

TESIS DEFENDIDA POR

Jorge Alvarez Lozano

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dr. José Antonio García Macías

Codirector del Comité

Dr. Jesús Favela Vara

Codirector del Comité

Dr. Edgar Leonal Chávez González

Miembro del Comité

Dr. Roberto Conte Galván

Miembro del Comité

Dr. Hugo Homero Hidalgo Silva

*Coordinador del programa de
posgrado en Ciencias de la Computación*

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales

Director de Estudios de Posgrado

20 de Agosto de 2010

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

MARCO DE DESARROLLO PARA VISORES SENSORIALES

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

JORGE ALVAREZ LOZANO

Ensenada, Baja California, México, Agosto de 2010

RESUMEN de la tesis de **Jorge Alvarez Lozano**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN . Ensenada, Baja California, Agosto de 2010.

MARCO DE DESARROLLO PARA VISORES SENSORIALES

Resumen aprobado por:

Dr. José Antonio García Macías

Codirector de Tesis

Dr. Jesús Favela Vara

Codirector de Tesis

La evolución en tecnologías de auto identificación ha contribuido al surgimiento del *Internet of Things*. El *Internet of Things* intenta interconectar los objetos físicos cotidianos, para ello se dota de comunicación e identidad única a cada objeto físico en el entorno. Tecnologías como RFID, NFC y códigos de dos dimensiones permiten enlazar objetos físicos con la Web. Al integrar estas tecnologías en los objetos físicos cotidianos, se obtienen objetos aumentados, también denominados *smart objects*. La interacción con estos objetos se ha realizado con aplicaciones ad-hoc; sin embargo conforme la cantidad de objetos aumentados en nuestro entorno se incrementa, el uso de aplicaciones ad-hoc no es una solución escalable. Para ello es necesario contar con una interfaz genérica que permita establecer interacción con dichos objetos, lo que requiere descubrir e identificar los objetos aumentados en el entorno y posteriormente acceder a la información que estos proveen.

Al realizar la interacción a través de una interfaz genérica se contemplan algunos problemas. Los objetos físicos integran diversas tecnologías de auto identificación para darse a conocer; lo que requiere que la interfaz integre diversos mecanismos para identificarlos. Los objetos aumentados corresponden a diversos dominios de aplicación; por lo que la información que éstos proveen difiere considerablemente. Otro problema que debe abordar la interfaz genérica es la presentación multimodal de la información. Las aplicaciones ad-hoc realizan la presentación de forma unimodal ya que no consideran el contexto del usuario para realizar dicha tarea.

En este trabajo se presenta una plataforma que conjunta la funcionalidad del cómputo consciente del contexto, realidad aumentada, Web semántica e *Internet of Things* para la creación de aplicaciones. Las aplicaciones resultantes las hemos denominado como Visores Sensoriales, esto es, visores de realidad aumentada capaces de descubrir e identificar los objetos que integran el *Internet of Things*, para posteriormente acceder a la información que ellos proveen, adaptar dicha información en función del contexto del usuario y finalmente presentarla en realidad aumentada. Como resultado de este trabajo se diseñó y desarrolló la plataforma, además se implementaron cuatro aplicaciones que corresponden a escenarios de aplicación identificados en la etapa de diseño.

Palabras Clave: Cómputo Consciente del Contexto, Internet of Things, Realidad Aumentada, Visores Sensoriales.

ABSTRACT of the thesis presented by **JORGE ALVAREZ LOZANO**, in partial fulfillment of the requirements of MASTER SCIENCE degree in COMPUTER SCIENCE . Ensenada, Baja California, August 2010.

FRAMEWORK FOR SENTIENT VISORS

The evolution of auto-id technologies has contributed to the emergence of the Internet of Things. The Internet of Things aims to interconnect daily physical objects, and for that purpose each physical object has communication capabilities and a unique identifier. Technologies as RFID, NFC and 2D barcodes allow linking physical objects with the Web. When we integrate these technologies with daily physical objects, we obtain augmented objects, also called smart objects. The interaction with these objects have been done with ad-hoc applications; however the use of ad-hoc applications does not scale-up as the number of augmented objects increases. A generic interface is required for the interaction with these augmented objects. It is necessary to discover and identify augmented objects on the environment and then get access to the information associated to them.

The interaction with augmented objects through a generic interface raises several issues, since the physical objects might incorporate several auto-id technologies; So, it is necessary to incorporate appropriate mechanisms to identify them. The augmented objects correspond to different application domains, thereby the information associated to these augmented object might be significantly different. Another issue is that a generic interface has to considerate multimodal information presentation. In ad-hoc applications information presentation is unimodal and do not consider user's context for this task.

In this work we present a platform that combines the functionality of the context-aware computing, augmented reality, semantic Web and Internet of Things for the development of applications. We named these applications Sentient Visors, that is, augmented reality visors that can discover and identify objects in the Internet of Things. A sentient visor can access the information that objects provide, then the sentient visor adapts the information based on user's context and finally, the sentient visor presents the information as augmented reality. As a result of this work we designed and implemented a platform and four applications that correspond to scenarios identified during the design phase.

Keywords: Context Aware Computing, Internet of Things, Augmented Reality, Sentient Visors.

Dedicatoria

A mis padres

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a mis directores de tesis Dr. José Antonio García Macías y Dr. Jesús Favela Vara, por la confianza y por todo el apoyo proporcionado en la realización de este trabajo.

A los miembros del comité de tesis: Dr. Edgar Leonel Chávez González y al Dr. Roberto Conte Galván gracias por sus valiosos comentarios durante el desarrollo de este trabajo.

A los profesores del Departamento de Ciencias de la Computación que contribuyeron en mi formación.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de la generación 2008: El Dot, el Choco, el Krusty, el Dipu, el Mudo, el Rambí, el Wasca, el Funny, el File, la Vane, el Edgardo y demás, por sus observaciones, convivios y por dar el toque humorístico a la generación.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme económicamente con mis estudios de maestría.

Contenido

	Página
Resumen en español	i
Resumen en inglés	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Contenido	vi
Lista de Figuras	ix
I. Introducción	1
I.1. Planteamiento del problema	3
I.2. Propuesta	5
I.3. Preguntas de investigación	5
I.4. Objetivo general	6
I.5. Objetivos específicos	6
I.6. Metodología	7
I.7. Organización de la tesis	8
II. Cómputo Consciente del Contexto e <i>Internet of Things</i>	10
II.1. Introducción	10
II.2. Cómputo consciente del contexto	11
II.3. <i>Internet of Things</i>	21
II.4. Conclusiones	27
III. Web Semántica y Realidad Aumentada	30
III.1. Introducción	30
III.2. Web Semántica	30
III.3. Realidad Aumentada	34
III.4. Conclusiones	39
IV. Diseño de la Plataforma	41
IV.1. Introducción	41
IV.1.1. Escenarios de aplicación	42
IV.2. Requerimientos técnicos	44
IV.2.1. Casos de uso	44
IV.2.2. Requerimientos	46

Contenido (continuación)

	Página
IV.3. Diseño de la arquitectura	50
IV.3.1. Componente Visor Sensorial	51
IV.3.2. Componente Captura de Contexto	51
IV.3.3. Componente Selección de Información	51
IV.3.4. Componente Realidad Aumentada	52
IV.3.5. Componente Servicios ubicuos	52
IV.3.6. Componente Consulta de Información	53
IV.4. Diagrama de secuencia	53
IV.4.1. Diagramas	54
IV.5. Diseño de la ontología	56
IV.6. Conclusiones	59
V. Implementación de la Plataforma	61
V.1. Introducción	61
V.2. <i>Hardware</i> utilizado	61
V.3. Etiquetado	61
V.4. Información semántica	62
V.5. Implementación de los componentes de la arquitectura	64
V.5.1. Componente Captura de contexto	64
V.5.2. Componente Servicios ubicuos	67
V.5.3. Componente Consulta de información	68
V.5.4. Componente Selección de información	70
V.5.5. Componente Realidad aumentada	71
V.6. Conclusiones	74
VI. Evaluación	75
VI.1. Introducción	75
VI.2. Implementación de aplicaciones	75
VI.2.1. Cuidado de la dieta alimenticia	75
VI.2.2. Guía en interiores	78
VI.2.3. Asistencia a personal médico	81
VI.2.4. Ingesta de medicamentos	84
VI.3. Diferencia de la plataforma con los trabajos relacionados	88
VI.3.1. Cuidado de la dieta alimenticia	88
VI.3.2. Guía en interiores	88
VI.3.3. Asistencia a personal médico	89
VI.3.4. Ingesta de medicamentos	89
VI.4. Conclusiones	90

Contenido (continuación)

	Página
VII. Conclusiones y Trabajo Futuro	91
VII.1. Conclusiones	91
VII.2. Aportaciones	93
VII.3. Trabajo futuro	94
REFERENCIAS	97
A. Casos de uso	102
A.1. Diagramas de casos de uso	103
A.2. Descripción de casos de uso	103
B. Diagramas de secuencia	111
C. Interfaz de programación	123
C.1. Clase Usuario	124
C.2. Código Qr	124
C.3. Servicios	124
C.4. Tiempo	124
C.5. Localización	124
C.6. Selección de información	125
C.7. Texturas	125
C.8. Audio	126
C.9. Texto	126
C.10. Eventos	127

Lista de Figuras

Figura		Página
1	Funcionalidad de la plataforma propuesta.	5
2	Composición del trabajo de investigación	10
3	<i>Active Badge</i> . Las señales infrarrojas emitidas por el <i>Active Badge</i> permitirían determinar la ubicación del usuario a nivel de habitación.	13
4	<i>Active Bat</i> . La localización de un usuario se determina en base al tiempo de vuelo de las señales ultrasónicas del <i>Active Bat</i> con respecto al arreglo de sensores.	14
5	El ambiente visto por el usuario.	14
6	Modelado del ambiente físico en base a la información contextual capturada.	15
7	Presentación de la información a través de una pantalla montada en la cabeza del usuario.	16
8	Presentación de la información en una PDA.	16
9	Localización de personas.	17
10	Ruta tomada por un usuario.	17
11	a) ADL Monitor b) Asistente c) Asociación de prioridades d) Información contextual.	18
12	El florero colocado en el pabellón de enfermeras. a) Flores que notifican eventos de emergencia b) Flores que personalizan su color en base a la presencia de las enfermeras.	19
13	Creación de anotaciones con Sentient Graffiti.	20
14	Recuperación de anotaciones utilizando Sentient Graffiti.	21
15	Las tecnologías de auto identificación permiten establecer comunicación del usuario con los objetos físicos y entre los mismos.	24
16	Sistema que presenta la información bibliográfica asociada a un libro.	25
17	Implementación de Isomursu.	26

Lista de Figuras (continuación)

Figura		Página
18	Administración de herramientas. a) El administrador de etiquetas crea y administra objetos virtuales los cuales son enlazados a etiquetas b) El administrador de lugares agrupa antenas dentro de lugares c) Los eventos se especifican con los objetos y lugares previamente definidos.	27
19	Combinación del <i>Internet of Things</i> y Realidad Aumentada para presentar el contenido multimedia asociado a un código Qr.	28
20	Funcionalidad de la plataforma.	29
21	Navicam: Librero aumentado. Presenta la ficha bibliográfica de revistas y libros en realidad aumentada.	35
22	Wikitude. Presenta información geo referenciada de Wikipedia, además de etiquetas definidas por usuarios.	37
23	Nokia Point and Find. Proporciona información relacionada a los objetos que se encuentran en la línea de vista de la cámara.	38
24	Sixth Sense. Aumenta las superficies y objetos con información digital.	38
25	Funcionalidad de la plataforma.	40
26	Casos de uso del actor: módulo Captura de Contexto	45
27	Arquitectura de la plataforma.	50
28	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar alimentos.	54
29	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar ubicación.	55
30	Fragmento de la ontología que describe a un usuario.	58
31	Relación entre las clases de la ontología.	59
32	Fragmento de la ontología que describe la presentación de la información.	60
33	Implementación de las clases de la ontología.	63
34	Implementación de las relaciones entre clases. Definición del dominio, rango y propiedad inversa de la relación <i>hasEnvironment</i>	64
35	Implementación de los atributos. Definición del atributo <i>hasBirthday</i> con dominio Person y rango date.	65
36	Descubrimiento de servicios.	66

Lista de Figuras (continuación)

Figura		Página
37	Definición del recurso que contiene el perfil del usuario.	69
38	Representación de la información del perfil del usuario.	69
39	Representación de la información inferida en el escenario de cuidado alimenticio.	71
40	Métodos para la presentación multimodal.	72
41	Código del escenario del cuidado de la dieta alimenticia.	77
42	Implementación de la aplicación. No se recomienda la crema ya que contiene un alto porcentaje de la ingesta diaria del usuario.	78
43	Código del escenario guía en interiores.	80
44	Descubrimiento de servicios.	81
45	Guía de ubicaciones dentro del edificio.	82
46	Guía en el edificio.	82
47	Código del escenario asistencia a personal médico.	84
48	Información mostrada a la enfermera. Izq. Temperatura: 25. Der. Realizar examen de sangre.	84
49	Información mostrada a la enfermera (2). Realizar examen de azúcar.	85
50	Información mostrada al médico. Temperatura del paciente en las últimas 8 horas.	85
51	Código del escenario ingesta de medicamentos.	87
52	Implementación de la ingesta de medicamentos. Es necesario ingerir 2 capsulas del medicamento a las 6:00.	87
53	Caso de uso del actor aplicación.	103
54	Casos de uso del actor Usuario	103
55	Casos de uso del actor Captura de contexto.	104
56	Casos de uso del actor Selección de información.	104
57	Casos de uso del actor Realidad aumentada.	105

Lista de Figuras (continuación)

Figura		Página
58	Casos de uso del actor Consulta de información.	105
59	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar alimentos.	112
60	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar ubicación.	113
61	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar información médica. .	114
62	Diagrama de secuencia del caso de uso consulta de ingesta de medica- mentos.	116
63	Diagrama de secuencia del caso de uso definir preferencias de presentación de contenido.	117
64	Diagrama de secuencia del caso de uso definir preferencia de dispositivo.	117
65	Diagrama de secuencia del caso de uso definir recurso de perfil.	118
66	Diagrama de secuencia del caso de uso obtener localización.	118
67	Diagrama de secuencia del caso de uso obtener fecha.	119
68	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar línea de vista.	119
69	Diagrama de secuencia del caso de uso consultar estado de red.	120
70	Diagrama de secuencia del caso de uso obtener preferencias de presentación.	120
71	Diagrama de secuencia del caso de uso obtener preferencia de dispositivo.	121
72	Diagrama de secuencia del caso de uso obtener formatos de contenido permitidos.	121
73	Diagrama de secuencia del caso de uso dibujar escena.	122
74	Diagrama de secuencia del caso de uso inicializar aplicación.	122
75	Diagrama de las clases implementadas.	123

Capítulo I

Introducción

El cómputo ubicuo ha sido denominado como la tercera era del cómputo (Weiser y Brown, 1996). En esta era, el uso de las computadoras se extiende más allá del escritorio, integrando en el ambiente físico dispositivos de diferentes escalas, con capacidad computacional y de comunicación. Estos dispositivos pueden ser integrados de manera natural a las actividades diarias de los usuarios (Weiser, 1991), intentando que sean casi imperceptibles, es decir que el usuario se mantenga únicamente al pendiente de la tarea que realiza, olvidando la tecnología que interviene en el proceso.

La invisibilidad es un factor clave para hacer exitosa la herramienta, ya que así permitirá al usuario enfocarse en sus actividades más no en la herramienta misma (Weiser, 1994). La filosofía del creador del cómputo ubicuo señala que: *”La tecnología mejor aceptada es aquella que desaparece. Esta tecnología se sumerge en nuestra vida cotidiana hasta que es indistinguible de la misma”* (Weiser, 1991). En esencia, sólo cuando las cosas desaparecen uno es libre en utilizarlas, sin pensar en cómo utilizarlas y enfocarse en nuevas actividades (Weiser, 1993).

Un ejemplo de las tecnologías ubicuas son los códigos de barras los cual han proliferado desde principios de la década de 1960. Posteriormente surgieron otras tecnologías como RFID, NFC y códigos de dos dimensiones, entre otras. Este tipo de tecnologías

han sido también denominadas tecnologías de auto identificación, ya que proveen identidad y capacidad de comunicación. Al incorporar este tipo de tecnologías en los objetos físicos, los objetos aumentan sus capacidades y proveen servicios que inicialmente no proveían; por lo que se obtienen objetos aumentados o también denominados *smart objects*.

En (Waldner, 2007) se menciona que una persona se encuentra rodeada e interactúa implícita o explícitamente con alrededor de 5000 objetos aumentados (calzado, electrodomésticos, dispositivos de domótica, etc.) diariamente. De estas interacciones es posible obtener una gran cantidad de información concerniente a diversos contextos. Para obtener la información del contexto han surgido diversos sistemas, los cuales han sido denominados sistemas conscientes del contexto. En base a las condiciones del entorno, adaptan y ofrecen información al usuario. La tarea de los sistemas conscientes del contexto involucra la inferencia y adaptación de la información en función de distintos contextos, por ejemplo, el contexto del usuario (perfil, ubicación, hora, capacidad del dispositivo portátil y preferencias), contexto de red (el ancho de banda), o el contexto del ambiente (temperatura, humedad, contaminación).

Recientemente los dispositivos portátiles integran diversas fuentes de información contextual como lo es el micrófono, GPS(del inglés 'Global Positioning System'), cámara, acelerómetro y brújula, entre otros; por lo que ahora estos dispositivos cuentan con aplicaciones que utilizan la funcionalidad del cómputo consciente del contexto para interactuar y visualizar la información de los objetos aumentados. Algunas de estas aplicaciones recurren a la realidad aumentada para mostrar la información al usuario, esto es, las aplicaciones sobreponen la información en el flujo de video que el usuario observa a través de la cámara del dispositivo.

I.1. Planteamiento del problema

Actualmente los objetos aumentados se encuentran diseminados en diversos ambientes como el hogar, oficina, centro comercial, hospital, etc., lo que permite al usuario interactuar y obtener la información que proveen los objetos aumentados cuando se encuentra en dichos ambientes; sin embargo la interacción con los objetos aumentados contempla diversas incógnitas:

- Ya que los objetos aumentados se encuentran diseminados en diversos entornos ¿Cómo determina el usuario la existencia de objetos aumentados en su entorno? Esto es, los objetos aumentados se encuentran inmersos en el ambiente del usuario e imperceptibles a él; por lo tanto no es posible que el usuario determine con facilidad la existencia de objetos aumentados en su entorno.
- Después de que se tiene conocimiento de la existencia de objetos aumentados ¿Cómo identifica el usuario a los objetos aumentados? Esto es, los objetos aumentados integran diversas tecnologías de auto identificación (códigos Qr, RFID, NFC y códigos de barra). Estas tecnologías de auto identificación dotan de identidad y comunicación. Para identificar dichos objetos el usuario puede utilizar una aplicación ad-hoc que permita identificar una de estas tecnologías de auto identificación en específico, lo que impide identificar diversos objetos aumentados a través de una sola interfaz.
- Posteriormente, ¿Cómo puede el usuario acceder a la información que proveen los objetos aumentados? Esto es, los objetos aumentados utilizan diversos mecanismos y formatos para proveer la información. Al igual que en el punto anterior, el usuario puede utilizar una aplicación ad-hoc para acceder a la información de

un tipo de objeto aumentado en específico; sin embargo existen diversos tipos de objetos aumentados en el entorno del usuario, por lo que una interfaz específica no es suficiente. Además los objetos aumentados pertenecen a diversos ambientes, por lo que proveen información diversa, ante ello es necesario entender la información que proveen, esto es, conocer el significado de la información que provee el objeto aumentado.

- Y finalmente ¿Cómo puede el usuario visualizar la información que proveen los objetos aumentados? Dado que las preferencias de cada usuario varían considerablemente, así también las capacidades de los dispositivos que utiliza, por lo que no se puede presentar la información de forma unimodal. Para determinar la presentación adecuada de la información al usuario es necesario contemplar las preferencias de éste y el contexto de la red. Las preferencias del usuario tienen dos variantes, preferencias de presentación de contenido y preferencias de dispositivos portátiles. Las preferencias de presentación de contenido corresponden a las variantes en que el usuario desea visualizar la información, mientras que las preferencias de dispositivos portátiles corresponden al dispositivo que utiliza el usuario para visualizar la información de los objetos aumentados. Finalmente el contexto de red permite obtener información del ancho de banda; por tanto para determinar la presentación de la información se deben de contemplar los factores anteriores en conjunto, lo que permite ofrecer la presentación multimodal de la información.

I.2. Propuesta

En este trabajo se propone el diseño e implementación de una plataforma que permita la creación de aplicaciones de realidad aumentada conscientes del contexto. La plataforma debe de proveer mecanismos para que las aplicaciones puedan descubrir e identificar los objetos aumentados en el entorno, así también obtener la información asociada a ellos, realizar inferencias de dicha información en función del contexto del usuario y finalmente visualizar la información en realidad aumentada. En otras palabras se pretende implementar una interfaz genérica que permita navegar la información de los objetos que integran el *Internet of Things* o lo que denominamos visores sensoriales. El término *Internet of Things* describe a una red de objetos interconectados, en la cual las tecnologías de auto identificación (códigos Qr, RFID, NFC y códigos de barras) permiten establecer comunicación y llevar el Internet a los objetos físicos cotidianos. La funcionalidad de la plataforma se presenta en la Figura 1.



Figura 1. Funcionalidad de la plataforma propuesta.

I.3. Preguntas de investigación

En la sección anterior se menciona que existe una gran variedad de elementos tecnológicos que proporcionan información del entorno. Dicha información es propor-

cionada en diversos formatos y necesita ser procesada a un formato, el cual debe ser comprendido por una aplicación específica con el propósito de ofrecer una representación visual de la información al usuario.

En esta sección, se describen las preguntas de investigación que se pretenden resolver:

- ¿Cuáles son los componentes que debe contener un visor sensorial?
- ¿Cómo se puede lograr la comunicación del visor sensorial con diversas fuentes de información con mínima interacción por parte del usuario?
- ¿De qué manera se puede definir y representar la semántica de la información obtenida a través del visor sensorial?
- ¿Cómo se define la presentación visual de la información obtenida de los objetos aumentados?

I.4. Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo consiste en diseñar y desarrollar una plataforma de realidad aumentada que permita la creación de aplicaciones conscientes del contexto.

I.5. Objetivos específicos

Del objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Identificar escenarios de aplicación.
- Identificar problemas de interacción humano computadora.

- Identificar problemas de la representación de información.
- Definir un método para la representación semántica de la información.
- Definir y desarrollar la arquitectura de la plataforma.
- Diseñar algunas aplicaciones para escenarios de uso.
- Desarrollar al menos una aplicación.
- Evaluar el funcionamiento de la aplicación desarrollada.

I.6. Metodología

Para llevar a cabo el trabajo de tesis y cumplir con los objetivos planteados anteriormente se plantea una metodología de investigación cuyas etapas se describen a continuación:

Entendimiento inicial. Esta etapa consiste en la revisión de trabajos previos realizados en el área de cómputo ubicuo, *Internet of Things*, realidad aumentada, semántica de la información, tomando en cuenta las características, ventajas y limitaciones presentes en dichos trabajos para guiar el trabajo de investigación. También esta etapa involucra la identificación de escenarios de aplicación, para obtener un compendio de las necesidades presentes en cada escenario y encaminar el diseño de la plataforma utilizando ejemplos concretos.

Diseño e implementación de la plataforma. Esta etapa consiste en definir los componentes de software, hardware partiendo de las necesidades implicadas en los escenarios de aplicación. Esta etapa también involucra el diseño de la arquitectura, por

lo que se definen las entidades de cómputo que integran la arquitectura, componentes y la interacción entre ellos. Y finalmente se implementan dichos componentes.

Implementación de dos aplicaciones. Esta etapa consiste en la implementación de dos aplicaciones, a través de las cuales se verifica la funcionalidad que ofrece la plataforma propuesta. Las aplicaciones implementadas corresponden a dos de los escenarios de aplicación definidos en la primera etapa de la metodología.

Evaluación de la plataforma. Esta etapa consiste en evaluar la funcionalidad que brinda la plataforma para la creación de aplicaciones conscientes del contexto. Por lo que se evaluarán la plataforma con desarrolladores a fin de conocer la facilidad de uso y eficiencia de la misma. Así también permitirá conocer el alcance y limitación funcional de la plataforma.

Redacción de tesis. Esta etapa consiste en la redacción de los diferentes apartados que abarcan el trabajo de tesis, antecedentes, trabajo relacionado, resultados obtenidos y demás.

I.7. Organización de la tesis

Esta tesis está constituida por siete capítulos y varios apéndices, los cuales se describen brevemente a continuación:

En el capítulo II se presentan los conceptos de cómputo consciente del contexto e *Internet of Things*. En este capítulo también se describe el funcionamiento de diversos sistemas conscientes del contexto, abordando los mecanismos que utilizan para obtener información contextual y las limitaciones de dichos trabajos. Por último también se presentan trabajos de *Internet of Things*, en donde se identifican las tecnologías que permiten enlazar los objetos físicos con los recursos en la Web y las limitaciones de

dichas tecnologías.

En el capítulo III se presentan los conceptos de realidad aumentada e información semántica. Ya que en este trabajo de tesis la información se presenta al usuario en realidad aumentada, se describe la funcionalidad que brindan los trabajos previos para realizar dicha tarea y las limitantes encontradas para satisfacer los requerimientos de la plataforma propuesta. En este capítulo también se describe la utilidad que provee la semántica en la realización del trabajo de tesis, además se presentan algunos trabajos que hacen uso de ellas en diversos dominios de aplicación.

En el capítulo IV se presenta el diseño de la plataforma. Primero se presentan algunos escenarios de aplicación, posteriormente se modela la información utilizando diagramas de casos de uso, lo que permite identificar diversos requerimientos técnicos. En base a estos requerimientos técnicos se definen los componentes que integrarán la arquitectura de software y se define la funcionalidad de estos. Así como también se define la ontología en base a los conceptos utilizados en los diferentes escenarios de aplicación.

En el capítulo V se presenta la implementación de la plataforma. En este capítulo se describen los mecanismos utilizados para implementar cada uno de los componentes de la arquitectura, el hardware utilizado y además se describe la implementación de la ontología.

En el capítulo VI se presenta la evaluación de la plataforma. Para evaluar la plataforma se implementaron diversas aplicaciones, las cuales permitieron constatar la funcionalidad que brinda la plataforma propuesta.

Capítulo II

Cómputo Consciente del Contexto e *Internet of Things*

II.1. Introducción

El presente trabajo de investigación involucra la integración de cuatro áreas de investigación como se muestra en la Figura 2. Cada una de estas áreas provee cierta funcionalidad que contribuye al desarrollo de la plataforma propuesta.

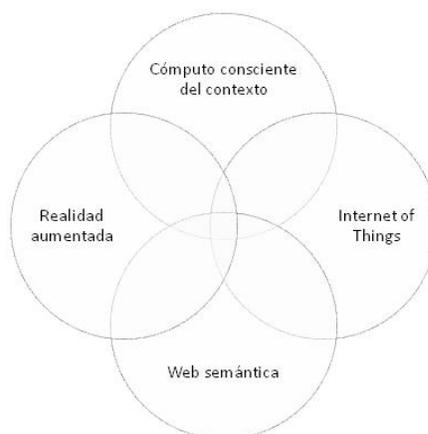


Figura 2. Composición del trabajo de investigación

En este capítulo se presentan los conceptos de cómputo consciente del contexto y de *Internet of Things*. Además se presentan los trabajos del cómputo consciente del

contexto y del *Internet of Things* relacionados a este trabajo de investigación, resaltando las cualidades y deficiencias de cada uno de estos trabajos.

II.2. Cómputo consciente del contexto

La parte fundamental de la plataforma propuesta es la consciencia del contexto. A partir de ella, permite a la plataforma identificar y reaccionar ante cambios en el ambiente. Lo anterior se refiere a realizar el descubrimiento e identificación de los objetos aumentados que se encuentran en la periferia del usuario, descubrimiento de servicios digitales, identificar el usuario del visor, obtener información de fecha y hora y determinar la localización del usuario. Para ello primeramente se define contexto como, cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad (Dey, 2001). Por entidad se refiere a cualquier persona, lugar u objeto que es considerado relevante en la interacción entre el usuario y una aplicación, incluyendo al usuario y la aplicación misma (Dey, 2001). Para dotar de consciencia a un sistema o aplicación, se utiliza una infraestructura de sensores, la cual obtiene información de las variables del ambiente. La infraestructura de sensores puede estar compuesta por varios de los siguientes dispositivos:

- Sensores de proximidad.
- Sensores de movimiento.
- Sensores de temperatura.
- Sensores de humedad.
- Micrófono.

- Acelerómetros.

Las aplicaciones conscientes del contexto recopilan la información de estos sensores o también denominada información atómica, para posteriormente inferir la actividad de las personas, su estado de ánimo, localización, etc. A la información conceptual que se deriva de aquella que se obtiene directamente de los sensores se le denomina contexto secundario. Una vez que se han realizado las inferencias, la información resultante puede ser presentada a través de pantallas ambientales, dispositivos portátiles o utilizada para generar una acción. El *sentient computing* ha sido definido por Hopper (Hopper, 2000) para hacer referencia a las aplicaciones que son sensibles y reaccionan ante cambios en el ambiente.

Ante el concepto de cómputo consciente del contexto se han desarrollado diversos trabajos de investigación, cada uno de ellos integra diversos mecanismos que permiten obtener información contextual. Por ejemplo Hopper en su trabajo sobre *sentient computing* utiliza información contextual para determinar la localización de un usuario. La infraestructura utilizada consta de *Active Badge*, Bluetooth y GPS. El *Active Badge* utiliza transmisiones infrarrojas por lo que su precisión es baja y solo es útil para indicar a nivel de habitación donde se encuentra una persona u objeto (ver Figura 3). La tecnología Bluetooth proporciona un alcance y precisión aproximada de 10 metros, con lo que se puede aseverar que un objeto o persona se encuentra en la proximidad de otro; y finalmente el GPS ofrece coordenadas geográficas de una entidad. A partir de la información contextual obtenida de estas tecnologías Hopper clasifica la localización de un usuario como localización simbólica, por proximidad y por coordenadas respectivamente.

En (Addlesee *et al.*, 2001) también se utiliza la consciencia del contexto para determinar la localización de un usuario. En este trabajo se utiliza el *Active Bat* (ver Figura 4), que a diferencia del *Active Badge* estima la localización con mayor precisión. El *Active Bat* emite señales ultrasónicas, las cuales son capturadas por un arreglo de detectores, y en base al tiempo de vuelo de éstas se determina la posición de la entidad, además si se anexan dos *Active Bat* más a la entidad se obtiene también la orientación; sin embargo estas tecnologías tienen algunas limitantes, ya que el *Active Badge* utiliza señales infrarrojas tiene dificultad para localizar cuando en el entorno hay luz fluorescente o rayos directos del sol, asimismo es necesario contar con una infraestructura de sensores infrarrojos, cuyo costo es elevado; el *Active Bat* necesita contar con un arreglo de detectores, por lo tanto la desventaja radica en el costo de los dispositivos (Hightower y Borriello, 2001).



Figura 3. *Active Badge*. Las señales infrarrojas emitidas por el *Active Badge* permitían determinar la ubicación del usuario a nivel de habitación.

La información contextual no solo se ha utilizado para determinar la localización de una entidad, sino en base a la localización de diversas entidades se pueden realizar inferencias acerca de las relaciones entre diversos objetos, por ejemplo Hopper define el concepto de zonas simbólicas (Hopper, 2000) cuando zonas de distintos objetos se superponen y se infiere que un objeto hace uso de otro.

Otra aplicación de los sistemas conscientes del contexto es el modelado del ambiente del usuario como se presenta en (Addlesee *et al.*, 2001). Para realizar el modelado se

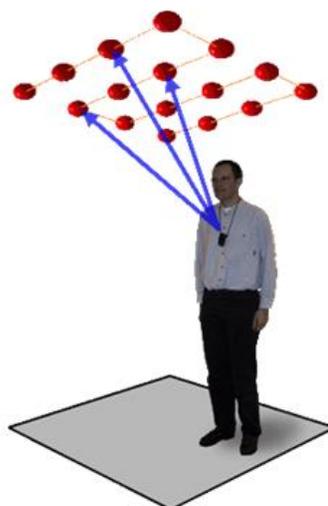


Figura 4. *Active Bat*. La localización de un usuario se determina en base al tiempo de vuelo de las señales ultrasónicas del *Active Bat* con respecto al arreglo de sensores.



Figura 5. El ambiente visto por el usuario.

conjunta la funcionalidad de los *Active Bat*, sensores y zonas espaciales para representar la ubicación de personas y objetos en el ambiente (ver Figura 5 y 6). Para ello cada entidad física se mapea a un componente de software, el cual contiene información actualizada acerca de la localización y estado de la entidad correspondiente; sin embargo, si se desea integrar esta funcionalidad a la plataforma para obtener información contextual de cada objeto aumentado en el ambiente, se encuentra una limitante, ya que cada objeto aumentado debe ser representado por un objeto de software.

En (Newman *et al.*, 2001) se utiliza información contextual relacionada a la localización de una entidad para mostrar información asociada a dicha ubicación. La información resultante se presenta en realidad aumentada, esto es, se sobrepone en el flujo de video de la cámara del dispositivo del usuario. Este sistema utiliza los *Active Bat* para determinar la ubicación y orientación de los usuarios y utiliza dispositivos portátiles para visualizar la información, en este caso una PDA y una computadora portátil (ver Figura 7 y 8). Aunque la información contextual capturada por este sistema consiste en la localización de las entidades en el entorno, tiene varias aplicaciones ya que en base a la localización se obtiene información relacionada y es posible realizar inferencias. Lo anterior permite al usuario visualizar información de los objetos en el entorno, visualizar información de las personas a su alrededor y visualizar la ruta que tomó un usuario dentro del edificio, entre otras aplicaciones (ver Figura 9 y 10). Este sistema no es adecuado para los fines de la plataforma propuesta, ya que, conlleva un alto costo al tener que instalar equipo dedicado y también requiere la creación de un objeto de software por cada entidad que se encuentre en el entorno.



Figura 6. Modelado del ambiente físico en base a la información contextual capturada.

La consciencia del contexto no se refiere únicamente en determinar la localización de una entidad. La consciencia del contexto puede determinar la actividad de un usuario, estado de una entidad etc. En años recientes se han desarrollado varias tecnologías



Figura 7. Presentación de la información a través de una pantalla montada en la cabeza del usuario.



Figura 8. Presentación de la información en una PDA.

como es el caso de las pantallas ambientales (*ambient display*) (Mankoff *et al.*, 2003) y tecnologías sensoriales (*sentient technologies*) (Kawsar *et al.*, 2005) que han permitido crear nuevas aplicaciones conscientes del contexto. Las pantallas ambientales permiten presentar información en un medio que se encuentre en la periferia de la atención del usuario. La presentación de la información debe de estar diseñada de modo tal, que no debe de distraer al usuario de sus tareas primarias. La consciencia del contexto es proporcionada por las tecnologías sensoriales que permiten a las pantallas percibir y reaccionar a los cambios en el ambiente; por tanto en (Favela *et al.*, 2009) se propone el concepto de pantallas sensoriales (*sentient display*) que representa a sistemas conscientes del contexto que conjuntan las pantallas ambientales y tecnologías senso-

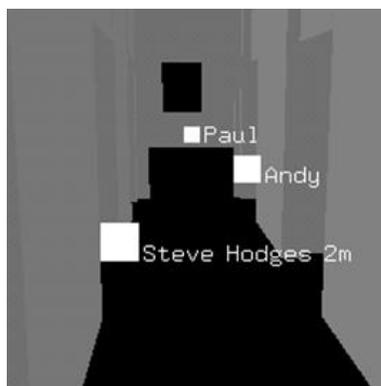


Figura 9. Localización de personas.



Figura 10. Ruta tomada por un usuario.

riales. El término pantallas sensoriales se define como *”artefactos de la vida diaria aumentados con servicios digitales capaces de percibir información del ambiente y usar esta información para extender las capacidades de las artefactos”* (Favela *et al.*, 2009). Utilizando el concepto anterior se desarrollaron dos aplicaciones para un ambiente de hospital. La primera de ellas denominada *The ADL Monitor: A Mobile Sentient Display*, administra información contextual de pacientes y utiliza dos pantallas ambientales para mostrarla; una pantalla ambiental corresponde a un brazalete que porta la enfermera, constituido de cinco botones con luz, correspondientes a cinco pacientes a cargo de la enfermera; otra pantalla ambiental corresponde a una aplicación en un teléfono

celular, (ver Figura 11) la cual ofrece información detallada de los pacientes. A través del brazalete se conoce la actividad de un paciente. La aplicación en el teléfono celular también permite definir eventos utilizando información contextual que actúe como un disparador en las actividades que se monitorean. La segunda aplicación es The FlowerBlink (Favela *et al.*, 2009; Segura Saldaña *et al.*, 2008), la cual obtiene información contextual de un sensor inalámbrico anexo a la bolsa de orina del paciente, para posteriormente notificar la evacuación de orina a la enfermera. La información se presenta en una pantalla ambiental representada por un florero. A través del parpadeo de las flores notifica a la enfermera un evento asociado a un paciente. Para notificar un evento el sistema obtiene información contextual de un sensor de presencia embebido en el florero (ver Figura 12).



Figura 11. a) ADL Monitor b) Asistente c) Asociación de prioridades d) Información contextual.

A diferencia de los trabajos presentados anteriormente en (López de Ipiña *et al.*, 2008) se presenta una plataforma basada en la web 2.0 denominada Sentient Graffiti (SG) que permite la creación de aplicaciones conscientes del contexto. Esta plataforma presenta a la web como un API (del inglés 'Application Programming Interface') donde terceras partes pueden crear nuevas aplicaciones a partir de la funcionalidad de otras (*mash-ups*). La plataforma toma ventaja del incremento en el uso de dispositivos móviles con funciones de sensado (RFID, GPS, entre otras) y funciones de comuni-

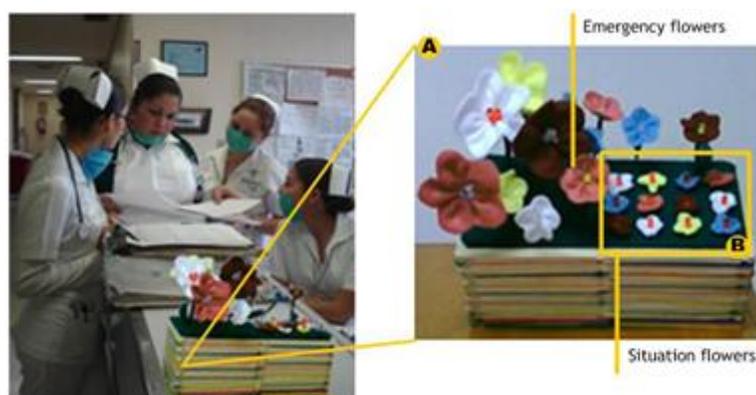


Figura 12. El florero colocado en el pabellón de enfermeras. a) Flores que notifican eventos de emergencia b) Flores que personalizan su color en base a la presencia de las enfermeras.

cación (wi-fi, bluetooth, entre otras). Esta plataforma provee información contextual relacionada a localización, proximidad y línea de vista del usuario. Utiliza el GPS, RFID, el Bluetooth y permite decodificar marcadores que se encuentren en la línea de vista del dispositivo del usuario. Con el uso de estas tecnologías los usuarios de SG pueden realizar anotaciones a objetos o regiones espaciales, las cuales pueden constar de contenido multimedia o hipervínculos (ver Figura 13). Los usuarios pueden recuperar las anotaciones de diversas maneras. Una de ellas es utilizando marcadores, los cuales tienen anotaciones asociadas, por lo que se utilizan dispositivos portátiles con cámara para identificar dichos marcadores y recuperar las anotaciones (ver Figura 14). Otra alternativa es utilizando un lector de RFID para recuperar las anotaciones asociadas a tarjetas RFID. Otra alternativa más es a partir de localización del usuario, esto es, utilizando dispositivos portátiles equipados con GPS se obtienen las anotaciones que se encuentren en cierta ubicación. Finalmente a través de consciencia de proximidad, donde los usuarios de SG que utilizan dispositivos equipados con tecnología bluetooth pueden recuperar las anotaciones que se encuentren disponibles en los servidores bluetooth cercanos al usuario. Entre las aplicaciones que puede tener este proyecto desta-

can, la posibilidad de dejar anotaciones en las puertas de oficinas, conocer los horarios de autobuses, acceder a información y servicios de una organización, entre otras. La funcionalidad de SG se asemeja a la de la plataforma propuesta, sin embargo existen algunas diferencias. SG utiliza un portal dedicado para asociar información a marcadores, localización, tecnología RFID y Bluetooth; en cambio en la plataforma propuesta no se realizan cambios sobre las entidades en el entorno, es decir, se toma ventaja de las tecnologías e información existente en el entorno.



Figura 13. Creación de anotaciones con Sentient Graffiti.

Finalmente en (Avilés López y García Macías, 2008) se presenta una arquitectura denominada TinySOA, la cual ofrece acceso transparente a redes inalámbricas de sensores (WSN) y tecnologías RFID. La funcionalidad de esta arquitectura facilita la creación de aplicaciones conscientes del contexto basadas en WSN o RFID. El propósito general de este proyecto es ofrecer contexto primario o también denominado atómico, para que así las aplicaciones puedan derivar contexto complejo o secundario.



Figura 14. Recuperación de anotaciones utilizando Sentient Graffiti.

II.3. *Internet of Things*

Una de las funcionalidades contempladas por la plataforma propuesta es acceder a la información de cada uno de los objetos aumentados; por lo tanto se incorpora a la plataforma la funcionalidad que ofrece lo que se ha denominado *Internet of Things*, esto es, llevar el Internet a los objetos físicos cotidianos.

Los avances tecnológicos han permitido contar con dispositivos cada vez más pequeños, con una mayor capacidad de almacenamiento, de procesamiento y diversas formas de comunicación; lo que conlleva a la aparición de tecnologías tales como RFID, NFC, códigos de dos dimensiones, o también denominadas tecnologías de auto identificación. Una ventaja de estas tecnologías es su incorporación con los objetos físicos cotidianos, obteniendo así objetos aumentados o también denominados *smart objects*. La incorporación de las tecnologías de auto identificación en los objetos físicos, permite dotar de identidad y capacidad de comunicación a dichos objetos; estas características hacen posible la interacción de los usuarios con dichos objetos aumentados. Las interacciones anteriores en conjunto con la funcionalidad de Internet han dado lugar al *Internet of Things* (Gershenfeld *et al.*, 2004), cuyo objetivo es compartir la información de los objetos físicos en la Web; por tanto ahora cada objeto físico representa un recurso en la Web. El *Internet of Things* ha expandido el dominio del Internet hacía los objetos

con los que interactúa el usuario, permitiendo así, establecer comunicación y obtener información de un simple zapato, un libro, una cafetera, entre otros. Las principales tecnologías que se han utilizado para obtener objetos aumentados y que además han hecho posible la visión del *Internet of Things* son:

- La identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés 'Radio Frequency Identification'), se refiere a pequeños dispositivos que consisten de un chip y una antena. La tecnología RFID (Finkenzeller, 2003) provee un identificador para cada objeto. Una ventaja es que los dispositivos RFID no necesitan ser posicionados directamente sobre la línea de vista de un escáner. En contraste, los dispositivos RFID funcionan dentro de un rango cercano al escáner (hasta aproximadamente 6 metros).
- La tecnología de comunicación de campo corto (NFC, por sus siglas en inglés 'Near Field Communication') permite establecer comunicación inalámbrica de corto alcance. Permite el intercambio de información entre dispositivos que se encuentren en un rango máximo 10 centímetros (O'Neill *et al.*, 2007).
- Los códigos de dos dimensiones, los cuales se han desarrollado para codificar grandes cantidades de información. Entre los diversos códigos de dos dimensiones, el Qr (del inglés 'Quick Response') Code ha sido ampliamente utilizado debido a su precisión y velocidad de lectura. Qr Code puede codificar hasta 7089 caracteres numéricos o 4296 caracteres alfanuméricos.
- La incorporación de estas tecnologías en los objetos cotidianos ha permitido eliminar la brecha existente entre los objetos físicos y la información digital en la Web. Por consiguiente la consciencia de contexto incorporada en la plataforma

propuesta debe de permitir descubrir e identificar los objetos aumentados en el entorno, para posteriormente acceder al recurso Web y consultar la información asociada a cada uno de ellos.

Uno de los objetivos del *Internet of Things* es dotar de identidad a cada objeto físico para permitir la interacción y comunicación con otras entidades; sin embargo, no se especifica el tipo de identificador a utilizar ni así tampoco como realizar la comunicación entre los objetos aumentados. Ante esta problemática en (Fielding y Taylor, 2000) se propone REST (del inglés 'Representational State Transfer'), una arquitectura de software que provee solución a la problemática anterior. Esta arquitectura contempla a clientes y servidores realizando transferencias de recursos. La representación del recurso es típicamente un documento que captura el estado del recurso. Para poder realizar este funcionamiento REST establece los siguientes principios:

1. Otorgar identidad única a cada objeto. En la Web dicho identificador corresponde a un URI (del inglés 'Uniform Resource Identifier'). El URI provee un nombre global con el cual se pueden identificar los recursos.
2. Vincular los recursos. Con este principio se evita tener la información centralizada en un solo recurso, a partir del recurso asociado a un objeto se accede al recurso de otro objeto. Por ejemplo el recurso asociado a una publicación, contiene vínculos hacia los recursos de los autores, casa editora, lo que permite navegar los recursos a partir de un recurso en común.
3. Utilizar métodos estándar. Para ello utiliza los métodos establecidos por HTTP, GET, POST, PUT, DELETE, de esta forma se puede acceder a los recursos a través de métodos que se han convertido en estándares de facto.

4. Recursos con múltiples representaciones. Este principio evita que los clientes se preocupen por cómo manejar los datos que se obtienen de una consulta. Con ello el cliente podrá solicitar los datos como texto plano, XML, etc.
5. Comunicación sin estado. Establece que los servidores no almacenen información acerca del estado de la comunicación con algún cliente, ya que esto limita la escalabilidad del sistema.



Figura 15. Las tecnologías de auto identificación permiten establecer comunicación del usuario con los objetos físicos y entre los mismos.

Las tecnologías de auto identificación mencionadas en conjunto con la identificación y métodos de comunicación especificados por REST, logran el objetivo del *Internet of Things* al permitir comunicar a los usuarios con los objetos aumentados y así también entre los objetos mismos (ver Figura 15).

Al igual que la plataforma propuesta hay varias investigaciones que utilizan la funcionalidad del *Internet of Things* para obtener recursos Web a partir de objetos aumentados, por ejemplo en (Adelmann *et al.*, 2006) se presenta un kit de desarrollo que obtiene la información de un código de barras para posteriormente recuperar la información en la Web asociada a dicho código de barras. A pesar de la proliferación de

la tecnología RFID, NFC o de los códigos de dos dimensiones, Adelman utiliza los códigos de barras ya que son tecnologías más ubicuas que las anteriores y generalmente cualquier objeto contiene uno de ellos. Una de las aplicaciones de este kit de desarrollo permite obtener la ficha bibliográfica a partir del código de barras asociado a un libro (ver Figura 16).



Figura 16. Sistema que presenta la información bibliográfica asociada a un libro.

Otro trabajo relacionado es presentado por Isomursu (Isomursu y Tuikka, 2008) en el cual se utilizan tarjetas NFC y teléfonos celulares. Para ello el usuario acerca su teléfono celular a la tarjeta NFC para ser direccionado al recurso asociado a la tarjeta. Una de las aplicaciones que presenta Isomursu permite realizar el pago de estacionamientos; por tanto el usuario primero obtiene el recurso asociado a su auto acercando su teléfono a la tarjeta NFC en su vehículo, posteriormente acerca su teléfono celular hacía el parquímetro, de esta forma se permite la entrada al estacionamiento (ver Figura 17). Al momento de salir del estacionamiento solo es necesario volver a acercar el teléfono celular al parquímetro.

En (Welbourne *et al.*, 2009) utilizan tecnología RFID para implementar diversas aplicaciones. Para ello se asocia una tarjeta RFID a cada objeto físico que se encuentre en un área determinada y la información de esta asociación se administra en un portal. En el portal los usuarios pueden obtener la localización de un objeto, consultar la información de dicho objeto y generar eventos tomando como referencia los objetos registrados. Una de las aplicaciones implementadas permite recibir notificaciones cuando



Figura 17. Implementación de Isomursu.

se genera un evento, para ello en primera instancia se genera el evento como se muestra en la parte inferior de la Figura 18, donde se solicita recibir una notificación cuando el usuario Evan se encuentre fuera del laboratorio de base de datos con sus llaves.

La plataforma propuesta involucra la combinación de diversas áreas de investigación, como el *Internet of Things* y la realidad aumentada. Algunos trabajos relacionados ya han combinado estas dos áreas, tal es el caso del trabajo de Tai-Wei (Tai-Wei *et al.*, 2009), quien utiliza los códigos Qr para codificar URI's en ellos; estos códigos son colocados sobre productos comerciales. Para acceder a la información asociada al código Qr, el usuario enfoca su dispositivo portátil hacia el código Qr incrustado en el producto, al identificar el código Qr la aplicación obtiene el URI asociado y recupera la información de dicho recurso en la web, para finalmente presentarla al usuario en realidad aumentada. La aplicación implementada está enfocada en la venta de productos; por tanto al enfocar el dispositivo hacia el código Qr del producto se muestra una imagen del producto (ver Figura 19).

Un trabajo similar al propuesto es Webtag (Fiala, 2007). Este trabajo combina el potencial del *Internet of Things* con la realidad aumentada. A diferencia del trabajo de Tai-Wei en el que utiliza códigos Qr como vínculo entre los recursos en la web y produc-



Figura 18. Administración de herramientas. a) El administrador de etiquetas crea y administra objetos virtuales los cuales son enlazados a etiquetas b) El administrador de lugares agrupa antenas dentro de lugares c) Los eventos se especifican con los objetos y lugares previamente definidos.

tos, Fiala utiliza marcadores. Tomando como referencia el sistema ARTag (Fiala, 2005) que permite registrar 1001 marcadores, Fiala asigna a cada uno de estos marcadores un enlace a contenido multimedia en la Web. Al momento que el usuario enfoca su dispositivo portátil hacia el marcador en el producto, éste obtiene el identificador y lo mapea a la dirección Web correspondiente para descargar el contenido multimedia y presentarlo al usuario en realidad aumentada.

II.4. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los conceptos de cómputo consciente del contexto e *Internet of Things*. La funcionalidad de la plataforma incluye realizar el descubrimiento e identificación de los objetos aumentados, acceder a la información que proveen dichos objetos, realizar inferencias en base a dicha información y finalmente presentar



Figura 19. Combinación del *Internet of Things* y Realidad Aumentada para presentar el contenido multimedia asociado a un código Qr.

la información al usuario en realidad aumentada. La consciencia del contexto permite a la plataforma realizar el descubrimiento e identificación de los objetos aumentados que se encuentren en el entorno del usuario. Se presentaron algunos trabajos relacionados para resaltar las diferencias de la plataforma propuesta con dichos trabajos, con respecto a las fuentes de información contextual que utilizan y el uso que le dan a la información obtenida. La plataforma propuesta utiliza la funcionalidad del *Internet of Things* para acceder a la información que ofrecen los objetos aumentados; por tanto después de que se han descubierto e identificado los objetos aumentados se accede a la información asociada a ellos. Al contar con un identificador único y métodos para acceder a dicha información la plataforma accede al recurso del objeto aumentado. Los trabajos presentados de *Internet of Things* permitieron identificar las tecnologías de auto identificación que se utilizan actualmente y el uso de estas en el entorno cotidiano. La consciencia del contexto y el *Internet of Things* contribuyen a la funcionalidad de la plataforma ofreciendo solución a las primeras 3 etapas de la plataforma propuesta (ver Figura 20).

En el siguiente capítulo se describen los conceptos de Web semántica y realidad aumentada, así como también se describe como estas dos áreas de investigación contribuyen a la funcionalidad de la plataforma. Además se presentan algunos trabajos



Figura 20. Funcionalidad de la plataforma.

relacionados de las dos áreas, para conocer la utilidad que brinda la semántica y el uso que se le da a la realidad aumentada.

Capítulo III

Web Semántica y Realidad Aumentada

III.1. Introducción

En este capítulo se presentan los conceptos de Web semántica y realidad aumentada. Se discute como estas áreas de investigación contribuyen a la funcionalidad de la plataforma. Además se presentan los trabajos de Web semántica y realidad aumentada relacionados a este trabajo de investigación, resaltando las cualidades y limitaciones de cada uno de estos trabajos.

III.2. Web Semántica

Como se ha mencionado en capítulos anteriores existe una gran diversidad de objetos aumentados en el entorno, los cuales ofrecen información contextual relacionada a temperatura, humedad, información de productos, localización, etc. Con la funcionalidad que brinda el cómputo consciente del contexto y el *Internet of Things* es posible que la plataforma descubra, identifique y acceda a la información de los objetos aumentados que se encuentren en el entorno; pero ante esta diversidad de información, es necesario

que la plataforma entienda la información que proveen los objetos aumentados, para posteriormente realizar inferencias y mostrar la información al usuario. Por las razones anteriores se integra la funcionalidad de la Web semántica en la plataforma.

Desde los inicios de la Web en la década de los 90's los navegadores han contado con una funcionalidad muy limitada; solo visualizan la información de los documentos Web, debido a que el contenido de los documentos en la Web está diseñado para ser entendido por personas; por tanto no puede ser entendido y manipulado por entidades de *software*. Ante lo anterior una computadora no es capaz de procesar la semántica correspondiente a "Esta es la página Web de José Pérez o este enlace se dirige al artículo de María Suarez". Este problema fue observado por Berners-Lee (Berners-Lee, 1998), quien en 1998 escribió: "Tengo un sueño para la Web, en donde las computadoras sean capaces de analizar los datos en la Web, el contenido, los vínculos, las transacciones entre las personas y las computadoras. Una Web semántica, podría hacerlo posible, aún no es posible; pero cuando lo sea, los mecanismos diarios de comercio y nuestras vidas diarias serán administradas por computadoras interactuando con computadoras. Los agentes inteligentes que las personas han pregonado por mucho tiempo finalmente se materializan".

La Web semántica proporciona estructura para dotar de significado al contenido de las paginas en la Web, creando un ambiente en donde agentes de *software* pueden navegar de una página Web a otra para llevar a cabo tareas a favor de los usuarios. La Web semántica no se encuentra separada de la Web tradicional; es una extensión a la Web, en la cual el significado de la información se encuentra bien definido, permitiendo a las personas y computadoras trabajar conjuntamente. Para que la Web semántica sea posible, las computadoras deben de tener acceso a colecciones de información y conjuntos de reglas que permitan realizar inferencias y así obtener el razonamiento

automático.

Existen diversas tecnologías que permiten dotar de significado a la información en el Web, entre ellas XML (del inglés 'eXtensible Markup Language') y RDF (del inglés 'Resource Description Framework'). XML permite la creación de etiquetas para anotar las páginas Web o secciones de texto. Por tanto XML permite a los usuarios estructurar los documentos, pero no permite dotar de significado. El significado de la información es proporcionado por RDF, el cual codifica la información en tripletas. Cada tripleta se encuentra constituida por sujeto, verbo y objeto, estas tripletas pueden ser escritas utilizando etiquetas XML. Los documentos RDF permiten realizar afirmaciones que involucra que entidades particulares (persona, página) cuentan con propiedades (hermano de, autor de) y ciertos valores (otra persona, documento). Esta estructura permite describir de forma natural las relaciones entre diversas entidades, así como el procesamiento de los datos por las entidades de software. Los sujetos y objetos son identificados por un URI; los verbos se identifican también por un URI, lo que permite a los usuarios definir un nuevo concepto o verbo, con tan solo definir un URI en la Web.

En el entorno cotidiano existen diversos términos cuyo significado varía de acuerdo al contexto de uso, por lo que dificulta a las entidades de software realizar un razonamiento efectivo. Por ejemplo Berners-Lee describe un escenario en donde diferentes sistemas funcionan de forma inadecuada al compartir conceptos; en un sistema el concepto dirección puede referirse a la ubicación donde vive el vendedor de un producto, en otro sistema el concepto puede referirse a la ubicación donde se va a entregar algún producto. Para solucionar este problema se utilizan las ontologías (vocabulario). Una ontología define formalmente las relaciones entre términos. La forma típica de ontología en la Web contiene una taxonomía y un conjunto de reglas de inferencia. La taxonomía

define clases, objetos y relaciones entre ellos. Lo anterior permite que las entidades de *software* establezcan comunicación y entiendan la información que administran, al compartir las ontologías. Las reglas de inferencia proveen mayor poder, por ejemplo se puede tener la siguiente regla " *si el código de una ciudad se encuentra asociado al código de un estado y una dirección utiliza el código de la ciudad, por ende esa dirección tiene asociada un código de estado*". La computadora no entenderá lo que procesa, pero de esta forma puede administrar la información de forma efectiva para ofrecer una solución útil a los usuarios.

Debido a la funcionalidad y capacidades que brinda la Web semántica diversos sectores han optado por definir e implementar ontologías que permitan compartir información en un dominio específico. Ejemplo de ello son, FOAF (del inglés 'Friend Of A Friend') que permite describir las relaciones entre personas, CC/PP (del inglés 'Composite Capabilities / Preferences Profile') permite describir preferencias de usuarios así como la descripción de las capacidades de dispositivos y DOAP (del inglés 'Description Of A Project') que permite describir proyectos de *software* libre.

Con el desarrollo de lenguajes como RDF que permite representar conocimiento, aunado a la proliferación de vocabularios como FOAF, CC/PP; así también a la existencia de sistemas de inferencias, han permitido que diversas áreas de investigación tomen en cuenta la semántica para realizar y facilitar sus tareas. Tal es el caso del cómputo ubicuo, cómputo consciente del contexto, redes inalámbricas de sensores, redes sociales, y por consiguiente el presente trabajo de investigación. A continuación se presentan algunos trabajos relacionados.

En (Li y Khan, 2009) aplican la semántica en la construcción de redes sociales. Dado que la creación de redes sociales ad-hoc involucra diversos dispositivos portátiles como PDA's, computadoras personales y teléfonos celulares. Para interconectar estos dispo-

itivos se requiere tener conocimiento de las capacidades y funcionalidad de cada uno de ellos; por lo que los autores agregan metadatos a la información de los dispositivos. Ya que se ha creado la red ad-hoc entre los dispositivos, se obtiene la información correspondiente al perfil de cada usuario para posteriormente compararla con la información de otros perfiles y así poder realizar recomendaciones de amistad.

Otro uso de la semántica se presenta en (Ali y Kiefer, 2009), para coordinación entre dispositivos. Este trabajo tiene como escenario un ambiente médico en el cual se utilizan diversos dispositivos que difieren en cuanto a funcionalidad y capacidades; por lo que no se puede lograr la interacción transparente entre ellos. Al tomar en cuenta la semántica de los datos que administran los dispositivos en conjunto con la semántica asociada a la información del historial médico de los pacientes y un conjunto de reglas de inferencias, permite a los médicos obtener diagnósticos meticulosos. En (Weal *et al.*, 2009) la semántica es utilizada también en un ambiente médico; este trabajo difiere un poco del anterior, ya que la información que se administra es aumentada con datos de localización, identidad del usuario que la genero, datos del dispositivo que la genero y estado de la información, entre otros datos adicionales. La información semántica resultante es utilizada para realizar diagnósticos de pacientes.

III.3. Realidad Aumentada

El último aspecto contemplado en la funcionalidad de la plataforma es la presentación de la información al usuario. La información puede ser presentada de diversas formas, por ejemplo en sitios Web, pantallas ambientales y aplicaciones de escritorio, entre otras. Pero en este trabajo de investigación se ha decidido presentar la información en realidad aumentada debido al auge reciente de esta área. La realidad aumentada

es una variación de la realidad virtual. Las tecnologías de realidad virtual sumergen al usuario en un ambiente completamente sintético; al encontrarse en estos ambientes sintéticos el usuario no puede observar el mundo real que se encuentra a su alrededor. A diferencia de la realidad virtual la realidad aumentada permite al usuario visualizar el mundo real con información virtual sobrepuesta; por tanto la realidad aumentada complementa la realidad aumentando la percepción del usuario, en lugar de reemplazar la realidad (Azuma, 1997).

Los sistemas de realidad aumentada se han basado en diversa información contextual para funcionar, por ejemplo en (Loomis *et al.*, 1993) se utiliza información de localización para guiar a un usuario hacía una ubicación a través de audio. Navicam (Rekimoto y Nagao, 1995) por su parte utiliza la información asociada a marcadores para mostrar información al usuario; cada marcador utiliza un color diferente, al identificar un marcador en el flujo de video se presentaba la información asociada a dicho color (ver Figura 21).

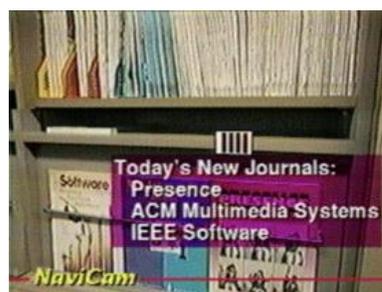


Figura 21. Navicam: Librero aumentado. Presenta la ficha bibliográfica de revistas y libros en realidad aumentada.

Al igual que la plataforma propuesta que conjunta la realidad aumentada con el *Internet of Things*, Kooper y MacIntyre (Kooper y MacIntyre, 2001) presentan una aplicación que actúa como interfaz a la Web, o lo que denominaron The Real World Wide Web. A través de esta aplicación se muestran diversas etiquetas al usuario; cada

una de ellas representa un recurso en la Web, al cual es redirigido el usuario al seleccionar una etiqueta. Posteriormente se desarrollaron varias librerías que permiten la creación de aplicaciones de realidad aumentada, contribuyendo al auge de ésta. La librería más utilizada es ARToolKit (Kato y Billinghurst, 2001) la cual se basa en marcadores para sobreponer información, esta librería permite dibujar objetos virtuales utilizando OpenGL (Woo *et al.*, 1997). Partiendo de la funcionalidad de ARToolKit han surgido algunas otras como ARToolKitPlus (Doppler, 2003) y ARTag (Fiala, 2004).

Recientemente se han incluido nuevas capacidades en los dispositivos portátiles, tal es el caso de los teléfonos celulares, los cuales incluyen GPS, brújula, cámara, acelerómetro y micrófono, entre otros. La incorporación de estas características ha permitido obtener diversa información contextual, la cual conlleva a la creación de aplicaciones interesantes de realidad aumentada. Tomando ventaja de las capacidades incorporadas en los dispositivos portátiles, han surgido una gran cantidad de aplicaciones comerciales de realidad aumentada enfocadas en presentar información basada en la localización geográfica del usuario (Byrne, 2009; Wikitude, 2009; Wright, 2009). Estas aplicaciones toman como referencia la ubicación y orientación del usuario para presentarle etiquetas virtuales previamente definidas. Estas etiquetas contienen información relacionada a lugares turísticos, negocios, entradas en la Web, entre otros tipos de datos. Una desventaja de estas aplicaciones es la actualización de la información; ya que para publicar información es necesario obtener el consentimiento de los administradores de dichas aplicaciones, proceso que demora al menos un par de días. Otra desventaja es el dominio aplicación, ya que se encuentran diseñadas para funcionar únicamente en exteriores, delimitando su uso en interiores y funcionamiento a partir de otras fuentes de información. Finalmente la presentación de la información se realiza de forma unimodal a los usuarios, esto es, no se toma en consideración en tipo

de contenido, preferencias del usuario o algún otro dato contextual para determinar la presentación de la información (ver Figura 22).



Figura 22. Wikitude. Presenta información geo referenciada de Wikipedia, además de etiquetas definidas por usuarios.

Otra aplicación comercial reciente es Nokia Point and Find (Nokia, 2009) que a diferencia de las aplicaciones anteriores, también permite sobreponer información tomando como referencia lo que el usuario observa a través de la cámara del dispositivo. Puede obtener información del costo de un producto basado en su respectivo código de barras, información de lugares tomando como referencia la imagen de estos, información de objetos de acuerdo a códigos Qr anexos a ellos y finalmente presentar información a partir de la identificación de objetos (ver Figura 23). De esta forma se incrementan las fuentes de información contextual utilizadas en las aplicaciones de realidad aumentada; sin embargo, no se conjunta la información que se obtiene para ofrecer contenido acorde al contexto en el que se encuentra el usuario.

Algunos trabajos como Sixth Sense (Mistry *et al.*, 2009) conjuntan la información contextual capturada. Sixth Sense es una interfaz que permite proyectar información sobre las superficies u objetos con los que interactúa el usuario, además de ello la interfaz permite interactuar con la información a través de expresiones o movimientos de los brazos (ver Figura 24). Así también Lapidés presenta HomeWindow (Lapidés



Figura 23. Nokia Point and Find. Proporciona información relacionada a los objetos que se encuentran en la línea de vista de la cámara.

et al., 2009) una aplicación que presenta información referente al consumo de energía de los objetos digitales, la información que se presenta varía de acuerdo a la distancia del usuario con los diversos objetos en el ambiente; presenta gráficos detallados de consumo de energía al estar cerca del objeto o una aureola (cuyo color depende del consumo de energía) al encontrarse retirado del objeto. En (García Macías y Avilés López, 2008) se presenta una aplicación para una línea de producción en la cual se presenta información de un producto al combinar los datos obtenidos de una red de sensores e información de tecnología RFID.

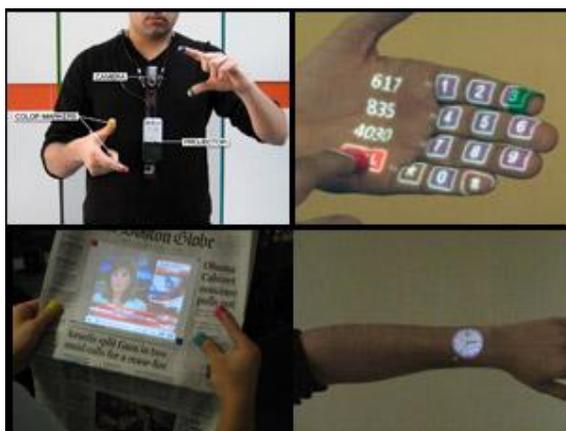


Figura 24. Sixth Sense. Aumenta las superficies y objetos con información digital.

En el entorno cotidiano existen diversas fuentes de información contextual, de las que puede tomar ventaja para presentarle información, o mejor aún realizar inferencias sobre la información contextual del entorno y presentarla al usuario en realidad aumentada. Las diversas aplicaciones mencionadas han sido diseñadas específicamente para funcionar en un dominio, lo que impide utilizarlas de forma general, acceder a diversas fuentes de información contextuale y utilizarlas en dominios diferentes. Presentar información acorde al contexto del usuario conlleva a combinar los diversos datos contextuales y en base a estos realizar inferencias; por tanto para realizar este proceso de forma eficiente es necesario contemplar la semántica de la información, aspecto que no se considera en las aplicaciones mencionada, limitando así, entender la información que se obtiene y por consiguiente no se puede procesar de manera adecuada.

III.4. Conclusiones

En este capítulo se presentó el concepto de Web semántica, se describió la funcionalidad que brinda para que las entidades de *software* entiendan la información que administran, la procesen de forme eficaz y ofrezcan un resultado adecuado al usuario; por tanto al dotar de semántica a la información de los objetos aumentados y otras entidades en el entorno (usuarios), la plataforma puede entender la información que estos objetos proveen y realizar inferencias en base a la información contextual que ofrecen estos objetos en conjunto con la información del usuario. La Web semántica contribuye a la funcionalidad de la plataforma ofreciendo solución a la etapa 4 de la plataforma propuesta (ver Figura 25).

En este capítulo también se presentó el concepto de realidad aumentada, se describieron diversos trabajos que utilizan varias fuentes de información contextual para

mostrar información al usuario en realidad aumentada. Al describir estos trabajos se identificaron las limitantes que impiden tomar estos trabajos como base para desarrollar la plataforma propuesta. Finalmente la realidad aumentada contribuye a la funcionalidad de la plataforma ofreciendo solución a la etapa 5 de la plataforma propuesta (ver Figura 25).



Figura 25. Funcionalidad de la plataforma.

Capítulo IV

Diseño de la Plataforma

IV.1. Introducción

El diseño de la plataforma propuesta se encuentra basado en las necesidades y en la problemática encontrada en diversos escenarios de aplicación. Estos escenarios describen situaciones en donde la consciencia del contexto permite apoyar a los usuarios en la ejecución de sus actividades. Ya que los escenarios pertenecen a diversos dominios de aplicación, permiten identificar distintos aspectos contextuales, lo que conlleva a obtener una plataforma que se ajusta a diversas necesidades. Posteriormente se presentan y detallan los requerimientos técnicos para implementar la plataforma de realidad aumentada consciente del contexto. A partir de dichos requerimientos se diseña y determina la arquitectura de la plataforma. Ya que la arquitectura de la plataforma presenta varias entidades de cómputo, es necesaria la comunicación entre dichas entidades; por lo que se diseña una ontología que permita la comunicación eficiente entre las entidades de cómputo.

IV.1.1. Escenarios de aplicación

Se han seleccionado los siguientes escenarios de aplicación ya que demandan diversos aspectos contextuales, además la problemática presente en cada uno de ellos, es acorde y realista con las situaciones que se presentan en el entorno cotidiano. Los escenarios se encuentran enfocados primordialmente en apoyar a personas adultas. A continuación se presentan los escenarios de aplicación.

Cuidado de dieta alimenticia

El señor Velázquez tiene 73 años y padece diabetes; por lo que necesita ser cuidadoso con su dieta alimenticia. Al ir al supermercado el señor Velázquez puede utilizar el visor sensorial para ver el contenido nutricional de los productos que tiene pensado comprar para comer y además conocer si el alimento es seguro para su dieta. Al encontrarse en el súper mercado el señor Velázquez apunta su teléfono hacia el producto para ver un gráfico con los valores nutricionales; sin embargo la diabetes ha afectado su vista por lo que se le dificulta entender el gráfico, por lo tanto la información se le proporciona de forma auditiva.

Guía en interiores

La señora Pérez necesita realizarse diferentes análisis debido al cáncer que se le ha detectado, por lo que frecuentemente visita diversas instituciones de salud. Como las instalaciones de estas instituciones son muy grandes, la señora Pérez necesita ayuda para encontrar la ubicación de los laboratorios. Afortunadamente las instituciones que visita cuentan con sistemas para ayudarla, sistemas que proveen información geográfica de los diferentes lugares dentro de las instituciones. Su médico le indica que necesita

ir a la clínica del IMSS a realizarse estudios de sangre; al llegar a la clínica la señora Pérez enciende su visor sensorial, entonces éste inicia el descubrimiento de servicios para identificar el servicio de la clínica. Al momento de identificar el servicio, el visor obtiene la información asociada y a partir de dicha información presenta en pantalla un menú con los lugares a los que se puede dirigir dentro del edificio. La señora Pérez selecciona los laboratorios, posteriormente el visor determina la localización de la señora Pérez y de los laboratorios, finalmente el visor proporciona indicaciones en realidad aumentada que permiten a la señora Pérez llegar a los laboratorios.

Asistencia a personal médico

Durante su ronda matutina la enfermera Díaz visita a los pacientes para revisar sus signos vitales e indicaciones que han realizado los médicos a cada paciente. Al llegar a la cama de la señora Medina, la enfermera dirige su visor sensorial hacia ella para visualizar en realidad aumentada los datos de sus signos vitales, además se le presentan dos anotaciones que realizó su médico un par de días antes. Estas anotaciones indican que es necesario realizar un examen de sangre y uno de glucosa. Debido a que la señora Medina últimamente ha tenido complicaciones con la presión arterial y tiene programada una cirugía, es necesario que el médico Gómez analice el comportamiento de sus signos vitales para verificar que se encuentran estables y poder autorizar su traslado a quirófano; por tanto el médico Gómez enfoca el visor sensorial hacia la señora Medina y se le presenta el historial de los signos vitales de las últimas 8 horas.

Ingesta de medicamentos

El Sr. Benítez diariamente toma medicamentos debido al cáncer que se le detectó hace 20 años y además por problemas gástricos. Debido a su avanzada edad, frecuentemente

olvida cuales son los medicamentos que debe de tomar; en algunas ocasiones toma una cantidad mayor a la establecida o la toma en un horario diferente al indicado. El Sr. Benítez es consciente de su problema por lo que adquiere un dispositivo portátil que contiene la aplicación del visor sensorial, de esta forma ahora solo es necesario que el Sr. Benítez apunte su dispositivo portátil hacia algún recipiente con medicamento. Si es necesario que el medicamento sea ingerido se muestra un gráfico que presenta la hora exacta y la cantidad a suministrar, si el medicamento aún no debe de ser ingerido se presenta un gráfico que muestra la hora a la que debe tomarse el medicamento.

IV.2. Requerimientos técnicos

Al analizar los escenarios de aplicación anteriores se modeló la información para identificar las entidades que interactúan en cada uno de ellos. Posteriormente se identificaron los requerimientos técnicos que sirvieron como base para especificar el funcionamiento y alcance de la plataforma.

IV.2.1. Casos de uso

Para definir los componentes de *software* que serán utilizados en la plataforma y además definir su funcionalidad, se modeló la información de los escenarios de aplicación de modo tal que permitan identificar dichos aspectos; para ello se utilizan los casos de uso. El caso de uso es una técnica para describir las interacciones de un sistema con los usuarios potenciales (Schmuller, 2001). Es una colección de escenarios iniciados por una entidad llamada actor (una persona, un componente de *hardware* u otro sistema). Un mismo actor puede llevar a cabo varios casos de uso, e inversamente, un caso de uso puede ser llevado a cabo por varios actores. Un caso de uso debería dar por resultado

algo de valor ya sea para el actor que lo inició o para otro. Es posible reutilizar casos de uso al utilizar el estereotipo *uses*, el cual permite utilizar los pasos de un caso de uso como parte de otro; en cambio el estereotipo *extend* permite crear un nuevo caso a partir de los pasos de un caso de uso existente (Schmuller, 2001). A continuación se presentan los casos de uso más significativos.

Diagramas de casos de uso

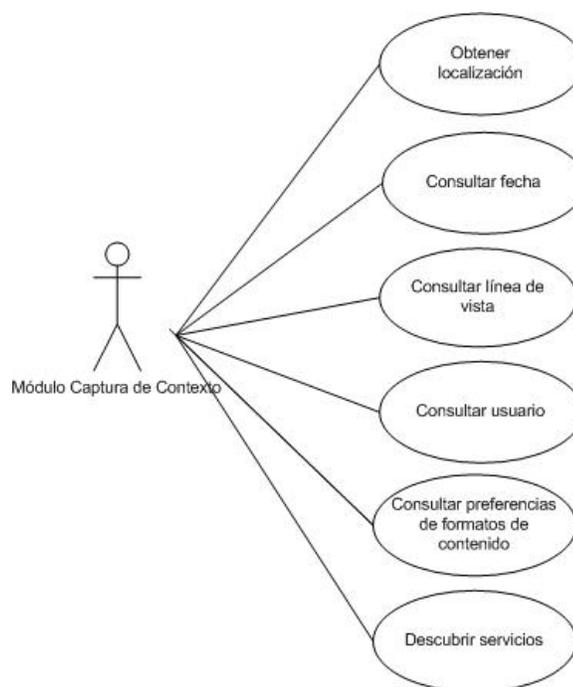


Figura 26. Casos de uso del actor: módulo Captura de Contexto

En la Figura 26 se muestran los principales casos de uso del actor módulo de contexto, de los cuales se describen algunos a continuación. La descripción de todos los casos de uso identificados se puede revisar en el apéndice A.

Descripción de casos de uso

Caso de uso. Consultar línea de vista. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer que es lo que se encuentra en la línea de vista del visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de contexto consultar la línea de vista de la cámara del dispositivo para identificar códigos Qr. Se analiza el flujo de video del visor para identificar dichos códigos, al ser identificados estos códigos se decodifican para obtener el recurso asociado a ellos.

Caso de uso. Obtener localización. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer la localización del usuario del visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de contexto conocer la localización actual del usuario; por tanto se obtiene la localización del usuario utilizando los puntos de acceso en el edificio y el dispositivo portátil del usuario.

Caso de uso. Consultar usuario. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer el recurso asociado al usuario. Descripción. El caso de uso inicia cuando es necesario enviar el URI asociado al usuario al módulo de selección de información; por tanto el módulo de contexto consulta en la configuración del visor el recurso asociado al usuario para enviarlo como parámetro al módulo de selección de información.

IV.2.2. Requerimientos

A continuación se presentan los requerimientos identificados al modelar la información con los casos de uso. Algunos de estos requerimientos son tomados en cuenta en menor o mayor grado por algunos de los trabajos presentados en los capítulos anteriores; sin embargo ninguno de los trabajos presentados integra todas las capacidades requeridas para implementar los escenarios presentados.

Consulta de línea de vista

El primer escenario de aplicación requiere que el visor sensorial identifique el producto que el usuario desea comprar para comer. También el tercer y cuarto escenario de aplicación requieren identificar un paciente y un medicamento en particular respectivamente. Ante lo anterior surge una problemática, cómo identificar un producto en particular cuando en el entorno se encuentran diversos productos. Así también en el escenario del hospital donde el personal médico interactúa con diversos pacientes y finalmente en el cuarto escenario para identificar el medicamento deseado.

Consulta de usuario

Los trabajos descritos en los capítulos anteriores presentan información a los usuarios de diferentes formas, tales como, pantallas ambientales y dispositivos portátiles; sin embargo, no toman en cuenta la identidad del usuario de dichas aplicaciones. Conocer la identidad del usuario de una aplicación o sistema permite adaptar la información que se le presenta de acuerdo a su perfil. Un factor importante encontrado en los diversos escenarios de aplicación presentados consiste en conocer quién es el usuario del visor sensorial, obtener la información asociada a él que es relevante a la aplicación.

Administración de perfil de usuario

En el punto anterior se enfatizó la importancia de obtener la identidad del usuario del visor sensorial y la información de su perfil. Pero ante ello surge la siguiente incógnita: ¿Qué información es necesaria para implementar los escenarios planteados? El primer escenario de aplicación requiere obtener información del usuario para determinar si el producto es adecuado o no para su dieta; por lo tanto se debe de contemplar aspectos

como el peso, estatura, edad, índice de actividad y enfermedades asociadas. También es necesario que el visor sensorial obtenga información que permita definir la presentación de la información en el visor; para ello se deben de tomar en cuenta las preferencias del usuario.

Localización

En el segundo escenario de aplicación se requiere obtener la localización de la señora Pérez y de los laboratorios, a fin de guiar a la señora Pérez a su destino. Algunos de los trabajos mencionados obtienen la localización utilizando GPS, por lo tanto no se pueden aplicar dichos trabajos para obtener la localización de la señora Pérez en la clínica. Por lo que la plataforma debe de permitir la localización en interiores.

Descubrimiento de servicios

El segundo escenario de aplicación presentado describe que la clínica del IMSS cuenta con un servicio aumentado, el cual proporciona información de los laboratorios, salas, consultorios, etc. que se encuentran en la clínica. Para hacer uso de este servicio se requiere que el visor sensorial realice una búsqueda para identificar los servicios digitales que se encuentren disponibles en el entorno circunvecino al usuario, y posteriormente acceder a la información que proporcionan. Ninguno de los trabajos presentados en los capítulos anteriores permite realizar el descubrimiento de servicios.

Semántica

En los escenarios de aplicación planteados el visor sensorial interactúa con diversas entidades como productos alimenticios, medicamentos y servicios digitales. Debido a que cada una de estas entidades pertenece a distintos dominios de aplicación; utilizan un

vocabulario distinto y representan la información de formas variadas. Por ello es necesario establecer un vocabulario común que sea implementado tanto por las diferentes entidades como por el visor sensorial a fin de permitir la interacción y comunicación eficiente.

Inferencia de información

Los escenarios de aplicación presentados utilizan una gran cantidad de datos contextuales, los cuales son conjuntados para determinar la información que se le presentará al usuario. Por ejemplo el primer escenario se basa en la edad, sexo, estatura, peso, índice de actividad del usuario y el contenido nutricional del alimento para determinar si el producto es adecuado o no para su dieta. El tercer escenario se basa en el rol que desempeña el usuario del visor sensorial, la información asociada al paciente, además de la fecha y hora del día para mostrar la información médica adecuada. Ya que en el punto anterior se resaltó la importancia de la semántica para permitir la interacción y comunicación entre entidades; también permite aplicar una serie de reglas a los datos contextuales para realizar inferencias y determinar la información que se mostrará al usuario. Es importante realizar la inferencia para permite definir la presentación de la información; ya que las preferencias de cada usuario varían considerablemente, así también los dispositivos que utilizan para ejecutar la aplicación del visor sensorial, por lo que no es adecuado presentar la información de forma unimodal.

Presentación multimodal de la información

La presentación de la información es un factor importante en los escenarios de aplicación, ya que permite al usuario entender de manera efectiva la información que se le proporciona. En los escenarios planteados la información se presenta como audio,

imagen y como un objeto virtual. Para ello la plataforma debe de proveer diversas presentaciones de acuerdo a las necesidades del dominio de aplicación, o lo que se denomina presentación multimodal. Esta funcionalidad no es tomada en cuenta por ninguno de los trabajos presentados en los capítulos anteriores.

IV.3. Diseño de la arquitectura

A partir de los requerimientos técnicos presentados, se conjuntaron las necesidades en diversos componentes de software, los cuales permitieron diseñar la siguiente arquitectura (ver Figura 27). La arquitectura contempla tres nodos: el nodo representando al dispositivo portátil donde se ejecuta la aplicación del visor, un servidor que realiza la inferencia sobre la información contextual y finalmente otro servidor que engloba a los servicios que ofrecen alguna funcionalidad a la plataforma.

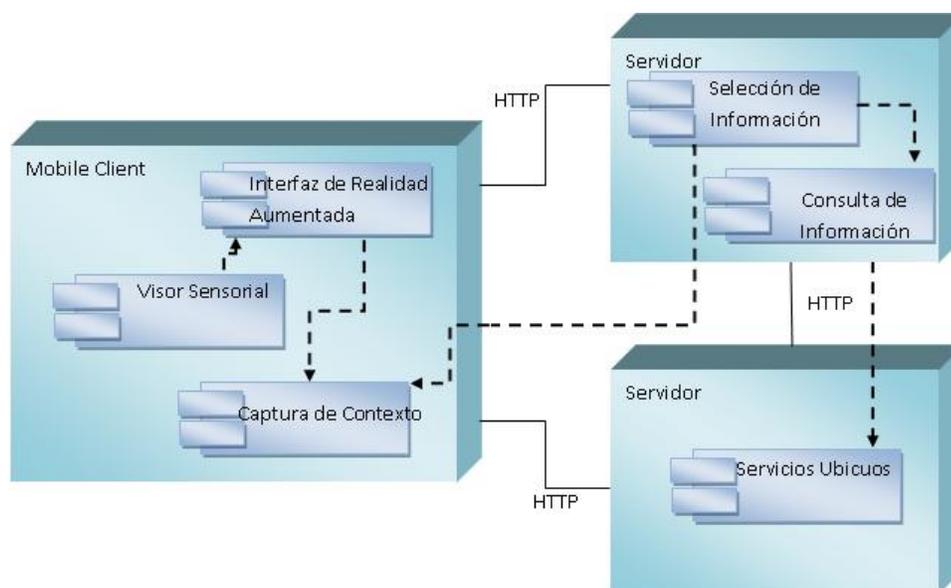


Figura 27. Arquitectura de la plataforma.

La arquitectura consiste de seis componentes principales: la interfaz de realidad au-

mentada, captura de contexto, selección de información, servicios ubicuos, la aplicación del visor sensorial y el componente de consulta de información.

IV.3.1. Componente Visor Sensorial

Este componente se refiere a la aplicación del visor sensorial que se ejecuta en el dispositivo portátil.

IV.3.2. Componente Captura de Contexto

Este componente cuenta con diversos mecanismos que permiten obtener información contextual. Para ello permite realizar un sensado continuo del ambiente a fin de obtener información relacionada al perfil del usuario, localización del usuario, información de servicios disponibles en el área circunvecina al dispositivo cliente, información de códigos Qr que se encuentren en la línea de vista de la cámara del dispositivo, así como también información relacionada a fecha y hora.

IV.3.3. Componente Selección de Información

Los diversos datos contextuales obtenidos no son de gran utilidad si se consideran como datos aislados; por lo tanto a través del componente de selección de información se conjunta la información contextual capturada para realizar inferencias sobre dicha información. Se realizan las inferencias ya que en los escenarios de aplicación planteados es necesario determinar en una primera instancia qué información se le va a mostrar al usuario, esto en base al rol que desempeña, fecha y hora del día, entre otros aspectos contextuales. Posteriormente se realiza la inferencia para determinar la presentación de dicha información con base en las preferencias del usuario (CC/PP) y otros aspectos.

El funcionamiento de este componente es como sigue, en primera instancia recibe como parámetros el recurso asociado al usuario y al objeto identificado, posteriormente se le solicita al componente de información proporcionar la información relacionada a dichos recursos. Al contar con esta información se realiza la inferencia para determinar el contenido, posteriormente se hace la inferencia para determinar la presentación y finalmente el componente de selección de información proporciona un archivo RDF en el que se especifica tanto el contenido como la presentación de la información que será mostrada al usuario.

IV.3.4. Componente Realidad Aumentada

En las aplicaciones de realidad aumentada actuales, la presentación de la información se realiza de forma unimodal; dado que dichas aplicaciones no toman en cuenta el contenido de la información, las preferencias del usuario u otro tipo de información contextual para determinar la presentación. El resultado de las inferencias realizadas por el componente de selección de información es utilizado por el componente de realidad aumentada para realizar la presentación al usuario. A diferencia de las aplicaciones tradicionales el componente de realidad aumentada permite presentar la información de varias formas como lo son, texto, audio e imagen, esto de acuerdo a la información contextual obtenida; por lo tanto permite realizar la presentación multimodal de la información al usuario.

IV.3.5. Componente Servicios ubicuos

López de Ipiña (López de Ipiña *et al.*, 2008) presenta el término *mash ups* para referirse a las aplicaciones que se crean con la funcionalidad ofrecida por otras aplicaciones.

Entonces partiendo del concepto anterior el componente de servicios ubicuos engloba los servicios Web que ofrecen alguna funcionalidad a la plataforma.

IV.3.6. Componente Consulta de Información

Ya que los objetos físicos aumentados, perfiles de usuario y demás recursos se encuentran identificados y direccionados a través de un URI, la tarea del componente de información consiste en obtener la información asociada a cada uno de estos recursos. El componente de información al obtener los datos de cada recurso los representa bajo la ontología especificada y devuelve la información en un archivo RDF. La información obtenida por este componente es utilizada por el componente de selección de información para realizar las inferencias.

IV.4. Diagrama de secuencia

En esta sección se presentan las interacciones de los componentes de la arquitectura modelados mediante diagramas de secuencia. El diagrama de secuencia agrega la dimensión del tiempo a las interacciones de los objetos. En el diagrama, los objetos se colocan en la parte superior y el tiempo avanza de arriba hacia abajo. La línea de vida de un objeto desciende de cada uno de ellos. Un pequeño rectángulo de la línea de vida de un objeto representa una activación (la ejecución de una de las operaciones del objeto). Los mensajes (simples, síncronos, y asíncronos) son flechas que conectan a una línea de vida con otra. La ubicación del mensaje en la dimensión vertical representará el momento en que sucede dentro de la secuencia. Los mensajes que ocurren primero están más cerca de la parte superior del diagrama, y los que ocurren después en la parte inferior. Un diagrama de secuencias puede mostrar ya sea una instancia (un escenario)

de un caso de uso, o puede ser genérico e incorporar todos los escenarios de un caso de uso (Schmuller, 2001). A continuación se presentan algunos de los diagramas de secuencia de los casos de uso más relevantes. En el apéndice B se pueden revisar todos los diagramas de secuencia realizados, así como su respectiva descripción.

IV.4.1. Diagramas

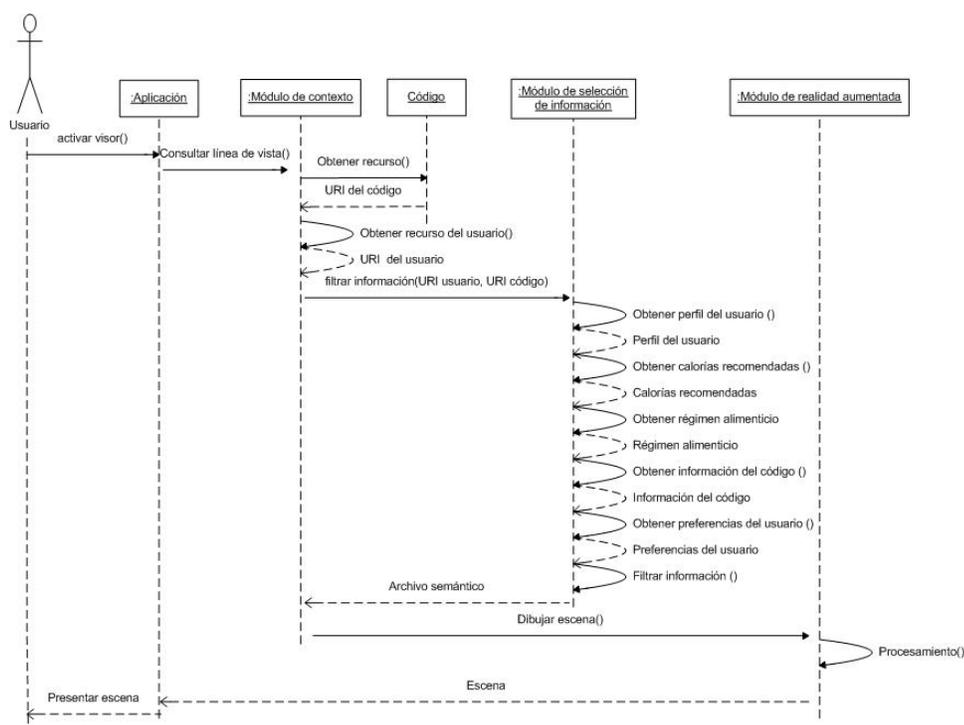


Figura 28. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar alimentos.

La Figura 28 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar alimentos, el cual es llevado a cabo por el usuario. Al momento de encender el visor, la aplicación solicita al módulo de contexto consultar la línea de vista de la cámara del dispositivo para conocer qué es lo que observa el usuario, una vez que el componente de contexto ha identificado un código Qr en la línea de vista, éste lo decodifica y obtiene el recurso asociado a él. Posteriormente el módulo de contexto obtiene el recurso asociado al usuario

del visor, y de esta forma solicita al módulo de selección de información filtrar la información proporcionando el recurso del usuario y del objeto identificado. El módulo de selección de información a partir del recurso del usuario obtiene datos del perfil del usuario, calorías recomendadas, IMC(Índice de Masa Corporal) y de su régimen alimenticio. A partir del recurso del objeto identificado (código Qr) el componente de selección de información obtiene la información nutricional del producto. Además a partir del recurso del usuario se obtienen las preferencias para visualizar información, la cual determinará la presentación de la información. Posteriormente el módulo de selección realiza inferencias sobre la información contextual para determinar si el alimento es recomendado o no para el usuario, así como también para definir la manera como será presentada dicha información. El resultado de la inferencia es especificado en un archivo semántico. Finalmente el componente de realidad aumentada analiza el archivo semántico para determinar lo que va a dibujar en la escena.

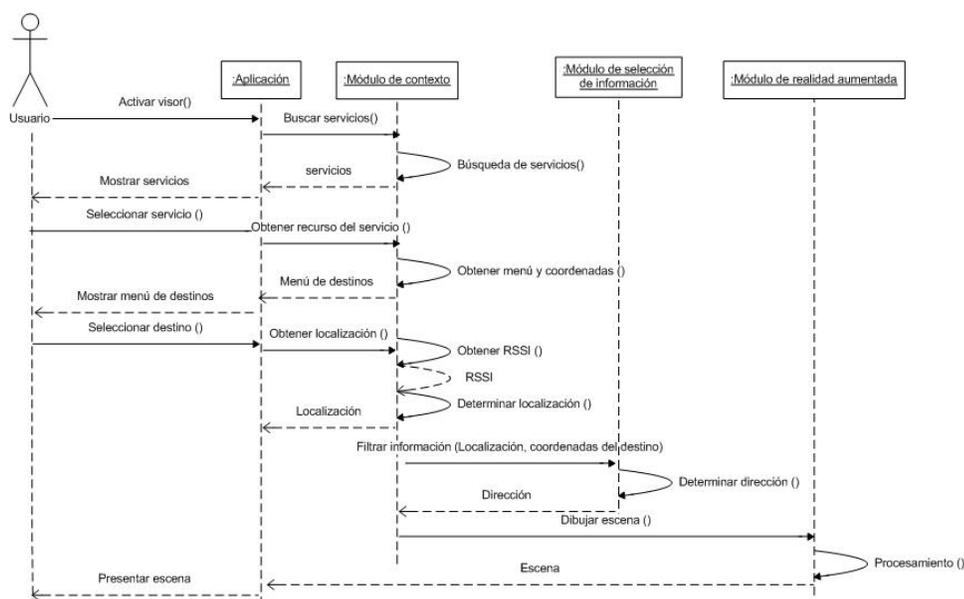


Figura 29. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar ubicación.

La Figura 29 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar ubicación.

Este caso de uso se inicia cuando el usuario desea encontrar una ubicación dentro de un edificio. Al encender el visor, se le solicita al módulo de contexto iniciar el descubrimiento de servicios que se encuentren disponibles en los alrededores. Al descubrir los servicios se le muestran en pantalla al usuario, de los cuales el usuario selecciona el servicio del correspondiente a la clínica. Al momento de seleccionar el servicio se accede a su recurso, del cual se obtienen las coordenadas de cada una de las ubicaciones, así como también el ícono representativo de cada una de ellas. A partir de la información consultada se le muestra en pantalla un menú con las diferentes ubicaciones a las que el usuario puede dirigirse dentro del edificio. El usuario selecciona el destino deseado y el módulo de contexto determina la localización del usuario en base a las lecturas de intensidad de señal inalámbrica que recibe de los puntos de acceso situados en los alrededores. A partir de dichas lecturas el módulo de servicios ubicuos determina la localización del usuario. Posteriormente el módulo de contexto en base a las coordenadas del destino seleccionado y del usuario; determina la dirección a seguir. Al determinar la dirección se le solicita al módulo de realidad aumentada visualizar una flecha que refleje dicha dirección.

IV.5. Diseño de la ontología

Los escenarios de aplicación contemplados para realizar el diseño de la plataforma involucran diversas entidades, como son, productos alimenticios, servicios digitales, medicamentos, personal médico y servicios de localización, entre otras. Por lo tanto la plataforma debe de contemplar una gran cantidad de conceptos que permitan modelar la información en cada escenario de aplicación. Los conceptos claves que se han identificado son peso, estatura, índice de actividad, edad, preferencias para visualizar infor-

mación y de dispositivo relacionados a un usuario, datos nutricionales de un producto (sodio, carbohidratos, azúcar, calorías, etc.), datos de administración de un medicamento (hora de ingesta, cantidad), datos relacionados a localización en interiores y exteriores, datos para realizar la presentación multimodal de la información, entre otros más. Para permitir el intercambio de información entre los objetos aumentados y el visor es necesario establecer un vocabulario común que sea implementado tanto por los objetos aumentados como por el visor. Para ello se ha desarrollado una ontología, la cual permite definir de forma explícita los conceptos de un dominio de interés, así como sus relaciones y restricciones.

Tal como se define en (Noy y McGuinness, 2005) al desarrollar una ontología es necesario establecer en primera instancia las clases que la conformarán, lo que se puede realizar con diferentes procesos. El proceso de *top down* consiste en definir los conceptos generales en el dominio y posteriormente los conceptos secundarios y así sucesivamente. El proceso de *bottom up* consiste en la definición de las clases más específicas, las hojas de la jerarquía, posteriormente se agrupan estas clases para generar clases más generales.

Al agrupar los diversos conceptos identificados se han definido las siguientes clases de la ontología, *Person*, *Location*, *Presentation*, *Preferences*, *Environment*, *Food*, *Event*, *Medicine*, *Annotation*, *Ingredient*, *Rol* y *News*. En la Figura 30 se presenta un fragmento de la ontología.

Posteriormente en el diseño de la ontología se especifican las propiedades de la ontología, esto es, las relaciones de cada una de las clases con las demás clases de la ontología. Mediante las relaciones de la clase se representan las asociaciones existentes en el entorno físico. En la Figura 31 se presentan las relaciones entre las clases de la ontología.

Finalmente en el diseño de la ontología se integran los atributos de cada clase, esto

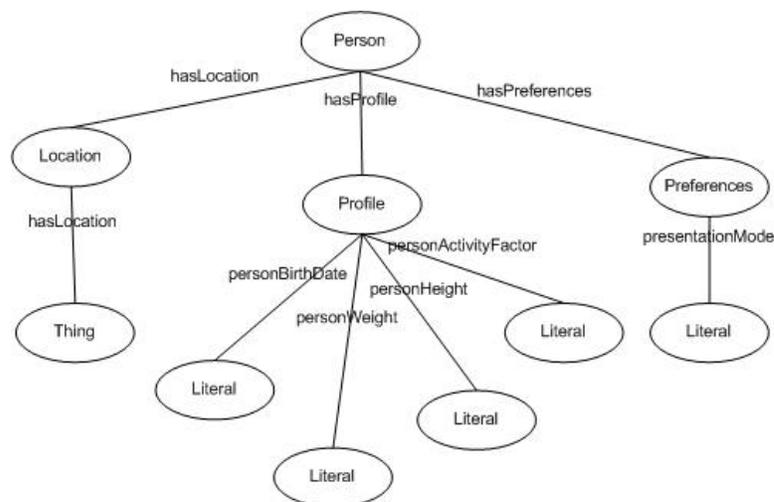


Figura 30. Fragmento de la ontología que describe a un usuario.

es, las características de cada entidad. Por ejemplo en la Figura 30 se presentan algunos atributos de la clase persona (día de nacimiento, estatura, peso y factor de actividad).

Para permitir la presentación multimodal de la información se definió la clase *Presentation*. La clase *presentation* deriva en las subclases *text*, *audio*, *texture*, *imageArray*, *textArray*, *audioArray* y *virtualObject*, las cuales definen atributos a partir de los cuales se puede realizar la presentación multimodal. En la Figura 32 se muestra de forma general un fragmento de la ontología que contempla dichos aspectos. La subclase *text* permite presentar texto en realidad aumentada; la subclase *audio* permite reproducir una frase a través de audio; la subclase *texture* permite presentar una imagen; la subclase *imageArray* permite presentar y navegar entre un conjunto de imágenes; la subclase *textArray* permite presentar y navegar entre un conjunto de textos; la subclase *audioArray* permite reproducir un conjunto de frases a través de audio y finalmente la subclase *virtualObject* permite presentar algunos objetos basados en OpenGL, como es el caso de una flecha para el escenario de uso de la guía en interiores (ver Figura 32).

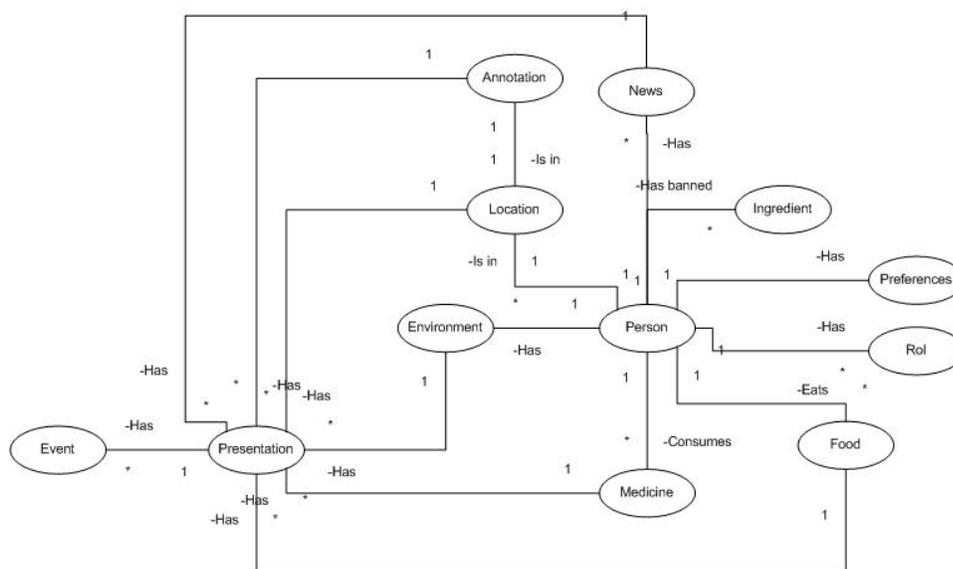


Figura 31. Relación entre las clases de la ontología.

IV.6. Conclusiones

En este capítulo se presentó el diseño de la plataforma propuesta. El diseño se encuentra guiado por la problemática y requerimientos encontrados en algunos escenarios de aplicación. Los requerimientos permitieron definir los mecanismos necesarios para dotar de consciencia de contexto a la plataforma, como lo es consciencia de localización, de usuario, línea de vista, etc. Posteriormente los requerimientos fueron mapeados a componentes de software en la arquitectura, para delimitar su funcionalidad y las interacciones con los demás componentes de software. Para finalizar el capítulo se presentó el diseño de la ontología, para lo cual se contemplaron los conceptos encontrados en los diversos escenarios de aplicación, y las relaciones existentes entre ellos.

En el siguiente capítulo se presenta la implementación de los componentes de software de la arquitectura, se describen los mecanismos utilizados para hacer funcional cada uno de los componentes, la implementación de la ontología y del motor de infer-

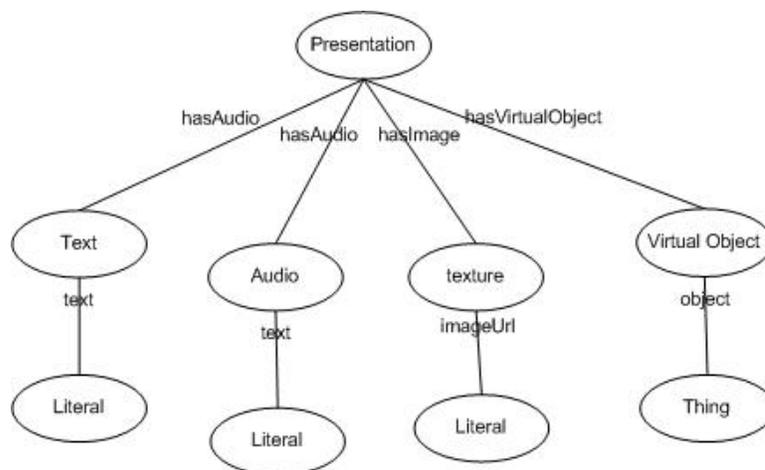


Figura 32. Fragmento de la ontología que describe la presentación de la información.

encias.

Capítulo V

Implementación de la Plataforma

V.1. Introducción

En este capítulo se presenta la implementación de la plataforma. Primero se presentan las entidades físicas utilizadas, posteriormente se describen los mecanismos utilizados para dotar de semántica a la información y finalmente se describe la implementación de los diversos componentes de la arquitecta.

V.2. *Hardware* utilizado

Para este trabajo se utilizó una computadora portátil con procesador Intel Core 2 Duo, 4 Gb de memoria RAM, sistema operativo Windows Vista de 64 bits a 2.0 GHz y una cámara Web de 1.3 mega pixeles.

V.3. Etiquetado

Los objetos físicos pueden aumentarse con diversas tecnologías de auto identificación. Las tecnologías utilizadas con más frecuencia son RFID, NFC, WSN y códigos Qr. En este trabajo se toma ventaja de la actual proliferación de los códigos Qr y de su capaci-

dad de almacenamiento para adjuntarlos en los objetos físicos a fin de proporcionar el enlace hacía un recurso en el Web.

V.4. Información semántica

Como se mencionó en el capítulo anterior, se definió una ontología para permitir la comunicación entre estos objetos aumentados y el visor, tal ontología se ha implementado utilizando Protegé¹. Protegé provee un conjunto de herramientas para construir modelos de dominio y aplicaciones de conocimiento basadas en ontologías. Su núcleo permite la creación, visualización y manipulación de ontologías en diversos formatos de representación. Para implementar la ontología se utilizó la metodología sugerida en (Noy y McGuinness, 2005). En su primera etapa esta metodología requiere la implementación de los aspectos más generales de la ontología, es decir las clases de la ontología. Las clases implementadas fueron *preferences*, *news*, *annotation*, *event*, *ingredient*, *location*, *medicine*, *person*, *presentation* y *role*. En la Figura 33 se muestra la implementación de dichas clases.

La segunda etapa de la metodología especifica implementar las relaciones que existen entre estas clases o lo que se denomina *Object Properties*, ya que las clases aisladas no proveen información suficiente para modelar la información del dominio de aplicación. En la Figura 34 se muestra la implementación de dichas relaciones. Una propiedad de este tipo permite definir el dominio, rango y propiedad inversa, entre otras características. El dominio de una propiedad se refiere a la clase a la cual describe, el rango de la propiedad se refiere a la clase o clases admitidas por dicha propiedad, finalmente la propiedad inversa se refiere a la propiedad cuyos valores de dominio y rango son

¹<http://protege.stanford.edu/>

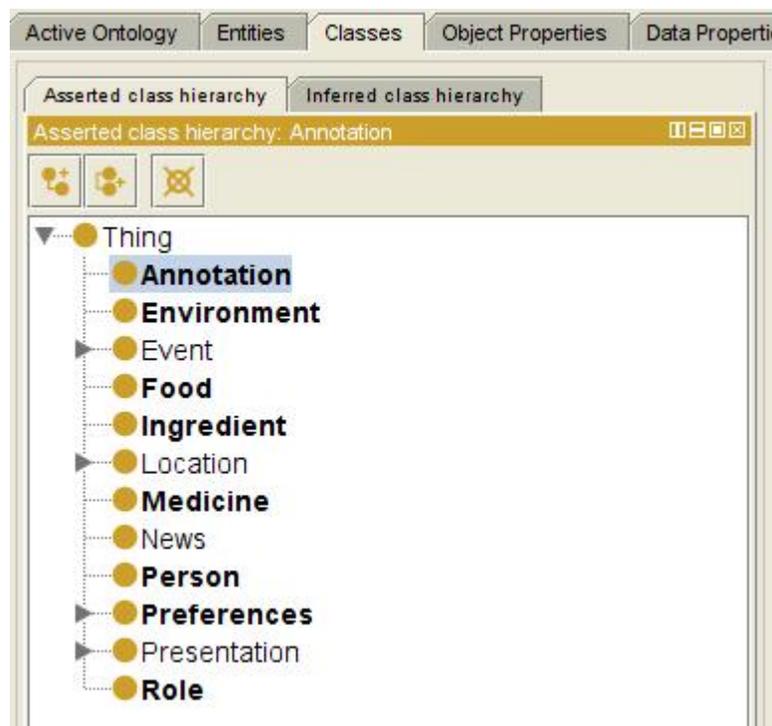


Figura 33. Implementación de las clases de la ontología.

inversos a ésta. En el ejemplo de la Figura 34 se detalla la propiedad *hasPreferences*, cuyo dominio es la clase *person*, el rango es la clase *preferences* y la propiedad inversa es *isPreferenceOf*. Estas características permiten realizar inferencias de manera eficiente.

Finalmente es necesario establecer los atributos de las clases, también denominados *Data Properties*. Este tipo de propiedades definen las características de cada clase. En la Figura 35 se muestra la implementación de los *data properties*. Al igual que los *object properties*, un *data property* permite definir el dominio, rango y propiedades equivalentes. El dominio de esta propiedad de este tipo se refiere a la clase a la cual esta describiendo, el rango de la propiedad se refiere al valor de dicha propiedad. En la Figura 35 se detalla el atributo *hasBirthday*, cuyo dominio es *person* y rango es *date*, lo cual indica que es un atributo de la clase persona y su valor es de tipo fecha.

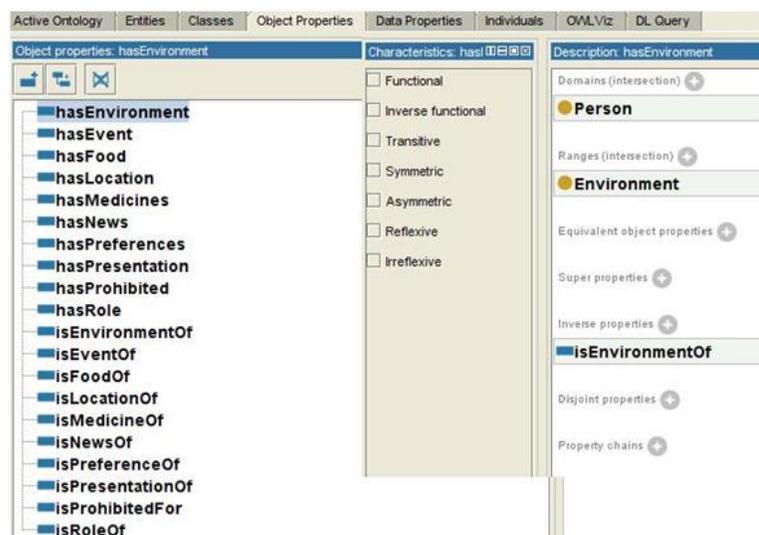


Figura 34. Implementación de las relaciones entre clases. Definición del dominio, rango y propiedad inversa de la relación *hasEnvironment*.

V.5. Implementación de los componentes de la arquitectura

A continuación se describe la implementación de los diversos componentes de la arquitectura y algunos de los métodos que provee la plataforma. Para consultar el API que provee la plataforma se puede consultar el apéndice C.

V.5.1. Componente Captura de contexto

El componente Captura de contexto se encuentra integrado por varios módulos que proveen los mecanismos necesarios para obtener una plataforma consciente del contexto.

Localización

Para obtener la localización en interiores se utilizó UbiSOA (García Macías y Avilés López, 2009). UbiSOA determina la localización de un usuario en base a la intensidad de la

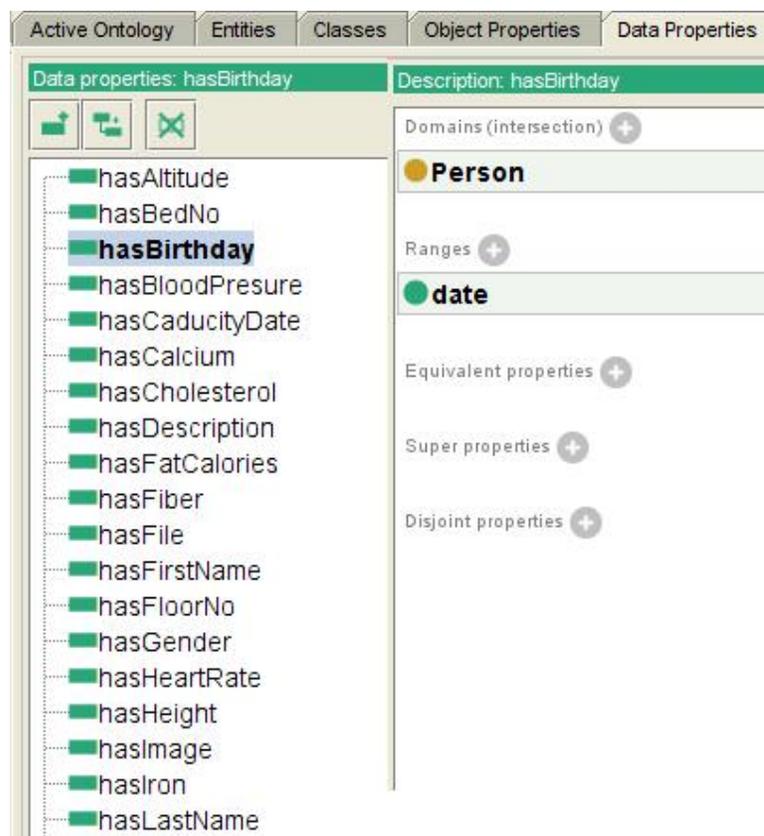


Figura 35. Implementación de los atributos. Definición del atributo *hasBirthday* con dominio Person y rango date.

señal (RSSI²) existente entre el dispositivo portátil y los puntos de acceso que se encuentren en los alrededores. Al determinar la localización UbiSOA proporciona un archivo en el que se especifican las coordenadas geográficas del usuario. En este componente se implementaron algunos métodos para interactuar con UbiSOA y así también obtener la señal RSSI. El método *svGetRSSI()* proporciona una estructura que provee la información de los diversos puntos de acceso encontrados, así como su respectivo RSSI; el método *setQuery(String [])* permite construir la consulta que será enviada al servicio de UbiSOA y finalmente *getLocation(String)* envía la consulta a UbiSOA para obtener

²Received Signal Strength Indicator. Es una medida que indica la energía de una señal de radio recibida.

las coordenadas geográficas del usuario.

Descubrimiento de servicios

Para implementar el descubrimiento de servicios se utilizó Bonjour³. Bonjour permite descubrir servicios en una red de área local. Los servicios que permite descubrir son FTP (del inglés 'File Transfer Protocol'), servidores TELNET (del inglés 'TELEcommunication NETwork'), servidores Web, impresoras, servidores SSH (del inglés 'Secure SHell'), servidores SFTP (del inglés 'SSH File Transfer Protocol'), además de servicios definidos por usuarios. En la Figura 36 se muestra la funcionalidad de Bonjour al descubrir diversos servicios, por ejemplo se descubrió el servicio Medical-Services cuyo host es jorge.pc.local y puerto 2122. Con estos datos el dispositivo portátil puede obtener la información asociada a dicho servicio. El servicio Medical-Services fue implementado para proveer la información del escenario de aplicación de la guía en interiores.

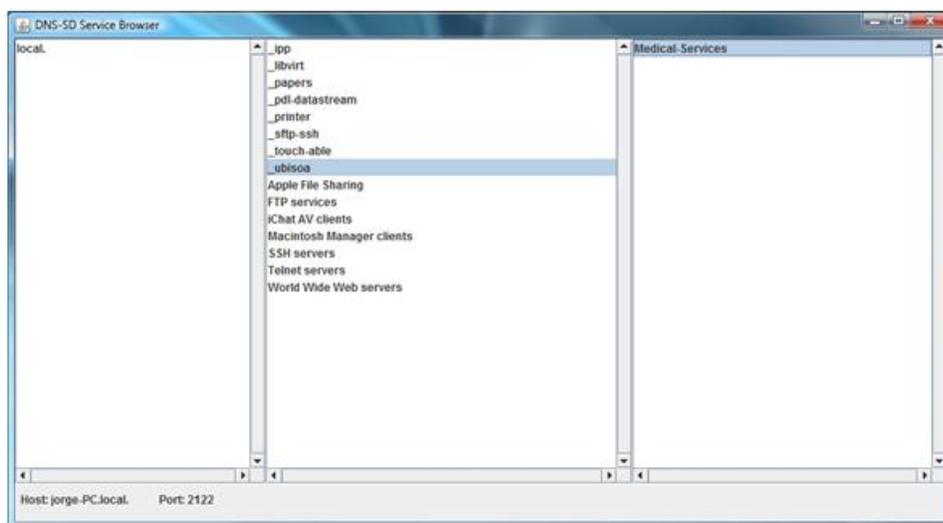


Figura 36. Descubrimiento de servicios.

Para realizar el descubrimiento de servicios se implementaron varios métodos. El

³<http://www.apple.com/es/support/bonjour/>

método *svDiscoveryServices()* proporciona una estructura que almacena la información de los diversos servicios identificados; el método *svSelectService(int)* permite seleccionar un servicio en específico y obtener la información asociado a dicho servicio.

Línea de vista

La consulta de la línea de vista tiene como objetivo identificar y decodificar los códigos Qr que se encuentren en la línea de vista de la cámara del dispositivo. Dado que la librería de realidad aumentada utilizada no permite identificar códigos Qr en el flujo de video, fue necesario utilizar un método diferente para realizar dicha tarea. Por tanto al identificar un código Qr en el flujo de video de la cámara se captura un *snapshot*. Al contar con la imagen del código Qr se utiliza la librería Qr Code⁴ para decodificarlo y obtener la información asociada a éste.

Consulta de usuario

La información que proporciona el visor en realidad aumentada depende en gran medida de la información asociada al perfil del usuario. Por ello se implementaron algunos para definir y obtener el recurso asociado al usuario del visor. El método *setUserResource (String)* permite definir en la configuración del visor el recurso que contiene la información del visor y el método *getUserResource()* permite obtener el nombre de dicho recurso.

V.5.2. Componente Servicios ubicuos

El componente de Servicios ubicuos contempla los servicios que ofrecen alguna funcionalidad a la plataforma, tal es el caso del servicio de Google Chart, UbiSOA, entre

⁴<http://qrcode.sourceforge.jp/>

otros. El servicio de Google Chart permite la creación dinámica de los gráficos que se presentarán en realidad aumentada. UbiSOA provee los mecanismos para determinar la localización en interiores.

V.5.3. Componente Consulta de información

El objetivo del componente Consulta de información es acceder a un recurso en la web, consultar la información asociada y proporcionarla bajo la ontología diseñada. Para ello el componente de información recibe como parámetro el URI del recurso, a partir de dicho URI se accede a la información. Para presentar la información bajo la ontología desarrollada se utilizó Jena. Jena permite construir aplicaciones web semánticas, provee un entorno de programación para RDF (del inglés 'Resource Description Framework'), RDFS (del inglés 'RDF Schema') y OWL (del inglés 'Ontology Web Language'); así también permite crear y manipular modelos RDF desde aplicaciones Java.

Al consultar la información del recurso, el componente Consulta de información crea un modelo RDF, posteriormente define los atributos de la clase. Ya que se han definido los *data properties* se crea un recurso en base al modelo antes creado, este recurso contendrá la información de una clase en particular. Finalmente se asignan los *data properties* y sus respectivos valores al recurso recién creado. De esta forma se encuentra listo el recurso para ser proporcionado al momento de una consulta. En el fragmento de código siguiente se representa la información relacionada al perfil de un usuario; por tanto se crea el modelo RDF, se definen los atributos del perfil del usuario (nombre, apellido, sexo, etc.), luego se crea el recurso cuyo identificador se encuentra definido por el personURI y finalmente los atributos se agregan al recurso con su respectivo valor (ver Figura 37).

```

// Se crea el modelo vacio
Model model = ModelFactory.createDefaultModel();

//Definición de Data Properties
Property firstName= model.createProperty(nm, "firstName");
Property lastName= model.createProperty(nm, "lastName");
Property gender = model.createProperty(nm, "gender");
Property height= model.createProperty(nm, "height");
Property birthdate= model.createProperty(nm, "birthdate");
Property weight = model.createProperty(nm, "weight");
Property activityFactor = model.createProperty(nm,
"activityFactor");

//Se crea el recurso
Resource userProfile = model.createResource(personURI);

//Se agregan los Data Properties al recurso
userProfile.addProperty(firstName, varFirstName );
userProfile.addProperty(lastName, varLastName);
userProfile.addProperty(gender, varGender);
userProfile.addProperty(height, varHeight);
userProfile.addProperty(weight, varWeight);
userProfile.addProperty(birthdate, varBirthDate);
userProfile.addProperty(activityFactor, varActivityFactor);

```

Figura 37. Definición del recurso que contiene el perfil del usuario.

El resultado de la representación de la información es un archivo RDF, como el que se presenta a continuación (ver Figura 38).

```

<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:SV="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/10/30/">
<rdf:Description
rdf:about="http://localhost:2122/ubicomp/users/22808567/
profile">
<SV:birthdate>12-12-1980</SV:birthdate>
<SV:activityFactor>1.375</SV:activityFactor>
<SV:weight>80</SV:weight>
<SV:height>170</SV:height>
<SV:gender>Male</SV:gender>
<SV:lastName>Smith</SV:lastName>
<SV:firstName>John</SV:firstName>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Figura 38. Representación de la información del perfil del usuario.

V.5.4. Componente Selección de información

Para realizar inferencias sobre la información contextual capturada se utilizó Jess (del inglés 'Java Expert System Shell'). Jess (Friedman Hill, E., 2008) es un motor de inferencias basado en reglas. Se utiliza un sistema basado en reglas ya que en los escenarios de aplicación presentados intervienen varios factores los cuales se utilizan para realizar la inferencia. Las reglas implementadas contemplan dos aspectos, definir el contenido de la información y definir la presentación de dicha información. Un ejemplo de las reglas implementadas es la siguiente: *"Si el alimento es bajo en azúcar y es natural entonces el alimento es un buen entremés"*.

Para realizar las inferencias el componente de selección de información recibe como parámetros el URI asociado a la entidad identificada y el URI asociado al usuario. A partir de estos URI se obtiene la información que permite realizar las inferencias. Por ejemplo en el escenario de aplicación de la dieta alimenticia es necesario tomar en cuenta factores tales como estatura de la persona, edad, peso, índice de actividad, ingesta diaria de calorías, entre otros factores para contrastarlos con la información nutricional del alimento que desea comer, a fin de determinar si es recomendable o no para su ingesta. Posteriormente el componente de selección de información en base a las preferencias del usuario determina la presentación de la información. Para finalmente generar el archivo RDF en el que se especifica tanto el contenido como la presentación de la información a ser desplegada en realidad aumentada. Un ejemplo se presenta en el fragmento de código siguiente, en el cual se especifica que la información será presentada en forma de audio y así también el texto a reproducir (ver Figura 39).

Para hacer accesible el componente Selección de Información fue implementado como un servicio Web utilizando RESTLET (Restlet, 2008). RESTLET sigue los principios

```

<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-
ns#"xmlns:SV="http://www.semanticweb.org/ontologies/2009/10/30
/">
<rdf:Description
rdf:about="http://localhost:2122/ubicomp/presentation/audio">
<SV:text>IT IS NOT RECOMMENDED, CONTAINS 50 % OF THE
RECOMMENDED DAILY INGEST</SV:text>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Figura 39. Representación de la información inferida en el escenario de cuidado alimenticio.

establecidos por REST (Fielding y Taylor, 2000), en el cual se utilizan los métodos estándar de HTTP para realizar la comunicación entre diversas entidades. De esta forma no es necesario establecer nuevos mecanismos para compartir información entre las diferentes entidades de software.

V.5.5. Componente Realidad aumentada

Para mostrar la información en realidad aumentada existen diversas librerías que permiten realizar dicha tarea, tales como ARToolkit, ARTag y ARToolkit Plus (Wagner y Schmalstieg, 2003) por citar algunas. ARTag asocia un modelo virtual a un marcador en especial por tanto no se puede utilizar para mostrar información dinámica, ARToolkit Plus permite identificar y decodificar códigos Qr, pero el utilizar la librería conlleva un alto costo, en cambio ARToolkit no requiere realizar pago alguno por su uso y se puede visualizar información dinámica. Por tanto se optó por utilizar ARToolkit. ARToolkit utiliza marcadores para sobreponer la información digital sobre el mundo físico, para ello, utiliza las capacidades de video para calcular la posición y orientación real de la cámara en relación a marcadores físicos. Una vez que se conoce la posición de la cámara, una cámara virtual se posiciona en el mismo punto y dibuja cualquier objeto OpenGL sobre el marcador.

ARToolkit integra mecanismos que permiten dibujar figuras geométricas como cu-

bos, esferas, pirámides y líneas, entre otras. La librería de ARToolKit no cuenta con métodos para realizar la presentación multimodal de la información; por tanto se implementaron diversos mecanismos para realizar dicha función. Un fragmento de los métodos implementados se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Métodos para la presentación multimodal.

A continuación se detalla la implementación que permitió realizar la presentación multimodal de la información. Además de la presentación multimodal de la información el módulo de realidad aumentada provee mecanismos para administrar eventos asociados a las presentaciones de la información. Los eventos permiten reaccionar y direccionar al usuario a un recurso en la Web, navegar entre las imágenes, texto o audio presentado en realidad aumentada y /o descargar recursos de la Web.

Presentación de imágenes

Para presentar una imagen o un arreglo de imágenes en realidad aumentada se utilizó la librería DevIL⁵. DevIL facilita el manejo de imágenes con ARToolKit ya que carga en memoria la imagen o conjuntos de imágenes para ser presentadas en cualquier momento. Un ejemplo de lo anterior se refleja en el fragmento de código siguiente, el método *loadTextures(String [], int)* recibe como parámetro un arreglo que contiene la ruta de

⁵<http://openil.sourceforge.net/>

cada una de las imágenes y un índice que indica la cantidad de imágenes a cargar en memoria.

- *loadTextures(array[], index)*

Con el método anterior se presentan las imágenes una a la vez en realidad aumentada. Si se desean visualizar las imágenes como un menú (caso del segundo escenario de aplicación) se alinean las imágenes y finalmente se presentan en realidad aumentada. Para ello se utilizan los siguientes métodos.

- *setGuide()*
- *drawGuide()*

Presentación de audio

En lo que respecta a reproducir audio se utiliza la librería MARY (Schröder y Trouvain, 2003). MARY permite reproducir texto como audio de dos maneras, una de ellas es utilizando un servicio Web al cual se le pasa como parámetro el texto a reproducir y la segunda alternativa es mediante el uso del API de Mary. A partir de la segunda alternativa que provee MARY se desarrollaron algunos métodos para reproducir audio a partir de texto. Con el método *setAudioArray(String)* se almacenan las oraciones que se desean reproducir; el método *setPronunciationNumber(int)* define la cantidad de veces que se pronunciará una oración; el método *initializePronunciation()* carga en memoria las oraciones a pronunciar; así como también algunos parámetros que permiten realizar la pronunciación y finalmente el método *playAudio()* permite reproducir el texto cuando se identifica un marcador en el flujo de video de la cámara del dispositivo.

Presentación de texto

Ya que ARToolkit no cuenta con mecanismos para presentar texto en realidad aumentada, se implementaron algunos métodos para realizar dicha tarea. El método *setTextArray(String)* permite almacenar las oraciones que serán presentadas en realidad aumentada y el método *drawText()* permite mostrar el texto en realidad aumentada cuando se identifica un marcador en la línea de vista de la cámara.

V.6. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los artefactos de *hardware* utilizados en la implementación de la plataforma. Posteriormente se describió la implementación de la ontología utilizando Protegé. Finalmente se describió la implementación de los componentes que integran la arquitectura y se presentaron los métodos que ofrece la plataforma para obtener la funcionalidad de estos componentes.

En el capítulo siguiente se verifica la funcionalidad que brinda la plataforma al implementar diversas aplicaciones. Para ello se describen las necesidades de cada escenario y se presentan los métodos que ofrece la plataforma para implementar cada escenario.

Capítulo VI

Evaluación

VI.1. Introducción

En este capítulo se presenta la evaluación de la plataforma. Para evaluar el funcionamiento de la plataforma se han implementado diversas aplicaciones, cada una de las cuales utiliza diferente información contextual para funcionar; lo que permite verificar varios de los mecanismos que provee la plataforma. Las aplicaciones implementadas corresponden a los escenarios de aplicación presentados en el capítulo 4. A continuación se detallan los mecanismos requeridos por cada aplicación, la implementación de cada una de ellos y así también se contrasta la funcionalidad que ofrece la plataforma para implementar aplicaciones conscientes del contexto con la funcionalidad que ofrecen los trabajos relacionados.

VI.2. Implementación de aplicaciones

VI.2.1. Cuidado de la dieta alimenticia

El ejemplo del primer escenario de aplicación tiene como objetivo realizar la recomendación de ingesta de alimentos basada en el perfil del Sr. Velázquez, así como también

de las características del alimento (ver apartado IV.2.1). Para ello es necesario contar con diferentes mecanismos como lo son, identificación de los alimentos, consulta del contenido nutricional del alimento, consulta de los datos asociados al perfil del usuario del visor sensorial, realizar la inferencia a partir de la información anterior y finalmente presentar la información al usuario. Para realizar esta aplicación la plataforma ofrece diversos mecanismos, descritos a continuación.

Identificación de productos.

Para identificar el alimento que desea comprar el Sr. Velázquez es necesario que el visor sensorial identifique el código Qr adjunto al producto; por lo tanto se revisa continuamente lo que el usuario observa a través de la cámara del visor para identificar dichos códigos. Al momento que se identifica un código Qr, se obtiene la información asociada a éste, la cual corresponde al recurso del producto en la web (Línea 1).

Consulta del usuario.

Ya que la recomendación del producto se basa en gran parte en la información relacionada al perfil del usuario, es necesario obtener el recurso asociado al usuario (Línea 2). El recurso del usuario se encuentra previamente definido en la configuración del visor.

Inferencia basada en el contenido nutricional y en la información de perfil del usuario.

Para realizar la recomendación del alimento se obtiene la información del contenido nutricional del mismo; por lo que tomando como referencia el recurso obtenido del código Qr, se obtienen los ingredientes y porciones que componen dicho alimento. Posteriormente en base al recurso asociado al perfil del usuario se obtiene el peso, estatura, edad, factor de actividad (indica el nivel de actividad física), enfermedades, preferencias, entre otros datos. Al contar con la información anterior el motor de inferencias determina si el producto es recomendable para ser o no ingerido por el Sr. Velázquez.

Además de realizar la inferencia para determinar si es recomendable comer el producto, la plataforma realiza la inferencia para definir la presentación de la información. El resultado de las inferencias es devuelto como un archivo RDF en el cual se especifica tanto el contenido como la presentación de la información (Línea 3).

Presentación de la información.

Ya que la información puede ser presentada de forma multimodal, al momento de obtener la recomendación del motor de inferencias se identifica la presentación de la información a visualizar. En el ejemplo implementado el Sr. Velázquez tiene problemas con la diabetes; por lo tanto se le dificulta entender los gráficos o texto que se le presenten. Sus preferencias indican que desea obtener la información de forma auditiva. Al identificar que la presentación se realizará en forma auditiva, se establece el número de pronunciaciones (cantidad de veces que se reproducirá el texto), se identifica el texto a ser pronunciado, posteriormente se reproduce el texto de forma auditiva y finalmente se activan los eventos; por consiguiente el usuario puede volver a reproducir el texto u obtener la recomendación correspondiente a otro alimento (Líneas 4 - 10)(ver Figura 41).

```
01  objectResource = getWhatAmISeeing()
02  userResource = getUserResource()
03  rdfFile = filter(objectResource, userResource)
04  readRDF(rdfFile)
05  presentation = identifyPresentation()
06  if(presentation == "Audio")
07    setPronunciationNumber(number)
08    textToSpeech = lookForText()
09    playAudio(textToSpeech)
10  activeEvents()
```

Figura 41. Código del escenario del cuidado de la dieta alimenticia.

Los mecanismos mencionados permitieron implementar el escenario correspondiente al cuidado de la dieta alimenticia, como resultado en la Figura 42 se presenta la in-

formación que el usuario visualiza al ejecutar la aplicación. Para este prototipo las preferencias del usuario contemplaban visualizar la información en forma de gráficos.



Figura 42. Implementación de la aplicación. No se recomienda la crema ya que contiene un alto porcentaje de la ingesta diaria del usuario.

VI.2.2. Guía en interiores

El segundo escenario de aplicación tiene como objetivo guiar a la señora Pérez dentro de las instalaciones de la clínica del IMSS para que localice los laboratorios (ver apartado IV.2.2). Para ello es necesario contar con diferentes mecanismos como lo son, descubrimiento de servicios, localización en interiores, consulta de los datos asociados al perfil del usuario, determinar la ruta a seguir dentro del edificio y finalmente presentar la guía al usuario. Para realizar esta aplicación la plataforma ofrece diversos mecanismos, descritos a continuación.

Descubrimiento de servicios.

Al momento de que la señora Pérez llega a la clínica del IMSS y enciende su visor, éste realiza la búsqueda de servicios que se encuentren disponibles en el área circunvecina. Una vez que se han descubierto estos servicios se almacenan los datos asociados a estos, es decir, nombre del servicio y recurso, los cuales serán utilizados para referencias posteriores (Línea 1). Después los nombres de los servicios se le presentan a la

señora Pérez en realidad aumentada para que seleccione el que desea utilizar.

Localización.

Ya que es necesario conocer la localización de la señora Pérez en el interior del edificio, no se puede utilizar la funcionalidad del GPS para realizar dicha tarea dada la limitante de esta tecnología. Por lo que, para determinar la localización de la señora Pérez se toma ventaja de la existencia de la interfaz inalámbrica en su visor así como también de los puntos de acceso distribuidos en el edificio; por tanto, se obtienen lecturas de la señal RSSI del visor con respecto a los diversos puntos de acceso, estas lecturas incluyen el identificador de cada punto de acceso y la intensidad RSSI a dicho punto de acceso. A partir de las lecturas RSSI obtenidas se construye una consulta(Líneas 5-6). La consulta es enviada al servicio que seleccionó la señora Pérez, en este caso el servicio de la clínica. Como resultado de dicha consulta el servicio provee la localización actual de la señora Pérez especificando sus coordenadas geográficas (Línea 7).

Presentación de la información.

Como se mencionó anteriormente al momento de realizar el descubrimiento de servicios, se obtienen los nombres de estos servicios y se le presentan a la señora Pérez en realidad aumentada para que seleccione el que desea utilizar (Líneas 2 - 4). Al momento que la señora Pérez selecciona el servicio, se obtiene la información asociada a dicho recurso, en este caso el servicio implementado se denominó "Guía Hospitalaria" (Línea 8). La información de la guía incluye las coordenadas geográficas de las diferentes ubicaciones dentro del edificio, así como también un ícono representativo a dicha ubicación; esta información es proporcionada en formato RDF. Al tener acceso a dicho recurso se identifica el tipo de presentación, se identifican y almacenan las coordenadas de cada destino así como su icono representativo (Líneas 9 - 13). Posteriormente se le presentan al usuario los iconos de las ubicaciones a las que puede dirigirse dentro

del edificio. De esta forma la señora Pérez selecciona los laboratorios (Líneas 14 - 18). Luego en base a la localización de la señora Pérez y de los laboratorios se determina la orientación de la flecha que guiará a la señora Pérez hasta los laboratorios. Finalmente se presenta al usuario la flecha y se activan los eventos que permiten seleccionar otro destino (Líneas 19 - 21)(ver Figura 43).

```

01  services = lookForServices()
02  drawText(services)
03  activeEvents()
04  selectedService = selectService(index)
05  lectures = getRSSI()
06  query = getLocationQuery(lectures)
07  userLocation = getCurrentLocation(selectedService,
    query)
08  guideResource = getResource(selectedService)
09  readRDF(guideResource)
10  presentation = identifyPresentation()
11  if(presentation == guide)
12  coordinates = lookingForCoordinates(guideResource)
13  loadCoordinates(coordinates)
14  textures =lookingForTextures(guideResource)
15  loadTextures(textures)
16  drawGuide(textures)
17  activeEvents()
18  destinyLocation = selectDestiny(index)
19  orientation =getArrowOrientation(destinylocation,
    userLocation)
20  drawArrow(scale, orientation)
21  activeEvents()

```

Figura 43. Código del escenario guía en interiores.

Los mecanismos mencionados permitieron implementar el escenario correspondiente a la guía en interiores, ya que una primera instancia se realiza el descubrimiento de servicios, en la Figura 44 se presentan los servicios descubiertos al momento de implementar la aplicación.

En la Figura 45 se presenta el menú que el usuario visualiza al seleccionar el servicio de la guía hospitalaria. Finalmente en la Figura 46 se presenta el objeto virtual, en este caso la flecha que guía al usuario en el interior del edificio hacia la ubicación de los laboratorios.



Figura 44. Descubrimiento de servicios.

VI.2.3. Asistencia a personal médico

El tercer escenario de aplicación tiene como objetivo presentar información médica de un paciente al personal que lo atiende de acuerdo al rol que estos desempeñen (médico / enfermera). Para ello es necesario contar con diferentes mecanismos como lo son, identificación de pacientes, consulta de la información del paciente, consulta de los datos asociados al perfil del usuario del visor, realizar la inferencia a partir de la información anterior y finalmente presentar la información al usuario (ver apartado IV.2.3). Para realizar esta aplicación la plataforma ofrece diversos mecanismos, descritos a continuación.

Identificación del paciente.

Para presentar la información relacionada a un paciente en particular, es necesario identificar a dicho paciente, por lo que en el ejemplo implementado se identifica al usuario a partir de un código Qr anexo a su cama. La aplicación implementada revisa continuamente lo que el personal médico observa a través de la cámara del visor



Figura 45. Guía de ubicaciones dentro del edificio.



Figura 46. Guía en el edificio.

para identificar dichos códigos, al momento de identificar un código Qr se obtiene la información asociada a éste, la cual corresponde al recurso del paciente (Línea 1).

Identificación del personal.

Ya que la información que se presentará al usuario depende del rol que éste desempeñe, es necesario tener acceso al perfil del usuario, para posteriormente identificar el rol que desempeña y sus preferencias establecidas. El recurso asociado al usuario se encuentra previamente definido en la configuración del visor sensorial (Línea 2).

Inferencia basada en la información del paciente y del personal médico.

A partir del recurso asociado al paciente, se obtiene la información de su perfil, el cual incluye datos de los signos vitales, historial de los signos vitales, medicamentos prescritos y anotaciones realizadas por el personal médico. Del recurso asociado al perfil del usuario del visor se obtiene el rol que éste desempeña, además de la información relacionada a las preferencias para visualizar información. A partir de estos datos se realiza la inferencia para determinar el contenido de la información y a partir de la información de las preferencias del usuario se determina la presentación de la información. El resultado de la inferencia es devuelto como un archivo RDF, en el cual se especifica tanto el contenido como la presentación de la información (Línea 3).

Presentación de información.

Ya que la información puede ser presentada de varias formas, al momento de obtener el archivo RDF resultante de la inferencia, se identifica la presentación de la información a visualizar. En el ejemplo implementado en una primera instancia la enfermera Díaz hace uso del visor y ella prefiere visualizar la información como gráficos, por lo que la información médica se le presenta en forma de gráficos. Al identificar que la presentación se realizará en forma de gráficos se identifican las imágenes que serán visualizadas, se cargan en memoria, posteriormente se identifican los eventos asociados a cada imagen que será presentada y así también se almacenan en memoria, seguido de ello se visualizan las imágenes correspondientes a la información médica del paciente y finalmente se activan los eventos; por consiguiente permite al usuario navegar entre los diferentes gráficos u obtener la información asociada a otro paciente (Línea 4-12)(ver Figura 47).

Para la implementación del tercer escenario se asume que el paciente no es cambiado de cama durante su estancia en el hospital. Ya que si el paciente fuera trasladado a otra cama sería necesario llevar consigo el código Qr que lo identifica.

Los mecanismos mencionados permitieron implementar el escenario correspondiente

```

01  objectResource = getWhatAmISeeing()
02  userResource = getUserResource()
03  rdfFile = filter (patientResource, userResource)
04  readRDF(rdfFile)
05  presentation = identifyPresentation()
06  if(presentation == "imageArray")
07    textures = lookingForTextures(rdfFile)
08    loadTextures(textures)
09    events = lookingForEvents(rdfFile)
10    loadEvents(events)
11    drawImageArray()
12    activeEvents()

```

Figura 47. Código del escenario asistencia a personal médico.

al apoyo del personal médico. Las Figuras 48 y 49 corresponden a la información que se presenta al usuario, cuando éste desempeña el rol de enfermera, por lo que la información se adapta a dicho rol. Mientras tanto la Figura 50 corresponde a la información que visualiza el usuario cuando este desempeña el rol de médico.

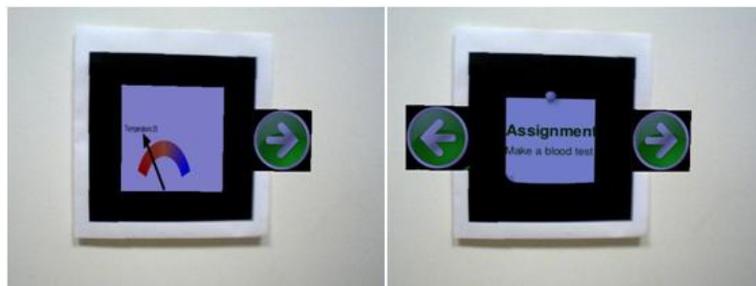


Figura 48. Información mostrada a la enfermera. Izq. Temperatura: 25. Der. Realizar examen de sangre.

VI.2.4. Ingesta de medicamentos

El cuarto escenario de aplicación tiene como objetivo indicar la cantidad y hora de ingesta de un medicamento. Para ello es necesario contar con diferentes mecanismos como lo son, identificación del recipiente que contiene el medicamento, consulta de la información del medicamento, consulta de los datos asociados al perfil del usuario del



Figura 49. Información mostrada a la enfermera (2). Realizar examen de azúcar.



Figura 50. Información mostrada al médico. Temperatura del paciente en las últimas 8 horas.

visor sensorial, determinar si es necesario ingerir el medicamento y finalmente presentar la información al usuario (ver apartado IV.2.4). Para realizar esta aplicación la plataforma ofrece diversos mecanismos, descritos a continuación.

Identificación del recipiente que contiene el medicamento.

Para identificar el recipiente que contiene el medicamento, es necesario que el visor sensorial identifique el código Qr adjunto al recipiente; por lo tanto se revisa continuamente lo que el usuario observa a través de la cámara del visor para identificar dichos códigos. Al momento que se identifica un código Qr, se obtiene la información asociada

a éste, la cual corresponde al recurso del medicamento en la Web (Línea 1).

Consulta del usuario.

Ya que la presentación de la información se basa en la información relacionada al perfil del usuario, es necesario obtener el recurso asociado al usuario (Línea 2). El recurso del usuario se encuentra previamente definido en la configuración del visor.

Determinar ingesta de medicamento.

Para determinar si es necesario ingerir el medicamento, se obtiene la información de la ingesta del medicamento; por lo que tomando como referencia el recurso obtenido del código Qr, se obtiene el nombre del medicamento hora y cantidad a ser suministrada. Posteriormente en base al recurso asociado al perfil del usuario se obtienen las preferencias para visualizar información. Al contar con esta información el motor de inferencias compara la hora del sistema con la hora a la que se debe de suministrar en medicamento, si la diferencia se encuentra en un rango definido se presentará al usuario la dosis a ingerir, así como la hora para hacerlo. Si la diferencia se encuentra fuera de dicho rango se mostrará al usuario el tiempo que falta para ingerir el medicamento. Posteriormente el motor de inferencias revisa las preferencias del usuario para determinar la presentación de la información. El resultado de las inferencias es devuelto como un archivo RDF en el cual se especifica tanto el contenido como la presentación de la información (Línea 3).

Presentación de la información.

Ya que la información puede ser presentada de forma multimodal, al momento de obtener la recomendación del motor de inferencias, en primera instancia se identifica la presentación de la información a visualizar. En el ejemplo implementado el Sr. Benítez prefiere que se le presente la información en forma gráfica. Acto seguido se identifica la imagen que será mostrada, se carga en memoria, posteriormente se identifica el evento

asociado a dicha imagen, se almacena en memoria y se visualiza en la pantalla del dispositivo del usuario. Finalmente se activan los eventos, lo que permite al usuario realizar una acción u obtener la información relacionada a otro medicamento (Líneas 4 - 12)(ver Figura 51).

```

01  objectResource = getWhatAmISeeing()
02  userResource = getUserResource()
03  rdfFile = filter(objectResource, userResource)
04  readRDF(rdfFile)
05  presentation = identifyPresentation()
06  if(presentation == "texture")
07  textures = lookingForTextures(rdfFile)
08  loadTextures(textures)
09  events = lookingForEvents(rdfFile)
10  loadEvents(events)
11  drawTexture()
12  activeEvents()

```

Figura 51. Código del escenario ingesta de medicamentos.



Figura 52. Implementación de la ingesta de medicamentos. Es necesario ingerir 2 capsulas del medicamento a las 6:00.

Los mecanismos mencionados permitieron implementar el escenario correspondiente a la ingesta de medicamentos, en la Figura 52 se muestra el resultado que obtiene al usuario al enfocar su visor sensorial hacia un medicamento. Para este prototipo las preferencias del usuario contemplaban visualizar la información en forma gráfica.

VI.3. Diferencia de la plataforma con los trabajos relacionados

VI.3.1. Cuidado de la dieta alimenticia

Si se quisiera implementar este escenario con los mecanismos proporcionados por los trabajos relacionados no se podría realizar por varias razones. Tanto Layar, Wikitude y Enkin no permiten identificar objetos que se encuentren en la línea de vista de la cámara. Pese a que Sentient Graffiti y Nokia Point and Find permiten identificar códigos de dos dimensiones, no toman en cuenta la información del perfil del usuario para realizar la presentación de la información. Además ninguno de los trabajos relacionados utiliza la semántica de la información que administra; por lo tanto no se conoce el significado de la información y además no se realizan inferencias sobre la información contextual obtenida. De la misma manera ninguna de las otras plataformas permiten realizar la presentación multimodal.

VI.3.2. Guía en interiores

Este escenario de aplicación se logró realizar dado que la plataforma propuesta permite realizar la localización en interiores utilizando tecnologías ya existentes en el entorno (puntos de acceso e interfaz incluida en los dispositivos portátiles), a diferencia de Sekai camera, el cual utiliza la funcionalidad de aplicaciones externas para determinar la localización. Con Layar, Wikitude o Enkin habría sido imposible implementar este escenario debido a que solo funcionan en exteriores. Sentient Graffiti utiliza tecnología Bluetooth para realizar la localización en interiores, pero sólo provee una aproximación de la localización, por lo que no es útil para implementar este escenario de aplicación. Ninguno

de los trabajos relacionados realiza el descubrimiento de servicios, lo que impide identificar y utilizar la funcionalidad de servicios que se encuentren disponibles en el entorno circunvecino. Pese a la anterior existe un problema con la plataforma propuesta, ya que no proporciona información acerca de la orientación del dispositivo portátil, lo que impide presentar información de los servicios que se encuentren en la línea de vista del usuario.

VI.3.3. Asistencia a personal médico

Este escenario de aplicación al igual que los anteriores no se puede implementar con los mecanismos ofrecidos por los trabajos relacionados, ya que en primera instancia no permiten obtener información de lo que se encuentra en la línea de vista de la cámara del dispositivo, por lo tanto no es posible identificar el código Qr asociado a cada paciente. Así también la información que se administra del perfil del usuario es escasa, por lo que no se puede obtener información relacionada a las preferencias para visualizar contenido, por lo tanto la presentación de la información se realiza de forma unimodal. Tampoco se utiliza información relacionada al rol que desempeña el usuario para determinar la información que será presentada. Y finalmente no toman en cuenta la semántica de la información.

VI.3.4. Ingesta de medicamentos

Si se quisiera implementar este escenario con los mecanismos proporcionados por los trabajos relacionados no se podría realizar por varias razones. Este escenario requiere identificar el recipiente que contiene el medicamento, para ello se le adjunta un código Qr el cual no puede ser identificado por Layar Wikitude o Enkin. Sentient Graffiti

y Nokia Point and Find si pueden identificar dichos códigos pero solo presentan la información codificada en ellos, ya que no analizan el significado de la información codificada y por ende no pueden realizar inferencias de dicha información. Así también los trabajos previos no permiten realizar la presentación multimodal.

VI.4. Conclusiones

En este capítulo se presentó la evaluación de la plataforma por medio de la implementación de cuatro aplicaciones. Para ello se describe como la plataforma provee solución a las necesidades que implica cada uno de los escenarios. Para hacer notar la diferencia que brinda la plataforma se contrasta con la funcionalidad que brindan los trabajos relacionados, lo que permite observar que los trabajos relacionados no permiten implementar los escenarios planteados en la etapa de diseño.

Finalmente en el próximo capítulo se presentan las conclusiones del presente trabajo de tesis, así también se presentan las aportaciones y trabajo futuro.

Capítulo VII

Conclusiones y Trabajo Futuro

VII.1. Conclusiones

Las tecnologías de auto identificación como RFID, NFC, WSN y códigos Qr por citar algunas, están siendo utilizadas en diversos entornos debido a su bajo costo y a las capacidades que estas proveen para dotar de identidad y comunicación. Una ventaja de estas tecnologías es su incorporación con objetos físicos cotidianos, obteniendo así objetos aumentados, también denominados *smart objects*. La incorporación de las tecnologías de auto identificación en los objetos físicos, permiten dotar de identidad y capacidad de comunicación a dichos objetos. Estas características hacen posible la interacción de los usuarios con dichos objetos y entre los objetos mismos. Las interacciones anteriores en conjunto con la funcionalidad de Internet han dado lugar al *Internet of Things*. En el *Internet of Things* cada objeto aumentado representa un recurso en la Web, el cual contiene información relacionada a dicho objeto. Ante lo anterior los usuarios actualmente pueden obtener información diversa de la Web al interactuar con los objetos aumentados diseminados en su entorno.

La necesidad de acceder y utilizar la información que proveen estos objetos aumentados motivó la realización de este trabajo de investigación, concretamente en el

desarrollo e implementación de una plataforma de realidad aumentada consciente del contexto. La consciencia del contexto es utilizada para realizar el descubrimiento e identificación de los objetos aumentados en el entorno. Así también la consciencia del contexto permite a la plataforma reaccionar y adaptarse ante cambios en el entorno.

El objetivo de la plataforma no radica únicamente en descubrir e identificar los objetos aumentados, sino también en acceder a la información que proveen, procesarla y finalmente mostrarla al usuario en la presentación que se adapte a los diferentes contextos. Para ello la plataforma ha utilizado la semántica de la información. A través de la semántica de la información se conoce el significado de los datos proporcionados por los objetos aumentados y así también la semántica establece diversos formatos para representar la información que dichos objetos proveen. Por lo tanto la información contextual que obtiene la plataforma se representa bajo estos formatos, permitiendo así realizar el procesamiento de la información (inferencias) de forma eficaz, lo que posibilita determinar la información que será mostrada al usuario.

Otro aspecto que se considera en la plataforma es la presentación de la información. En diversos trabajos de investigación relacionados al cómputo consciente del contexto la presentación de la información ha tomado variantes distintas, por ejemplo en forma de texto, gráficos, audio e interfaz ambiental, todas ellas definidas en función del contexto. Por tanto la plataforma desarrollada determina la presentación adecuada de la información tomando como referencia información del contexto del usuario (CC/PP) y del contexto de la red.

El diseño de la plataforma se realizó a partir de los requerimientos funcionales encontrados en diversos escenarios de aplicación. Los escenarios de aplicación contemplados pertenecen a distintos dominios de aplicación, lo que contribuyó a que la plataforma responda a diversas necesidades y entornos de aplicación.

La funcionalidad ofrecida por la plataforma dio lugar a la implementación de varias aplicaciones, en las cuales la consciencia del contexto es determinante para llevar a cabo las actividades de los usuarios involucrados.

Finalmente la combinación del cómputo consciente del contexto y de la realidad aumentada proporcionó aplicaciones que permitieron navegar la información de los objetos físicos aumentados que integran el *Internet of Things*, o lo que denominamos visores sensoriales.

VII.2. Aportaciones

Las principales aportaciones de este trabajo de investigación son las siguientes:

- Se desarrolló una plataforma que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, que a diferencia de los trabajos relaciones incorpora la consciencia del contexto para adaptar el contenido y presentación de la información al usuario.
- En este trabajo se consideró el significado de la información, esto es, se tomó en cuenta la semántica de la información para así realizar de forma eficiente las inferencias en función de la información contextual capturada.
- Se desarrollaron 4 aplicaciones que corresponden a los escenarios de aplicación identificados en la etapa de diseño.
- Se introdujo el concepto "Visor sensorial", un nuevo paradigma de interacción con los objetos que integran el *Internet of Things*. Los visores sensoriales resultan de la intersección entre la realidad aumentada, cómputo consciente del contexto, Web semántica e *Internet of Things*.

VII.3. Trabajo futuro

La plataforma desarrollada es un prototipo funcional, que puede ser ampliado en distintos aspectos. Por lo cual se considera como trabajo futuro los siguientes puntos:

- La plataforma desarrollada permite identificar y obtener la información asociada a los códigos Qr; sin embargo existen diversas tecnologías de auto identificación en el entorno cotidiano. Por tanto se plantea incorporar nuevos componentes a la plataforma para identificar y obtener la información asociada a las diversas tecnologías de auto identificación.
- Para desarrollar el componente de realidad aumentada se utilizó la librería AR-Toolkit. Esta librería no permite identificar códigos Qr en el flujo de video de la cámara; por lo tanto se implementaron mecanismos para realizar dicha tarea. Los mecanismos implementados no son eficientes, ya que la decodificación toma algunos segundos y además ocasionalmente no decodifica de forma apropiada. En (Tai-Wei et al. 2009) se presenta un algoritmo que permite decodificar códigos Qr con Artoolkit y así también utilizar dichos códigos como referencia para presentar la información en realidad aumentada. Por lo anterior, se propone explorar la eficiencia que pudiese tener el algoritmo de Tai-Wei al ser utilizado en nuestra plataforma.
- Evaluación de la plataforma con desarrolladores a fin de conocer la utilidad y la facilidad de uso de los mecanismos que provee la plataforma. Lo que requiere realizar una selección de desarrolladores en base a su experiencia para obtener una población homogénea, posteriormente capacitarlos en el uso de la plataforma, solicitar la creación de aplicaciones y finalmente obtener información cuantitativa

y cualitativa de la eficacia y eficiencia de la plataforma.

- Actualmente la plataforma no incorpora mecanismos que permitan dotar de seguridad a la información que se administra; por consiguiente la información es vulnerable a ser utilizada de forma inadecuada. Ante ello se plantea integrar mecanismos de seguridad que permitan salvaguardar la información del usuario y por ende su privacidad.
- Para el diseño de la plataforma se tomaron en cuenta algunos escenarios de aplicación relacionados al sector médico; sin embargo no se realizó un estudio de campo in situ para caracterizar dichos escenarios. Al implementar dichos escenarios de aplicación nos percatamos de la utilidad que pudiesen tener las aplicaciones de realidad aumentada conscientes del contexto en el sector médico. Por lo anterior se propone explorar el ambiente médico a fin de enfocar la funcionalidad de la plataforma para la creación de aplicaciones que apoyen las necesidades de este sector.
- Creación de aplicaciones de realidad aumentada conscientes del contexto para el tratamiento de autismo en menores. El autismo es un trastorno del desarrollo, permanente y profundo. Afecta a la comunicación, imaginación, planificación y reciprocidad emocional. Los síntomas, en general, son la incapacidad de interacción social, el aislamiento y las estereotipias (movimientos incontrolados de alguna extremidad, generalmente las manos) (Cook, 1998). Se han probado varios tratamientos para el autismo, algunos han tenido mayor éxito que otros. Uno de los tratamientos es TEACCH (del inglés Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped Children), el cual se basa en la comunicación visual, por medio de imágenes y símbolos que representan conceptos o

palabras. Ante lo anterior se propone explorar como las aplicaciones de realidad aumentada conscientes del contexto pueden apoyar en el tratamiento del autismo.

Referencias

- Addlesee, M., Curwen, R., Hodges, S., Newman, J., Steggles, P., Ward, A., y Hopper, A. (2001). Implementing a sentient computing system. *IEEE Computer*, **34**(8): 50–56.
- Adelmann, R., Langheinrich, M., y Flörkeimer, C. (2006). Toolkit for bar code recognition and resolving on camera phones - jump starting the internet of things. En *Workshop Mobile and Embedded Interactive Systems (MEIS'06) at Informatik 2006*. Octubre 6, Dresden, Germany.
- Ali, S. y Kiefer, S. (2009). Semantic coordination of ambient intelligent medical devices - a case study. En *3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2009*. Abril 1 - 3, Londres, Inglaterra.
- Avilés López, E. y García Macías, J. A. (2008). Managing primary context through web services. En *Proceedings of the 2008 IEEE 24th International Conference on Data Engineering Workshop*, páginas 164–167. Abril 7 - 12, Cancún, México.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual*, **6**(4): 355–385.
- Berners-Lee, T. (1998). Semantic web road map. <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>. Consultado en Junio del 2010.
- Byrne, C. (2009). Techcrunch europe. layar shows the augmented reality revolution is not in silicon valley. <http://eu.techcrunch.com/2009/08/17/layar-proves-the-augmented-reality-revolution-is-not-in-silicon-valley/>. Consultado en Junio del 2010.
- Cook, E. H. (1998). *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, Vol. 16. Wiley - Liss, New York, NY, USA. 113 - 120.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and Ubiquitous Computing, Special issue on Situated Interaction and Ubiquitous Computing*, **5**(1): 4–7.
- Doppler, C. (2003). Artoolkitplus. <http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld>. Consultado en Junio del 2010.
- Favela, J., Tentori Espinoza, M. E., Segura Saldaña, D., y Berzunza Richard, G. (2009). Adaptive awareness of hospital patient information through multiple sentient displays. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, **1**(1): 27–38.
- Fiala, M. (2004). Ar tagartoolkitplus. <http://www.artag.net>. Consultado en Junio del 2010.

- Fiala, M. (2005). Artag, a fiducial marker system using digital techniques. En *Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 2, páginas 590–596. Junio 20 - 26, San Diego, CA, USA.
- Fiala, M. (2007). Webtag: A world wide internet based ar system. En *Proceedings fo the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, páginas 263–264. Noviembre 13 - 16, Nara, Japón.
- Fielding, R. T. y Taylor, R. N. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network based Software Architectures*. Tesis de doctorado, University of California, Irvine, Irvine, California.
- Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contact-less Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons, New York, USA, segunda edición. 446 pp.
- Friedman Hill, E. (2008). Jess the rule engine for the java platform. <http://www.jessrules.com/jess/docs/Jess71p2.pdf>. Consultado en Junio del 2010.
- García Macías, J. A. y Avilés López, E. (2008). Developing ubiquitous applications through service-oriented abstractions. En *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008*, Vol. 51, páginas 210–218. Octubre 22 - 24, Salamanca, España.
- García Macías, J. A. y Avilés López, E. (2009). Ubisoa dashboard: Integrating the physical and digital domains through mashups. En *Proceedings of the Symposium on Human Interface 2009 on Conference Universal Access in Human-Computer Interaction*, Vol. 5617, páginas 466–474. Julio 19 - 24, San Diego, CA, USA.
- Gershenfeld, N., Krikorian, R., y Cohen, D. (2004). The internet of things. *Scientific American*, **26**(4): 46–51.
- Hightower, J. y Borriello, G. (2001). A survey and taxonomy of location systems for ubiquitous computing. *IEEE Computer*, **34**: 57–66.
- Hopper, A. (2000). Sentient computing. *Computing. Philosophical Transactions of the Royal Society London*, **358**(1): 2349–2358.
- Isomursu, M. y Tuikka, T. (2008). Tagged cities. En *ACM CHI Workshop Urban Mixed Realities: Technologies, Theories and Frontiers*. Abril 6, Florencia, Italia.
- Kato, H. y Billinghurst, M. (2001). Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. En *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality 1999*. Octubre 8 - 10, Tokio, Japón.

- Kawsar, F., Fujinami, F., y Nakajima, T. (2005). Aumenting everyday life with sentient artefacts. En *Proceedings of the 2005 joint conference on Smart Objects and ambient intelligence: innovative context-aware services: usages and technologies*, páginas 141–146. Octubre 12 - 14, Grenoble, Francia.
- Kooper, R. y MacIntyre, B. (2001). The real world wide web: An interface for a continuously available, general purpose, spatialized information space. En *Proceedings of the 2nd International Symposium on Mixed Reality*. Marzo 14 - 15, Yokohama, Japón.
- Lapides, P., Sharlin, E., y Greenber, S. (2009). Homewindow: An augmented reality domestic monitor. *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, páginas 323–324.
- Li, J. y Khan, S. U. (2009). Mobisn: Semantics-based mobile ad hoc social network framework. En *Proceedings of the 28th IEEE Conference on Global Telecommunications*, páginas 883–888. Noviembre 30 - Diciembre 4, Honolulu, Hawaii, USA.
- Loomis, J., Golledge, R., y Klatzky, R. (1993). Personal guidance system for the visually impaired using gps, gis and vr technologies. En *Proceedings of Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities*. Junio 17, Northridge, CA, USA.
- López de Ipiña, D., Vazquez, J., y J., A. (2008). A web 2.0 platform to enable context-aware mobile mash-ups. En *Proceedings of the 2007 European conference on Ambient Intelligence*, páginas 266–286. Noviembre 7 - 10, Darmstadt, Alemania.
- Mankoff, J., Dey, A. K., Hsieh, G., Kientz, J., Lederer, S., y Ames, M. (2003). Heuristic evaluation of ambient displays. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, páginas 169–176. Abril 5 -10, Lauderdale, Florida, USA.
- Mistry, P., Maes, P., y Chang, L. (2009). Wuw - wear ur world - a wearable gestural interface. En *Proceeding of the CHI '09 extended abstracts on Human factors in computing systems*, páginas 4111–4116. Abril 4 - 9, Boston, MA, USA.
- Newman, J., Ingram, D., y Hopper, A. (2001). Augmented reality in a wide area sentient environment. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Augmented Reality*, páginas 77–86.
- Nokia (2009). Nokia point and find. <http://pointandfind.nokia.com/files/P\&FPRESSRELEASE\ServiceIntro.pdf>. Consultado en Junio del 2010.
- Noy, N. F. y McGuinness, D. L. (2005). Desarrollo de ontologías. http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-es.pdf. Consultado en Junio del 2010.

- O'Neill, E., Thompson, P., Garzonis, S., y Warr, A. (2007). Reach out and touch: Using nfc and 2d barcodes for service discovery and interaction with mobile devices. En *Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Computing*, páginas 19–36. Mayo 13 - 16, Toronto, Ontario, Canadá.
- Rekimoto, J. y Nagao, K. (1995). The world through the computer: Computer augmented interaction with real world environments. En *Proceedings of the 8th Annual ACM Symposium on User Interface and Software Technology*, páginas 29–36. Noviembre 15 - 17, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Restlet (2008). Restlet user guide -version 1.1. http://wiki.restlet.org/books/documentation/_book/_definition/-\--20081027\--003425/publications/pdf/output/book.pdf. Consultado en Junio del 2010.
- Schmuller, J. (2001). *Aprendiendo UML en 24 Horas*. Prentice Hall, Boston, MA, USA, primera edición. ISBN 968444463X. 448 pp.
- Schröder, M. y Trouvain, J. (2003). The german text-to-speech synthesis system mary: A tool for research, development and teaching. *International Journal of Speech Technology*, páginas 365–377.
- Segura Saldaña, D., Favela Vara, J., y Tentori Espinoza, M. E. (2008). Sentient displays in support of hospital work. En *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008*, páginas 103–111. Octubre 22 - 34, Salamanca, España.
- Tai-Wei, K., Ching-Hung, T., y Wen-Shou, C. (2009). Applying qr code in augmented reality applications. En *Proceedings of the 8th Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry*, páginas 253–257. Diciembre 14 - 15, Yokohama, Japón.
- Wagner, D. y Schmalstieg, D. (2003). Artoolkit on the pocketpc platform. En *Proceedings of the 2nd IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*. Octubre 7, Tokio, Japón.
- Waldner, J. B. (2007). *Nano-Informatique et intelligence ambiante inventer l'ordinateur du XXIe siècle*, Vol. 1. Hermes-Lavoisier, Londres, Inglaterra, primera edición. 304 pp.
- Weal, M. J., Michaelides, D. T., Page, K. R., De Roure, D. C., Gobbi, M., Monger, E., y Martinez, F. (2009). Location based semantic annotations for ward analysis. En *3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2009*.
- Weiser, M. (1991). The computer for the twenty-first century. *Scientific American*, **265**(3): 93–104.

- Weiser, M. (1993). Some computers science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM 1993*, **36**(7): 78–84.
- Weiser, M. (1994). The world is not a desktop. *Communications of the ACM 1994*, **1**(1): 7–8.
- Weiser, M. y Brown, J. (1996). The coming age of calm technology. En P. J. Dening y R. M. Metcalfe, editores, *Beyond calculation: The next fifty years*, páginas 75 – 85. Springer Verlag, New York, NY, USA.
- Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., Balazinska, M., y Borriello, G. (2009). Building the internet of things using rfid. *IEEE Internet Computing*, **13**(3): 48–55.
- Wikitude (2009). Developing with the wikitude api. <http://www.wikitude.org/developers>. Consultado en Junio del 2010.
- Woo, M., Neider, J., y Davis, T. (1997). *OpenGL Programming Guide*. Addison Wesley, Boston, MA, USA, segunda edición. 730 pp.
- Wright, A. (2009). Get smart. *Communications of the ACM*, **52**(2): 14–15.

Apéndice A

Casos de uso

Para definir los componentes de *software* que serán utilizados en la plataforma y además definir su funcionalidad, se modeló la información de los escenarios de aplicación de modo tal que permitan identificar dichos aspectos, para ello se utilizan los casos de uso. El caso de uso es una técnica para describir las interacciones de un sistema con sus usuarios potenciales (Schmuller, 2001). Es una colección de escenarios iniciados por una entidad llamada actor (una persona, un componente de hardware u otro sistema). Un mismo actor puede llevar a cabo varios casos de uso, e inversamente, un caso de uso puede ser llevado a cabo por varios actores. Un caso de uso debería dar por resultado algo de valor ya sea para el actor que lo inició o para otro. Es posible reutilizar casos de uso al utilizar el estereotipo *uses*, el cual permite utilizar los pasos de un caso de uso como parte de otro, en cambio el estereotipo *extend* permite crear un nuevo caso a partir de los pasos de un caso de uso existente (Schmuller, 2001). A continuación se presentan los casos de uso más significativos.

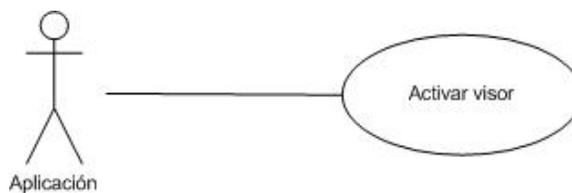


Figura 53. Caso de uso del actor aplicación.

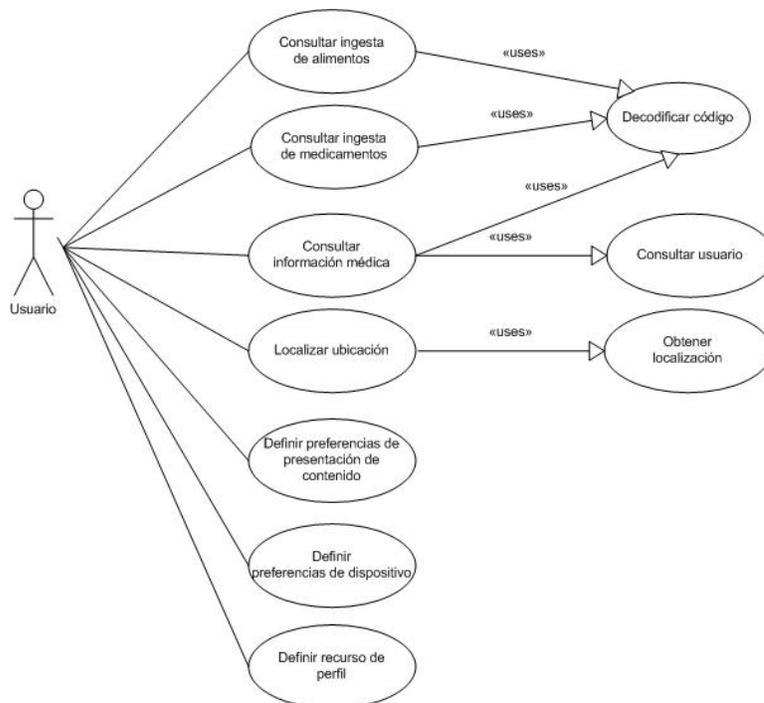


Figura 54. Casos de uso del actor Usuario

A.1. Diagramas de casos de uso

A.2. Descripción de casos de uso

Caso de uso. Consultar alimentos. Actor. Usuario. Objetivo. Tiene como objetivo dar a conocer si un alimento es apropiado o no para ser ingerido por el usuario. Descripción. El caso de uso inicia cuando el usuario enciende su visor y lo enfoca hacia el alimento que desea comprar para comer, el visor identifica el código QR adjunto al producto y

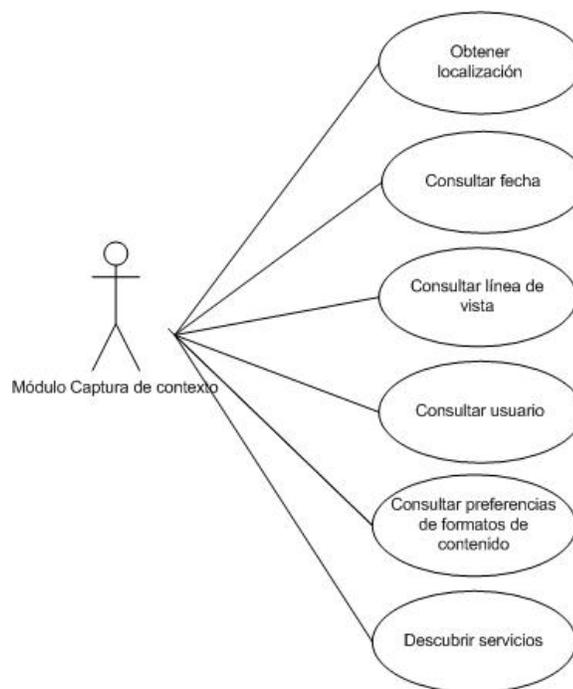


Figura 55. Casos de uso del actor Captura de contexto.



Figura 56. Casos de uso del actor Selección de información.

obtiene el recurso asociado al alimento, posteriormente se obtiene el recurso asociado al perfil del usuario. A partir de estos recursos se obtiene la información de la cantidad recomendada de calorías, el índice de masa corporal, información nutricional del alimento, entre otros datos, lo cual en conjunto determinan si el alimento es recomendado o no para ser ingerido por el usuario, posteriormente en base a las preferencias del usuario para visualizar la información y a la información del estado de la red, se determina la presentación del contenido (audio, imagen o texto), para finalmente presentar la información en realidad aumentada.

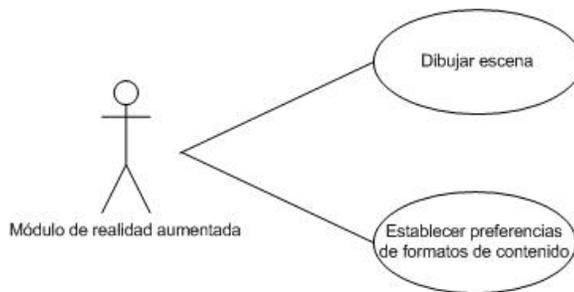


Figura 57. Casos de uso del actor Realidad aumentada.

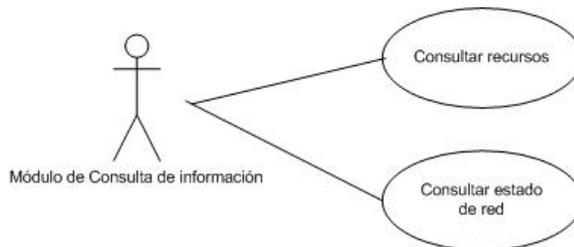


Figura 58. Casos de uso del actor Consulta de información.

Caso de uso. Consultar ingesta de medicamentos. Actor. Usuario. Objetivo. Tiene como objetivo dar a conocer si es necesario tomar un medicamento en particular. Descripción. El caso de uso inicia cuando el usuario enciende su visor y lo enfoca hacia un medicamento en particular para conocer la dosis y horario de ingesta del medicamento. Al enfocar el medicamento, el visor identifica el código Qr y obtiene el recurso asociado al medicamento. Posteriormente en base al recurso se obtiene la hora de ingesta y la dosis a suministrar. Esta información se compara con la fecha y hora actual, para conocer si es necesario tomar el medicamento, finalmente en base a las preferencias del usuario para visualizar información y a la información del estado de la red se determina la presentación de la información (audio, imagen o texto), para finalmente presentarle la información en realidad aumentada.

Caso de uso. Consultar información médica. Actor. Usuario. Objetivo. Tiene como objetivo visualizar información médica asociada a un paciente. Descripción. El caso de

uso inicia cuando el usuario (médico / enfermera) enciende su visor y lo enfoca hacia el paciente. El visor identifica el código Qr que se encuentra anexo a la cama del paciente, obtiene el recurso asociado al paciente y así también el recurso asociado al usuario del visor. A partir del recurso asociado al paciente se obtiene la información médica (anotaciones, información del estado de los signos vitales, historial de los signos vitales y datos personales). Del recurso asociado al usuario se obtiene el rol que desempeña. En este escenario el rol del usuario así como otros factores determinan la información a mostrar, seguido de ello en base a las preferencias del usuario (médico / enfermera) para visualizar información y al estado de la red se determina la presentación de la información, para finalmente presentarle la información en realidad aumentada.

Caso de uso. Localizar ubicación. Actor. Usuario. Objetivo. Tiene como objetivo encontrar una ubicación dentro de un edificio desconocido. Descripción. El caso de uso inicia cuando el usuario llega a un edificio y desea encontrar una ubicación dentro de él, para ello enciende su visor sensorial. Al encender su visor sensorial, éste inicia el descubrimiento de servicios que se encuentren disponibles en el área, al encontrar los servicios se le muestran en la pantalla del visor. El usuario selecciona el servicio de "Guía en interiores", el cual es el servicio que permite guiar al usuario en el interior del edificio. Seguido de ello, se obtiene la información asociada al servicio seleccionado (coordenadas de las ubicaciones del edificio, imágenes a mostrar, etc.) y en base a dicha información el visor presenta un menú con las diferentes ubicaciones a las que el usuario puede dirigirse dentro del edificio. Al seleccionar una de las opciones, el visor determina la ubicación del usuario, para posteriormente compararlas con las coordenadas de la opción seleccionada, y finalmente mostrar así una flecha en realidad aumentada que indica la dirección a seguir para llegar a la ubicación seleccionada.

Caso de uso. Definir preferencias de presentación de contenido. Actor. Usuario.

Objetivo. Definir las preferencias para visualizar el contenido en realidad aumentada. Descripción. El caso de uso inicia cuando el usuario enciende su visor y desea definir las modalidades en las que desea que se le presente la información en realidad aumentada. El usuario define una o varias preferencias de las que se encuentran disponibles (texto, imagen o audio). Estas preferencias son almacenadas y organizadas de acuerdo a la prioridad que le otorga el usuario. Tomando a la primera preferencia como modalidad primaria para presentar la información en realidad aumentada.

Caso de uso. Establecer preferencias de dispositivo. Actor. Usuario. Objetivo. Definir el tipo de dispositivo utilizado para ejecutar el visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando el usuario enciende su visor y desea definir el dispositivo que va a utilizar para ejecutar la aplicación del visor sensorial. El usuario define el tipo de dispositivo que utiliza (teléfono celular, computadora portátil o computadora de escritorio). Se almacena el tipo de dispositivo, el cual, determinará en cierta medida la presentación del contenido al usuario.

Caso de uso. Definir recurso de perfil. Actor. Usuario. Objetivo. Definir el recurso web que contiene la información asociada al usuario. Descripción. El caso de uso inicia cuando el usuario enciende su visor y desea definir el recurso web asociado a su información personal. Para ello el usuario define un URI, el cual contiene la información de su perfil, preferencias de contenido, tipo de dispositivo que utiliza, entre otros datos.

Caso de uso. Activar visor. Actor. Aplicación. Objetivo. Tiene como objetivo inicializar la aplicación. Descripción. El caso de uso inicia cuando se ejecuta la aplicación, se inicializa la captura de video, se leen los parámetros que determinan el marcador a utilizar y los parámetros de la cámara.

Caso de uso. Filtrar información. Actor. El módulo de selección de información. Objetivo. Definir el contenido y presentación de la información al usuario. Descripción.

El caso de uso inicia cuando el componente de selección de información recibe una solicitud para definir la presentación y contenido de la información que será presentada al usuario. Para ello el módulo de selección de información recibe como parámetros el URI del usuario y el URI del objeto identificado. Para obtener la información asociada a dichos recursos se apoya en el módulo de información para realizar dicha tarea, además el módulo de información proporciona datos relacionados a fecha, hora, estado de la red, los formatos de contenido que acepta el visor, entre otros datos, que permiten al componente de selección de información realizar inferencias para determinar el contenido de la información y así también la presentación de la misma (audio, texto o imagen). Del proceso de inferencias resulta un archivo semántico que especifica tanto el contenido como la presentación de la información a visualizar.

Caso de uso. Consultar preferencias de presentación de contenido. Actor. El módulo de selección de información. Objetivo. Conocer la modalidad que prefiere el usuario para visualizar información. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de selección de información definir la presentación de la información al usuario, por lo que a partir del URI correspondiente al usuario el módulo de información consulta este recurso para obtener las preferencias de presentación de contenido.

Caso de uso. Consultar preferencia de dispositivo. Actor. El módulo de selección de información. Objetivo. Conocer el tipo de dispositivo en el cual se ejecuta la aplicación del visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de selección de información definir la presentación de la información al usuario, por lo que a partir del URI correspondiente al usuario el módulo de información consulta este recurso para obtener las preferencias de dispositivo.

Caso de uso. Dibujar escena. Actor. El módulo de realidad aumentada. Objetivo. Desplegar el objeto virtual en escena. Descripción. El caso de uso inicia cuando se

le solicita al módulo de realidad aumentada mostrar un objeto virtual en escena. El módulo de realidad aumentada recibe como parámetro el archivo semántico que contiene la descripción del objeto virtual a desplegar. Del archivo semántico en una primera instancia se identifica el tipo de objeto virtual a desplegar, posteriormente se identifican las propiedades de dicho objeto y finalmente se ejecutan los métodos correspondientes al tipo de objeto y sus propiedades para presentar el objeto virtual en realidad aumentada.

Caso de uso. Obtener localización. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer la localización del usuario del visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de contexto conocer la localización actual del usuario, por tanto se obtiene la localización del utilizando los puntos de acceso en el edificio y el dispositivo portátil del usuario.

Caso de uso. Consultar usuario. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer el recurso asociado al usuario. Descripción. El caso de uso inicia cuando es necesario enviar el URI asociado al usuario al módulo de selección de información, por tanto el módulo de contexto consulta en la configuración del visor el recurso asociado al usuario para enviarlo como parámetro al módulo de selección de información.

Caso de uso. Consultar fecha. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer fecha y hora. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de contexto proporcionar la fecha y hora actual, por lo que el módulo de contexto devuelve la fecha y hora del sistema.

Caso de uso. Consultar línea de vista. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer que es lo que se encuentra en la línea de vista del visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de contexto consultar la línea de vista de la cámara del dispositivo para identificar códigos Qr. Por tanto se analiza el flujo de video del visor para identificar dichos códigos. Al ser identificados estos códigos se

decodifican para obtener el recurso asociado a ellos.

Caso de uso. Consultar formatos de contenido permitidos. Actor. El módulo de contexto. Objetivo. Conocer los formatos de los archivos que son soportados por el visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de contexto proporcionar los formatos de los archivos que pueden ser procesados por el módulo de realidad aumentada, por lo que el módulo de contexto consulta la configuración del visor para proporcionar los formatos permitidos por el módulo de realidad aumentada.

Caso de uso. Consultar estado de la red. Actor. El módulo de información. Objetivo. Conocer información de la red a la cual se encuentra conectado el visor. Descripción. El caso de uso inicia cuando el módulo de selección de información le solicita al módulo de información proporcionar información acerca del estado de la red a la cual se encuentra conectado el visor, por lo que el módulo de información determina el tipo de conexión, ancho de banda disponible y tiempo de respuesta a peticiones. La información es devuelta como un archivo RDF.

Caso de uso. Consultar recursos. Actor. El módulo de información. Objetivo. Obtener la información asociada a un recurso. Descripción. El caso de uso inicia cuando se le solicita al módulo de información proporcionar la información relacionada a un recurso. Por lo tanto el módulo de información recibe como parámetro el URI del recurso, en base a este URI se consulta el recurso y la información es devuelta como un archivo RDF.

Apéndice B

Diagramas de secuencia

El diagrama de secuencia UML agrega la dimensión del tiempo a las interacciones de los objetos. En el diagrama, los objetos se colocan en la parte superior y el tiempo avanza de arriba hacia abajo. La línea de vida de un objeto desciende de cada uno de ellos. Un pequeño rectángulo de la línea de vida de un objeto representa una activación (la ejecución de una de las operaciones del objeto). Los mensajes (simples, síncronos, y asíncronos) son flechas que conectan a una línea de vida con otra. La ubicación del mensaje en la dimensión vertical representará el momento en que sucede dentro de la secuencia. Los mensajes que ocurren primero están más cerca de la parte superior del diagrama, y los que ocurren después cerca de la parte inferior. Un diagrama de secuencias puede mostrar ya sea una instancia (un escenario) de un caso de uso, o puede ser genérico e incorporar todos los escenarios de un caso de uso (Schmuller, 2001). A continuación se presentan algunos de los diagramas de secuencia de los casos de uso más relevantes, descritos con anterioridad.

La Figura 59 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar alimentos, el cual es llevado a cabo por el usuario. Al momento de encender el visor, la aplicación solicita al módulo de contexto consultar la línea de vista de la cámara del dispositivo para conocer qué es lo que observa el usuario, una vez que el componente de contexto

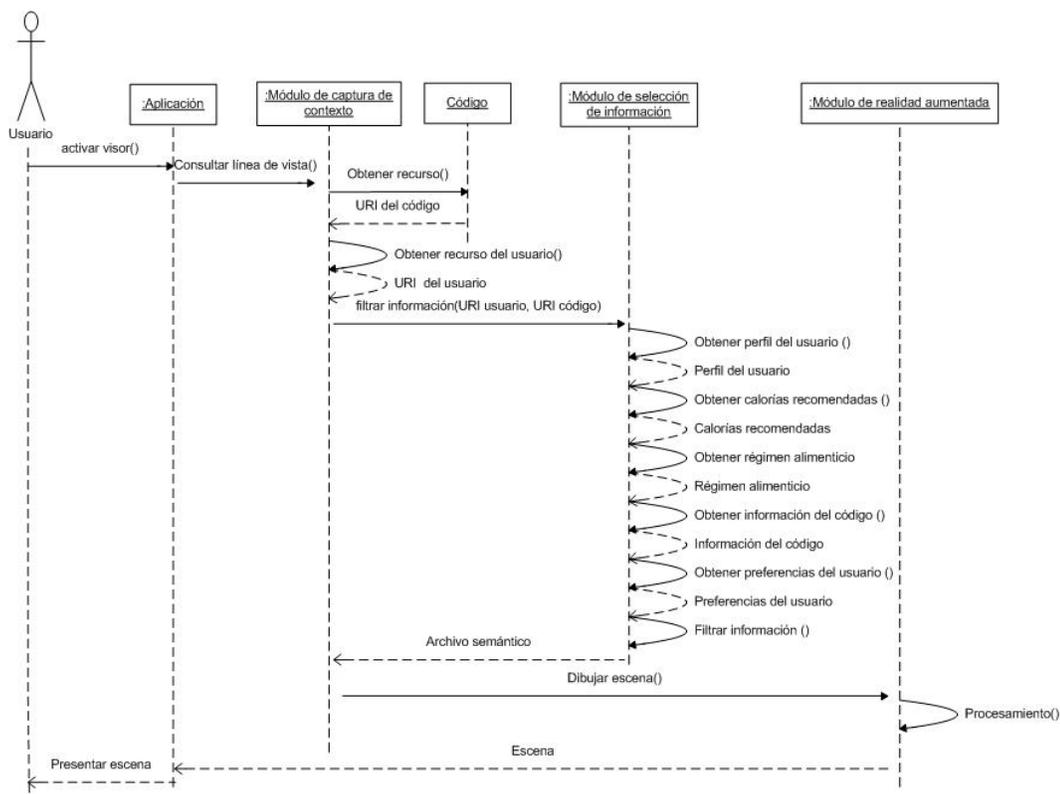


Figura 59. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar alimentos.

ha identificado un código Qr en la línea de vista, éste lo decodifica y obtiene el recurso asociado a él. Posteriormente el módulo de contexto obtiene el recurso asociado al usuario del visor, y de esta forma solicita al módulo de selección de información filtrar la información proporcionando el recurso del usuario y del objeto identificado. El módulo de selección de información a partir del recurso del usuario obtiene datos del perfil del usuario, calorías recomendadas, IMC y de su régimen alimenticio. A partir del recurso del objeto identificado (código Qr) el componente de selección de información obtiene la información nutricional del producto. Además a partir del recurso del usuario se obtienen las preferencias para visualizar información, la cual determinará la presentación de la información. Posteriormente el módulo de selección realiza inferencias sobre la información contextual para determinar si el alimento es recomendado o

no para el usuario, así como también para definir la presentación de dicha información. El resultado de la inferencia es especificado en un archivo semántico. Finalmente el componente de realidad aumentada analiza el archivo semántico para determinar lo que va a dibujar en la escena.

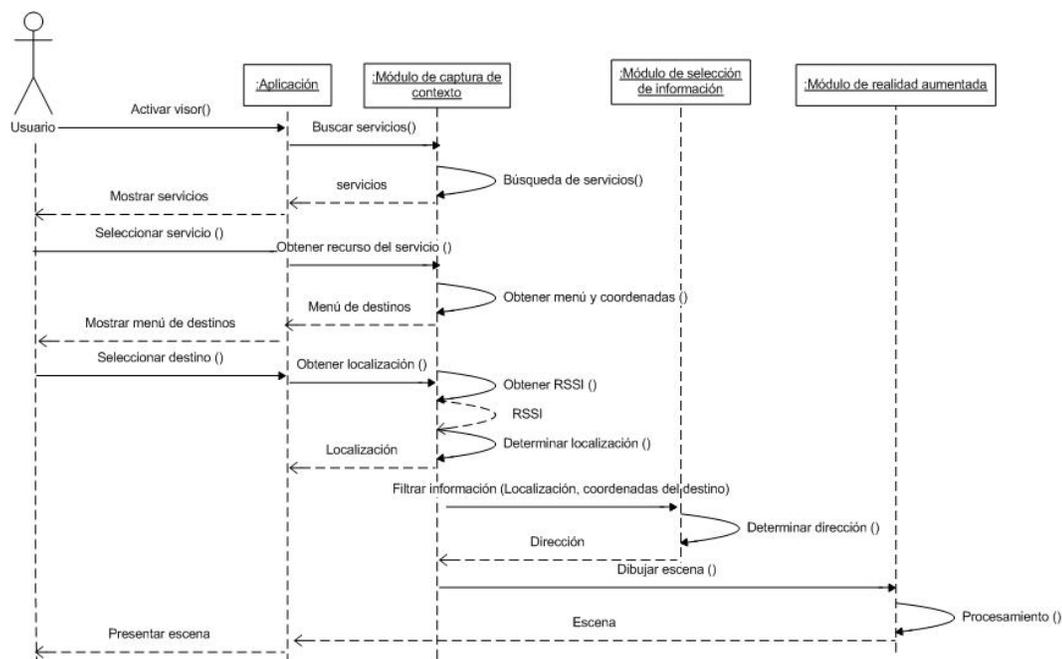


Figura 60. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar ubicación.

La Figura 60 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar ubicación. El cual se inicia cuando el usuario desea encontrar una ubicación dentro de un edificio. Al encender el visor, se le solicita al módulo de contexto iniciar el descubrimiento de servicios que se encuentren disponibles en los alrededores. Al descubrir los servicios se le muestran en pantalla al usuario, de los cuales el usuario selecciona el servicio del visor sensorial. Al momento de seleccionar el servicio se accede a su recurso, del cual se obtienen las coordenadas de la cada una de las ubicaciones, así como también el icono representativo de cada una de ellas. A partir de la información consultada, se le muestra en pantalla un menú con las diferentes ubicaciones a las que el usuario puede

dirigirse dentro del edificio. El usuario selecciona el destino deseado y el módulo de contexto determina la localización del usuario, en base a las lecturas de intensidad de señal inalámbrica que recibe de los puntos de acceso situados en los alrededores. A partir de dichas de lecturas el modulo de servicios ubicuos determina la localización del usuario. Posteriormente el módulo de contexto en base a las coordenadas del destino seleccionado y del usuario, determina la dirección a seguir. Al determinar la dirección se le solicita al módulo de realidad aumentada visualizar una flecha que refleje dicha dirección.

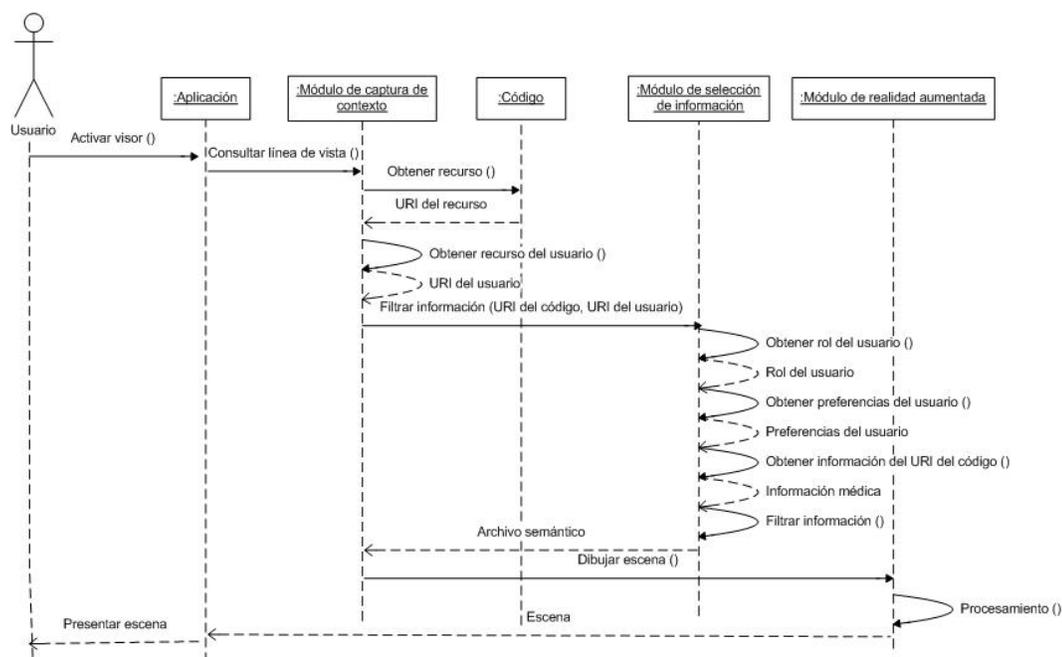


Figura 61. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar información médica.

La Figura 61 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar información médica, el cual se inicia cuando el usuario desea obtener la información médica asociada a un paciente. Al momento de encender el visor, la aplicación solicita al módulo de contexto consultar la línea de vista para identificar códigos Qr, una vez que el módulo de contexto ha identificado un código Qr en la línea de vista, éste lo decodifica y ob-

tiene el recurso asociado. El recurso asociado al código corresponde a un paciente. Posteriormente el módulo de contexto consulta el recurso asociado al usuario del visor (médico / enfermera), y de esta forma solicita al módulo de selección de información filtrar la información proporcionando el recurso del usuario y del paciente. El módulo de selección de información a partir del recurso del usuario obtiene datos del perfil del usuario, el rol que éste desempeña y sus preferencias de presentación de contenido y dispositivo. Del recurso asociado al paciente el módulo de selección de información consulta información de sus signos vitales, información del historial de los signos vitales e información de pendientes relacionados al paciente. Posteriormente el módulo de selección de información realiza inferencias sobre esta información contextual para determinar el contenido y la presentación que le será presentada al usuario en realidad aumentada. El resultado del proceso de inferencias es especificado en un archivo semántico. Finalmente el módulo de realidad aumentada analiza el archivo semántico para determinar lo que será presentado en pantalla.

La Figura 62 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consulta de ingesta de medicamentos, el cual se inicia cuando el usuario desea obtener información de la dosis y horario de ingesta de un medicamento. Al momento de encender el visor, la aplicación solicita al módulo de contexto consultar la línea de vista, una vez que el usuario enfoca el visor hacia un medicamento el módulo de contexto identifica el código Qr, lo decodifica y obtiene el recurso asociado. El recurso asociado al código corresponde a la información del medicamento. Posteriormente el módulo de contexto consulta el recurso asociado al usuario del visor, y de esta forma solicita al módulo de selección de información filtrar la información proporcionando el recurso del usuario y del medicamento. El módulo de selección de información a partir del módulo de información los datos del perfil del usuario y sus preferencias de presentación de contenido y de dispositivo. Del recurso

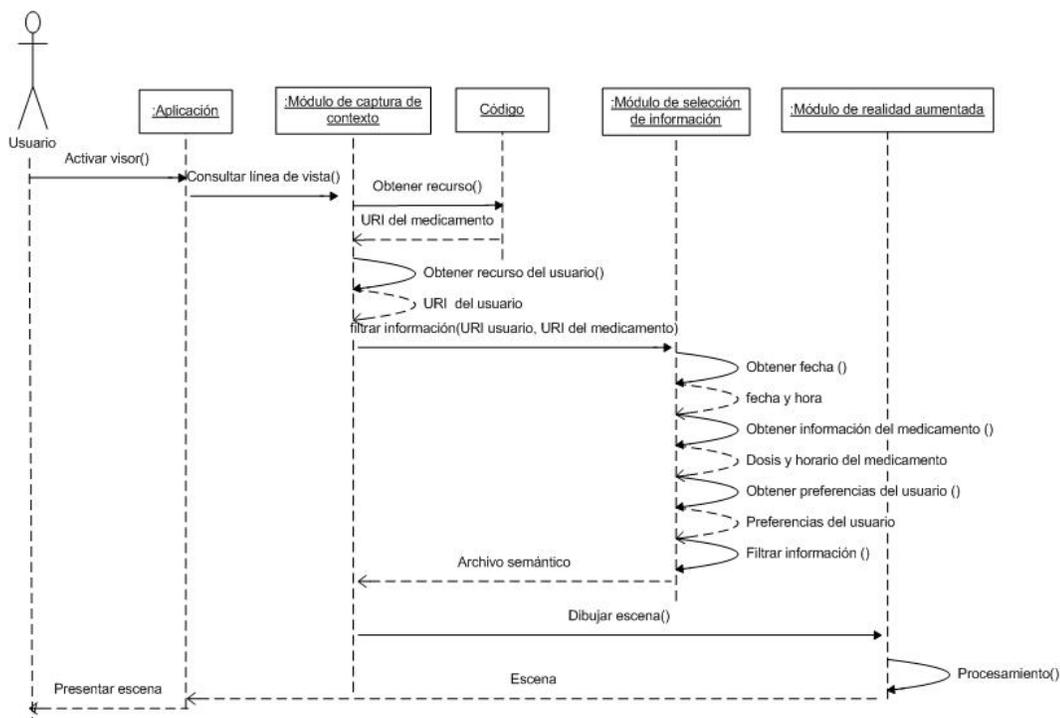


Figura 62. Diagrama de secuencia del caso de uso consulta de ingesta de medicamentos.

asociado al medicamento el módulo de información consulta el horario y la cantidad a ser suministrada por el usuario. Posteriormente en base a esta información contextual el módulo de selección de información determina si es necesario que el paciente tome o no el medicamento y además determina la presentación de la información. El resultado del proceso de inferencia es especificado en un archivo semántico. Finalmente el módulo de realidad aumentada analiza el archivo semántico para determinar lo que será presentado en pantalla.

La Figura 63 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso definir preferencias de presentación de contenido, el cual se inicia cuando el usuario desea definir la modalidad en la que desea visualizar la información en el visor. Al momento de encender el visor, el usuario solicita a la aplicación definir las preferencias de presentación de contenido (texto, imagen o audio), porque lo que se le solicita al módulo de contexto obtener

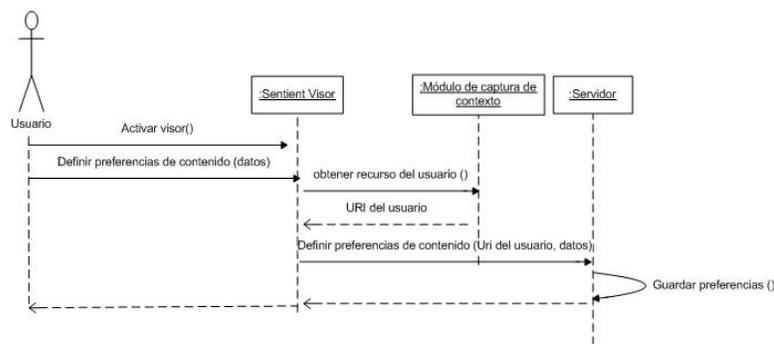


Figura 63. Diagrama de secuencia del caso de uso definir preferencias de presentación de contenido.

el recurso asociado al usuario, de esta forma se accede al recurso y se guardan dichas preferencias en el orden establecido por el usuario.

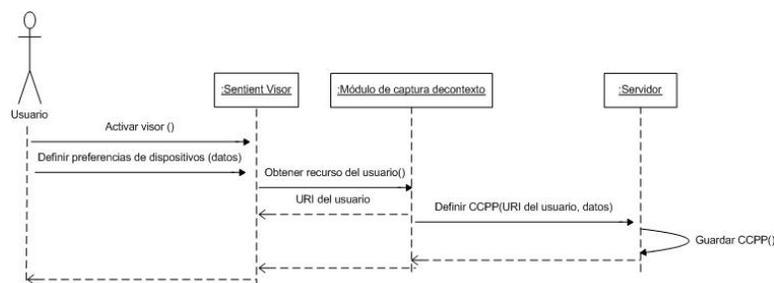


Figura 64. Diagrama de secuencia del caso de uso definir preferencia de dispositivo.

La Figura 64 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso definir preferencia de dispositivo, el cual se inicia cuando el usuario desea definir el tipo de dispositivo en el cual se ejecuta la aplicación del visor. Al momento de encender el visor, el usuario solicita a la aplicación definir la preferencia de dispositivo (teléfono celular, computadora portátil o computadora de escritorio), porque lo que se le solicita al módulo de contexto obtener el recurso asociado al usuario, de esta forma se accede al recurso y se almacena dicha preferencia.

La Figura 65 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso definir recurso del perfil del usuario, el cual se inicia cuando el usuario desea definir el recurso asociado a

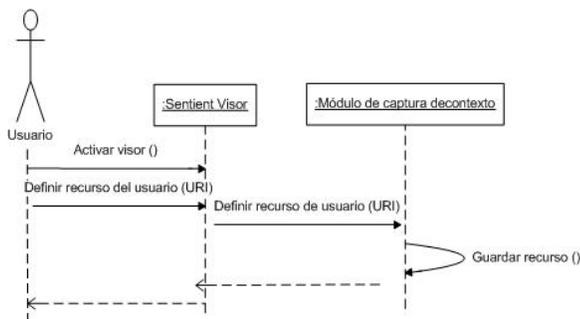


Figura 65. Diagrama de secuencia del caso de uso definir recurso de perfil.

su perfil. Así el visor puede obtener la información asociada al usuario. Al momento de encender el visor, el usuario solicita a la aplicación definir el recurso asociado a su perfil, por lo que el módulo de contexto almacena el recurso asociado al usuario.

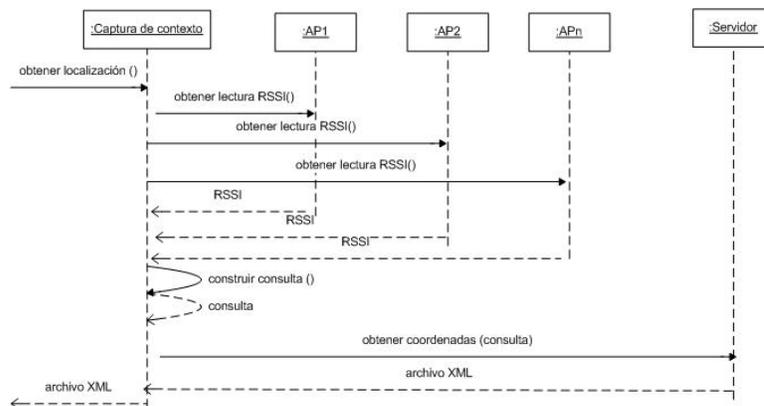


Figura 66. Diagrama de secuencia del caso de uso obtener localización.

La Figura 66 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso obtener localización, el cual se inicia cuando se le solicita al módulo de contexto obtener la localización del usuario. Para ello el módulo de contexto obtiene las lecturas de la intensidad de la señal inalámbrica del visor con respecto a los diferentes puntos de acceso que se encuentren en los alrededores. En base a estas lecturas el módulo de contexto construye una consulta la cual es enviada a un servidor para determinar la localización. El servidor devuelve un archivo XML en el cual se especifican tanto longitud y latitud.

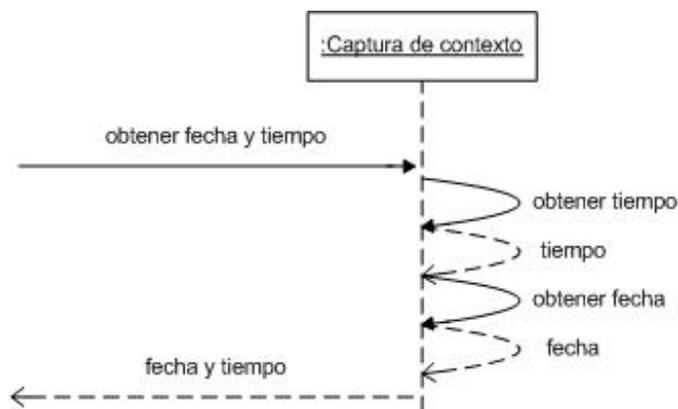


Figura 67. Diagrama de secuencia del caso de uso obtener fecha.

La Figura 67 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso obtener fecha, el cual se inicia cuando se le solicita al módulo de contexto obtener la fecha y hora actual. Por tanto el módulo de contexto consulta tanto la hora y fecha del sistema para proporcionar esta información.

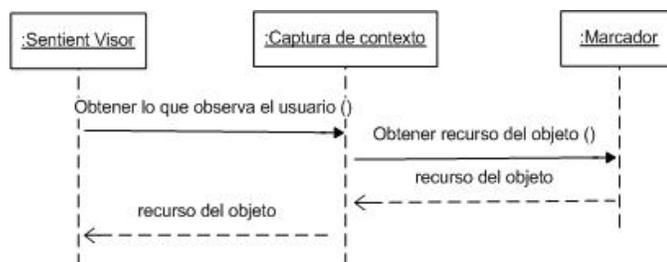


Figura 68. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar línea de vista.

La Figura 68 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar línea de vista, se le solicita al módulo de contexto consultar lo que observa el usuario a través del visor. Al momento de recibir la petición el módulo de contexto inicia a revisar la escena para identificar códigos Qr que se encuentren en la línea de vista, al momento de identificar un código, se decodifica y se obtiene el recurso asociado a éste.

La Figura 69 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso consultar estado de

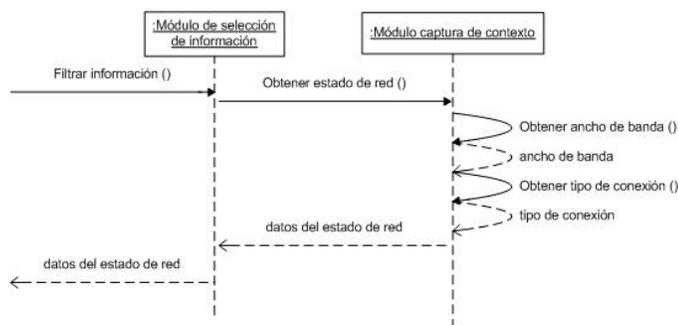


Figura 69. Diagrama de secuencia del caso de uso consultar estado de red.

red, el cual se inicia cuando el módulo de selección de información solicita al módulo de información proporcionar información acerca del estado de la red. Por tanto el módulo de información consulta el ancho de banda y el tipo de conexión a la cual se encuentra conectado el visor y envía los datos hacia el módulo de selección de información.

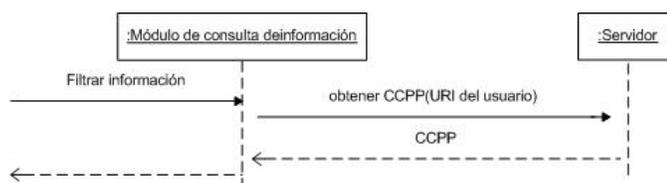


Figura 70. Diagrama de secuencia del caso de uso obtener preferencias de presentación.

La Figura 70 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso obtener preferencias de presentación de contenido, el cual se inicia cuando el módulo de selección de información va a realizar al filtrado de información por lo que es necesario obtener las preferencias del usuario para visualizar información. Por tanto tomando como base el recurso asociado al usuario del visor, el módulo de selección de información accede a dicho recurso para obtener las preferencias de presentación de contenido en el orden indicado por el usuario.

La Figura 71 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso obtener preferencia de dispositivo, el cual se inicia cuando el módulo de selección de información va a realizar al

filtrado de información por lo que es necesario obtener la preferencia de dispositivo del usuario para determinar la presentación de la información. Por tanto tomando como base el recurso asociado al usuario del visor, el módulo de selección de información accede a dicho recurso para obtener la preferencia de dispositivo del usuario.

La Figura 72 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso obtener formatos de contenido permitidos, el cual se inicia cuando el módulo de contexto solicita al módulo de realidad aumentada proporcionar los formatos de contenidos que pueden ser procesados por éste. Por tanto el módulo de realidad aumentada consulta la configuración del visor y devuelve al módulo de contexto los formatos que son permitidos.

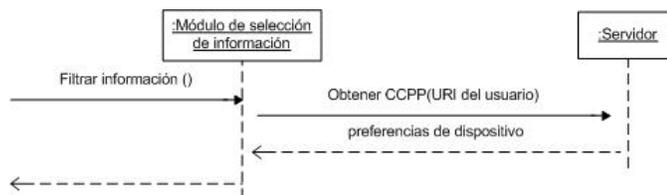


Figura 71. Diagrama de secuencia del caso de uso obtener preferencia de dispositivo.

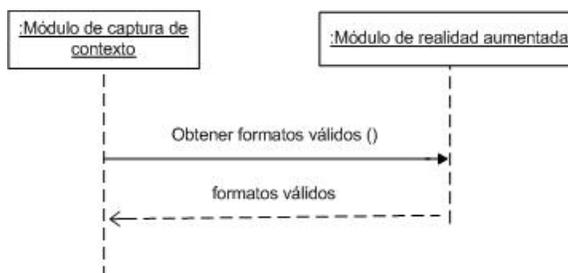


Figura 72. Diagrama de secuencia del caso de uso obtener formatos de contenido permitidos.

La Figura 73 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso dibujar escena, el cual se inicia cuando al módulo de realidad aumentada se le solicita dibujar la escena. El módulo de realidad aumentada analiza el archivo semántico, para obtener de él, el tipo de objeto a dibujar, los parámetros de dicho objeto y demás propiedades, para así sobreponer el objeto virtual sobre la escena de la cámara del visor.

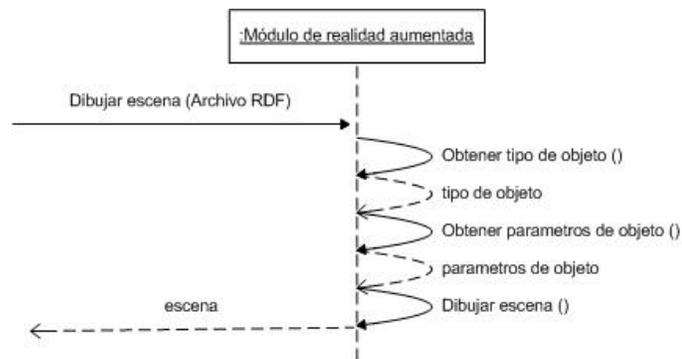


Figura 73. Diagrama de secuencia del caso de uso dibujar escena.

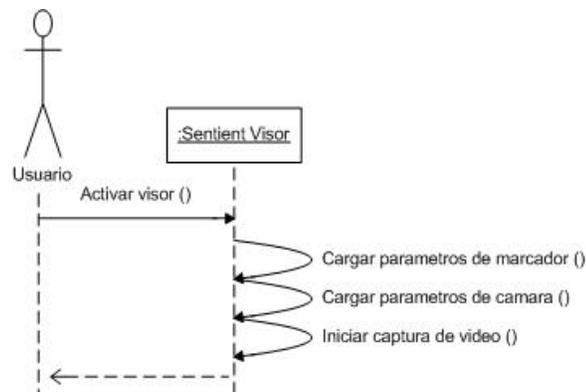


Figura 74. Diagrama de secuencia del caso de uso inicializar aplicación.

La Figura 74 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso inicializar aplicación, el cual se inicia cuando el usuario enciende el visor. Por lo que la aplicación carga los parámetros del marcador que será utilizado en la aplicación, así también se cargan los parámetros de configuración de la cámara y finalmente se inicia la captura de video.

Apéndice C

Interfaz de programación

En este apéndice se presenta la relación entre las diversas clases implementadas, así como también una descripción breve de los métodos ofrecidos por cada clase (Figura 75).

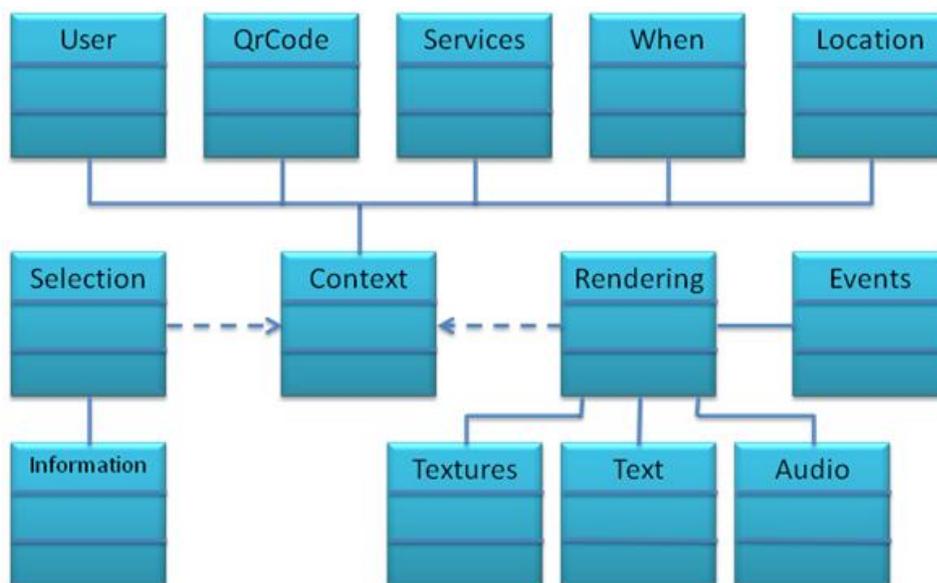


Figura 75. Diagrama de las clases implementadas.

C.1. Clase Usuario

Void *setUserResource (String userResource)* Establece el recurso asociado al usuario del visor, recibe como parámetro el URI que contiene la información del usuario.

String *getUserResource()* Regresa el recurso asociado al usuario del visor.

C.2. Código Qr

String *getWhatAmISeeing()* Regresa la información codificada en el código Qr.

C.3. Servicios

Vector \langle Service \rangle *svDiscoveryServices()* Regresa un vector de los servicios encontrados en los alrededores.

Service *svSelectService(int id)* Regresa el servicio asociado a un identificador dado.

String *getResource(Service service)* Regresas el recurso asociado a un servicio dado.

C.4. Tiempo

Date *getCurrentDate()* Regresa la fecha actual.

Time *getCurrentTime()* Regresa la hora actual.

C.5. Localización

Vector \langle RSSI \rangle *svGetRSSI()* Regresa un vector con las mediciones de la señal inalámbrica a los diversos puntos de acceso.

String *setQuery(Vector < RSSI >)* Regresa una consulta que incluye la intensidad de la señal inalámbrica y su respectivo punto de acceso.

File *getCurrentLocation(Service service, String query)* Regresa un archivo con la localización del usuario, en el que se define altitud, latitud y longitud.

Vector < *Coordinates* > *lookingForCoordinates(File file)* Regresa un vector con las coordenadas encontradas en un archivo dado.

Void *loadCoordinates(Vector < Coordinates >)* Almacena en memoria las coordenadas que serán utilizadas en la aplicación.

Coordinate *selectDestiny(int id)* Regresa las coordenadas de una ubicación seleccionada.

Float *setArrowOrientation(Coordinate destinyLocation, Coordinate userLocation)* Especifica la orientación de la flecha en base a la localización del usuario y el destino.

Void *drawArrow(int scale, float orientation)* Presenta la flecha en realidad aumentada con una escala y orientación determinada.

C.6. Selección de información

File *filter(String objectResource, String userResource)* Regresa un archivo RDF que especifica el contenido y presentación de la información que se presentará al usuario

C.7. Texturas

Void *loadTextures(Vector < String >)* Especifica las imágenes que se presentarán en realidad aumentada. El vector proporciona la dirección de cada una de las imágenes.

Vector < *String* > *lookingForTextures(File file)* Regresa un vector con las rutas de

las imágenes descritas en el archivo.

Void loadCoordinates(Vector < Coordinates >) Almacena las coordenadas en memoria.

Void setGuide() Establece la presentación de las imágenes como guía.

Void drawGuide() Presenta en realidad aumentada las imágenes como una guía.

Void drawImageArray() Presenta en realidad aumentada una a una las imágenes almacenadas en memoria.

Void drawTexture() Presenta en realidad aumentada la imagen que se encuentre almacenada en memoria.

C.8. Audio

Void setAudioArray(Vector < String >) Establece las oraciones que serán reproducidas en forma auditiva.

Void setPronunciationNumber(int) Establece el número de veces que se reproducirá cada oración en forma auditiva.

Vector < String > lookForText(File file) Regresa un vector de String con las oraciones que se van a reproducir.

Void initializePronunciation() Inicializa la pronunciación de las oraciones.

Void playAudio() Reproduce las oraciones que se han almacenado en memoria.

C.9. Texto

Void setTextArray(Vector < String >) Establece las oraciones que se presentarán en realidad aumentada.

Void *drawText()* Presenta en realidad aumentada las oraciones previamente definidas.

String *getWhatAmISeeing()* Regresa la información codificada en el código de barras identificado.

String *identifyPresentation()* Regresa la presentación de la información contenida en el archivo semántico.

C.10. Eventos

Vector $\langle Event \rangle$ *lookingForEvents(File file)* Regresa un vector de los eventos encontrados en un archivo semántico.

Void *loadEvents(Vector $\langle Event \rangle$)* Se almacenan en memoria los eventos especificados en el vector.

Void *activeEvents()* Permite activar los eventos para realizar las acciones especificadas por el usuario.

Void *desactiveEvents()* Permite desactivar los eventos especificados por el usuario.

Void *openResource(String resource)* Permite abrir un recurso, ya sea una URL o archivo.