pp. 261-268). Springer Berlin Heidelberg.
- Sosnovsky, S., & Dicheva, D. (2010). Ontological technologies for user modelling. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 5(1), 32-71.
- Strang, T., & Linnhoff-Popien, C. (2004, September). A context modeling survey. In *Workshop Proceedings*.
- Strang, T., Linnhoff-Popien, C., & Frank, K. (2003, November). CoOL: A context ontology language to enable contextual interoperability. In *Distributed applications and interoperable systems* (pp. 236-247). Springer Berlin Heidelberg.
- Sutterer, M., Droegehorn, O., & David, K. (2008, February). UPOS: User profile ontology with situation-dependent preferences support. In *Advances in Computer-Human Interaction, 2008 First International Conference On* (pp. 230-235). IEEE.
- Swart, T. G., & Ferreira, H. C. (2002). Insertion/deletion correcting coding schemes based on convolution coding. *Electronics Letters*, 38(16), 1.
- Tapia, E. M., Choudhury, T., & Philipose, M. (2006). Building reliable activity models using hierarchical shrinkage and mined ontology. In *Pervasive Computing* (pp. 17-32). Springer Berlin Heidelberg.
- Tzitzikas, Y., & Kotzinos, D. (2007, February). (Semantic web) evolution through change logs: problems and solutions. In *Proceedings of the 25th conference on Proceedings of the 25th IASTED International Multi-Conference: artificial intelligence and applications* (pp. 610-615). ACTA Press.

Uschold, M., King, M., Moralee, S., & Zorgios, Y. (1998). The enterprise ontology. *The knowledge engineering review*, 13(01), 31-89.

Velegarakis, Y., Miller, R. J., & Popa, L. (2004). Preserving mapping consistency under schema changes. *The VLDB Journal*, 13(3), 274-293.

Von Hessling, A., Kleemann, T., & Sinner, A. (2004). Semantic user profiles and their applications in a mobile environment. *Artificial Intelligence in Mobile Systems 2004 (AIMS 2004)*, 59.

Wahlster, W., & Kobsa, A. (1989). *User models in dialog systems* (pp. 4-34). Springer Berlin Heidelberg.

Wand, Y., Storey, V. C., & Weber, R. (1999). An ontological analysis of the relationship construct in conceptual modeling. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, 24(4), 494-528.

Wang, X. H., Zhang, D. Q., Gu, T., & Pung, H. K. (2004, March). Ontology based context modeling and reasoning using OWL. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004. Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on* (pp. 18-22). Ieee.

Welty, C. A. (1998, July). Towards an Ontology for Library Modalities. Proceedings of the AAAI-98 Workshop on Representations for Multi-Modal Human-Computer Interaction. AAAI Press.

Wiederhold, G. (1994, December). Interoperation, mediation and ontologies. In FGCS Workshop on Heterogeneous Cooperative Knowledge-Bases.

Wood, A. D., Stankovic, J. A., Virone, G., Selavo, L., He, Z., Cao, Q., ... & Stoleru, R. (2008). Context-aware wireless sensor networks for assisted living and residential monitoring. *Network, IEEE*, 22(4), 26-33.

Wyatt, D., Philipose, M., & Choudhury, T. (2005, July). Unsupervised activity recognition using automatically mined common sense. In *AAAI* (Vol. 5, pp. 21-27).

Yamabe, T., Takagi, A., & Nakajima, T. (2005, August). Citron: A context information acquisition framework for personal devices. In *Embedded and Real-*

Time Computing Systems and Applications, 2005. Proceedings. 11th IEEE International Conference on (pp. 489-495). IEEE.

Yılmaz, Ö., & Erdur, R. C. (2012). iConAwa—An intelligent context-aware system. *Expert Systems with Applications, 39*(3), 2907-2918.

Zhang, D., Gu, T., & Wang, X. (2005). Enabling context-aware smart home with semantic web technologies. *International Journal of Human-friendly Welfare Robotic Systems, 6*(4), 12-20.

Zhdanova, A. V., & Shvaiko, P. (2006, June). Community-driven ontology matching. In *European Semantic Web Conference* (pp. 34-49). Springer Berlin Heidelberg.