



HEZKUNTZA,  
UNIBERTSITAE  
ETA IKERKETA SAILA

Zientzi Politikarako Zuzendaritza  
Ikerketa Proiektuak

DEPARTAMENTO DE  
EDUCACIÓN,  
UNIVERSIDADES E  
INVESTIGACIÓN  
Dirección de Política Científica

Proyectos de Investigación

PORTADA

PC08

No rellenar este cuadro

**SOLICITUD DE AYUDA A LA REALIZACION DE PROYECTOS  
DE INVESTIGACIÓN CONVOCATORIA DE 2007  
MODALIDAD 2: PROYECTOS EN COOPERACIÓN  
DOCUMENTACION A PRESENTAR:**

D/Doña **Diego López de Ipiña González de Artaza**

Nombre del Investigador Principal

*Adjunta la siguiente documentación para ser incluida como solicitud en la Convocatoria de Ayudas a Proyectos de Investigación Básica y Aplicada, Proyectos en Cooperación y Humanidades y Ciencias Sociales.*

EL ORIGINAL DE: (Ponga una cruz en el cuadro correspondiente a la documentación que envía correctamente cumplimentada)

ANEXO 1	Hojas:	1A	<input checked="" type="checkbox"/>	1B	<input checked="" type="checkbox"/>	2A	<input checked="" type="checkbox"/>	2B	<input checked="" type="checkbox"/>	2C	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>
ANEXO 2	Hojas:	1	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	6-1	<input checked="" type="checkbox"/>
		6-2	<input checked="" type="checkbox"/>	7	<input checked="" type="checkbox"/>	8	<input checked="" type="checkbox"/>	9-1	<input checked="" type="checkbox"/>	9-2	<input checked="" type="checkbox"/>	10-1	<input checked="" type="checkbox"/>
		10-2	<input checked="" type="checkbox"/>	11-1	<input checked="" type="checkbox"/>	11-2	<input checked="" type="checkbox"/>	9-3	<input checked="" type="checkbox"/>	9-4	<input checked="" type="checkbox"/>	10-3	<input checked="" type="checkbox"/>
		10-4	<input checked="" type="checkbox"/>	11-3	<input checked="" type="checkbox"/>	11-4	<input checked="" type="checkbox"/>	12	<input checked="" type="checkbox"/>				

Coordinador      Colaborador

ANEXO 3A	Declaración Organismo solicitante con firmas originales	<input checked="" type="checkbox"/>	
ANEXO 3B	Declaración Centro Colaborador con firmas originales	<input checked="" type="checkbox"/>	
ANEXO 4	Curriculum Investigador Principal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ANEXO 5	Curriculum colectivo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ANEXO 6	Descripción de cofinanciación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Copia solicitud de proyecto cofinanciado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Copia resolución de proyecto cofinanciado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ANEXO 8:	Declaración Jurada Igualdad M y H.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Certificado de estar al corriente Obligaciones Tributarias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Certificado de estar al corriente para con la Seguridad Social	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Nº Copias D.N.I.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Copia del CIF del Centro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Factura proforma material inventariable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	COPIA ELECTRONICA (cd)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SE ENVÍAN LOS DOCUMENTOS ORIGINALES CON UNA COPIA ELECTRONICA (cd).**

*Bilbao, 26 de Julio de 2007*

ANEXO 1 – 1A

PC08

No rellenar este cuadro

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### MODALIDAD 2: PROYECTOS EN COOPERACION

#### OPCION

Exclusivamente Becario predoctoral  
 Exclusivamente Colaborador de proyecto  
 Preferentemente becario predoctoral y si no, colaborador

Grupo coordinador	Grupo colaborador
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### INVESTIGADORES PRINCIPALES COORDINADOR

	Investigador Principal Coordinador	Investigador Principal Colaborador
<b>Apellidos y Nombre</b>	Diego López de Ipiña González de Artaza	Guillermo Barrutieta Anduiza
<b>DNI:</b>	44670524-Q	30617223-Z
<b>Teléfono:</b>	+34 944139000 ext. 2930	+34 943794700 ext. 249
<b>Email:</b>	dipina@eside.deusto.es	narana@eps.mondragon.edu

### ORGANISMOS BENEFICIARIOS

Grupo COORDINADOR	Grupo COLABORADOR
Organismo: Universidad de Deusto	Organismo: Mondragon Goi Eskola Politeknikoa
Centro: Facultad de Ingeniería	Centro: Mondragon Goi Eskola Politeknikoa
Departamento: Ingeniería del Software	Departamento: Informática

### PROYECTO

DURACIÓN: 3 años      ÁREA UNESCO: 120317      ÁREA CIENCIA: 2  
 TITULO: ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices)

Nº PARTICIPANTES: 8    Nº EJC DE DOCTORES: 4,4    Nº EJC DEL EQUIPO: 7

#### PRESUPUESTO TOTAL SOLICITADO:

	1º AÑO	2º AÑO	3º AÑO	TOTAL
PERSONAL COLABOR.	31000	31000	31000	93000
INVENTARIABLE	11781	17737,2	0	29518,2
MATERIAL FUNGIBLE	400	400	400	1200
GASTOS POR VIAJES	800	800	3800	5400
OTROS GASTOS	600	600	600	1800
<b>TOTAL</b>	<b>44581</b>	<b>50537,2</b>	<b>35800</b>	<b>130918,2</b>



## ANEXO 1 – 1B

PC08

No rellenar este cuadro

**PRESUPUESTO SOLICITADO POR GRUPO COORDINADOR:**

	1º AÑO	2º AÑO	3º AÑO	TOTAL
PERSONAL COLABOR.	15500	15500	15500	46500
INVENTARIABLE	5890,5	8868,6	0	14749,1
MATERIAL FUNGIBLE	200	200	200	600
GASTOS POR VIAJES	400	400	1900	2700
OTROS GASTOS	300	300	300	900
TOTAL	22290,5	25268,6	17900	65459,1

Guillermo Barrutieta Anduiza, 30617223-Z

**PRESUPUESTO SOLICITADO POR GRUPO COLABORADOR:**

	1º AÑO	2º AÑO	3º AÑO	TOTAL
PERSONAL COLABOR.	15500	15500	15500	46500
INVENTARIABLE	5890,5	8868,6	0	14749,1
MATERIAL FUNGIBLE	200	200	200	600
GASTOS POR VIAJES	400	400	1900	2700
OTROS GASTOS	300	300	300	900
TOTAL	22290,5	25268,6	17900	65459,1

Lugar y fecha: Bilbao, 15 de mayo de 2008

Firma del Investigador Principal Coordinador  
Dr. Diego López de Ipiña González de  
Artaza, 44670524-Q

Firma del Investigador Principal Colaborador  
Dr. Guillermo Barrutieta Anduiza, 30617223-Z

ANEXO 1-2A

**EQUIPO INVESTIGADOR COORDINADOR**

PC08

No rellenar este cuadro

La dedicación horaria de cada investigador al proyecto se debe expresar en número de horas al año, diferenciando la dedicación para cada uno de los años.

Nº D E O R D E N	APELLIDOS	NOMBRE	C A T E G O R Í A IP/VA	DNI	T Í T U L O	A C A D É M I C O	A R E N D E M I E N T O	C E N T R O	D E P A R T A M E N T O	C L A S E D E	E M P L E O	C A T E G O R Í A N A L	P R O Y E C T O N A L	D E D I C A C I Ó N	H O R A S		
															1º	2º	3ª
1	López de Ipiña González de Artaza, Diego		IP	44670524-Q	1	075	210	140	4	5	535	550	675				
2	Vázquez Gómez, Juan Ignacio		I	30669432-J	1	035	210	143	4	5	430	480	405				
3	Aguilera Irazabal, Unai		I	45663055-M	3	075	210	140	4	6	340	280	330				
4	Larizgoitia Abad, Iker		I	78912410-P	3	075	210	140	4	6	480	330	330				
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	

No pueden participar en esta convocatoria investigadores que hayan participado en una solicitud que haya sido financiada en Fecha: 15 de mayo de 2008 Máximo 1400h/año la convocatorias anteriores y aún esté activo.  
El investigador abajo firmante se responsabiliza de la veracidad de los datos contenidos en la casilla correspondiente a su firma.

1.-	4.-	7.-
2.-	5.-	8.-
3.-	6.-	9.-

ANEXO 1-2B

**EQUIPO INVESTIGADOR COLABORADOR**

PC08

No rellenar este cuadro

La dedicación horaria de cada investigador al proyecto se debe expresar en número de horas al año, diferenciando la dedicación para cada uno de los años.

Nº D E O R D E N	APELLIDOS	NOMBRE	C A T E G O R Í A IP/VA	DNI	T Í T U L O	A C A D É M I C O	A R E N D E M I E N T O	C E N T R O	D E P A R T A M E N T O	C L A S E D E	E M P L E O	C A T E G O R Í A N A L	P R O Y E C T O N A L	D E D I C A C I Ó N		
														1º	2º	3ª
1	Barrutieta Anduiza, Guillermo		IP	30617223-Z	1	075	6361		140	4	7			580	500	700
2	Muxika Olasagasti, Eñaut		I	72573788-W	1	035	6361		143	4	7			230	430	630
3	Gómez Díez, Carlos		I	30647950-J	3	075	6361		140	4	7			215	165	175
4	Illarramendi Rezabal, Miren		I	44138549-P	3	075	6361		140	4	7			420	350	290
5																
6																
7																
8																
9																

No pueden participar en esta convocatoria investigadores que hayan participado en una solicitud que haya sido financiada en la convocatorias anteriores y aún esté activo. Fecha: 15 de mayo de 2008 Máximo 1400h/año

El investigador abajo firmante se responsabiliza de la veracidad de los datos contenidos en la casilla correspondiente a su firma.

1.-	4.-	7.-
2.-	5.-	8.-
3.-	6.-	9.-

ANEXO 1 – 2C

PC08

(No rellenar este cuadro)

## FICHA DE CENTRO

RELLENAR POR TODOS LOS CENTROS:

ORGANISMO BENEFICIARIO: Universidad de Deusto-ko Unibertsitatea

CIF del Centro: (adjuntar copia de la tarjeta): Q-4868004-E

CENTRO (Añadir el nombre en euskera): Facultad de Ingeniería-Ingeneritza Fakultatea

REPRESENTANTE LEGAL Javier Rodríguez Peñas

CARGO QUE OCUPA: Director General

DIRECCIÓN: Avda. Universidades, 24

COD. POSTAL: 48007

LOCALIDAD: Bilbao

PROVINCIA: Bizkaia

TELÉFONO: 944139000

FAX: +34 944139101

EMAIL: secretaria.decano@eside.deusto.es

ACTIVIDADES PRINCIPALES: (CÓDIGOS DE LA UNESCO): 120325, 120326, 220404, 220507, 330112, 330515, 331001, 331002, 331003, 331004, 331005, 331101, 331212, 331302, 331311, 331322, 331325, 331505

MARCAR EN EL CUADRO QUE CORRESPONDA:

A) AGENTE DE LA RED VASCA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

- Centros de Investigación Básica y de Excelencia
- Universidades o Centros Universitarios con CIF propio, excepto la UPV/EHU
- Centros de Investigación Cooperativa
- Centros Tecnológicos
- Centros Internacionales de Desarrollo y Transferencia Tecnológica
- Centros Sectoriales de Investigación
- Organismos Públicos de Investigación

X



## ANEXO 1 – 2C

PC08

(No rellenar este cuadro)

ORGANISMO BENEFICIARIO: Mondragón Goi Eskola Politeknikoa S.Coop.

CIF del Centro: (adjuntar copia de la tarjeta): F20045241

CENTRO (Añadir el nombre en euskera): Mondragón Goi Eskola Politeknikoa S.Coop.

REPRESENTANTE LEGAL Vicente Atxa Uribe

CARGO QUE OCUPA: Director General

DIRECCIÓN: Loramendi, 4

COD. POSTAL: 20500

LOCALIDAD: Arrasate

PROVINCIA: Gipuzkoa

TELÉFONO: 943794700 FAX: 943791536

EMAIL: batxa@eps.mondragon.edu

ACTIVIDADES PRINCIPALES: (CÓDIGOS DE LA UNESCO): 120325, 120326, 220404, 220507, 330112, 330515, 331001, 331002, 331003, 331004, 331005, 331101, 331212, 331302, 331311, 331322, 331325, 331505

MARCAR EN EL CUADRO QUE CORRESPONDA:

A) AGENTE DE LA RED VASCA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

- Centros de Investigación Básica y de Excelencia
- Universidades o Centros Universitarios con CIF propio, excepto la UPV/EHU
- Centros de Investigación Cooperativa
- Centros Tecnológicos
- Centros Internacionales de Desarrollo y Transferencia Tecnológica

X

**ANEXO 1 - 3**

PC08

(No rellenar este cuadro)

**DECLARACIÓN PARTICIPACIÓN EN OTROS PROYECTOS**

NOMBRE DEL INVESTIGADOR	DEDICACIÓN (Horas en 2007)	TITULO DEL PROYECTO	ENTIDAD FINANCIADORA	PERIODO ACTIVIDAD	FIRMA DEL INVESTIGADOR
López de Ipiña González de Artaza, Diego	260	FLEXEO: FLEXible remote sEnsing and Operation architecture	Diputación de Bizkaia	2006/07	
	117	ZAINGUNE - Plataforma de Servicios Domóticos y Telecomunicación para el Hogar Asistente	INTEK GAITEK 2006	2006/07	
	205	SMARTLAB: Entorno de Trabajo Inteligente Cooperativo y Programable	SAIOTEK - Gobierno Vasco	2006/07	



**ANEXO 1 - 3**

PC08

(No rellenar este cuadro)

NOMBRE DEL INVESTIGADOR	DEDICACIÓN (Horas en 2007)	TITULO DEL PROYECTO	ENTIDAD FINANCIADORA	PERIODO ACTIVIDAD	FIRMA DEL INVESTIGADOR
Vázquez Gómez, Juan Ignacio	360	FLEXEO: FLEXible remote sEnsing and Operation architecture	Diputación de Bizkaia	2006/07	
	100	SMARTLAB: Entorno de Trabajo Inteligente Cooperativo y Programable	SAIOTEK - Gobierno Vasco	2006/07	
	160	SEMTEK II: Investigación avanzada en teoría de agentes y servicios web aplicados a la adaptación semántica del contexto	SAIOTEK - Gobierno Vasco	2006/07	

**ANEXO 1 - 3**

PC08

(No rellenar este cuadro)

NOMBRE DEL INVESTIGADOR	DEDICACIÓN (Horas en 2007)	TITULO DEL PROYECTO	ENTIDAD FINANCIADORA	PERIODO ACTIVIDAD	FIRMA DEL INVESTIGADOR
Aguilera Irazabal, Unai	480	FLEXEO: FLEXible remote sEnsing and Operation architecture	Diputación de Bizkaia	2006/07	
	318	ZAINGUNE - Plataforma de Servicios Domóticos y Telecomunicación para el Hogar Asistente	INTEK GAITEK 2006	2006/07	
	900	SEMTEK II: Investigación avanzada en teoría de agentes y servicios web aplicados a la adaptación semántica del contexto	SAIOTEK - Gobierno Vasco	2006/07	
Larizgoitia Abad, Iker	1030	SMARTLAB: Entorno de Trabajo Inteligente Cooperativo y Programable	SAIOTEK - Gobierno Vasco	2006/07	

**ANEXO 1 - 3**

PC08

(No rellenar este cuadro)

NOMBRE DEL INVESTIGADOR	DEDICACIÓN (Horas en 2007)	TITULO DEL PROYECTO	ENTIDAD FINANCIADORA	PERIODO ACTIVIDAD	FIRMA DEL INVESTIGADOR
Barrutieta Anduiza, Guillermo	105	Desarrollo de componentes software para sistemas embebidos	MCC	2005/08	
	75	Adaptador de contenidos para el visualizador del ascensor de Orona	ORONA	2007/07	
	722	SEMTEK II: Investigación avanzada en teoría de agentes y servicios web aplicados a la adaptación semántica del contexto	SAIOTEK - Gobierno Vasco	2006/07	

**ANEXO 1 - 3**

PC08

(No rellenar este cuadro)

NOMBRE DEL INVESTIGADOR	DEDICACIÓN (Horas en 2007)	TITULO DEL PROYECTO	ENTIDAD FINANCIADORA	PERIODO ACTIVIDAD	FIRMA DEL INVESTIGADOR
Gómez Díez, Carlos	125	Desarrollo de componentes software para sistemas embebidos	MCC		
	100	Adaptador de contenidos para el visualizador del ascensor de Orona	ORONA	2005/08	
	900	SEMTEK2: Investigación avanzada en teoría de agentes y servicios web semánticos aplicados a la adaptación semántica del contexto	Gobierno Vasco - SAIOTEK	2007/07  2006/07	

(No rellenar este cuadro)

NOMBRE DEL INVESTIGADOR	DEDICACIÓN (Horas en 2007)	TITULO DEL PROYECTO	ENTIDAD FINANCIADORA	PERIODO ACTIVIDAD	FIRMA DEL INVESTIGADOR
Illaramendi Rezabal, Miren	125	Desarrollo de componentes software para sistemas embebidos	Gobierno Vasco – Universidad/Empresa	2005/08	
	600	SoQ: Infraestructura de simulación de QoS en software embebido del sector de elevación	Traintic	2007/07	
	75	Desarrollo de componentes software para sistemas embebidos	MCC	2006/07	

## MEMORIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices)

PALABRAS CLAVE: Inteligencia ambiental, computación ubicua, sensibilidad al contexto, sistemas empotrados, tecnologías semánticas, descubrimiento de servicios, composición, orquestación y coreografía de servicios, razonamiento y aprendizaje.

### RESUMEN:

El proyecto ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices) tiene por objeto proveer la infraestructura que facilite el desarrollo y despliegue de entornos inteligentes cooperativos (industriales, administrativos y de hogar) equipados por multitud de dispositivos empotrados con capacidad de comunicación inalámbrica. Cinco serán los ejes en torno a los cuales este middleware semántico apoyado en el paradigma SOA (Service-Oriented Architecture) está articulado:

- **Módulo de descubrimiento:** permitirá el descubrimiento de los dispositivos junto con sus servicios que se encuentren en un entorno, proveyendo descripciones semánticas de los mismos de tal manera que otros módulos de este middleware, tales como el de composición de servicios y razonamiento, puedan emplear este conocimiento percibido.
- **Módulo de razonamiento:** cada dispositivo individualmente acometerá razonamiento en función tanto de las lecturas sensoriales que efectúe individualmente y que exportará como un servicio o conjunto de servicios a otros dispositivos, como de las lecturas y capacidades publicadas por otros dispositivos del entorno durante la fase de descubrimiento.
- **Módulo de composición:** la composición basada en workflow como basada en AI Planning de servicios permitirá la provisión de servicios compuestos, resultado de la composición y adaptación funcional de dos o más servicios proporcionados por varios dispositivos. A diferencia de entornos empresariales más estáticos y centralizados, el proceso de composición será continuo, dinámico y totalmente distribuido.
- **Módulo de aprendizaje:** permitirá el aprendizaje de reglas de comportamiento entre una comunidad de dispositivos empotrados, aportando nueva inteligencia al entorno. Además, servirá para identificar relaciones ocultas no previstas entre servicios mediante técnicas de machine learning.
- **Módulo central de modelado semántico:** este componente actuará de integrador de los otros módulos, proveyendo la infraestructura necesaria para su operación en forma de un repositorio de conocimiento semántico. En él se recogerán los grafos RDF que definen el contexto de servicios y muestras sensoriales que caracterizan a un entorno. Su comportamiento será análogo al de un sistema de Tuple Spaces extendido con capacidades semánticas, es decir, un sistema de memoria distribuido donde lo que se comparte (lee y escriben) son tripletas RDF por parte de los módulos de descubrimiento, razonamiento, composición y aprendizaje.

La infraestructura resultante de este trabajo, extensible a cualquier entorno colaborativo, será desplegada y validada en el laboratorio de investigación dedicado a AmI de la Universidad de Deusto, SmartLab. Este laboratorio está ya equipado con multitud de dispositivos sensoriales y de actuación cuya cooperación será posible gracias al middleware resultante.

**CRITERIO 1.- Cualificación científico-tecnológica del proyecto: Interés científico y económico, originalidad y carácter innovador de la propuesta, adecuación de la metodología y técnicas instrumentales**

ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA:  
BIBLIOGRAFÍA MAS RELEVANTE (comentada):

## 1 Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo el estudio e investigación de cuatro aspectos fundamentales para la obtención de la visión de Inteligencia Ambiental. Estos aspectos son: el descubrimiento de servicios y dispositivos en el entorno, el razonamiento sobre la información de contexto existente, la composición de servicios para la realización de tareas más complejas que las ofertadas directamente por los dispositivos y el aprendizaje por parte del entorno de Inteligencia Ambiental para adecuarse correctamente a las necesidades del usuario. A continuación se presenta el estado actual del tema de cada una de las áreas comentadas.

## 2 Inteligencia Ambiental

La visión de la Inteligencia Ambiental (AmI) planteada a por el ISTAG [1] consiste en la creación de espacios donde los usuarios interaccionen de forma natural y sin esfuerzo con los diferentes sistemas. Las tecnologías de la computación y comunicación en estos entornos resultan invisibles para el usuario gracias a que están embebidas en los objetos cotidianos del mismo. De esta forma, es la propia tecnología la que se adapta a los individuos y a su contexto, actuando de forma autónoma, y facilitándoles la realización de sus tareas diarias y la comunicación entre ellos y con el entorno [2]. Dogac y otros remarcan que la visión AmI no se restringe a un contexto local obtenido mediante sensores, ya que integrando esta información con el perfil del usuario y sus preferencias se abre un abanico de posibilidades donde el contexto del usuario se puede explotar para el descubrimiento y la composición de Servicios Web [3]. El ISTAG define que la visión de la Inteligencia Ambiental se crea de la convergencia de tres tecnologías claves [1]: Computación Ubicua (Ubiquitous Computing, UbiComp, UbiqComp), Comunicación Ubicua (Ubiquitous Communication) e Interfaces Amigables (Intelligent User Friendly Interfaces).

La Inteligencia Ambiental sitúa al usuario en el centro de todo su desarrollo, cambiando la relación entre los usuarios y la tecnología. Hasta la fecha todas las tecnologías desarrolladas se centraban en la tecnología misma y era el usuario el que se adaptaba o aprendía cómo utilizar dicha tecnología, era una visión techno-centered. La Inteligencia Ambiental pretende que sea la tecnología misma la que se adapte al usuario, pasando a una visión human-centered [4, 5].

En 1991, Mark Weiser, científico del centro de investigación Xerox Palo Alto (PARC) en California, publicó un artículo en la revista Scientific American titulado The computer for the 21st Century [6] introduciendo su visión acerca de la tercera generación de sistemas de computación. Esencialmente en el artículo se describe la transición histórica desde los grandes sistemas (mainframes) de la década de los 60 y 70, pasando por los ordenadores personales en la década de los 80 y 90, hacia la computación ubicua. En este artículo la computación de tercera generación es presentada como un sistema integrado de computadoras, interfaces inteligentes que están disponibles a todas horas y en cualquier lugar de manera invisible al usuario [6].

Los tres atributos principales que caracterizan a la computación ubicua son los siguientes [2]:

- **Inteligencia:** El entorno debe ser capaz de reconocer a las personas que lo ocupan, adaptarse a ellos y al contexto (sensibilidad al contexto, context-awareness), aprender de su comportamiento e incluso anticiparse a sus necesidades (reactividad). Utilizando para ello motores de razonamiento e inferencia.
- **Ubicuidad:** Se refiere a la capacidad de la computación de estar presente en cualquier lugar. Las tecnologías móviles e inalámbricas posibilitan esta característica.
- **Transparencia:** Implica que la computación debe ser invisible para el usuario, pues se encuentra integrada perfectamente en su entorno diario.

La **Comunicación Ubicua** se refiere a la interconexión de los objetos cotidianos con capacidad de computación (que constituyen los sistemas de computación ubicua), para permitir una comunicación entre ellos, y de éstos con el usuario, mediante redes inalámbricas y ad-hoc. El usuario accederá a los servicios en cualquier momento y lugar, utilizando el dispositivo que prefiera y esperará obtener la información en la forma adecuada, todo ello de modo transparente, es decir, sin preocuparse de la infraestructura que lo soporte [2]. Las redes inalámbricas aportan dos grandes ventajas para los entornos de Inteligencia Ambiental: la movilidad y la flexibilidad. De ahí se deduce su carácter de imprescindibles en entornos ubicuos. En este ámbito destacan: la tecnología WLAN (Wireless Local Area Network), los estándares Bluetooth y Zigbee, las redes de sensores inalámbricos, los sistemas de localización basados en satélite como el GPS, los sistemas de localización en interiores, las diferentes tecnologías móviles basadas en radiofrecuencias, e incluso las novedosas redes de área corporal (Body Area Networks) y la llamada ropa inteligente (weareable computing) [2].

Los **interfaces amigables** constituyen la tercera tecnología clave de la Inteligencia Ambiental, estos interfaces también son denominados Intelligent social user interfaces [7]. Estos interfaces van más allá que los teclados y ratones tradicionales, ya que mejoran la interacción humana con la tecnología haciéndola más intuitiva, eficiente, segura y natural. Permiten que la computadora conozca y sienta más acerca de las personas, situación en la que se encuentran, entorno que les rodea, etc. [8].

### 3 Razonamiento y modelado de contexto

Según Dey [9], la primera investigación acerca de la computación sensible al contexto o context-aware computing fue el Olivetti Active Badge system. El sistema Active Badge [10, 11] fue definido, diseñado y



desarrollado entre 1989 y 1992. El sistema fue ideado para proporcionar información sobre la localización de los miembros del personal de un edificio con el objeto de encaminar automáticamente llamadas telefónicas. Para dicho propósito cada persona del edificio llevaba un dispositivo que transmitía señales periódicas a un sistema central que proporcionaba la información sobre la localización de todo el personal. El mayor sistema Active Badge que funciona en la actualidad se encuentra en el Laboratorio de Informática de la Universidad de Cambridge, con más de 200 dispositivos y 300 sensores que son utilizados diariamente. Pero realmente el término computación sensible al contexto fue inicialmente empleado por Schilit y Theimer [12] en 1994 para describir aplicaciones que se adaptan en función de varios aspectos: la localización en la que se encuentran los usuarios, las personas y objetos de su alrededor, así como los cambios de estos objetos y personas a lo largo del tiempo. Más adelante Dey y otros [13] sugieren que un sistema es consciente del contexto si utiliza el contexto para ofrecer información y/o servicios relevantes al usuario, siendo esta relevancia dependiente de las tareas que realiza el usuario. Esta definición sólo requiere que el sistema actúe en respuesta al contexto ya que asume que las tareas de adquisición e interpretación del contexto están delegadas a otros componentes de computación. El concepto de computación sensible al contexto ha ido adquiriendo gran importancia desde su aparición en la década de los noventa. Desde entonces parece ser una solución prometedora para problemas en los que el uso de terminales móviles y entornos dinámicos está al orden del día. Pero para ello, es necesario definir y almacenar un modelo de contexto de una manera procesable para las máquinas. Un modelo bien diseñado es clave para poder desarrollar una aplicación sensible al contexto, pero la variedad de tipos de información de contexto y las propiedades son diferentes, es por ello que en los últimos años se han propuesto diferentes enfoques para expresar y modelar dicha información

El concepto de computación sensible al contexto ha ido adquiriendo gran importancia desde su aparición en la década de los noventa. Desde entonces parece ser una solución prometedora para problemas en los que el uso de terminales móviles y entornos dinámicos está al orden del día. Pero para ello, es necesario definir y almacenar un modelo de contexto de una manera utilizable por las máquinas. Un modelo bien diseñado es clave para poder desarrollar una aplicación sensible al contexto, pero la variedad de tipos de información de contexto y las propiedades son diferentes, es por ello que en los últimos años se han propuesto diferentes enfoques para expresar y modelar dicha información [14].

En el artículo de Strang y Linnhoff-Popien [14] se realiza una comparativa de los diferentes tipos de modelado de contexto en función de la estructura de datos que emplean para el manejo de la información contextual. Para ello definen seis requisitos necesarios que deben de cumplir los modelos de contexto para computación ubicua:

1. **Composición distribuida (cd):** En los sistemas ubicuos la composición y la administración del modelo de contexto y sus datos varía notablemente en función del tiempo, topología de red y fuente de datos.
2. **Validación parcial (vp):** Es altamente deseable poder validar parcialmente el conocimiento contextual contra una estructura del modelo de contexto.
3. **Calidad de la información (ci):** El sistema ubicuo debe de contemplar características como riqueza y calidad de información.

4. **Incompletitud y ambigüedad (ia):** Es necesario que el modelo contemple aspecto para detectar ambigüedades e inconsistencias en la información del contexto.
5. **Nivel de formalidad (nf):** El sistema debe de describir hechos contextuales y relaciones de manera precisa y fácil de encontrar.
6. **Aplicabilidad en entornos existentes (ap):** Es importante que el modelo de contexto pueda ser aplicable en infraestructuras existentes, por ejemplo *frameworks* como pueden ser los Web Services.

Como se puede apreciar en los resultados de la comparativa, los tipos de modelado iniciales supusieron un adelanto en algunos aspectos de la computación ubicua, pero se observó, que no eran capaces de soportar la distribución del conocimiento y razonamiento de contexto de una manera adecuada para entornos ubicuos. Debido a ello los modelos iniciales han dado paso al modelado basado en ontologías, que permite representar el conocimiento con gran expresividad, además de facilitar la distribución del conocimiento y el razonamiento sobre el contexto (ver Tabla 1: Evaluación de los tipos de modelado ).

**Tabla 1: Evaluación de los tipos de modelado [14]**

Tipo de modelado	cd	vp	di	ia	nf	ap
Modelo clave-valor	-	-	--	--	--	+
Modelos basados en esquemas	+	++	-	-	+	++
Modelos Gráficos	--	-	+	-	+	+
Modelos Orientados a objetos	++	+	+	+	+	+
Modelos basados en Lógica	++	-	-	-	++	--
Modelos basados en Ontologías	++	++	+	+	++	+

### 3.1 Razonamiento semántico

Las ontologías resultan muy útiles para facilitar el razonamiento automático, es decir, sin intervención humana. Partiendo de unas reglas de inferencia, un motor de razonamiento puede usar los datos de las ontologías para inferir conclusiones de ellos, además de realizar otras funciones, como:

- Comprobar automáticamente si una ontología es consistente con el conocimiento del dominio de interés al cuál está asociada.
- Comprobar automáticamente si las relaciones entre las clases corresponden a los propósitos de la ontología y detectar relaciones espurias.
- Clasificar automáticamente las instancias en clases.
- Generar nuevo conocimiento a partir del conocimiento ya existente.

En la actualidad existen muchos motores de razonamiento en el mercado, que han ido evolucionando y mejorando con el tiempo. En las siguientes líneas se comentan y se ofrece una breve descripción de los motores de inferencia más conocidos en la actualidad [15]:

- OWLJessKB: es el heredero de DAMLJessKB y esta basado en el motor de inferencia Jess Rete.
- Java Theorem Prover (JTP): desarrollado por la Stanford University, soporta tanto encadenamiento hacia adelante como hacia atrás empleando semánticas de RDF/RDFS y OWL.

- Jena: desarrollado por los laboratorios HP de Bristol, es un proyecto open-source. Provee soporte completo para inferencia en RDFS, soporte parcial para OWL y además permite que el usuario pueda crear motores de reglas personalizados.
- F-OWL: desarrollado por la University of Maryland Baltimore County, es un motor de inferencia basado en Flora-2.
- FaCT++: desarrollado por la University of Manchester, es el heredero del sistema de razonamiento FaCT. Ofrece soporte total para OWL-Lite y su futura versión proveerá de soporte completo para razonamiento en OWL-DL.
- RACER: es un razonador basado en lógica descriptiva, que soporta inferencia sobre ontologías en RDFS/DAML/OWL mediante reglas explícitamente definidas por el usuario.
- PELLET: desarrollado por la University of Maryland, es un razonador híbrido de lógica descriptiva que puede trabajar tanto con razonamiento TBox como con razonamiento ABox no vacío. Es empleado como razonador OWL subyacente para el editor de ontologías SWOOP y provee de análisis de consistencia.
- TRIPLE: desarrollado por Sintek y Decker, es un motor de razonamiento (y lenguaje) basado en cláusulas Horn que emplea muchas características de F-Logic. Pero al contrario de F-Logic no tiene una semántica fija para clases y objetos. Este razonador puede ser empleado para traducir OWL (basado en lógica descriptiva) a un lenguaje denominado TRIPLE, empleado por el razonador. Extensiones de lógica descriptiva que no pueden ser manejados por cláusulas Horn pueden ser soportados incorporando otros razonadores, como FaCT, para crear un sistema de razonamiento híbrido.
- SweetRules: es un conjunto de herramientas que trabaja con reglas para RuleML. RuleML es un lenguaje altamente expresivo basado en lógica que provee de semántica incorporada para OWL, además de manejo de conflictos. El motor de SweetRules además provee de semántica para realizar conversiones entre varios lenguajes para representar reglas y ontologías.

### 3.1.1 Análisis de los motores de razonamiento

En el artículo [15]: se ofrecen los resultados de una comparativa (ver Tabla 2: Tabla comparativa de , '+' soporte total, '0' soporte parcial y '-' sin soporte) de varios motores de razonamiento del cual se puede extraer las siguientes conclusiones:

- No hay ningún motor de inferencia que realice soporte total para los diferentes tipos de ontologías, ya que muchos de ellos realizan un soporte parcial, incluso algunos no son capaces de dar soporte a OWL-DL, como es el caso de OWL JessKB.
- El motor de inferencia JENA es el que mejor puntuación obtiene, ya que además de soportar de manera parcial OWL soporta de manera completa RDFS, cosa que otros no hacen.
- Todavía queda camino por recorrer en la evolución de los motores de inferencia.
- La mayoría de motores emplean el lenguaje Java siendo una minoría los que emplean C++ o Lisp.

Tabla 2: Tabla comparativa de [15]

	OWL JessKB	JTP	Jena	F-OWL	FaCT++	Racer	Pellet	TRIPL E	Sweet Rules
RDFS	0	0	+	0	0	0	0	0	-
OWL-Lite	0	0	0	0	+	0	0	0	-
OWL-DL	-	0	0	0	0	0	0	0	-
OW-Full	-	0	0	0	-	-	-	0	-
RuleML	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Language	Java	Java	Java	Java	C++	Lisp	Java	Java	Java

### 3.1.2 Motores de inferencia para Sistemas Embebidos

Los motores de inferencia descritos anteriormente están claramente diseñados para entornos donde los recursos computacionales son altos. Es por ello que prácticamente no existen motores de inferencia para Sistemas Embebidos, destacando entre ellos el desarrollado por Iñaki Vázquez en su Tesis [16]. En la tesis se describen las características del denominado MiniOwlReasoner, el cual no es un razonador de ontologías completo, sino que es un razonador limitado, pero a la vez potente para entornos de Inteligencia Ambiental. Para realizar el razonamiento el motor de inferencia filtra las ontologías para seleccionar solamente las construcciones que es capaz de manipular, las cuales son las siguientes:

- `rdfs:subClassOf`
- `owl:sameAs`
- `owl:TransitiveProperty`
- `owl:SymmetricProperty`
- `owl:inverseOf`

Las construcciones mostradas en la lista anterior son los predicados más empleados para crear relaciones entre los conceptos de las ontologías. El razonador MiniOwlReasoner puede procesar cualquier tipo de característica transitiva o simétrica, que pese a ser poco, intrínsecamente aportan mucha inteligencia a cualquier ontología. El autor resalta que el razonador desarrollado implementa un pequeño conjunto de OWL Lite, pero que es más complejo y potente que RDF++ de Lassila [17] y equivalente a OWL Tiny [18].

## 4 Descubrimiento de servicios

La visión de la computación ubicua define un entorno en donde los recursos computacionales y de red son parte del entorno, permitiendo a los usuarios acceder a la información y a los recursos computacionales desde cualquier sitio y en cualquier momento siempre teniendo al usuario como factor principal, siendo la interacción con el sistema intuitiva, agradable y natural. Los usuarios móviles forman parte de estos entornos llevando con ellos sus pequeños dispositivos personales que se integran con la infraestructura existente, siendo la configuración del entorno altamente abierta y dinámica.

## 4.1 SOA como paradigma en entornos heterogéneos

Los entornos inteligentes deben ser capaces de soportar despliegues y ejecuciones ad-hoc que integren los dispositivos hardware y software disponibles en cualquier lugar y hora. Conseguir esto es sólo posible cuando los recursos están organizados como componentes de red autónomos. El paradigma computacional de Arquitectura Orientada a Servicio (Service-Oriented Architecture - SOA) es particularmente apropiada para los entornos inteligentes, debido a que en este tipo de arquitectura los servicios de red y las aplicaciones que las soportan son servicios abstraídos y ligeramente acoplados que pueden ser integrados en grandes sistemas. Por lo tanto el descubrimiento de servicios es un factor esencial de la arquitectura SOA y más esencial si cabe en los entornos de computación ubicua, ya que permite la búsqueda y la posterior asociación de servicios en tiempo de ejecución.

Dentro de la arquitectura SOA existen tres roles principales para el descubrimiento de servicios: (1) El proveedor de servicios que es el rol adquirido por la entidad software que ofrece un servicio por la red. (2) El consumidor de servicio que es el rol de la entidad que quiere consumir un servicio específico. (3) Registro de servicios es el rol de la entidad que mantiene la información de los servicios disponibles. Y para que estos tres roles puedan interactuar con ellos además de un protocolo de descubrimiento de servicios es necesario un lenguaje o formalismo para describir servicios que permita describir tanto las propiedades funcionales como las no-funcionales (como son la calidad de servicio (QoS), seguridad o aspectos transaccionales de los servicios de red, etc.).

### 4.1.1 Sistemas embebidos y SOA

Los sistemas embebidos han perdido su significado original, concretamente el que se refiere a sistemas computacionales pequeños, normalmente aislados que dan soporte funcional a dispositivos que no encajan en la definición de una computadora [19]. En la actualidad podemos definir un sistema embebido como un dispositivo que tiene un microprocesador, por lo tanto es un sistema programable que emplea su capacidad computacional para conseguir un objetivo (por ejemplo: reguladores de los microondas, chips de teléfonos móviles, etc.). Estos dispositivos tienen ciertas características especiales [20]:

- Ejecutan algoritmos complejos
- Interfaces de usuario definidos para propósitos específicos
- Soporte en tiempo-real
- *Multirate behaviour* (las tareas pueden ser ejecutadas en diferentes *clock rates*)
- Bajo coste de manufactura
- Gestión eficaz del consumo de energía

Los sistemas embebidos abarcan gran parte del mercado de circuitos integrados y son cada vez más potentes debido a la evolución de las tecnologías de los microprocesadores. Además, las aplicaciones embebidas cada vez son más sofisticadas, minimizando la distancia que tenían hace varios años los computadores sobre éstos. La cada vez mayor similitud y relación entre las aplicaciones embebidas y las aplicaciones de escritorio hace que sea necesaria la comunicación entre estos dispositivos mediante redes TCP/IP.

En este caso también el paradigma SOA es propicio, ya que los sistemas embebidos son componentes que proveen de servicios, por lo tanto deben de existir mecanismos para describir cuáles son los servicios que ofrecen, descubrirlos e invocarlos y conociendo el potencial de los Servicios Web y analizando las tendencias relativas a la integración de dispositivos integrados del mercado, se puede decir que no hay nada más natural que considerar el empleo de Servicios Web en sistemas embebidos [21].

Los Servicios Web emplean los mismos protocolos de comunicación empleados en Internet, son capaces de interactuar con aplicaciones y programas sin necesidad de interacción humana y pueden comunicarse con otros Servicios Web para crear aplicaciones de mayor valor añadido. Hasta la actualidad los Servicios Web han sido principalmente adoptados para integración de aplicaciones empresariales, pero no han sido prácticamente empleados en plataformas embebidas [21], por lo que supone un importante reto.

## **4.2 Enfoques para descubrimiento de servicios**

El enfoque ideal de descubrimiento de servicios para entornos pervasivos tiene que abarcar un amplio rango de factores relativos a interoperabilidad, debido a la heterogeneidad de estos entornos y debido al hecho de que los servicios pervasivos y los clientes potenciales (clientes que realizan las peticiones de servicios) son diseñados, desarrollados y desplegados independientemente.

Los protocolos de descubrimiento de servicios permiten que los servicios puedan ser descubiertos en la red, permitiendo de esta manera oportunidades para la colaboración para así componerse con otros servicios para crear servicios más complejos y así cumplir las necesidades de las aplicaciones. Muchos protocolos de descubrimiento de servicios han sido propuestos tanto por la industria como por la comunidad científica, como pueden ser UDDI o el Trading Service de CORBA para Internet o SLP y Jini para redes de área local o redes ad-hoc.

En el artículo [22] se realiza una clasificación de los diferentes protocolos de descubrimiento de servicios que realiza una distinción entre los protocolos pull-based y los protocolos push-based. En los protocolos pull-based, el cliente envía la petición al proveedor de servicios (distributed pull-based mode) o a un repositorio de un tercero (centralized pull-based mode) con el objetivo de conocer la lista de servicios compatibles con la petición realizada. En los protocolos push-based, los proveedores de servicio proveen las descripciones de los servicios a los clientes que localmente mantienen la lista de los servicios disponibles en la red.

Los principales protocolos de descubrimiento de servicios, como Jini y SSDP, emplean el enfoque pull-based para el descubrimiento, soportando algunas veces tanto el modo centralizado como modelos de interacción distribuidos (SLP, WS-Discovery). En los protocolos de descubrimiento centralizado tipo pull-based uno o varios repositorios almacenan las descripciones de los servicios disponibles en la red y la localización de los repositorios puede ser conocida (UDDI) o dinámicamente descubierta (Jini). Los repositorios se mantienen actualizados gracias a que los proveedores se dan de baja explícitamente o bien gracias a que dan de baja a los servicios periódicamente debido a que ha expirado la vigencia del mismo. Si existen múltiples repositorios, estos cooperan entre ellos para distribuirse los registros de los nuevos servicios o también para enrutar las peticiones de servicios al repositorio relevante de acuerdo a relaciones preestablecidas.

Pese a que en la actualidad existen muchas soluciones relativas a protocolos de descubrimiento de servicios todavía hay retos y problemas a solucionar en los entornos de computación pervasiva, como se verá a continuación:

### **4.3 Descubrimiento de servicios multi-protocolo**

La heterogeneidad de middlewares hace que surjan problemas de interoperabilidad entre los diferentes protocolos de descubrimiento de servicios (por ejemplo: SLP, SSDP, UDDI). Los protocolos de descubrimiento de servicios actuales no son capaces de interactuar con otros protocolos, ya que emplean formatos y protocolos incompatibles para la descripción de servicios o para las peticiones de descubrimiento, e incluso tipos de datos o modelos de comunicación incompatibles. En cualquier caso, las características de los entornos inteligentes y los estándares de-facto de algunos de los protocolos existentes hace imposible que surja un nuevo y único protocolo de descubrimiento de servicios.

Diversos proyectos han tratado de buscar soluciones de interoperabilidad [23-25], ya que requerir a los clientes y proveedores de servicios que sean capaces de soportar múltiples protocolos de descubrimiento de servicios no es real. Los protocolos de descubrimiento de servicios interoperables típicamente han empleado un modelo común para la representación de los elementos de descubrimiento de servicios (por ejemplo: descripción del servicio, petición de descubrimiento) [26] en vez de realizar mapeos directos entre los protocolos [25], no pudiendo ser este último enfoque muy escalable con un número elevado de protocolos. Más allá, la capa de interoperabilidad debe de estar alojada cerca de la capa de red [26] y traducir eficientemente y transparentemente los mensajes de red entre los diferentes protocolos, o bien proveer de un interface explícito [27] a los clientes o servicios para así ampliar los protocolos existentes introduciendo características avanzadas tales como la gestión del contexto.

### **4.4 Descubrimiento de servicios multi-red**

La heterogeneidad de la red hace que muchas redes independientes (que se pueden interconectar libremente con los dispositivos multi-radio móviles actuales) estén disponibles para los usuarios en una localización, por lo tanto soluciones innovadoras son necesarias para la diseminación, filtrado y selección de peticiones de descubrimiento servicios y el anuncio de los mismos [27]. Diversos proyectos han investigado el empleo del enrutamiento entre pares (gateways) o a nivel de aplicación (P2P) combinado con filtros inteligentes que proveen de descubrimiento de servicios eficiente y escalable en entornos multi-red.

El protocolo mSLP [28] mejora la eficiencia y la escalabilidad del protocolo de descubrimiento SLP introduciendo mejoras en la malla así como filtros de preferencia para el emparejamiento de los registros. INS/Twine [29] propone una arquitectura P2P escalable donde los servicios de directorio colaboran como pares para distribuir la información de los recursos y para resolver las consultas. GloServ [30] es una arquitectura global de descubrimiento de servicios basada en ontologías que opera tanto en redes de área extensas como en redes de área local empleando una arquitectura híbrida (jerárquica y peer to peer). MUSDAC [27] permite unir dinámicamente redes que se encuentran cerca mediante componentes específicos que proveen de enrutamiento a nivel de aplicación en dispositivos multi-radio, lo que permite la diseminación de peticiones de descubrimiento en el entorno. Un factor clave en el descubrimiento de servicios multi-red es divulgar cambios dinámicos en la

red sin que ello suponga compromiso alguno en el procesamiento ni en los recursos de la red debido a la considerable cantidad de información que es procesada e intercambiada.

#### **4.5 Movilidad en el descubrimiento**

La movilidad tanto del cliente como del servicio ha sido raramente investigada en el contexto de descubrimiento de servicios. El problema de la movilidad es principalmente visto como un problema relativo al acceso al servicio (por ejemplo: mantenimiento de la conectividad). Sin embargo, el empleo de patrones de movilidad ha sido empleado como medio para favorecer la interacción entre los nodos que continuarán estando al alcance en la red durante la duración completa de la sesión [31]. Otro factor relacionado con la movilidad es el hecho de la aparición y desaparición de servicios debida a la terminación de la batería o fallo de dispositivos.

#### **4.6 Seguridad y privacidad en el descubrimiento**

El intercambio de descripciones y las peticiones de descubrimiento debe ser seguro, ya que es crucial en entornos inteligentes, especialmente cuando la información está relacionada con información contextual relativa al usuario o al servicio que puede ayudar a conocer información privada del usuario [32]. Muchos mecanismos para asegurar el acceso a la información del servicio han sido propuestos centrándose bien en la encriptación y los derechos de acceso [33] o en la necesidad de equilibrar el acceso y la privacidad [32].

La movilidad, así como la seguridad y la privacidad son problemas transversales que deben ser soportados y reflejados en todos los niveles. Estos dos problemas son tratados en el middleware PLASTIC, controlando la localización y la dirección asociada a los dispositivos móviles que ofrecen los servicios [34] e introduciendo ambigüedad en los anuncios de los servicios así como en las peticiones de servicios con el objetivo de proteger la información privada que es empleada en el descubrimiento de servicios [35].

## **5 Emparejamiento de servicios**

No es suficiente con descubrir los servicios del entorno, ya que es necesario tener un mecanismo que nos permita seleccionar aquellos servicios que más se ajusten a las necesidades requeridas, es por ello que durante estos últimos años se han llevado a cabo propuestas que tienen como objetivo el emparejamiento de servicios, tanto sintácticamente como semánticamente (empleando ontologías para describir los atributos funcionales como no funcionales de los servicios).

El emparejamiento entre los servicios anunciados y los servicios solicitados ha sido clásicamente abordado mediante la evaluación del emparejamiento sintáctico de las propiedades funcionales y las no funcionales. Sin embargo para un correcto emparejamiento entre descripciones sintácticas es necesario que las partes implicadas empleen la misma terminología para definir las cosas y esto en entornos abiertos resulta difícilmente alcanzable. Para resolver el problema de las descripciones sintácticas es necesario disponer de niveles de abstracción más elevados, para así describir la semántica del servicio y el contexto, que sean independientes de las descripciones sintácticas de bajo nivel específicas de las tecnologías que se están empleando.



## 5.1 *Emparejamiento basado en la signatura*

Varios esfuerzos han sido llevados a cabo en el área de emparejamiento (matching) de Servicios Web semánticos basándose en las signaturas de los servicios. Un algoritmo base para el emparejamiento basado en signaturas es el propuesto por Paolucci y otros [36, 37]. Este algoritmo permite el emparejamiento de una funcionalidad solicitada, siendo esta descrita como un conjunto de entradas ofrecidas y salidas requeridas, contra un número de funcionalidades expuestas, siendo descrita cada una como un conjunto de entradas requeridas y salidas ofrecidas. Las entradas y las salidas son semánticamente definidas empleando conceptos de ontologías. El algoritmo describe cuatro niveles de emparejamiento entre los conceptos ontológicos requeridos y los ofrecidos. Los cuatro niveles son los siguientes:

- **Exacta:** Si la salida de la petición es igual a la salida del servicio registrado entonces se da este tipo de correspondencia. También existe una correspondencia exacta si el concepto de la petición es subclase del concepto del servicio registrado, pero sólo en el caso especial de que se pueda asegurar que la salida del servicio registrado proporciona todos los subtipos posibles.
- **Plug in:** Se da si el concepto de servicio registrado subsume al concepto de la petición del usuario. En este caso del concepto del servicio registrado puede usarse en el lugar del concepto de la petición.
- **Subsumes:** Si es la petición del usuario la que subsume el concepto del servicio registrado significa que el servicio no satisface completamente las necesidades del usuario. Debido a que un servicio de estas características proporciona resultados incompletos, el usuario debería realizar más operaciones para obtener los resultados deseados.
- **Fallo:** Si no se da ningún caso de los anteriores el emparejamiento se considera un fallo. Es decir, la petición del usuario y la descripción del servicio registrado son incompatibles.

Otras soluciones de algoritmos de emparejamiento se Servicios Web semánticos han sido planteadas [38-40] tomando como base el método de emparejamiento de signaturas descritos.

## 5.2 *Emparejamiento basado en especificaciones*

Además del emparejamiento basado en signaturas existe otro enfoque basado en emparejamiento de especificaciones de componentes software y más concretamente en Servicios Web semánticos. El emparejamiento de especificaciones se basa en el emparejamiento de pre-condiciones y post-condiciones que describen la semántica operacional de los servicios. Por ejemplo en [41] el emparejamiento de especificaciones es llevado a cabo empleando técnicas de theorem proving, por ejemplo: infiriendo reglas generales de tipo submsupstion entre expresiones lógicas que describen las pre-condiciones y post-condiciones de los componentes. Otro método para el emparejamiento de especificaciones es empleando el denominado query containment [42, 43], para ello tanto los servicios publicados como las peticiones de los clientes son modelados mediante consultas con ciertas restricciones. Empezando con las restricciones definidas los posibles valores de ambas consultas, tanto la del servicio solicitado el servicio publicado, son evaluadas y la posible inclusión entre los resultados de las consultas es inferida. Una consulta q1 es contenida en q2 si todas las respuestas de q1 están incluidas en q2.

### **5.3 Otros aspectos para el emparejamiento de servicios**

Uno de los mayores problemas a la hora de afrontar el problema de la riqueza y heterogeneidad de los entornos de computación ubicua es el problema de utilizar la información contextual para inferir cuales son las necesidades de los usuarios que se mueven en el entorno y localizar automáticamente los servicios más apropiados [44]. Los protocolos de descubrimiento de servicios sensibles al contexto tienen como objetivo proveer a los usuarios los mejores servicios de red, basándose en sus preferencias, necesidades y condiciones de ejecución [45, 46], centrándose en algunas ocasiones en la sensibilidad relativa a la localización (location awareness) [47] o la calidad de servicio (QoS) [48]. La evaluación de las propiedades del contexto debe ser llevado a cabo mediante la evaluación de reglas de contexto [49] o mediante la maximización de una función de utilidad [48], pero normalmente los enfoques solamente se centran en el emparejamiento sintáctico entre la información proveniente del cliente y la que proviene del servicio.

Se da el hecho que los protocolos de descubrimiento de servicios sensibles al contexto asumen que el cliente y el proveedor de servicios emplean la misma terminología para describir la información contextual, pero tal hecho no es real en entornos de computación ubicua debido a que los diferentes componentes del entorno son diseñados, desarrollados y desplegados independientemente.

## **6 Composición de Servicios en entornos Aml**

Los Semantic Web Services (SWS) [50] constituyen una nueva área de investigación que surge de las sinergias entre las dos tecnologías Web con más rápida adopción y mayores expectativas en los últimos años: los Web Services (WS) y la web semántica. Aunque los WS tradicionales permiten la comunicación entre diferentes plataformas y sistemas operativos, carecen de contenido semántico. Esto, indica qué estructuras de datos se intercambian entre los clientes y los proveedores de los servicios sin especificar su significado (semántica). Dotar de semántica a los WS permite un aumento del dinamismo de los mismos, aspecto del que siempre adolecieron. Por ejemplo, la composición dinámica de servicios, o el propio descubrimiento de los mismos, siempre han sido problemas difíciles para los WS tradicionales y han requerido de la intervención de humanos [51]. El paradigma de los SWS pretende automatizar todo lo que era semi-automático (en el sentido de requerir intervención humana) en los WS tradicionales, esencialmente el descubrimiento, composición, invocación e interoperación de WS. Teniendo en cuenta que las ontologías permiten la descripción semántica de prácticamente cualquier dominio del conocimiento, la incorporación de ontologías del dominio de los servicios a los WS da lugar a los SWS, que permiten a los procesos expresar y describir qué actividades son capaces de realizar, de tal manera que es posible descubrir servicios en un entorno concreto y dinámicamente establecer la colaboración de los mismos para desarrollar tareas de alto nivel con mayor valor añadido [50]. Es decir, dada una tarea concreta y una serie de WS que apropiadamente combinados permiten ejecutar dicha tarea, las tecnologías de SWS permiten componer automáticamente el flujo de ejecución de los WS y las relaciones entre sus entradas y salidas, para ejecutar de manera colaborativa dicha tarea, sin necesidad de intervención humana. Por ello, se pueden considerar como una infraestructura inteligente para diseñar sistemas avanzados.

La composición de WS consiste en conectar servicios entre sí para crear procesos de negocio más complejos o de alto nivel, facilitando de esta manera el desarrollo de nuevas aplicaciones reutilizando componentes ya existentes [52].

La composición de workflows de WS viene derivada de modelos empresariales [53] y puede ser categorizada en dos tipos: la composición estática (proactiva) de servicios y la composición dinámica (reactiva) de servicios [54] (ver Figura 1: Tipos de composición según Bucchiarone y otros ):

- La estática es un enfoque en el cual los diseñadores de aplicaciones implementan una nueva aplicación manualmente diseñándola mediante herramientas de *workflow* o diagramas de estado, describiendo los patrones de interacción entre los componentes del mismo. Estas aplicaciones deben de ser manualmente diseñadas antes de desplegarlas, es decir la composición de servicios se hace en tiempo de diseño. Este tipo de composición es adecuado para aplicaciones de tipo B2B, en donde la interacción entre los componentes es compleja pero estática [56]. Este tipo de composición es la utilizada por la industria.
- En cambio la composición dinámica de servicios el modelo de proceso se genera automáticamente cuando un usuario la precise. La composición dinámica es más aconsejable para entornos ubicuos o móviles, en donde el número de componentes varía a lo largo del tiempo [56]. Al contrario que en el caso de la composición estática, la composición de servicios se realiza en tiempo de ejecución. Este tipo de composición es la planteada por grupos relacionados con la Web Semántica.

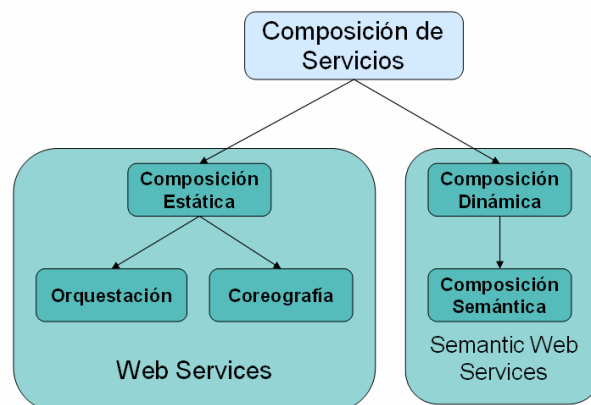


Figura 1: Tipos de composición según Bucchiarone y otros [55]

## 6.1 Lenguajes para Composición Estática de Servicios

Actualmente existen dos enfoques para la composición estática de servicios: Por una parte está la orquestación y por otra la coreografía. Estos conceptos definen en cierta medida cómo se establecen las relaciones entre los diferentes servicios para obtener un comportamiento coordinado de los mismos y las diferencias entre ambas se pueden resumir del siguiente modo (adaptado de [57]):

- **Orquestación** es la colaboración de procesos mediante una entidad conductora central (puede ser uno de los procesos) que establece las relaciones entre los mismos con el fin de ejecutar la tarea deseada.
- **Coreografía** es la colaboración de procesos sin que ninguno de ellos actúe como coordinador central, sino que todos se intercambian información mientras desarrollan su parte de la tarea para conseguir finalmente que ésta sea llevada a cabo completamente. Por lo tanto, la coreografía tiene una esencia más colaborativa, aunque resulte más compleja de diseñar.

### 6.1.1 Orquestación

Un proceso se puede considerar una orquestación de servicios cuando es controlado totalmente por una única entidad. Este proceso define completamente las interacciones con los servicios componentes y la lógica requerida para conducir correctamente esas interacciones. Este tipo de proceso puede entenderse como privado y ejecutable ya que solo la entidad que está orquestando el proceso conoce el flujo de control e información que sigue el proceso que se está orquestando. De esta manera se crea un proceso que utiliza diferentes servicios manipulando la información que fluye entre ellos, convirtiendo, por ejemplo, los datos de salida de algunos servicios en datos de entrada de otro. Aquí, cada entidad que participa implementa y controla su propio proceso [58]. Entre los lenguajes para orquestación más empleados destacan BPML y BPEL4WS.

### 6.1.2 Coreografía

Un proceso es una coreografía de servicios cuando define las colaboraciones entre cualquier tipo de aplicaciones componentes, independientemente del lenguaje o plataforma en el que estén definidas las mismas. Un proceso de coreografía no es controlado por uno solo de los participantes. A diferencia de la orquestación, la coreografía puede verse como un proceso público y no ejecutable. Público porque define un comportamiento común que todas las entidades participantes deben conocer, y no ejecutable porque está pensado para verse más bien como un protocolo de negocio que dicta las reglas para que dichas entidades puedan interactuar entre sí [58]. Entre los lenguajes para coreografía de Web Services destacan BPEL4WS, WSCI y WS-CDL.

### 6.1.3 Análisis de lenguajes para Composición Estática

Realizar una comparativa de los estándares anteriormente definidos requiere de un profundo estudio de los escenarios de aplicación de los procesos compuestos, además de los estándares utilizados en cada uno de ellos. Entre las comparativas que se pueden encontrar en la literatura destacan la de Peltz [57], Mendling [59] y Van der Aalst otros [60] y otros, de los cuales se extraen las siguientes conclusiones:

- Gran parte de los lenguajes descritos son una evolución lógica de los sistemas *workflow* siendo una característica importante el hecho que aportan más expresividad que los sistemas anteriores.
- El lenguaje para orquestación más expresivo y completo es BPEL4WS ya que es el que más patrones soporta para sistemas workflow, siendo más completo que BPML.
- El lenguaje para coreografía más completo es WS-CDL ya que es el que más patrones soporta, siendo más completo que WSCI y BPEL4WS.
- Lenguajes como BPML o WSCI han quedado relegados a un segundo plano frente al éxito de BPEL4WS, ya que este último tiene un mayor apoyo por parte de empresas importantes, como pueden ser: IBM, Microsoft y BEA. Además existe más documentación técnica y más herramientas de desarrollo para BPEL4WS.
- Pero los conceptos de orquestación y coreografía no son excluyentes, ya que dos conjuntos de Web Services que llevan a cabo tareas orquestadas pueden, a su vez, intercambiar información entre sí, para realizar una tarea de mayor nivel siguiendo un modelo coreográfico.

## 6.2 Lenguajes para Composición Dinámica de Servicios

En el área de los Web services, el enfoque de los SWS es un paso importante hacia el descubrimiento y la composición dinámica, donde sistemas inteligentes tratan de componer servicios autónomamente, basándose en requisitos de usuario abstractos. Todo ello mediante SWS contruidos basándose en técnicas de representación del conocimiento, con ontologías que describen el dominio de manera formal y técnicas de planificación de Inteligencia Artificial para hacer los sistemas de composición más autónomos [61].

Fujii y otros [56] manifiestan que la composición dinámica de servicios es una de las tecnologías clave que facilitará el desarrollo de aplicaciones para la computación ubicua ya que su aplicabilidad es muy útil en entornos donde el número de componentes, servicios y usuarios disponibles es variable a lo largo del tiempo.

Hasta la actualidad se han realizado varias propuestas al W3C para la definición de Semantic Web Services:

- La primera de ellas es OWL-S [62] anteriormente denominada DAML-S es una ontología para Web Services realizada en OWL, un lenguaje recomendado por el W3C para representar ontologías y que sean fácilmente procesables por máquinas. OWL-S es, por tanto, una ontología creada a partir de OWL que define los conceptos y relaciones necesarias para describir semánticamente un Web Service. Las descripciones de servicios realizan mediante axiomas OWL-DL (uno de los tres sublenguajes de OWL), pero se ha visto que no aporta la expresividad necesaria para la descripción de los servicios, por lo que posteriormente OWL-S ha sido mejorado para que pueda permitir expresiones lógicas de otros lenguajes como pueden ser: DRS, KIF, SWRL y PDDL. OWL-S fue la primera propuesta enviada al W3C relativa a semantic web services, y se remonta al 2 de noviembre del 2004.
- WSMO (Web Service Model Ontology) [63] es otra ontología para Web Services, realizada tomando como base el framework para Web Services llamado WSMF. Al contrario que OWL-S, el proyecto WSMO no sólo pretende crear la especificación, sino que, también crear la arquitectura y un conjunto de herramientas para soportar la especificación. El entorno de ejecución de WSMO se denomina WSMX y es la implementación de referencia de WSMO para la integración de aplicaciones empresariales. WSMO fue enviado al W3C como propuesta el 4 de abril del 2005.
- IRS-III [64] que a su vez está basado en IRS-II es una plataforma que actúa como un *broker* mediando entre las metas de un usuario o cliente y los Web Services disponibles. IRS-III no es en sí un *framework*, pero utiliza WSMO como ontología y sigue los principios de diseño de WSMO. En el corazón del servidor está la librería WSMO en donde se almacenan las definiciones WSMO utilizando el lenguaje de representación. La librería está estructurada en modelos de conocimiento para metas de WSMO, Web services y mediadores. Además es posible integrar OWL-S en IRS-III, para ello las ontologías que describen el servicio en OWL tienen que ser mapeadas a WSMO y después traducidas a OCML para que pueda ser utilizado en IRS-III. OWL-S puede extender el potencial de IRS-III ya que la separación de las metas y los Web Services puede añadir flexibilidad en la definición de composición de tareas.

- Semantic Web Services Framework (SWSF) [65] es una propuesta de la iniciativa SWSI (Semantic Web Services Initiative) para el desarrollo de SWS. Esta iniciativa agrupa a investigadores del programa DAML y de proyectos europeos relativos a la Web semántica. El trabajo del SWSI está estrechamente relacionado con OWL-S y WSMO, que son tomadas como referencia por los desarrolladores de SWSF. SWSF fue enviado al W3C como propuesta el 9 de mayo del 2005. El modelo SWSF incluye 2 componentes principales, los cuales son SWSL y SWSO.
- WSDL-S [66] es un pequeño conjunto de extensiones propuestas para WSDL, que tiene como objetivo asociar anotaciones semánticas a elementos WSDL como interfaces y tipos de esquemas de operaciones: precondiciones, efectos, salidas y entradas. Para ello aumentan la expresividad de las descripciones WSDL asociando ciertos elementos clave con conceptos expresados en ontologías. Estos SWS pueden ser además publicados en un registro UDDI y para ser descubiertos dinámicamente utilizando conceptos expresados en ontologías. Una de las grandes ventajas de WSDL-S respecto al resto de propuestas es que WSDL-S se basa en estándares ya existentes, cosa que el resto no lo hace. Además esta propuesta pretende externalizar los modelos de dominio semánticos, es por ello que WSDL-S no esta atado a ningún lenguaje de representación de ontologías, facilitando de esta manera la reutilización de modelos de dominio existentes, pudiendo elegir el lenguaje que más nos interese y permitiendo la anotación utilizando múltiples ontologías (del mismo o diferente dominio). En la propuesta se dice que es posible emplear WSDL-S enriquecido con anotaciones semánticas de OWL y WSMO. WSDL-S fue enviado al W3C como propuesta el 1 de octubre del 2005 y ha sido tomado como entrada por el grupo de trabajo del W3C para la nueva recomendación de SAWSDL que pretende añadir semántica a las descripciones WSDL.

## 6.2.1 Análisis de lenguajes para Composición Dinámica

En la actualidad existen diversas comparativas [67-69] relativas a SWS y de las mismas se extraen las siguientes conclusiones:

- OWL-S es la iniciativa más madura ya que es la que más tiempo lleva y por lo tanto la que más se ha trabajado y desarrollado, además de tener a más masa crítica. Pero una de las desventajas que tiene es que al estar basado en OWL arrastra las deficiencias (por ejemplo expresividad limitada de OWL-DL) que tiene éste pero también sus ventajas, ya que está basada en tecnologías de la Web Semántica (promovidas por el W3C) con su consiguiente consolidación, apoyo y aceptación.
- En cambio WSMO es una propuesta más sólida ya que no solamente intenta describir semánticamente los Web Services, sino que, pretende crear un lenguaje y un modelo descriptivo para los elementos principales de las tecnologías de SWS. Además cada vez está suscitando mayor atención en la comunidad de investigadores de Web Services.
- SWSF ha hecho una contribución importante intentando mejorar las carencias que tiene OWL-S incorporando además un lenguaje (FLOWS) basado en lógica de primer orden, que aporta mayor expresividad de la que se puede conseguir OWL-S con OWL-DL.
- WSDL-S presenta ciertas ventajas respecto al resto de propuestas, como pueden ser: la independencia respecto al lenguaje de representación de conocimiento que se desee utilizar y el hecho de que haya sido tomado como base por el grupo de trabajo SAWSDL.

- OWL-S, WSMO y SWSF tienen como objetivo ofrecer un marco para la descripción de Web Services con un enfoque top-down, que solamente utiliza los estándares de Web Services existentes para la parte grounding y para la invocación. Es decir, los estándares actuales como WSDL y SOAP solamente son utilizados a nivel más bajo.
- En cambio el enfoque de WSDL-S con su enfoque bottom-up trata de introducir información semántica en todo el ciclo de vida de los procesos Web proporcionando las construcciones necesarias para agregar semántica a los estándares actuales de la industria.
- Hay que tener en cuenta que varias de las comparativas mencionadas anteriormente están realizadas por los grupos que han desarrollado algunas de las propuestas, por lo que el planteamiento de las mismas suele estar orientado a hacer que su propuesta sea la que quede mejor parada.
- En caso de que se tuviera que seleccionar alguna de las propuestas descritas anteriormente, el problema es el mismo con el que se encuentra en la comparativa de lenguajes para composición estática, ya que la selección del lenguaje depende del caso de uso en el que se vaya a aplicar el mismo. En el caso de entornos ubicuos, como se verá en el siguiente apartado, el lenguaje que se ha empleado hasta la actualidad es OWL-S, no habiendo sistemas que empleen algunas de las propuestas restantes.

## 6.2.2 Automatización de la composición en entornos AmI

La automatización de la composición de servicios es necesaria en los entornos AmI, en donde no se conoce por adelantado los servicios que operarán en el mismo, siendo diferentes en número y tipo a lo largo del tiempo. Vallée y otros [61] resaltan que la composición de Semantic Web Services puede ser un enfoque prometedor para este tipo de entorno, pero también resaltan que estos sistemas principalmente suelen estar diseñados para operar con un punto central de control, que planifica la composición mediante un workflow y posteriormente invoca a los servicios implicados en el mismo. Este enfoque, que sería el enfoque de composición mediante orquestador, es difícilmente adaptable a un entorno dinámico y descentralizado descrito en la visión de los entornos AmI.

Papazoglou y otros [70] manifiestan que la Computación Orientada a Servicios (Service Oriented Computing, SOC) proporciona los fundamentos tecnológicos para el soporte de procesos y actividades basadas en el conocimiento de un modo altamente efectivo. Permite establecer compromisos automáticos teniendo en cuenta la secuenciación y composición de servicios en función del entorno y circunstancias del momento. Es por ello que la Computación Orientada a Servicios facilita la personalización de la información a las aplicaciones y usuarios finales del entorno mediante servicios context-aware donde el contenido de la información o la calidad de servicio es definida de acuerdo al contexto de uso, tipo de cliente, localización, etc., cumpliendo de esta manera una de las características principales de los entornos AmI, que es la sensibilidad al contexto.

En los últimos años se ha realizado gran trabajo en lo relativo a sensibilidad al contexto y composición dinámica de servicios, pero se ha realizado poco trabajo en la combinación de ambas líneas de investigación. Los trabajos realizados en lo referente a sensibilidad al contexto se han centrado en la modelización del contexto y en la definición de arquitecturas que perciban y agreguen información de diferentes fuentes de contexto, es por ello que proponen soluciones simples para la composición, generalmente basándose en técnicas de planificación. Pero por el contrario los investigadores que se han trabajado en el campo de la composición dinámica de servicios han propuesto enfoques muy interesantes, pero dejando muchas veces de lado la sensibilidad al contexto [71].

En las siguientes líneas se comentarán los proyectos más relevantes que tienen como objetivo la composición de servicios para entornos sensibles al contexto.

- Vukovic y otros [72] proponen un modelo sintáctico para representar los atributos del contexto. El enfoque de composición propuesto en el trabajo está basado en planificación HTN utilizando el planificador SHOP2. En este enfoque, la descripción de la composición está en BPEL4WS. Las acciones predefinidas de la descripción son especificadas de acuerdo a condiciones estáticas del contexto y tras ello la descripción es traducida a SHOP2 para que el planificador de un plan que satisfaga las metas y tras ello el plan es traducido de nuevo a BPEL4WS para que sea ejecutado en un motor de ejecución de BPEL.
- Mostefaoui y otros [73] emplean un modelo basado en RDF para la descripción de la información del contexto. En el enfoque de propuesto, la composición se considera como una petición de un servicio complejo que es descompuesto en servicios más simples. Estos servicios son descubiertos en el entorno empleando información contextual, restricciones especificadas en la descripción del servicio complejo y también con restricciones extraídas de las preferencias del usuario.
- Sheshagiri y otros [74] proponen un enfoque para la gestión de la información contextual en donde las fuentes de información contextual están representadas en forma de Semantic Web Services que es empleado en el contexto del proyecto *MyCampus*. En este enfoque la información contextual está representada en OWL y los servicios están representados procesos atómicos en OWL-S. Para construir el plan que corresponde a la composición de servicios se emplea un enfoque de encadenamiento hacia atrás. Una de los problemas de este enfoque es que al ser la composición un problema combinatorial, la planificación tiene un coste computacional alto, por lo que este enfoque no es aplicable a dispositivos con poca capacidad.
- Ben Mokhtar y otros [71] resaltan que los tres enfoques planteados anteriormente proponen soluciones simples de composición basándose en técnicas de planificación, que partiendo del objetivo del usuario y con los servicios que se disponen en el entorno realizan un encadenamiento combinatorial basado en compatibilidad, buscando compatibilidades entre salidas de un servicio y entradas de otro.
- Ben Mokhtar y otros proponen un sistema *COCOA (CONversation-based service COMposition MiddleAre)* [75] basado en descripciones *OWL-S* en donde la selección de servicios para realizar la tarea se realice mediante conversaciones *OWL-S* abstractas (*workflows* abstractos), para seleccionar los servicios que más se ajusten a las necesidades del usuario. En el sistema los servicios están descritos mediante procesos *OWL-S* con *grounding* en *WSDL* y las tareas de los usuarios están descritas mediante procesos abstractos *OWL-S*. Para conseguir la composición final es necesario un algoritmo de emparejamiento que permita construir la composición en base a fragmentos de las conversaciones entre los servicios del entorno inteligente. Para ello inicialmente realizan una modelización formal de las conversaciones de los servicios del entorno y de las tareas de los usuarios en base a *FSP (Finite State Processes)*, el cual es normalmente empleado como notación textual para la descripción detallada y el razonamiento sobre programas concurrentes, como pueden ser los *Workflows* para composición de Web Services.
- En [76] se propone una solución que consiste en un framework para la planificación de tareas en BPEL4WS en un entorno ubicuo. El usuario especifica la tarea que quiere realizar indicando una meta y el sistema utilizará un algoritmo de planificación para llegar a la misma con los recursos disponibles. En esta solución la planificación es dinámica, por lo que se adapta bien a entornos que cambian rápidamente. Además, intenta que el usuario intervenga lo mínimo necesario en la consecución de la tarea/objetivo. La propuesta incluye también un mecanismo para la detección y solución de fallos. Para conseguir el objetivo propuesto por el usuario, el sistema analiza diferentes restricciones disponibles:



preferencias del usuario, contexto actual y políticas de acceso. En esta propuesta la planificación no se lleva a cabo de una forma distribuida, sino que es realizada por un único dispositivo de la red, normalmente el dispositivo que inicio la petición de composición, que suele ser el del usuario. Es necesario, por lo tanto, un dispositivo que tenga una gran capacidad de computación y conozca toda la situación del entorno. Otra consecuencia de la centralización es que si el nodo planificador falla no existe recuperación posible. Por otro lado, no se tienen en cuenta los conflictos entre las metas propuestas por diferentes usuarios del entorno.

- El enfoque *Task Computing* [77] los servicios del entorno están descritos empleando OWL-S y cada uno de los usuarios lleva consigo un dispositivo de composición que descubre los servicios disponibles al vuelo y le muestra al usuario todas las posibles composiciones de los servicios en base a sus salidas y entradas. Al usuario se le muestran todas las posibles combinaciones de los servicios de las cuales el usuario selecciona y combina las que desea haciendo partícipe al usuario en el proceso, cosa que no es fiel a la visión de la computación ubicua en donde la interacción con el usuario debe de ser mínima y transparente. Una de las desventajas de este enfoque es que solamente realiza emparejamiento de tipos y los servicios solamente pueden tener una entrada/salida para poder participar en la composición.
- Vallée y otros [61] presentan un enfoque que combina técnicas de sistemas multi-agente con SWS para proporcionar composición dinámica de servicios sensible al contexto. Para ello realizan una distinción entre dos niveles de abstracción en los servicios, por una parte los servicios básicos que los proveen los dispositivos del entorno y por otra parte los servicios compuestos que agregan un conjunto de funcionalidades de alto nivel, que están estrechamente relacionados con las necesidades de los usuarios. Así, la composición de servicios permite relacionar las actividades de los usuarios con los servicios más básicos. En su propuesta los servicios están descritos semánticamente y los agentes emplean dichas descripciones y colaborando entre ellos y tomando como base en todo momento el contexto del usuario son capaces de crear composiciones de alto nivel de abstracción. Este trabajo y el trabajo de Ben Mokhtar están enmarcados dentro del proyecto europeo AMIGO que tiene como objetivo la investigación y desarrollo de un middleware de código abierto que permita que todos los aparatos disponibles en el hogar (ordenadores personales, dispositivos móviles, equipos de electrónica de consumo y otros) puedan comunicarse e interactuar entre sí sin problemas.
- Ni y otros [78] presentan un enfoque denominado OSOA (Ontology enabled Service Oriented Architecture), que combina la interoperabilidad de los Web Services con la descripción semántica de las ontologías, para resolver la problemática de ayudar a usuarios inexpertos en el uso de dispositivos y en su combinación para conseguir ciertas metas. En este sistema la igual que los anteriores el usuario es quien tiene la última palabra y es el que da la orden de que composición se va a ejecutar. Para la descripción de los servicios proponen emplear OWL-S.
- Qasem y otros emplean una planificación basada en reglas [79] con HTN junto con razonamiento LCW (Local Closed World) para la composición de servicios entornos de computación ubicua. Emplean LCW para evitar la redundancia de acceso a la información en la composición del servicio. La base de conocimiento almacena tanto el conocimiento que necesita el agente para empezar la planificación como la información que ha sido obtenida en el proceso. Para la expresión del razonamiento LCW emplean predicados lógicos de primer grado. Sin embargo, ya que para la descripción semántica utilizan OWL-S y debido a que este lenguaje de descripción semántica esta expresado mediante DL (Description Logic), necesitan realizar una traducción de los predicados de LCW en OWL.
-

### 6.2.3 Análisis de técnicas de Composición

Del análisis de los sistemas para AmI anteriormente descritos y de los diferentes métodos para composición expuestos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los sistemas o métodos de *workflow* son mayoritariamente empleados en los casos en donde el peticionario ya tiene definido un modelo de proceso, pero en donde es necesario que un programa encuentre automáticamente los servicios atómicos para rellenar dicho proceso. Y en cambio las técnicas de planificación IA son empleadas cuando el peticionario no tiene un modelo de proceso pero se tiene un conjunto de preferencias y restricciones, de esta manera el planificador basándose en dichas preferencias y restricciones realiza la planificación. De estos dos métodos es difícil decir cual es más adecuado a un entorno inteligente, ya que puede variar en función del tipo de sistema que se desee desarrollar y en función de los casos de uso a emplear.
- La mayoría de sistemas para composición en entornos de computación ubicua son centralizados, es decir, la composición la realiza un dispositivo y no es una composición distribuida realizada de manera colaborativa, a excepción del sistema plantado por Vallée y otros. Una composición distribuida y colaborativa, en donde el número de dispositivos y servicios es dinámico se asemeja más a la visión de la computación ubicua planteada por Weiser [6].
- Además de ser centralizados, varios de los sistemas emplean dispositivos con capacidades avanzadas de computación para la composición, por ejemplo, empleando PDAs y PCs. Pero en entornos ubicuos la mayoría de dispositivos que se encuentran en el mismo no tiene una gran capacidad de procesamiento, ya que deben ser dispositivos pequeños y por lo tanto con una capacidad de procesamiento adecuada al mismo. Ello trae consigo un problema, ya que si se pretende emplear una composición distribuida con dispositivos con recursos limitados es posible que las tecnologías y estándares actuales no puedan ser empleados, por lo que tal vez tengan que ser adaptados para ser aplicables a dicha casuística.
- En varios de los sistemas la interacción con el usuario es muy alta y necesaria, pero esto no debe de ser así, el entorno debe de conocer el perfil y el comportamiento que el usuario desea que adopte dicho entorno y adaptarse a él, siendo prácticamente inexistente la interacción con el usuario. Para ello es necesario que el usuario previamente defina que tareas o que comportamientos quiere realizar, definiendo las tareas mediante *workflows* o pequeños procesos abstractos. De esta manera es posible, por ejemplo, crear un dispositivo inyecte en el entorno las tareas que desea realizar el usuario cuando este entre en una habitación para hacer conscientes a los dispositivos de cuales son las necesidades del usuario y para que los dispositivos cooperen para componer tareas de alto nivel para satisfacer las necesidades del usuario.
- En las propuestas planteadas las tecnologías empleadas son BPEL4WS y OWL-S, en cambio, no se han realizado trabajos relativos a composición para computación ubicua con propuestas como WSMO, SWSF y WSDL-S, esto puede ser debido a que éstas últimas propuestas son de más reciente creación y OWL-S y BPEL4WS son tecnologías más maduras y desarrolladas con más herramientas de desarrollo y APIs. Por lo que hay una vía abierta en el posible empleo de estas nuevas propuestas de semantic web services en los entornos de computación ubicua o su posible adaptación para sistemas empotrados.

## 7 Redes Móviles ad-hoc

Las redes móviles ad hoc (MANET – Mobile Ad-hoc Network) [80] se caracterizan por ser redes de comunicación formadas por nodos entre los que no existe una infraestructura de comunicación fija y porque todos o parte de los nodos que la integran son móviles. Los nodos que las constituyen se comunican utilizando enlaces de poca capacidad y/o de alcance limitado. Este tipo de red se crea espontáneamente según los nodos se añaden o se eliminan de la misma, además es descentralizada, ya que no existe un nodo o nodos que realicen la tarea de gestión de la misma. Por esta razón, toda la actividad de la red, incluyendo el descubrimiento de la topología y el encaminamiento de los mensajes es realizada entre todos los nodos que la integran. Además, los dispositivos que forman la red tienen una movilidad elevada y por lo tanto la topología cambia continuamente. Los protocolos de comunicación existentes para las redes con infraestructura o con poca movilidad de sus integrantes no son aplicables a este tipo de redes. Estas redes plantean nuevos problemas por sus características. Se deben tener en cuenta aspectos como la calidad del enlace inalámbrico, fallos en la propagación de rutas, fallos en nodos, interferencias entre usuarios, energía disponible, y por supuesto los cambios en la topología de la red. Las redes MANET necesitan algoritmos distribuidos para la gestión de la comunicación que permitan determinar en todo momento la organización de la red de dispositivos y el encaminamiento de los mensajes entre los mismos y que además hagan frente a los posibles fallos que se puedan producir intentando mantener la operación normal de la misma en todo momento.

Hay que tener en cuenta que estas redes están compuestas por nodos que tienen unas capacidades de comunicación limitadas en alcance por lo que no todos los nodos que la integran pueden comunicarse directamente. Aquellos nodos que pueden comunicarse directamente se denominan nodos vecinos. En este caso la comunicación es sencilla ya si dos nodos son vecinos pueden verse directamente e intercambiarse mensajes. Sin embargo, lo normal en las redes MANET es que existan diferentes grupos de nodos y que nodos de distintos grupos quieran comunicarse entre ellos. Para que esto sea posible los grupos deberán estar conectados entre sí, normalmente a través de un nodo que pertenece a ambos. Si existe un nodo que pertenece a dos grupos de nodos es posible usar a este como pasarela para permitir la comunicación entre nodos diferentes redes. Esta comunicación se denomina multi-hop, ya que se lleva a cabo realizando saltos en diferentes nodos para pasar de grupo en grupo hasta llegar al grupo de nodos del que sea vecino el nodo destino de la comunicación.

### 7.1 Características de las MANET

Estas redes tienen una serie de características que deberán ser tenidas en cuenta por los protocolos desarrollados para las mismas:

- Operación distribuida: los nodos de este tipo de redes no pueden confiar en una red de nodos fija que le proporcione la funcionalidad de encaminamiento, en cambio esta debe ser proporcionada de una manera distribuida por los diferentes nodos que integran la red.
- Topología de red dinámica: los nodos que integran la red se conectan y desconectan aleatoriamente o cambian su posición dentro de la misma. Por lo tanto, es necesario conocer en todo momento la topología de la red y garantizar que la conectividad dentro de la misma será mantenida. De esta forma se asegura que las aplicaciones y servicios puedan seguir operando normalmente.

- Variaciones en la capacidad de enlace: debido a que la comunicación en estas redes se realiza mediante multi-salto los errores introducidos por los enlaces de comunicación son mayores. Por lo tanto, los protocolos creados para este tipo de redes deben controlar y minimizar los errores que puedan aparecer.
- Requisitos de baja energía: los dispositivos de estas redes estarán en su mayoría operados con baterías, lo cual impone una serie de límites a todos los recursos del dispositivo (CPU, memoria, comunicaciones, etc). Por esta razón los protocolos de comunicación desarrollados para estas redes deben estar optimizados para reducir el consumo de los recursos en los dispositivos.

## 7.2 Protocolos de encaminamiento

Existen varios protocolos de encaminamiento propuestos para redes móviles ad-hoc. Hay que tener en cuenta que en este tipo de redes los nodos no tienen conocimiento de la topología de la red y deben descubrirla dinámicamente. Normalmente cuando un nuevo nodo aparece en la red debe darse a conocer al resto de sus nodos vecinos. Además debido a que las capacidades de comunicación de cada nodo son limitadas y a que no todos los nodos son visibles directamente, la comunicación entre nodos no vecinos debe realizarse utilizando varios saltos. La determinación de las rutas más adecuadas para alcanzar los nodos lejanos es parte de la funcionalidad de los protocolos de encaminamiento.

Existen diferentes clasificaciones para los protocolos de encaminamiento según las características funcionales de los mismos [81].

- Se pueden clasificar en proactivos o reactivos según realicen su función periódicamente o como respuesta a una petición de encaminamiento. Los protocolos proactivos se caracterizan por mantener una tabla que contiene los destinos y las rutas necesarias para alcanzarlos. Estas tablas son actualizadas periódicamente mediante el intercambio de esta información entre diferentes nodos de la red. Las principales desventajas de este tipo de algoritmos son el desperdicio de ancho de banda en la transmisión de las tablas de encaminamiento, el desperdicio de memoria por el mantenimiento de tablas que quizás no vayan a ser usadas nunca en un futuro, y que no son adecuados para su aplicación en redes con gran número de nodos debido a que el número de mensajes que se necesitan para actualizar las tablas esta relacionado directamente con el número de nodos. Por otro lado, en los protocolos reactivos la búsqueda de la ruta se realiza cuando esta es solicitada por un nodo. La petición de solicitud de ruta del nodo origen es reenviada inundando la red hasta que se alcanza el nodo buscado. Las desventajas propias de estos algoritmos es que tienen un mayor tiempo de respuesta para la localización de las rutas nuevas, y que se debe controlar cuidadosamente el proceso de inundación para evitar el congestionamiento de la red. Además, existen también los protocolos híbridos, que son una mezcla entre las soluciones proactivas y reactivas, y que pretenden mantener las ventajas de ambos enfoques reduciendo sus problemas.
- Los protocolos se pueden clasificar también en: jerárquicos, que utilizan una descomposición jerárquica de la ruta para llegar al destino; geográficos en los que el encaminamiento tiene en cuenta la situación física de los dispositivos de forma que los mensajes son enviados a aquellos nodos más cercanos al lugar geográfico que se quiere alcanzar; dependientes de la energía, que tienen en cuenta las limitaciones de consumo de los nodos e intentan repartir la carga de encaminamiento entre ellos de forma que el consumo medio de cada nodo sea similar; y protocolos multicast, que crean y gestionan grupos multicast para realizar el encaminamiento entre ellos de forma que el consumo medio de cada

nodo sea similar; y protocolos multicast, que crean y gestionan grupos multicast para realizar el encaminamiento. Existen numerosos protocolos para el encaminamiento en redes ad-hoc que comparten varias de las características comentadas.

A continuación se presenta un resumen de alguno de los protocolos más representativos para encaminamiento en redes móviles ad-hoc:

- **Destination-sequenced distance vector – DSDV** [82]: Es un protocolo proactivo para el encaminamiento dentro de una red móvil ad-hoc. Se denomina proactivo porque la propagación de la información de encaminamiento se realiza periódicamente aunque no haya una petición. Todos los nodos poseen una tabla que contiene información de encaminamiento. Esta tabla contiene el siguiente salto hacia cualquier dirección alcanzable, ya sea directamente desde el nodo o través de varios saltos, y el número de saltos necesarios para alcanzarla. La actualización de estas tablas se realiza de forma periódica mediante mensajes de broadcast con los que los nodos se intercambian información de encaminamiento. El protocolo introduce también un sistema para el control de bucles dentro de la red y para determinar si una ruta es nueva. Utilizando estas tablas, y una función métrica, es posible determinar el camino mas corto entre dos nodos. El protocolo DSDV fue uno de los primeros protocolos desarrollados para redes móviles ad-hoc. Es adecuado para redes que tengan un número pequeño de nodos pero no resulta fácilmente escalable. La actualización periódica de las tablas de encaminamiento produce un uso elevado de las capacidades de comunicación de los dispositivos. Además cada vez que la topología de la red cambia, la red es inestable durante un determinado periodo de tiempo hasta que sucede la próxima actualización, lo que no es muy adecuado para redes muy dinámicas.
- **Ad hoc on-demand distance vector – AODV** [83]: Es un protocolo de encaminamiento reactivo, lo que significa que las rutas entre los dispositivos solo se calculan cuando existe una petición de otro nodo. Así, cuando un nodo quiere comunicarse con otro inicia el descubrimiento de una ruta que les pueda permitir comunicarse. Al contrario que ocurre con el protocolo DSDV no es necesario que todos los nodos mantengan siempre una tabla actualizada con toda la información de encaminamiento. Cuando un nodo quiere comunicarse con otro nodo envía un mensaje especial por broadcast a todos sus nodos vecinos. Este mensaje es propagado a por los nodos a través de toda la red hasta alcanzar al nodo destino o a un nodo que mantenga una ruta actual hasta el mismo. En su camino a través de la red la petición de encaminamiento provoca la creación de tablas de encaminamiento inverso. Cuando el mensaje alcanza el nodo destino (o un nodo con una ruta posible hasta él) este responde con un mensaje al nodo inicial, esta vez propagado mediante unicast gracias al camino creado durante la propagación de la petición de encaminamiento. La propagación de esta respuesta hasta el nodo origen provoca la creación de tablas de encaminamiento en los nodos intermedios. Estas tablas tienen un tiempo de vida máximo tras el cuál expiran haciendo inútil la información de encaminamiento. Por otro lado, cuando un mensaje enviado por un nodo no puede alcanzar el nodo destino, por ejemplo porque la ruta ha desaparecido, se produce un mensaje de error que se propaga hasta el nodo inicial y el proceso de búsqueda de una nueva ruta comienza de nuevo. La principal ventaja de este protocolo de encaminamiento es que necesita menos tráfico que el protocolo DSDV para establecer la comunicación entre enlaces ya existentes. Sin embargo, se necesita más tiempo para establecer la comunicación y la comunicación inicial para establecer la ruta es más pesada que en otras soluciones.

- **Dynamic Source Routing – DSR** [84]: Es un protocolo reactivo en el cual el encaminamiento se realiza totalmente por parte del nodo origen. Esto significa que los mensajes que se intercambian los nodos deben contener toda la información relativa al encaminamiento que debe llevarse a cabo para llegar hasta él. En cambio, los nodos intermedios solo deben mantener información relativa a sus nodos vecinos para reenviar los mensajes. Por el contrario, el nodo origen debe conocer toda la secuencia de saltos hasta el nodo destino. Para adquirir esta información el nodo origen inicia una petición de encaminamiento con la dirección del nodo con el que quiere comunicar. Este mensaje es propagado mediante broadcast a través de toda la red hasta alcanzar el nodo destino o un nodo que mantenga en su caché una ruta utilizable al nodo destino. Cada vez que el mensaje es propagado por un nodo este añade su dirección a la secuencia de saltos que contiene el mensaje. Cuando el mensaje llega al nodo destino (o a un nodo con una ruta hacia él) esta información es utilizada para propagar hacia atrás, de forma unicast, un mensaje de respuesta a la petición de encaminamiento que contiene toda la ruta utilizada para llegar al nodo destino. Esta información será utilizada posteriormente por el nodo origen para comunicarse con el nodo destino. En este protocolo, ya que los mensajes contienen la ruta completa estos pueden ser utilizados por nodos intermedios de la red para aprender nuevas rutas.

## 8 Aprendizaje y Adaptación

La AmI plantea un cambio de paradigma desde una visión techno-centred a otra human-centred donde la tecnología sería el que se adaptaría a las necesidades, preferencias, hábitos, costumbres,... de los usuarios. Como se ha mencionado anteriormente el entorno debe ser capaz de reconocer a las personas, aprender de su comportamiento e incluso anticiparse a sus necesidades.

Muchos han sido los autores que han mencionado el aprendizaje como un reto de AmI. Friedewald y otros [85] mencionan “Another major challenge for ambient intelligence is how to make technology learn about the people and their identity: habits, preferences, behavioral patterns, etc.” Remagnino y Foresti [5] indican que “AmI can benefit from a panoply of research areas, however future implementation of AmI technology will have to rely on machine learning research”. Otros como Susperregi y otros [86] lo mencionan como línea futura “se quieren introducir técnicas de aprendizaje automático que permitan una adaptación al usuario y su contexto de forma no supervisada”.

Aún así, tal como mencionan Hagra y otros [87] la tendencia que ha existido hasta la fecha en la investigación de AmI, donde ha habido proyectos como el “Microsoft Smart House” o “BT's Tele-care” o “Ciscos's Internet Home”, no ha sido del todo idóneo en este sentido; “However, most of these industrial projects are geared toward using networks and remote access with some smart control (mostly simple automation), with sparse use of AI and little emphasis on learning and adaptation to the user's behavior”.

### 8.1 Pasos en el aprendizaje/adaptación

La adaptación del entorno al usuario necesita de distintas fases que son las siguientes:

- **Generación inicial de conocimiento:** La primera necesidad o reto que surge es de la generación del conocimiento o “rulebase”. Para adaptarse a las necesidades o preferencias del usuario, el entorno debe de tomar decisiones continuamente, y esas decisiones serán tomadas en base a un conocimiento (reglas, casos,...) que tiene el entorno. Ese conocimiento puede ser generada de distintas maneras. Una opción sencilla parece ser que el mismo usuario o un experto construya o defina ese conocimiento, pero teniendo en cuenta ciertas características de entornos AmI (no intrusivo, transparente,...) se trata de generarla automáticamente utilizando algoritmos de aprendizaje automático o machine learning [88]. Además no es efectivo ni en tiempo ni en esfuerzo implementar (y menos mantener) el conocimiento manualmente. La generación de conocimiento y por lo tanto la adaptación del entorno al usuario puede ser pensado en distintas etapas, ya que la generación de conocimiento (extracción de perfiles de usuario) puede llevar un tiempo considerable. Así, la primera adaptación del entorno (adaptación a corto plazo) puede ser llevado a cabo sin la extracción de perfiles de usuario. La adaptación (adaptación a largo plazo), llevado a cabo mediante la predicción y anticipación de las necesidades del usuario, necesita de perfiles de usuario extraídos a partir de un conjunto de datos extensos que necesita tiempo en recopilarlos, por lo que también es necesario la adaptación a corto plazo mencionado anteriormente.
- **Adaptación del conocimiento:** Una vez que se hayan definido el conocimiento, el entorno va a tomar decisiones y actuar en consecuencia. Al referirse a estos conocimientos hay que darse cuenta de que se refieren a gustos, preferencias, hábitos,... de los usuarios, y que pueden cambiar a lo largo del tiempo. La necesidad de adaptación del conocimiento puede venir por algunas de las siguientes situaciones:
  - Posible modificación de comportamientos, necesidades, costumbres, gustos o preferencias del usuario.
  - Posible modificación del contexto en el que se sitúa el usuario con la eliminación, modificación o inclusión de nuevos dispositivos.
  - Existencia de situaciones no previstas.
  - Conocimiento no optimizado.

Así, hay una clara necesidad de que este conocimiento sea adaptada, refiriéndose con adaptación a la posible modificación (ajuste) de alguno de los valores, a la generación de un nuevo conocimiento e incluso a la eliminación de un conocimiento no válido.

## 8.2 Técnicas de aprendizaje/adaptación

Hasta la fecha, técnicas de aprendizaje automático o machine learning han sido utilizados en multitud de aplicaciones, pero tal como mencionan Rutishauser y otros [88] los entornos AmI tienen ciertas características específicas tanto para la generación inicial como para la posterior adaptación entre las cuales se pueden destacar:

- **Fuentes de Información:** Los entornos AmI, al ser no intrusivos, tanto la información necesaria para la generación inicial como el posterior feedback tienen que ser obtenidos a partir de sensores estándares, con los que el usuario está acostumbrado.
- **Éxito:** El éxito de las decisiones tomadas tiene que ser medida en base a los objetivos que persigue, por lo que la satisfacción del usuario se puede derivar a partir de las intervenciones del usuario tal como indican algunos autores [87, 88].

- **Adaptación on-line:** Casi todos los autores [88, 89] mencionan que dicha adaptación tiene que ser on-line y near real-time. Incluso algunos como Aarts [90] ven necesario que se hagan adaptaciones en distintos periodos de tiempo.

Aún así, en este sentido hay que destacar que tal como mencionan Rutishauser y otros [88] las técnicas de Aprendizaje Automáticos desarrollados hasta la fecha no son suficientes para llevar a cabo con las características mencionadas anteriormente y como solución a dicha problemática se desarrolla un aprendizaje específico para el entorno concreto.

La generación inicial de conocimiento como se ha sugerido anteriormente tiene que ser llevado a cabo en distintos periodos. La extracción de perfiles de usuario, es decir, el aprender qué hábitos, costumbres,... tiene el usuario es lo ideal y se puede plantear dicho aprendizaje mediante técnicas como el DataMining con algún de tipo inductivo, clustering, redes neuronales o razonamiento basado en casos (aunque estas técnicas de aprendizaje automático también pueden ser usados sin la necesidad del proceso de Knowledge Discovery in Databases). Pero la extracción de dichos perfiles, sobre todo utilizando técnicas como el DataMining necesitan de una gran cantidad de información acerca del usuario que lleva tiempo recogerlo. Así, para que el sistema se adapte al usuario más rápidamente se pueden plantear otras opciones complementarias, y en este sentido el razonamiento basado en casos parece la herramienta más proclive para ello, ya que para adaptarse no necesita de grandes cantidades de información, sólo de “casos” que van a ser información de secuencias simples anteriores. Para la posterior adaptación el razonamiento basado en casos en conjunto con un algoritmo de generalización parece proclive a ser una de las técnicas de mayor alcance. Debido a la tipología del conocimiento que se genera en estos entornos parece que la utilización de la lógica fuzzy es una opción óptima y madura [87, 91, 92].

Mozer [93] fue uno de los primeros en aplicar el aprendizaje a entornos del hogar donde además del confort del usuario trataba de reducir el coste energético. Para ello en su “Neural Network House” utiliza Redes Neuronales que tratan de aprender los comportamientos de los habitantes y el coste de energía. Además de aprender los comportamientos plantea la necesidad de adaptación cuando el usuario regula manualmente el entorno, ya que esto indica que sus necesidades no han sido satisfechas. Chan y otros [94] siguiendo el camino abierto por Mozer plantean el aprendizaje de hábitos usando Redes Neuronales a partir de la observación de un sistema multisensor. Pretende desarrollar un sistema capaz de monitorizar para permitir vivir independientemente, sobre todo para el control de temperaturas. Doctor y otros [92] tratan de generar y adaptar el conocimiento respectivo a una habitación (iDorm) a través de la observación. Definen el conocimiento estará lo especificarán mediante reglas de tipo fuzzy, por lo que tratan de obtener las funciones de pertenencia y las reglas. Para la extracción de las funciones de pertenencia usan una doble clusterización, combinando fuzzy-C-means (FCM) y una clusterización jerárquico. Las reglas los extraen a partir de un método basado en el método MW que trata de extraer reglas a partir de ejemplos o muestras. Das y Cook [95] plantean el ciclo de recoger la información del entorno a través de los sensores, almacenar esa información para luego procesarlo y extraer información útil que luego serán utilizados para tomar decisiones y consecuentemente acciones. Desarrolla un algoritmo LeZi-Update que trata de detectar segmentos de secuencia que aparecen y que los traduce a un árbol que define la probabilidad de cada secuencia de acción. Rutishauser y otros [88] para el control de edificios inteligentes utilizan un sistema multi-agente donde los agentes toman decisiones locales y tienen un algoritmo de aprendi-



zaje no-supervisado que construye reglas fuzzy a partir de escasos datos. Para la generación de reglas usa principios similares a la lógica inductiva para deducir lógica desde los datos. Para el ajuste utiliza técnicas de premio/castigo. Sadeh y otros [96] en su proyecto MyCampus tratan de implementar un Case-Based Reasoning simple para aprender las preferencias del usuario sobre los mensajes mostrados. Lo hace usando el feedback que le da el usuario y para el matched usa la aproximación de Nearest-Neighborhood de Aha. Kushwaha y otros [97] desarrollan un UT-AGENT que usa CBR para adquirir conocimiento sobre las acciones del usuario para determinar las preferencias y Bayesian Network para modelar las relaciones entre las acciones en base a probabilidades. Galushka y otros [98] define el concepto de Temporal DataMining para Smart Homes que trata de descubrir patrones de comportamiento. Las reglas extraídas tienen la forma de If...then.... con una probabilidad. Además en ese mismo artículo introduce el concepto de Temporal Case-Based Reasoning donde el CBR trata de solucionar los problemas tradicionales de las técnicas de DataMining en un entorno cambiante con el tiempo como el un Smart Home. Menciona que no hay ningún trabajo de Temporal CBR aplicado a Smart Homes. Leake y otros [99] donde plantea la utilización de CBR como una herramienta que permite a los Smart Homes aprender a partir de la observación y ser adaptable a nuevas necesidades. Además introduce el CBR en otros procesos dentro del control del Smart Home como puede ser la detección de situaciones anómalas de emergencia.

Pero como se ha mencionado anteriormente, debido al estado del arte actual de machina learning, cada entorno requiere su propio método de aprendizaje/adaptación.

## 9 Análisis Crítico del Estado del Arte

En los sistemas AmI confluyen áreas de conocimiento muy diversas que van desde la electrónica, a las comunicaciones pasando por las ciencias humanas. Este estudio se centra en los aspectos relacionados con el desarrollo de mecanismos informáticos que doten a los entornos AmI de cierta capacidad de razonamiento y aprendizaje autónomo que de respuesta a las necesidades de las personas que se encuentran en dichos entornos.

Este análisis crítico del estado del arte se divide en varios apartados, en el primero se describen las conclusiones obtenidas y tras ello se detalla en qué nivel de madurez se encuentra el desarrollo de sistemas para entornos inteligentes respecto a la visión planteada por Mark Weiser [6] y se plantean áreas que requieren profundización.

### 9.1 Conclusiones

De lo expuesto hasta el momento se pueden extraer varias conclusiones:

- Las **ontologías** han demostrado ser el mecanismo más completo para modelizar el conocimiento o la información de un entorno inteligente por encima de otros métodos, ya que facilitan la representación del conocimiento de una manera uniforme para que pueda ser compartido por diferentes fuentes siendo la base para la reactividad del entorno.

- Los mecanismos de razonamiento son la base para el razonamiento en entornos inteligentes en donde la reactividad y la sensibilidad al contexto son necesarias. Los entornos pueden ser programados con reglas que definan la conducta deseada, siendo necesario que los dispositivos sean dotados de capacidades de razonamiento.
- Las reglas que determinan las acciones a realizar deben ser obtenidas a partir de un aprendizaje inicial. Además, al referirse a gustos, hábitos, preferencias, etc. de los usuarios, y debido a que estos pueden cambiar, se debe llevar a cabo una adaptación de las reglas.
- La composición dinámica de semantic web services es necesaria en entornos inteligentes, en donde múltiples dispositivos necesitan ser coordinados y desplegados para comportarse de manera coherente para servir al usuario. Ello es posible definiendo pequeños workflows que se ejecuten en ciertas condiciones, consiguiendo de esta manera una reactividad y una reacción en cadena entre los distintos dispositivos del entorno.
- La composición, el modelado de contexto y el razonamiento deben de ir de la mano, ya que no es posible realizar una buena composición si se carece de un conocimiento explicitado del entorno en el que están operando los dispositivos y no se poseen herramientas de razonamiento que permitan realizar dicha composición. Es por ello que es necesario por tanto abordar la problemática desde las tres perspectivas, sin dejar a ninguna de lado.
- Los cuatro factores anteriormente citados pueden ser desplegados conjuntamente gracias a las tecnologías de la Web Semántica, ya que aportan herramientas para representar ontologías y motores para el razonamiento para facilitar la composición haciendo uso de semantic web services.

## 9.2 Áreas que requieren profundización científica

Los dispositivos, aplicaciones y sistemas actuales carecen de los niveles de reactividad y sensibilidad al contexto descritos en los escenarios propuestos por Lassila [100], Weiser [6], Aarts[101] o el ISTAG [1], ya que son sistemas con dispositivos simples que tienen pautas de comportamiento básicos, como pueden ser abrir unas puertas cuando se detecte la presencia cercana de una persona, encender una luz cuando se detecta la proximidad de una persona, redireccionar una llamada al teléfono más cercano que se encuentra una persona, etc., o bien son sistemas centralizados en donde un ordenador central es quien tiene toda la inteligencia y los dispositivos que se encuentran alrededor solamente se encargan de recibir ordenes y actuar, sin tener iniciativa propia.

Para conseguir comportamiento más inteligentes, avanzados, espontáneos y con capacidad de razonamiento y aprendizaje autónoma es necesario que los dispositivos de los entornos inteligentes tengan cierta inteligencia, pero también es indispensable que sean ligeros, es decir, pequeños y que consuman poca energía, para así embeberlos en los objetos cotidianos. Nosotros pensamos que los entornos inteligentes sólo pueden ser contruidos sobre la base de sistemas embebidos y no sobre sistemas en donde son necesarios grandes dispositivos como PCs, que crean escenarios irreales y artificiales alejados de la visión ubicua de la Inteligencia Ambiental.

El problema de estas dos variables es que son inversamente proporcionales, ya que si se pretende que los dispositivos sean ligeros y pequeños, nos encontramos con que tenemos que emplear sistemas con muy poca capacidad de procesamiento, lo que hace que sea muy difícil desarrollar dispositivos inteligentes, y por el

contrario si queremos que el dispositivo sea inteligente necesitamos de elementos con mayor capacidad de procesamiento y consumo de energía que hacen que tengamos un dispositivo grande, perdiendo por tanto la ligereza. Es por ello que nos encontramos en el punto en el que hay que encontrar el equilibrio adecuado entre ambas variables, o bien decantarse por alguna de las dos sacrificando a la otra.

Creemos que es posible un término medio, en donde el sistema sea ligero, es decir, sea pequeño y consuma poca energía, pero a la vez tenga inteligencia, es decir, realice razonamiento sobre el contexto del usuario, los inputs percibidos y los objetivos deseados y sea capaz de comunicarse y coordinarse con otros dispositivos que se encuentren en el entorno para componer tareas más complejas. Y para ello es necesario establecer una cadena de valor para proporcionar de inteligencia al entorno para que actúe con reactividad y sensibilidad al contexto basándose en las preferencias de los usuarios. La cadena de valor resultante es la siguiente: Sensorización y perfiles de usuario → Percepción de contexto (basada en ontologías) → Razonamiento (basado en reglas) → Composición (basada en estrategias) → Operación → Dispositivos y aparatos. Paralelo a esta cadena de valor estaría el aprendizaje inicial que determinaría las reglas iniciales y la adaptación posterior, es decir, el aprendizaje llenaría de contenido las reglas, los perfiles de usuario, etc.

La posibilidad de instalar las capacidades de la Web Semántica en plataformas embebidas supone un desafío importante. Ya que pese a que se hayan realizado intentos para aplicar estas tecnologías para obtener entornos más reactivos y conscientes del usuario, los resultados obtenidos han sido desiguales, por lo que la adaptación de las nuevas tecnologías de la web semántica para su uso en plataformas embebidas para entornos inteligentes supone un reto.

Consideramos que los conceptos claves empleados en las tecnologías de SWS para interoperación y composición automática de procesos empresariales pueden ser extrapolados para obtener el mismo efecto en “procesos ambientales”, es decir, colaboración automática de servicios ambientales para obtener un comportamiento combinado del entorno por el bien del usuario.

Por ejemplo, si un usuario se encuentra viendo la TV con la luz ambiente apagada y suena el teléfono, se podría efectuar un comportamiento coordinado del entorno y sus dispositivos que resulten en que el número llamante aparece superpuesto en la pantalla del TV, se efectúa una disminución del volumen del altavoz del mismo y un encendido de las luces para facilitar la atención de la llamada y la subsiguiente conversación. En este caso existen varios servicios en los dispositivos del entorno (superposición de texto, ajuste de volumen, encendido y apagado de la luz) que deben coordinarse y colaborar como respuesta al evento de llamada entrante en el teléfono.

Una infraestructura de Semantic Web Services Ambientales permitiría diseñar y desplegar este tipo de escenarios y configurarlos a la medida del usuario proporcionándole un modelo más avanzado y asistivo de interacción con el entorno.

El estado del arte actual indica que no se ha explorado de manera suficiente esta posibilidad y no hay prácticamente experiencias de aplicación de las tecnologías, actualmente en desarrollo, de composición de procesos de negocio al ámbito de la Inteligencia Ambiental.

Por ello consideramos el estudio y experimentación en este campo como un desafío tecnológico a abordar y puede requerir:

- Adaptación de estándares existentes de composición (orquestración / coreografía) para procesos empresariales al ámbito de la Inteligencia Ambiental (servicios ambientales) dónde los dispositivos tienen restricciones respecto a su capacidad de procesamiento y comunicación, ya que los dispositivos están distribuidos en el entorno.
- Desarrollo de especificaciones nuevas para la composición (orquestración / coreografía) de servicios ambientales y así cumplir ciertos requisitos particulares que se dan en este tipo de escenarios.

Paralelo a todo este proceso está el aprendizaje de contenidos y su posterior adaptación. Hasta la fecha tal como menciona Hagraas [87] los proyectos de AmI no han hecho especial énfasis en el aprendizaje y en la adaptación, pero la investigación en dicho campo se presenta como una de las más prioritarias para la consecución de la visión de AmI. Debido al olvido en la que ha estado hasta la fecha, algunos autores [88, 102] mencionan que, en un futuro cercano, dado el estado del arte actual de Machine Learning no será fácil producir en masa productos o servicios que generen AmI en todo su globalidad, por lo que se desarrollan aprendizaje específicos para cada entorno. Por ello se considera de gran importancia el estudio y la experimentación de varias técnicas de aprendizaje automático utilizando algoritmos inductivos, razonamiento basado en casos,... todo ello apoyado en la utilización de la lógica fuzzy.

## 10 Bibliografía más relevante (comentada)

European Commission IST Advisory Group (ISTAG), "Scenarios for Ambient Intelligence in 2010," *Technical Report, EU Commission, 2001: Informe técnico de la Comisión Europea que define los escenarios y la visión de la Inteligencia Ambiental dentro de los programas de investigación a desarrollar.*

M. Weiser, "The Computer for the 21st century," *Scientific American*, vol. 256, pp. 94-104, 1991: Artículo seminal en el que se propone la visión de la Computación Ubicua, incluyendo sus aplicaciones, características y requerimientos teóricos y tecnológicos para su desarrollo.

B. N. Schilit and M. M. Theimer, "Disseminating active map information to mobile hosts," *IEEE Network*, vol. 8, pp. 22-32, 1994: Introduce el término computación sensible al contexto para describir aquellas aplicaciones que se adaptan en función de varios aspectos: la localización en la que se encuentran los usuarios, la información sobre las personas y objetos de su alrededor, así como los cambios de estos objetos y personas a lo largo del tiempo.

T. Strang and C. Linnhoff-Popien, "A context modeling survey," in 2004: *Se realiza una comparativa de los diferentes tipos de modelado de contexto en función de la estructura de datos que emplean para el manejo de la información contextual. Se definen varios requisitos que, según los autores, deberían cumplir los sistemas de modelado del contexto.*

L. Ding , P. Kolari, Z. Ding, S. Avancha, T. Finin and A. Joshi, "Using ontologies in the semantic web: A survey," *UMBC, Tech. Rep. TR-CS-05-07, July, 2005: Recoge un estudio sobre el uso de las ontologías en la web semántica incluyendo además una evaluación de los distintos razonadores existentes en el momento de la publicación del artículo.*

J. I. Vazquez, "A Reactive Behavioural Model for Context-Aware Semantic Devices," 2007: *En este artículo se recoge información sobre la necesidad de un motor de inferencia semántica para dispositivos embebidos y con poca capacidad. Además se recogen los resultados de su implementación y su aplicación en un caso real.*

S. A. McIlraith, T. C. Zeng and H. Zeng, "Semantic Web services," *IEEE Intelligent Systems and their Applications*, vol. 16, pp. 46-53, 2001: *En el artículo los autores proponen la introducción de semántica en la descripción de los servicios web semánticos de tal manera que es posible descubrir servicios en un entorno concreto y dinámicamente establecer la colaboración de los mismos para desarrollar tareas de alto nivel con mayor valor añadido.*

A. Bucchiarone and S. Gnesi, "A survey on services composition languages and models," in *International Workshop on Web Services Modeling and Testing (WS-MaTe2006)*, 2006: *Se recoge la situación de los lenguajes y modelos utilizados en la composición de servicios. Los autores realizan una diferenciación entre la composición estática y dinámica de servicios. Dentro del primer grupo se encuentra la composición de servicios web tradicionales incluyendo la orquestación y la coreografía de servicios. Dentro del segundo grupo se encuentra la composición automática y semi-automática utilizando técnicas más avanzadas como pueden ser las técnicas de planificación.*

M. Vallee, F. Ramparany and L. Vercouter, "A multi-agent system for dynamic service composition in ambient intelligence environments," in *The 3rd International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2005)*, 2005, pp. 165-171: *En este artículo se presenta un sistema que realiza la composición de servicios web semánticos utilizando técnicas de planificación para la determinación de las tareas complejas.*

R. Aggarwal, "Semantic web services languages and technologies: Comparison and discussion," *Technical Report LSDIS Lab, University of Georgia, 2004: En este informe se realiza una comparativa entre los diferentes enfoques de descripción de servicios web semánticos existente (OWL-S enriquecido con SWRL, WSMO, FLOWS y METEOR-S)*

K. Verma, "Configuration and adaptation of semantic web processes," 06-2006: *En la tesis de Kunal Verma se profundiza en el empleo de WSDL-S para la composición de servicios web semánticos, centrándose en la configuración, definición y adaptación de procesos web semánticos. Además de ofrecer un estado del arte actualizado.*

F. Bobillo, J. Gomez-Romero and R. Pérez-Pérez, "Towards semantic web services: A brief over-view," in *Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2005, 2005: Diversas comparativas sobre la utilización de semántica en la descripción de servicios web. En los artículos anteriores se presentan las características y carencias de distintas iniciativas como OWLS- y WSMO.*

R. Masuoka, Y. Labrou, B. Parsia and E. Sirin, "Ontology-Enabled Pervasive Computing Applications," *IEEE Intelligent Systems, vol. 18, pp. 68-72, 2003: Se presenta el enfoque Task Computing donde se propone uno de los primeros entornos en utilizar semánticas para la composición de servicios web y donde las tareas complejas son creadas a partir de las especificaciones de las entradas y salidas propuestas por el usuario.*

A. Qasem, J. Heflin and H. Muñoz-Avila, "Efficient source discovery and service composition for ubiquitous computing environments," in 2004: *Se propone planificación basada en reglas [49] con HTN junto con razonamiento LCW (Local Closed World) para la composición de servicios entornos de computación ubicua. Emplean LCW para evitar la redundancia de acceso a la información en la composición del servicio.*

J.C. Augusto, C.D. Nugent, "Designing Smart Homes, The role of Artificial Intelligence" 182 pp, 2006: *Libro que trata de recopilar los posibles usos de técnicas de Inteligencia Artificial en Smart Homes, que son uno de los entornos de AmI más estudiados. Entre las técnicas analizadas están el DataMining, el CBR o las Redes Neuronales.*

U. Rutishauser, J. Joller and R. Douglas, "Control and Learning of Ambience by an intelligent building," *IEEE on Systems, Man and Cybernetics: A Special Issue on Ambient Intelligence, pp. 1-12, 2004: En este artículo tratan de determinar las características específicas de los entornos AmI para el aprendizaje, indicando los inconvenientes de cada uno de ellos*

J.C. Augusto, C.D. Nugent, "A New Architecture for Smart Homes Based on ADB and Temporal Reasoning", pp.1-8, 2004 & H. Hagrais, V. Callaghan, M. Colley, G. Clarke, A. Punds-Cornish, H. Duman, "Creating an Ambient-Intelligence Environment Using Embedded Agents", *IEEE Computer Society, pp.12-19, 2004: Estos dos artículos destacan que los grandes proyectos realizados en AmI se han orientado al uso de redes y acceso remoto con cierto control inteligente (generalmente una simple automatización), con escaso uso de herramientas de IA y poco énfasis en el aprendizaje y adaptación.*

J. Li, L. Da-You, Y. Bo, "Smart Home research", pp. 26-29, 2004: *Diversas aplicaciones y proyectos de Smart Home son analizados. Hace una lista de proyectos que son referencia en Smart Homes. En ella aparecen el "Cisco: Internet Home", "Microsoft Research: EasyLiving", "MIT: House of the Future", "Philips: Home of the Near future".*

F. Zhu, M. W. Mutka and L. M. Ni, "Service Discovery in Pervasive Computing Environments," *IEEE Pervasive Computing, vol. 04, pp. 81-90, 2005: En este artículo se realiza una clasificación detallada de los diferentes protocolos de descubrimiento de servicios que agrupándolos en protocolos pull-based y push-based.*

M. Paolucci, T. Kawamura, T. R. Payne and K. P. Sycara, "Semantic matching of web services capabilities," in *ISWC '02: Proceedings of the First International Semantic Web Conference on the Semantic Web, 2002, pp. 333-347: En este artículo se presenta por primera vez un método de emparejamiento semántico basado en signaturas, en donde se describen 4 tipos de emparejamiento.*

A. M. Zaremski and J. M. Wing, "Specification matching of software components," in *SIGSOFT '95: Proceedings of the 3rd ACM SIGSOFT Symposium on Foundations of Software Engineering, 1995, pp. 6-17: En este artículo se presenta un enfoque para emparejamiento basado en especificaciones empleando para ello theorem proving. Para ello infiere reglas generales de tipo subsumption entre expresiones lógicas que describen las pre-condiciones y post-condiciones de los componentes.*

## 11 Bibliografía completa

[1] European Commission IST Advisory Group (ISTAG), "Scenarios for Ambient Intelligence in 2010," Technical Report, EU Commission, 2001.

[2] N. Carretero and A. B. Bermejo, "Inteligencia ambiental," 2005, 2005.

[3] A. Dogac, G. Laleci and Y. Kabak, "A Context Framework for Ambient Intelligence," Proceedings of the eChallenges Conference of the European Commission, pp. 2003-2010, 2003.

[4] M. Friedewald, O. Da Costa, Y. Punie, P. Alahuhta and S. Heinonen, "Perspectives of ambient intelligence in the home environment," *Telematics Inf.*, vol. 22, pp. 221-238, 2005.

[5] P. Remagnino and G. L. Foresti, "Ambient Intelligence: A New Multidisciplinary Paradigm," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, vol. 35, pp. 1-6, January. 2005.

[6] M. Weiser, "The Computer for the 21st century," *Scientific American*, vol. 256, pp. 94-104, 1991.

[7] E. van Loenen, "Ambient intelligence: Philips' vision," Presentation at ITEA, 2003.

[8] M. S. Raisinghani, A. Benoit, J. Ding, M. Gomez, K. Gupta, V. Gusila, D. Power and O. Schmedding, "Ambient Intelligence: Changing Forms of Human-Computer Interaction and their Social Implications," *Journal of Digital Information*, vol. 5, 2004, 2004.

- [9] A. Dey, "Supporting the construction of context-aware applications," Dagstuhl Seminar on Ubiquitous Computing, 09-2001. 2001.
- [10] R. Want, A. Hopper, V. Falcao and J. Gibbons, "The active badge location system," *ACM Trans. Inf. Syst.*, vol. 10, pp. 91-102, 1992.
- [11] W. Roy and H. Andy, "Active Badges and Personal Interactive Computing Objects," *IEEE Transactions of Consumer Electronics*, pp. 91-102, 1992.
- [12] B. N. Schilit and M. M. Theimer, "Disseminating active map information to mobile hosts," *IEEE Network*, vol. 8, pp. 22-32, 1994.
- [13] G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith and P. Steggles, "Towards a better understanding of context and context-awareness," in *HUC '99: Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, 1999, pp. 304-307.
- [14] T. Strang and C. Linnhoff-Popien, "A context modeling survey," in 2004,
- [15] L. Ding, P. Kolari, Z. Ding, S. Avancha, T. Finin and A. Joshi, "Using ontologies in the semantic web: A survey," *UMBC, Tech. Rep. TR-CS-05-07*, July, 2005.
- [16] J. I. Vazquez, "A Reactive Behavioural Model for Context-Aware Semantic Devices," 2007.
- [17] O. Lassila, "Semantic web, quo vadis?" in 2006,
- [18] D. Beckett, "Swad-europe deliverable 3.11: Developer workshop report 4 - workshop on semantic web storage and retrieval," *World Wide Web Consortium*, 2004.
- [19] J. Janecek, "Efficient SOAP processing in embedded systems," in *ECBS '04: Proceedings of the 11th IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'04)*, 2004, pp. 128.
- [20] W. H. Wolf and W. Wolf, *Computers as Components: Principles of Embedded Computing Systems Design*. Morgan Kaufmann, 2001,
- [21] G. B. Machado, F. Siqueira, R. Mittmann and Vieira, Carlos Augusto Vieira e, "Embedded systems integration using web services," in *ICNICONSMCL '06: Proceedings of the International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies (ICNICONSMCL'06)*, 2006, pp. 18.
- [22] F. Zhu, M. W. Mutka and L. M. Ni, "Service Discovery in Pervasive Computing Environments," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, pp. 81-90, 2005.
- [23] J. Nakazawa, H. Tokuda, W. K. Edwards and U. Ramachandran, "A Bridging Framework for Universal Interoperability in Pervasive Systems," *Icdcs*, vol. 00, pp. 3, 2006.
- [24] P. Grace, G. S. Blair and S. Samuel, "ReMMoC: A reflective middleware to support mobile client," in *CoopIS/DOA/ODBASE*, 2003, pp. 1170-1187.
- [25] T. Koponen and T. Virtanen, "A Service Discovery: A Service Broker Approach," *Hicss*, vol. 09, pp. 90284b, 2004.
- [26] Y. Bromberg and V. Issarny, "INDISS: Interoperable discovery system for networked services," in *Middleware*, 2005, pp. 164-183.
- [27] P. G. Raverdy, V. Issarny, R. Chibout and de La Chapelle, Agnes, "A multi-protocol approach to service discovery and access in pervasive environments," in 2006,
- [28] W. Zhao and H. Schulzrinne, "Enhancing service location protocol for efficiency, scalability and advanced discovery," *J. Syst. Softw.*, vol. 75, pp. 193-204, 2005.
- [29] M. Balazinska, H. Balakrishnan and D. Karger, "INS/Twine: A scalable peer-to-peer architecture for intentional resource discovery," in *International Conference on Pervasive Computing 2002*, 2002,
- [30] K. Arabshian and H. Schulzrinne, "GloServ: Global Service Discovery Architecture," *Mobiquitous*, vol. 00, pp. 319-325, 2004.
- [31] J. Liu and V. Issarny, "Signal strength based service discovery (S3D) in mobile ad hoc networks," in 2005,
- [32] F. Zhu, M. Mutka and L. Ni, "PrudentExposure: A Private and User-centric Service Discovery Protocol," *Percom*, vol. 00, pp. 329, 2004.
- [33] S. E. Czerwinski, B. Y. Zhao, T. D. Hodes, A. D. Joseph and R. H. Katz, "An architecture for a secure service discovery service," in *MobiCom '99: Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, 1999, pp. 24-35.
- [34] PLASTIC Project, "Middleware specification and architecture," *Tech. Rep. PLASTIC Deliverable D3.1*, 2007.
- [35] R. Cardoso, S. Ben Mokhtar, A. Urbietta and V. Issarny, "Privacy-aware service discovery for pervasive computing," in *International Middleware Conference 2007 (Middleware 2007)*, 2007,
- [36] M. Paolucci, T. Kawamura, T. R. Payne and K. P. Sycara, "Semantic matching of web services capabilities," in *ISWC '02: Proceedings of the First International Semantic Web Conference on the Semantic Web*, 2002, pp. 333-347.
- [37] K. Sycara, M. Paolucci, A. Ankolekar and N. Srinivasan, "Automated Discovery, Interaction and Composition of Semantic Web Services," *Journal of Web Semantics*, vol. 1, pp. 27-46, 2003.
- [38] S. Majithia, D. W. Walker and W. A. Gray, "A framework for automated service composition in service-oriented architectures," in *ESWS*, 2004, pp. 269-283.
- [39] D. Trastour, C. Bartolini and J. Gonzalez-Castillo, "A semantic web approach to service description for matchmaking of services," in 2001,
- [40] Filho, J. G. P. and M. van Sinderen, "Web service architectures - semantics and context-awareness issues in web services platform," *Telematica Instituut*, 2003.
- [41] A. M. Zaremski and J. M. Wing, "Specification matching of software components," in *SIGSOFT '95: Proceedings of the 3rd ACM SIGSOFT Symposium on Foundations of Software Engineering*, 1995, pp. 6-17.
- [42] E. Sirin, B. Parsia and J. Hendler, "Template-based composition of semantic web services," in 2005,
- [43] K. Sycara, J. Lu, M. Klusch and S. Widoff, "Matchmaking among heterogeneous agents on the internet," in 1999,

- [44] C. Lee and S. Helal, "Context attributes: An approach to enable context-awareness for service discovery," in SAINT '03: Proceedings of the 2003 Symposium on Applications and the Internet, 2003, pp. 22.
- [45] G. Lee, P. Faratin, S. Bauer and J. Wroclawski, "A user-guided cognitive agent for network service selection in pervasive computing environments," in PERCOM '04: Proceedings of the Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'04), 2004, pp. 219.
- [46] G. Chen and D. Kotz, "Solar: An open platform for context-aware mobile applications," in 2002,
- [47] F. Zhu, M. Mutka and L. Ni, "Splendor: A secure, private, and location-aware service discovery protocol supporting mobile services," in PERCOM '03: Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003, pp. 235.
- [48] L. Capra, S. Zachariadis and C. Mascolo, "Q-CAD: QoS and context aware discovery framework for adaptive mobile systems," in Proc. of IEEE Int. Conference on Pervasive Services (ICPS05), San Torini, Greece, 2005, pp. 453-456.
- [49] P. Raverdy, O. Riva, A. d. L. Chapelle, R. Chibout and V. Issarny, "Efficient context-aware service discovery in multi-protocol pervasive environments," in MDM '06: Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Data Management (MDM'06), 2006, pp. 3.
- [50] S. A. McIlraith, T. C. Zeng and H. Zeng, "Semantic Web services," IEEE Intelligent Systems and their Applications, vol. 16, pp. 46-53, 2001.
- [51] D. Fensel and C. Bussler, "The Web Service Modeling Framework WSMF," Electronic Commerce Research and Applications, vol. 1, pp. 113-137, 2002.
- [52] B. Raman and R. H. Katz, "An architecture for highly available wide-area service composition," Computer Communications, vol. 26, pp. 1727-1740, 2003.
- [53] B. Srivastava and J. Koehler, "Planning with Workflows-An Emerging Paradigm for Web Service Composition," ICAPS 2004, 2004.
- [54] D. Chakraborty and A. Joshi, "Dynamic Service Composition: State-of-the-Art and Research Directions," Technical Report TR-CS-01-19, vol. 19, 12-2001. 2001.
- [55] A. Bucchiarone and S. Gnesi, "A survey on services composition languages and models," in International Workshop on Web Services Modeling and Testing (WS-MaTe2006), 2006,
- [56] K. Fujii and T. Suda, "Dynamic service composition using semantic information," in ICSOC '04: Proceedings of the 2nd International Conference on Service Oriented Computing, 2004, pp. 39-48.
- [57] C. Peltz, "Web Services Orchestration and Choreography," Computer, vol. 36, pp. 46-52, 2003.
- [58] C. Peltz, "Web Services Orchestration: a review of emerging technologies, tools and standards," Technical Report, HP Technical White Paper, 01-2003. 2003.
- [59] J. Mendling and M. Muller, "A comparison of BPML and BPEL4WS," in Berliner XML Tage, 2003, pp. 305-316.
- [60] van der Aalst, W.M.P., M. Dumas, A. H. M. ter Hofstede and P. Wohed, "Pattern-Based Analysis of BPML (and WSCI)," QUT Technical Report FIT-TR-2002-05, 2002.
- [61] M. Vallee, F. Ramparany and L. Vercouter, "A multi-agent system for dynamic service composition in ambient intelligence environments," in The 3rd International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2005), 2005, pp. 165-171.
- [62] D. Martin, M. Burstein, J. Hobbs, O. Lassila, D. McDermott, S. McIlraith, S. Narayanan, M. Paolucci, B. Parsia and T. Payne, "OWL-S: Semantic Markup for Web Services," W3C Member Submission, vol. 22, 2004.
- [63] D. Roman, H. Lausen and U. Keller, "Web service modeling ontology standard (WSMO-standard)," Working Draft D2v0, vol. 2, 2004.
- [64] J. Domingue, L. Cabral, F. Hakimpour, D. Sell and E. Motta, "IRS-III: A Platform and Infrastructure for Creating WSMO-based Semantic Web Services," Proc.of the Workshop on WSMO Implementations, 09-2004. 2004.
- [65] S. Battle, A. Bernstein, H. Boley, B. Groszof, M. Gruninger, R. Hull, M. Kifer, D. Martin, S. McIlraith and D. McGuinness, "Semantic Web Services Framework (SWSF)," W3C Member Submission, vol. 9, 2005.
- [66] R. Akkiraju, J. Farrell, J. Miller, M. Nagarajan, M. Schmidt, A. Sheth and K. Verma, "Web Service Semantics-WSDL-S," A Joint UGA-IBM Technical Note, Version, vol. 1, 2005.
- [67] R. Aggarwal, "Semantic web services languages and technologies: Comparison and discussion," Technical Report LSDIS Lab, University of Georgia, 2004.
- [68] K. Verma, "Configuration and adaptation of semantic web processes," 06-2006. 2006.
- [69] F. Bobillo, J. Gomez-Romero and R. Pérez-Pérez, "Towards semantic web services: A brief over-view," in Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2005, 2005
- [70] M. P. Papazoglou, P. Traverso, S. Dustdar, F. Leymann and B. J. Krüger, "Service-oriented computing: A research roadmap," in Service Oriented Computing (SOC); Dagstuhl Seminar Proceedings, 2006,
- [71] S. Ben Mokhtar, D. Fournier, N. Georgantas and V. Issarny, "Context-aware service composition in pervasive computing environments." in RISE, 2005, pp. 129-144.
- [72] M. Vukovic and P. Robinson, "Adaptive, planning based, web service composition for context awareness," Proceedings of the Second International Conference on Pervasive Computing, 2004.
- [73] S. K. Mostefaoui, A. Tafat-Bouزيد and B. Hirsbrunner, "Using Context Information for Service Discovery and Composition," IWAS'03, vol. 3, pp. 15-17, 2003.
- [74] M. Sheshagiri, N. M. Sadeh and F. Gandon, "Using Semantic Web Services for Context-Aware Mobile Applications," MobiSys 2004 Workshop on Context Awareness, 2004.

- [75] S. Ben Mokhtar, N. Georgantas and V. Issarny, "Cocoa: Conversation-based service composition in pervasive computing environments," ICPS'06, 2006.
- [76] A. Ranganathan and R. H. Campbell, "Autonomic pervasive computing based on planning," International Conference on Autonomic Computing, 2004.Proceedings, pp. 80-87, 2004.
- [77] R. Masuoka, Y. Labrou, B. Parsia and E. Sirin, "Ontology-Enabled Pervasive Computing Applications." IEEE Intelligent Systems, vol. 18, pp. 68-72, 2003.
- [78] Q. Ni, "Service composition in ontology enabled service oriented architecture for pervasive computing," in 2005,
- [79] A. Qasem, J. Heflin and H. Muñoz-Avila, "Efficient source discovery and service composition for ubiquitous computing environments," in 2004,
- [80] M. Frodigh, P. Johansson and P. Larsson, "Wireless ad hoc networking-The art of networking without a network," Ericsson Review, vol. 4, pp. 248-263, 2000.
- [81] Wikipedia, "List of ad-hoc routing protocols," vol. 2007, February 2007. 2007.
- [82] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector routing (DSDV) for mobile computers," Proceedings of the Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications, pp. 234-244, 1994.
- [83] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," 1999.
- [84] D. B. Johnson, "Routing in ad hoc networks of mobile hosts," in 1994, pp. 158-163.
- [85] L. Qiu, Z. Shi and F. Lin, "Context optimization of AI planning for services composition," in ICEBE '06: Proceedings of the IEEE International Conference on e-Business Engineering, 2006, pp. 610-617.
- [86] L. Susperregi, I. Maurtua, C. Tubío, M. A. Pérez, I. Segovia and B. Sierra, "Una arquitectura multiagente para un Laboratorio de inteligencia ambiental en Fabricación," DESMA-2004, 2004.
- [87] H. Hagra, V. Callaghan, M. Colley, G. Clarke, A. Pounds-Cornish and H. Duman, "Creating an Ambient-Intelligence Environment Using Embedded Agents," IEEE Intelligent Systems, vol. 19, pp. 12-20, November/December. 2004.
- [88] U. Rutishauser, J. Joller and R. Douglas, "Control and Learning of Ambience by an intelligent building," IEEE on Systems, Man and Cybernetics: A Special Issue on Ambient Intelligence, pp. 1-12, 2004.
- [89] A. López, L. Sánchez, F. Doctor, H. Hagra and V. Callaghan, "An Evolutionary Algorithm for the Off-Line Data Driven Generation of Fuzzy Controllers for Intelligent Buildings," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 1, pp. 42-47, 2004.
- [90] E. Aarts, "Ambient Intelligence: A Multimedia Perspective," Visions and Views, pp. 12-19, January-March. 2004.
- [91] G. Acampora and V. Loia, "Using Fuzzy Technology in ambient intelligence environments," IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pp. 465-470, 2005.
- [92] F. Doctor, H. Hagra and V. Callaghan, "A fuzzy Embedded Agent-Based Approach for realizing Ambient Intelligence in Intelligent Inhabited Environments," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 35, pp. 55-65, January. 2005.
- [93] M. C. Mozer, R. H. Dodier, M. Anderson, L. Vidmar, R. F. Cruickshank and D. Miller, "The neural network: an overview," pp. 1-9, 1995.
- [94] M. Chan, C. Hariton, P. Ringard and E. Campo, "Smart house automation system for the elderly and the disabled," in Part 2 (of 5), 1995, pp. 1586-1589.
- [95] S. K. Das and D. J. Cook, "Designing and modeling smart environments," in WoWMoM 2006: 2006 International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2006, pp. 490-494.
- [96] N. M. Sadeh, F. Gandon and O. B. Kwon, "Ambient intelligence: The MyCampus experience," Carnegie Mellon University Technical Report CMU-ISRI-05-123. June, Tech. Rep. CMU-ISRI-05-123, 2005.
- [97] N. Kushwaha, M. Kim, D. Y. Kim and W. Cho, "An intelligent agent for ubiquitous computing environments: Smart home UT-AGENT," in Proceedings - Second IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded and Ubiquitous Systems, 2004, pp. 157-159.
- [98] M. Galushka, D. Patterson and N. Rooney, "Temporal data mining for smart homes," in Designing Smart Homes. the Role of Artificial Intelligence Anonymous Springer-Verlag, 2006, pp. 85-108.
- [99] D. Leake, A. Maguitman and T. Reichherzer, "Cases, context, and comfort: Opportunities for case-based reasoning in smart homes," in Designing Smart Homes. the Role of Artificial Intelligence Anonymous Springer-Verlag, 2006, pp. 109-31.
- [100] O. Lassila and M. Adler, "Semantic gadgets: Ubiquitous computing meets the semantic web." in Spinning the Semantic Web, 2003, pp. 363-376.
- [101] E. Aarts, The New Everyday. Views on Ambient Intelligence. Uitgeverij 010 Publishers, 2003,
- [102] M. van Doorn and A. P. de Vries, "Co-Creation in Ambient Narratives," Ambient Intelligence in Everyday Life. LNAI 3864, pp. 103-129, 2006.



**CRITERIO 1.- Cualificación científico-tecnológica del proyecto: Interés científico y económico, originalidad y carácter innovador de la propuesta, adecuación de la metodología y técnicas instrumentales**

**HIPÓTESIS**

Los dispositivos de computación y comunicación empotrados están empezando a poblar nuestros entornos de trabajo, hogar y “vida” en general. Sin embargo, todos estos dispositivos actualmente tienden a realizar tareas autónomas de propósito específico sin tener en cuenta qué otros dispositivos hay alrededor. La colaboración entre los dispositivos empotrados que nos rodean en nuestras actividades cotidianas podría dar lugar a un soporte mucho más sofisticado e integral de nuestros quehaceres diarios, haciendo realidad la visión de la Inteligencia Ambiental, esto es, el ser humano es el centro de todo y la tecnología sensorial y de actuación le asiste para mejorar y facilitar su vida.

El hecho de utilizar un conjunto de dispositivos empotrados con capacidad de comunicación inalámbrica desperdigados por un entorno, para aportar un mayor nivel de inteligencia al mismo, provoca un conjunto de retos de investigación muy desafiantes y poco o nada tratados en previos trabajos de investigación, como se justifica en el estado del arte:

- Añadir inteligencia (razonamiento, aprendizaje y cooperación) a dispositivos empotrados de limitada capacidad de computación y comunicación.
- Enfoque absolutamente distribuido donde no hay un controlador central o maestro que coordina las actividades del resto de dispositivos.
- Soporte de redes ad-hoc donde nuevos dispositivos pueden aparecer y desaparecer continuamente, dando lugar a la aparición y desaparición de nuevas composiciones funcionales de servicios ofrecidos por diferentes dispositivos.
- Necesidad de aplicar el potente y flexible pero computacionalmente costoso modelo semántico a los dispositivos empotrados.
- Aplicación de las propiedades esenciales de Autonomic Computing (self-configuration, self-healing, self-optimisation, self-protection) en una plataforma empotrada semántica, para así mejorar la autonomía, flexibilidad e inteligencia de estos sistemas.

## FINALIDAD:

El proyecto ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices) tiene por objeto proporcionar la infraestructura que facilite el desarrollo y despliegue de entornos inteligentes cooperativos equipados por un ecosistema de dispositivos empotrados.

## OBJETIVOS GENERALES Y OPERATIVOS

Los objetivos generales de este proyecto serán:

- Añadir inteligencia mediante razonamiento y aprendizaje a los dispositivos empotrados que nos rodean en los entornos que ocupamos en nuestros quehaceres diarios.
- Permitir el descubrimiento y cooperación (coreografía) de los servicios ofrecidos por estos diversos dispositivos para definir nuevos servicios lógicos compuestos que encadenan y coordinan la funcionalidad de dispositivos individuales.
- Crear una plataforma middleware que permita la cooperación y un comportamiento inteligente en entornos poblados por infinidad de dispositivos empotrados con capacidad de comunicación.

Los objetivos operativos de este proyecto serán:

- Crear un middleware básico integrable en un gran abanico de dispositivos empotrados
- Definir dentro del middleware un módulo central de modelado semántico que permita la compartición y consulta de conocimiento disponible en nodos distribuidos como si se tratara de un repositorio central único de conocimiento (TupleSpace semántico)
- Definir dentro del middleware un módulo de descubrimiento de servicios, donde un servicio puede corresponder tanto a funcionalidad de actuación como sensorización sobre el entorno, en entornos distribuidos empotrados con comunicación ad-hoc.
- Definir dentro del middleware un módulo de razonamiento adaptativo capaz de realizar inferencias para así poder ofrecer un comportamiento al estilo Autonomic Computing del ecosistema de dispositivos empotrados que puebla un entorno.
- Definir dentro del middleware un módulo de aprendizaje capaz de nutrir al módulo de razonamiento de nuevas reglas y de refinar reglas existentes.
- Definir dentro del middleware un módulo de composición de servicios capaz de proporcionar y monitorizar de manera continua la sugestión de nuevos servicios compuestos concatenando y adaptando los inputs y outputs de diferentes servicios para crear servicios lógicos agregados de mayor interés.

**CRITERIO 1.- Cualificación científico-tecnológica del proyecto: Interés científico y económico, originalidad y carácter innovador de la propuesta, adecuación de la metodología y técnicas instrumentales****INTERÉS DEL PROYECTO**

La visión de la computación ubicua define un entorno donde los recursos computacionales y de red son parte del entorno, permitiendo a los usuarios acceder a la información y a los recursos computacionales desde cualquier sitio y en cualquier momento siempre teniendo al usuario como factor principal, siendo la interacción con el sistema intuitiva, agradable y natural. Los usuarios móviles forman parte de estos entornos, llevando con ellos sus pequeños dispositivos personales que se integran con la infraestructura existente. La configuración del entorno es altamente abierta y dinámica, ya que cada dispositivo del entorno emplea tecnologías y protocolos de comunicación completamente diferentes y no compatibles en la actualidad.

Pero estos entornos deben de ser capaces de soportar despliegues y ejecuciones *ad-hoc* que integren los dispositivos hardware y software disponibles en cualquier lugar y momento. Conseguir esto es solo posible cuando los recursos están organizados como componentes de red autónomos, y para ello, es necesario disponer de mecanismos que permitan descubrir todos los tipos de servicios y dispositivos de diferentes protocolos que se encuentran en el entorno, para así poder interactuar con ellos. Además del descubrimiento, es necesario disponer de herramientas que permitan seleccionar aquellos servicios, dispositivos u operaciones que más se ajusten a las necesidades solicitadas y adecuarse a las costumbres del usuario. Son varios los intereses científicos de la investigación en este campo:

- El **emparejamiento entre los servicios anunciados** y los servicios solicitados ha sido clásicamente abordado mediante la evaluación del emparejamiento sintáctico de las propiedades funcionales y las no funcionales. No obstante, para un correcto emparejamiento entre descripciones sintácticas es necesario que las partes implicadas empleen la misma terminología para definir las cosas y esto en entornos abiertos resulta difícilmente alcanzable. Para resolver el problema de las descripciones sintácticas es necesario disponer de **niveles de abstracción más elevados**, para así describir la semántica del servicio y el contexto, que sean independientes de las descripciones sintácticas de bajo nivel específicas de las tecnologías que se están empleando y una de las herramientas que pueden ayudar a conseguir esto son las tecnologías de la Web semántica y los servicios Web semánticos.
- **La composición de servicios** tiene como objetivo la construcción de tareas complejas basándose en los servicios disponibles ofertados por el entorno y que no pueden satisfacer por separado las necesidades del usuario del entorno. Primeramente, las soluciones existentes en la actualidad pueden ser aplicadas con dificultad a entornos formados por dispositivos dinámicos. Estas soluciones se fundamentan en la existencia de un punto de central de gestión de todo el entorno y de la suposición de que el entorno es fundamentalmente estático. Sin embargo, los entornos de Inteligencia Ambiental pueden estar constituidos por redes de dispositivos que cambien dinámicamente en el tiempo.

Este tipo de entornos dinámicos se caracterizan por estar formados por dispositivos que se mueven, desaparecen, o son cambiados por otros sin previo aviso. Como resultado de esto es necesario el desarrollo de nuevas técnicas que permitan la aplicación de técnicas de composición a estos entornos. Las soluciones existentes para la composición, tanto automáticas como semi-automáticas, entre las que se encuentran aquellas basadas en workflow o en técnicas de planificación automática. De entre estas dos técnicas se cree que aquellas basadas en algoritmos de planificación de Inteligencia Artificial son las más adecuadas para su aplicación en entornos de Inteligencia Ambiental, porque descargan al usuario de aquellas las tareas de composición y selección de los dispositivos implicados. Sin embargo, debido a las características de este tipo de entornos, que han sido comentadas anteriormente, estas técnicas deben adecuarse al entorno. Además, estos entornos pueden estar compuestos por dispositivos con poca capacidad de computación, por lo tanto la aplicación directa de las técnicas de composición no puede ser muy adecuada. Por lo tanto, el desarrollo de técnicas de **planificación** en las que participen varios dispositivos de forma **colaborativa** puede ser más adecuada debido a la naturaleza de estos entornos.

Otro aspecto que se ve afectado por la naturaleza dinámica de estos entornos es la comunicación entre los dispositivos. Estas redes no suelen tener una infraestructura de comunicación fija, debido a la movilidad de los dispositivos, por lo tanto, es necesario adecuar los algoritmos de composición a estas comunicaciones. La elección correcta de los dispositivos implicados en la composición, así como en la ejecución de la tarea compuesta será crucial para garantizar que el proceso pueda llevarse a cabo de la mejor forma posible. Es necesario por lo tanto el desarrollo de técnicas que permitan determinar que dispositivos intervienen en la composición y que datos son intercambiados entre los mismo, de forma que se **minimice el intercambio de mensajes** en la red.

Por otro lado, la aplicación de las técnicas de composición puede beneficiarse de la aplicación de la Web Semántica. La **utilización de ontologías** para la descripción de dispositivos permitirá mejorar los procesos de descubrimiento y composición de dispositivos. En la actualidad existen varias propuestas para la descripción semántica de servicios, siendo la más conocida OWL-S, que es una ontología para servicios Web construida en OWL. Hasta ahora, la mayor aplicación de estas tecnologías se ha restringido a entornos formados por dispositivos potentes y que pueden razonar sin límites de recursos. Sin embargo, la aplicación de la semántica en entorno de Inteligencia Ambiental, formados por dispositivos menos potentes podrá necesitar el desarrollo de una ontología reducida que permita aplicar **razonamiento semántico** pero adecuado a las capacidades de computación y recursos disponibles en el entorno.

- **El aprendizaje de las preferencias del usuario** en AmI mediante técnicas que lo hagan de forma automática es fundamental, ya que programarlo manualmente es casi imposible y además resultaría muy costoso. La importancia del aprendizaje se explica por ser el usuario **el centro** de todo dentro de la computación ubicua. Es necesario determinar qué servicios ofrecerle, en que tipo de dispositivos ofrecer tales servicios, etc., estando siempre de acuerdo a las preferencias o hábitos del usuario. Por tanto, es necesario **aprender esas preferencias** del usuario mediante técnicas que lo hagan de forma automática. Muchos autores han propuesto técnicas como Data Mining o Case-based Reasoning para la extracción de tales perfiles de usuario. Aún siendo una necesidad evidente, una gran mayoría de los proyectos de inteligencia ambiental actuales no han hecho gran énfasis en ello.

Además de poder determinar qué servicios y en qué dispositivos se ofrecerán al usuario, hay que ser consciente de que la aparición de nuevos servicios o nuevos dispositivos pueden hacer que los gustos o los hábitos de los mismos cambien, por lo que la adaptación continua es otra de las características esenciales que tienen que poseer los perfiles de usuario. Para ello, primero es necesario detectar comportamientos anómalos y luego detectar cuál es el nuevo comportamiento. En la actualidad existen varias propuestas para la detección de estas anomalías, siendo el Case-based Reasoning una de las principales.

En definitiva, el proyecto ISMED proporcionará la infraestructura software inteligente y adaptativa necesaria para permitir: a) el **descubrimiento de servicios provistos por dispositivos empotrados con capacidad de comunicación inalámbrica** que son cada vez más comunes en entornos tanto industriales como del hogar; b) la **composición de servicios más sofisticados a partir de los servicios individuales primitivos provistos por los dispositivos individualmente**; c) el **razonamiento semántico que permita la adaptación continua en base a reglas del entorno a las preferencias y necesidades de los usuarios presentes en el mismo**; y d) el **aprendizaje, para permitir que el entorno sea capaz de ir aprendiendo de los comportamientos y hábitos de los usuarios, generando y adaptando las reglas de comportamiento existentes**, para así de la manera más autónoma posible seguir satisfaciendo a los usuarios, incluso cuando éstos van cambiando sus preferencias con el tiempo. Gracias a ISMED la visión de la Inteligencia Ambiental podrá ser desplegada en nuestros entornos de trabajo y ocio, proveyendo los beneficios en términos de eficiencia de nuestras actividades cotidianas, permitiéndonos “hacer más por menos esfuerzo”.

## METODOLOGÍA

El proyecto ISMED está compuesto por 6 fases principales. Aunque el responsable de cada fase sea una de las universidades (Mondragón o Deusto), la naturaleza cooperativa del proyecto implica que de hecho muchas de las tareas componentes de una fase estén compartidas por ambas universidades. Entre paréntesis se ha especificado si intervienen las dos entidades o una única en cada fase.

### **F1: Coordinación y gestión (Deusto y Mondragón – responsable Deusto)**

El coordinador del proyecto global es el investigador principal del subproyecto de Deusto; es responsable tanto del desarrollo de las actividades asignadas a su subproyecto como de la coordinación del proyecto global y es responsable de su seguimiento y de su coordinación científica.

La dependencia entre subproyectos y el flujo de información entre actividades requiere que haya un contacto permanente entre ambos grupos de trabajo. Se realizarán reuniones con periodicidad **bimensual**, independientemente de que, para la eficaz ejecución del proyecto, el coordinador pueda convocar las reuniones adicionales que estime necesarias. Así mismo, se realizará el seguimiento de los entregables. Por otro parte, se hará uso de una herramienta de trabajo cooperativo (CSCW), que permita la compartición tanto de documentación como código del proyecto entre ambas organizaciones.

### **F2: Análisis del Estado del Arte (Deusto y Mondragón – responsable Mondragón)**

En esta fase se realizará un análisis del estado del arte global en detalle. Dada la complejidad de los problemas que pretende resolver ISMED, en un primer momento se realizará un estudio por cada área tecnológica que va a abordar:

- Aprendizaje (Mondragón y Deusto)
- Composición de servicios con técnicas de planificación y workflow (Deusto y Mondragón)
- Descubrimiento de servicios/dispositivos semánticos y no (Mondragón y Deusto)
- Razonamiento de dispositivos semánticos (Deusto y Mondragón)

En un segundo lugar y con el objetivo de agrupar los estudios anteriores, se realizará conjuntamente (Deusto y Mondragón) un análisis de interdependencias entre las líneas temáticas del proyecto. En tercer lugar, también conjuntamente (Deusto y Mondragón), se realizará la elección de tecnologías y técnicas a aplicar en el proyecto. Por último, se realizará un documento entregable incluyendo el estado del arte, la selección del conjunto de tecnologías a utilizar y, más importante, una Especificación de los Requisitos Software que debe cumplir el middleware global y cada uno de los módulos componentes.

### **F3: Diseño del Sistema (Deusto y Mondragón – responsable Deusto)**

El objetivo de esta fase consiste en diseñar la arquitectura global del proyecto. Para ello, en primer lugar se realizará conjuntamente (Deusto y Mondragón) un análisis de requisitos funcionales y no funcionales, teniendo en cuenta las particularidades de entornos ad-hoc y empotrados. En segundo lugar, se diseñará, esto también conjuntamente, el módulo de modelado semántico del sistema, que representa el componente central integrador de los diferentes componentes del sistema: aprendizaje, descubrimiento, composición y razonamiento.

Una vez planteado el contexto general se procederá al diseño de cada módulo componente del middleware semántico empotrable a realizar:

- Diseño del módulo de descubrimiento (Deusto y Mondragón)
- Diseño del módulo de composición de servicios (Deusto y Mondragón)
- Diseño del módulo de razonamiento (Deusto y Mondragón)
- Diseño del módulo de aprendizaje (Mondragón y Deusto)
- Diseño del módulo central de modelado semántico (Deusto y Mondragón)

En cada sub-apartado de diseño se realizará un entregable donde se muestren las especificaciones de diseño: General, módulo de descubrimiento, módulo de composición, módulo de razonamiento y módulo de aprendizaje.

**F4: Implementación del Sistema (Deusto y Mondragón – responsable Mondragón)**

Esta fase está orientada a la implementación del diseño efectuado en la fase 3. Como se puede apreciar, la tarea está dividida prácticamente en los mismos puntos en los que está dividida la tarea de diseño. La primera de ellas consiste en la implementación del módulo central de modelado semántico en el que se apoyan para su funcionamiento el resto de módulos:

- Implementación del módulo central de modelado semántico (Deusto y Mondragón)
- Implementación del módulo de descubrimiento (Mondragón y Deusto)
- Implementación del módulo de composición (Deusto y Mondragón)
- Implementación del módulo de razonamiento (Deusto)
- Implementación del módulo de aprendizaje (Mondragón)
- Integración de los diferentes módulos del sistema (Deusto y Mondragón).

En cada sub-apartado de implementación se realizará un manual de usuario: módulo de modelado semántico, módulo de descubrimiento, módulo de composición, módulo de razonamiento y módulo de aprendizaje.

**F5: Pruebas y Validación (Deusto y Mondragón – responsable Deusto)**

En esta fase se procederá a la realización de las pruebas de unidad de cada módulo del sistema y a la integración del mismo que permitirá determinar si el middleware resultante hace honor a las especificaciones del sistema resultantes de la fase 2 y que fueron diseñadas durante la fase 3. La prueba de integración global del sistema consistirá en la evaluación de las capacidades del sistema para llevar a cabo un escenario definido como tarea inicial de esta fase. No solamente se persigue asegurarse que el sistema funcione de manera integral correctamente si no que lo haga de una manera lo más eficiente posible. Como resultado de estas pruebas se procederá a la modificación de parte de la implementación para resolver las incidencias funcionales y de rendimiento detectadas.

Como resultado de las pruebas de validación realizadas se elaborará un informe que resuma los resultados obtenidos. Además, se obtendrá una segunda versión funcional más eficiente y robusta del middleware.

**F6: Diseminación de Resultados (Deusto y Mondragón – responsable Mondragón)**

La diseminación de los resultados del proyecto consistirá en la realización de las siguientes tareas:

- Elaboración de un portal web en el que se publiquen los entregables del proyecto ISMED: documentación y código fuente bajo una licencia open source a determinar.
- Participación en varias conferencias internacionales de impacto. Como reto nos marcamos obtener al menos:
  - 1 publicación en conferencia de referencia por cada módulo del sistema
  - 1 publicación en una revista/journal con la arquitectura global del sistema
- Organización de un workshop (bien en la Universidad de Deusto (UD) o Mondragón Goi Eskola Politeknikoa (MGEP)) en el que se presenten públicamente los resultados del proyecto.

**CRITERIO 1.- Cualificación científico-tecnológica del proyecto: Interés científico y económico, originalidad y carácter innovador de la propuesta, adecuación de la metodología y técnicas instrumentales**

**INSTALACIONES, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO:**

La Universidad de Deusto dispone de un laboratorio para la experimentación y el desarrollo de aplicaciones de Inteligencia Ambiental, denominado SmartLab (<http://www.smartlab.deusto.es>), que cubrirá buena parte de la infraestructura necesaria para la realización del presente proyecto de investigación. Dicho laboratorio cuenta con diverso equipamiento como sistemas de localización indoors basados en UWB (Ultra Wide Band), sistemas domóticos, sistemas de identificación biométrica, diversos dispositivos y objetos sensorizados, pantallas táctiles, sistemas de realidad aumentada, etc.

Este laboratorio constituye un lugar ideal para el despliegue y la experimentación de los resultados objeto del proyecto de investigación. Del mismo modo se dispone de protocolos y procedimientos de evaluación y validación de sistemas de Inteligencia Ambiental, que se aplicarán asimismo a los resultados del proyecto para certificar su idoneidad.

**OTROS MEDIOS NECESARIOS NO DISPONIBLES:**

(se deberá JUSTIFICAR claramente la necesidad de la adquisición de todo el material inventariable que se solicita en ANEXO 2 - 9, 10 y 11 para la ejecución del proyecto)

Precediendo a la justificación de cada aparato ponga la marca **A** si es imprescindible para la realización del proyecto, ponga la marca **B** si sólo es importante y ponga la marca **C** si sólo es conveniente. Acompañe siempre el presupuesto proporcionado por una casa comercial.

1. KIT DE 4 GUMSTIX CONNEX 400XM, con WIFISTIX, cargadores y cables. 1.071,83 \$. Tipo A. Está será una de las microplataformas hardware sobre la que se desplegarán los sistemas desarrollados en el proyecto. Una familia de dispositivos inteligentes estará soportada por este tipo de plataforma, que proporciona un equilibrio apropiado entre tamaño y potencia de cómputo (necesaria para la parte de razonamiento embebido). Los módulos WIFISTIX proporcionan la capacidad de comunicación WiFi a estas plataformas para que se puedan comunicar entre sí.
2. KIT IMOTE2 BUILDER WSN-IMOTE2.BUILDER. 1.095,00 €. Tipo A. Está será otra de las plataformas hardware sobre la que se desplegarán los sistemas desarrollados en el proyecto. Consisten en una serie de nodos de redes de sensores de segunda generación IMote2, dotados de comunicaciones Zigbee y una potencia de computación más limitada que los GUMSTIX, lo que permitirá evaluar el rendimiento de los sistemas desarrollados en plataformas donde la eficiencia energética es más crítica.
3. WSN-OEM2400CA - MICAZ OEM DESIGN KIT, 2.4GHz. 4.100,00 €. Tipo A. Está será la última variante de plataforma hardware para desplegar los resultados del proyecto. Permite el desarrollo de sistemas de sensores basados en MicaZ con Zigbee, con un factor de forma comercial. Este kit de desarrollo permitiría diseñar prototipos industriales de los desarrollos basados en nodos de redes de sensores MicaZ, que es una familia más limitada computacionalmente que la IMote2, pero más cercana al ámbito industrial.
4. TEK TLA5201 analizador lógico. Tipo A. Durante el diseño e implementación del sistema hay que preparar la plataforma hardware donde se desplegará el software desarrollado. El analizador lógico es un instrumento clave para el debugo de dicha plataforma hardware.

Algo importante a reseñar es que se adquirirán dos copias de esta infraestructura, una para la Universidad de Deusto (UD) y otra para la Mondragón Goi Eskola Politeknikoa (MGEP).





ANEXO 2 – 6-2

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 2.- Plan de gestión del proyecto**

**DESCRIPCIÓN Y ASIGNACIÓN DE TAREAS:** Cada una de las tareas ligadas a cada uno de los objetivos deben ser descritas escueta y precisamente, asignando a cada una de ellas el número de horas que cada una de las personas concretas del proyecto (incluyendo al becario/colaborador) va a dedicar a cada tarea. Se deben hacer tantos cuadros como objetivos tenga el proyecto. Se deben añadir tantas líneas como hagan falta para cada objetivo en las que consten todas las tareas; y tantas líneas para cada tarea como investigadores trabajen en ella; De cada investigador se indicará el nombre y dedicación horaria anual a la tarea. La descripción de cada tarea se redactará en la celda que resulte de combinar las celdas de la columna de descripción de tarea correspondientes a los investigadores asignados a dicha tarea. Ver ejemplo 1.

**HORAS DE DEDICACIÓN DEL I.P. A LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO (Horas/año):** 450

**NOTA:** Lo referido como Fase en Anexo 2.4 es ahora referido como Objetivo.

<b>OBJETIVO 1:</b> Coordinación y Gestión			
<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA TAREA</b>	<b>INVESTIGADOR/ES ASIGNADO/S</b>	<b>horas año</b>
Nº 1	Seguimiento de Actividades – AÑO 1	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	300
		Guillermo Barrutieta Anduiza	300
Nº 1	Seguimiento de Actividades – AÑO 2	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	300
		Guillermo Barrutieta Anduiza	300
Nº 1	Seguimiento de Actividades – AÑO 3	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	300
		Guillermo Barrutieta Anduiza	300
Nº 2	Reuniones bimensuales – AÑO 1	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	30
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	30
		Unai Aguilera Irazabal	30
		Iker Larizgoitia Abad	30
		Colaborador UD	30
		Guillermo Barrutieta Anduiza	30
		Eñaut Muxika Olasagasti	30
		Carlos Gómez Díez	15
		Miren Illarramendi Rezabal	15
		Colaborador MGEP	30
Nº 2	Reuniones bimensuales – AÑO 2	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	30
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	30
		Unai Aguilera Irazabal	30
		Iker Larizgoitia Abad	30
		Colaborador UD	30
		Guillermo Barrutieta Anduiza	30
		Eñaut Muxika Olasagasti	30
		Carlos Gómez Díez	15
		Miren Illarramendi Rezabal	15
		Colaborador MGEP	30
Nº 2	Reuniones bimensuales – AÑO 3	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	30
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	30
		Unai Aguilera Irazabal	30
		Iker Larizgoitia Abad	30
		Colaborador UD	30
		Guillermo Barrutieta Anduiza	30
		Eñaut Muxika Olasagasti	30
		Carlos Gómez Díez	15
Miren Illarramendi Rezabal	15		

		Colaborador MGEP	30
Nº 3	Revisión de Entregables – AÑO 1	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	120
		Guillermo Barrutieta Anduiza	150
Nº 3	Revisión de Entregables – AÑO 2	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	120
		Guillermo Barrutieta Anduiza	120
Nº 3	Revisión de Entregables – AÑO 3	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	120
		Guillermo Barrutieta Anduiza	120

<b>OBJETIVO 2:</b> Análisis del Estado del Arte y Especificación de Requisitos			
<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA TAREA</b>	<b>INVESTIGADOR/ES ASIGNADO/S</b>	<b>horas año</b>
Nº 1	Estado del Arte en Descubrimiento	Iker Larizgoitia Abad	100
		Colaborador UD	150
		Colaborador MGEP	200
Nº 2	Estado del Arte en Composición	Unai Aguilera Irazabal	90
		Colaborador UD	150
		Colaborador MGEP	200
Nº 3	Estado del Arte en Razonamiento	Juan Ignacio Vázquez Gómez	150
		Unai Aguilera Irazabal	40
		Colaborador UD	225
		Colaborador MGEP	210
Nº 4	Estado del Arte en Aprendizaje	Iker Larizgoitia Abad	100
		Colaborador UD	100
		Colaborador MGEP	220
Nº 5	Análisis de Interdependencias y Elección de Tecnologías	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	50
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	100
		Unai Aguilera Irazabal	40
		Iker Larizgoitia Abad	100
		Colaborador UD	225
		Guillermo Barrutieta Anduiza	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	200
		Carlos Gómez Díez	100
		Miren Illarramendi Rezabal	200
Colaborador MGEP	50		
Nº 6	Elaboración de Especificación Requisitos Funcionales y No Funcionales del Sistema	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	35
		Unai Aguilera Irazabal	25
		Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	120
		Guillermo Barrutieta Anduiza	50
		Carlos Gómez Díez	100
		Miren Illarramendi Rezabal	205
Colaborador MGEP	50		

<b>OBJETIVO 3:</b> Diseño del Sistema			
<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA TAREA</b>	<b>INVESTIGADOR/ES ASIGNADO/S</b>	<b>horas año</b>
Nº 1	Diseño del Módulo de Descubrimiento	Iker Larizgoitia Abad	100
		Colaborador UD	200
		Colaborador MGEP	220
Nº 2	Diseño del Módulo de Composición	Unai Aguilera Irazabal	90
		Colaborador UD	225
		Colaborador MGEP	220
Nº 3	Diseño del Módulo de Razonamiento	Juan Ignacio Vázquez Gómez	150
		Unai Aguilera Irazabal	25
		Colaborador UD	275
		Colaborador MGEP	300
Nº 4	Diseño del Módulo de Aprendizaje	Iker Larizgoitia Abad	100
		Colaborador UD	250
		Colaborador MGEP	290
Nº 5	Estudio del Arte y Diseño del Módulo Central de Modelado Semántico	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	100
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	100
		Guillermo Barrutieta Anduiza	50

		Eñaut Muxika Olasagasti	100
		Carlos Gómez Díez	50
		Miren Illarramendi Rezabal	80
Nº 6	Elaboración del Documento de Diseño del Sistema	Juan Ignacio Vázquez Gómez	100
		Eñaut Muxika Olasagasti	100
		Carlos Gómez Díez	50
		Miren Illarramendi Rezabal	90
		Unai Aguilera Irazabal	50
		Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	100
		Colaborador MGEP	100

<b>OBJETIVO 4:</b> Implementación del Sistema			
<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA TAREA</b>	<b>INVESTIGADOR/ES ASIGNADO/S</b>	<b>horas año</b>
Nº 1	Implementación del Módulo Central de Modelado Semántico	Juan Ignacio Vázquez Gómez	100
		Eñaut Muxika Olasagasti	100
		Carlos Gómez Díez	25
		Miren Illarramendi Rezabal	90
		Unai Aguilera Irazabal	50
		Colaborador UD	200
		Colaborador MGEP	200
Nº 2	Implementación del Módulo de Descubrimiento	Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	245
		Colaborador MGEP	200
Nº 3	Implementación del Módulo de Composición	Unai Aguilera Irazabal	50
		Colaborador UD	225
		Colaborador MGEP	200
Nº 4	Implementación del Módulo de Razonamiento	Juan Ignacio Vázquez Gómez	100
		Unai Aguilera Irazabal	50
		Colaborador UD	200
		Colaborador MGEP	200
Nº 5	Diseño del Módulo de Aprendizaje	Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	250
		Colaborador MGEP	290
Nº 6	Documentación de la Implementación y Manuales de Usuario	Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	100
		Carlos Gómez Díez	25
		Miren Illarramendi Rezabal	75
		Unai Aguilera Irazabal	50
		Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	200
		Colaborador MGEP	190
Nº 7	Elaboración del Documento de Diseño del Sistema	Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	200
		Carlos Gómez Díez	35
		Miren Illarramendi Rezabal	100
		Unai Aguilera Irazabal	100
		Iker Larizgoitia Abad	100
		Colaborador UD	500
		Colaborador MGEP	500

<b>OBJETIVO 5:</b> Pruebas y Validación			
<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA TAREA</b>	<b>INVESTIGADOR/ES ASIGNADO/S</b>	<b>horas año</b>
Nº 1	Elaboración Escenario de Pruebas de Integración	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	50
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Guillermo Barrutieta Anduiza	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	50
Nº 2	Pruebas de Unidad Módulo de Modelado Semántico del Sistema	Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	100
		Carlos Gómez Díez	25

		Miren Illarramendi Rezabal	50
Nº 3	Pruebas de Unidad Módulo de Descubrimiento	Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	190
		Colaborador MGEP	150
Nº 4	Pruebas de Unidad del Módulo de Composición	Unai Aguilera Irazabal	50
		Colaborador UD	190
		Colaborador MGEP	150
Nº 5	Pruebas de Unidad del Módulo de Razonamiento	Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Unai Aguilera Irazabal	50
		Colaborador UD	100
		Colaborador MGEP	100
Nº 6	Pruebas de Unidad del Módulo de Aprendizaje	Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	190
		Colaborador MGEP	250
Nº 7	Pruebas de Integración y Optimización del Sistema	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	75
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Unai Aguilera Irazabal	50
		Iker Larizgoitia Abad	50
		Colaborador UD	300
		Guillermo Barrutieta Anduiza	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	50
		Carlos Gómez Díez	25
		Miren Illarramendi Rezabal	25
		Colaborador MGEP	320
Nº 8	Informe Resumen Resultados de Pruebas	Juan Ignacio Vázquez Gómez	25
		Unai Aguilera Irazabal	25
		Iker Larizgoitia Abad	25
		Colaborador UD	100
		Colaborador MGEP	100
		Eñaut Muxika Olasagasti	50
		Carlos Gómez Díez	25
		Miren Illarramendi Rezabal	25

<b>OBJETIVO 6:</b> Diseminación de Resultados			
<b>TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA TAREA</b>	<b>INVESTIGADOR/ES ASIGNADO/S</b>	<b>horas año</b>
Nº 1	Elaboración Portal Web proyecto	Juan Ignacio Vázquez Gómez	25
		Eñaut Muxika Olasagasti	50
		Carlos Gómez Díez	25
		Miren Illarramendi Rezabal	25
Nº 2	Elaboración de artículos técnicos y asistencia a conferencias	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	50
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	25
		Iker Larizgoitia Abad	25
		Unai Aguilera Irazabal	25
		Colaborador UD	100
		Guillermo Barrutieta Anduiza	100
		Eñaut Muxika Olasagasti	50
		Carlos Gómez Díez	25
		Miren Illarramendi Rezabal	50
		Colaborador MGEP	100
Nº 3	Organización y realización de workshop sobre resultados del proyecto	Diego Lz.de Ipiña Gz. de Artaza	50
		Juan Ignacio Vázquez Gómez	50
		Guillermo Barrutieta Anduiza	50
		Eñaut Muxika Olasagasti	50

**CRITERIO 4.- Experiencia previa de los investigadores en el tema objeto de la investigación**

A continuación se enumeran algunas de las publicaciones relevantes al tema objeto de ISMED producidas por los integrantes del equipo correspondientes a la Universidad de Deusto y a Mondragón Goi Eskola Politeknikoa (MGEP).

- 2007
  - Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vazquez, Joseba Abaitua, A Context-Aware Mash-up Platform for Ubiquitous Web, 3rd Internacional Conference on Intelligent Environments 2007 (IE07), September 2007
  - Urbietta A., Barrutieta G., Parra J., Urribarren A., “Estado del arte de composición de servicios en entornos de computación ubicua”. Actas del CEDI 2007 - II Simposio de Computación Ubicua e Inteligencia Ambiental, UCAMI'2007
  - Vazquez J.I., López de Ipiña D. and Sedano I., SoAM: A Web-powered Architecture for Designing and Deploying Pervasive Semantic Devices, , , International Journal of Web Information Systems - IJWIS, ISSN 1744-0084, September 2007
  - Aguilera Unai, Abaitua Joseba, Buján David, Díaz Jesus, López de Ipiña Diego, “A Semantic Matching Algorithm for Discovery in UDDI” ICSC 2007 – First IEEE Conference on Semantic Computing, En publicación, Irvine, California, Septiembre, 2007.
- 2006
  - Vazquez J.I., López de Ipiña D. and Sedano I., SOAM: An Environment Adaptation Model for the Pervasive Semantic Web, 2nd Ubiquitous Web Systems and Intelligence Workshop (UWSI 2006) at ICCSA 2006, Glasgow, Scotland, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3983, ISBN 978-3-540-34077-5, May 2006
  - Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vázquez, Daniel García, Javier Fernández, Iván García, David Sainz and Aitor Almeida, A Middleware for the Deployment of Ambient Intelligent Spaces, , Ambient Intelligence in Everyday Life, Springer, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3864, ISSN 0302-9743, pp. 239-255, 2006
  - Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vázquez, Daniel García, Javier Fernández, Iván García, David Sainz and Aitor Almeida, EM2lets: a Reflective Framework for Enabling AmI, , Journal of Universal Computer Science (J.UCS), vol. 12, no. 3, pp. 297-314, March 2006
  - López de Ipiña, D., García-Zubia J. and Orduña P., Remote Control of Web 2.0-enabled Laboratories from Mobile Devices, 2nd IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing, eScience 2006, Amsterdam (Netherlands), December 2006, ISBN 0-7695-2734-5
  - López de Ipiña D., Vázquez J.I. and Abaitua J., Context-Aware Mobile Mash-up for Ubiquitous Web, Proceedings of 2nd International Workshop on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence, Puertollano, Spain, ISBN: 84-6901744-6, pp. 19-34, November 2006
  - Vazquez J.I., Sedano I. and López de Ipiña D., Evaluation of Orchestrated Reactivity of Smart Objects in Pervasive Semantic Web Scenarios, Workshop on Semantic Web for Ubiquitous and Mobile Applications. European Conference on Artificial Intelligence - ECAI 2006, Riva del Garda (Italy), August 2006
  - Urbietta A., Gómez C., Barrutieta G., González M., Abaitua J., Díaz J. y Lamsfus C., “An advanced research project about agents’ theory applied to the context semantic adaptation”, IADIS applied computing 2006, 590-594, San Sebastián (Spain), 2006
  - Taberna E., Garrido I., Barrutieta G., “An extensible, RST based and personalized semantic adaptation engine”, IADIS – Applied computing 2006, San Sebastián (Spain), 2006

- 2005
  - Elkorobarrutia X., Illarramendi M., Izaguirre A., “Componentización para la adecuación tecnológica de Software heredado”, Jornadas de concurrencia y sistemas distribuidos (JCS D’2005) CEDI, , pp 301-306, Granada (Spain), 2005
  - Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vázquez, Daniel Garcia, Javier Fernández and Iván García. A Reflective Middleware for Controlling Smart Objects from Mobile Devices. Smart Objects & Ambient Intelligence. Grenoble, France. October 2005.
  - Juan Ignacio Vázquez and Diego López de Ipiña. Empowering Wireless UPnP Devices with WebProfiles. 10th IFIP International Conference on Personal Wireless Communications. Colmar, France. August 2005.
  - López de Ipiña, D., Vázquez, I., Ruiz de Garibay, J. and Sainz D., An Architecture for Sentient GPRS-enabled MicroBots, Proceedings 2005 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA2005), 0-7803-9355-4, pp. 145-150, June 27-30, 2005, Espoo, Finland.
- 2003
  - Abaitua, J. , Araolaza, G., Barrutieta, G., “Gestión de traducciones mediante metadatos TEI y XLIFFF”, CLiP 2003, Florencia, Italia, 2003
  - Barrutieta G., Abaitua J., Díaz J., “User Modelling and Content Selection for Multilingual Document Generation”, VII Simposio Internacional de Comunicación Social, Santiago de Cuba, Cuba, 2003
- 2002
  - Diego López de Ipiña, Paulo Mendonça and Andy Hopper, TRIP: a Low-Cost Vision-Based Location System for Ubiquitous Computing, Personal and Ubiquitous Computing journal, Springer, vol. 6, no. 3, pp. 206-219, May 2002.
  - Barrutieta G., Abaitua J., Díaz J., “An XML/RST-Based Approach to Multilingual Document Generation for the Web.”, XVIII SEPLN, pp 247 – 253, Valladolid, España, 2002
  - Barrutieta G., Abaitua J., Díaz J., “Cascading XSL Filters for Content Selection in Multilingual Document Generation”, Workshop NLPXML en el Coling 2002, pp 7-12, Taipei (Taiwán), 2002
  - Barrutieta G., “Tecnología y Educación. Una propuesta de aplicación de las TICs en Mondragón Unibertsitatea.”, Virtual Educa 2002, Valencia (Spain), 2002
- 2001
  - Diego López de Ipiña and Sai-Lai Lo, LocALE: a Location-Aware Lifecycle Environment for Ubiquitous Computing, Proceedings of the 15th IEEE International Conference on Information Networking(ICOIN-15) , pp. 419-426, ISBN 0-7695-0951-7,Beppu City, Japan. January 31 - February 2, 2001. This work was awarded ICOIN-15's best student paper prize.
  - Diego López de Ipiña and Eleftheria Katsiri, An ECA Rule-Matching Service for Simpler Development of Reactive Applications, Published as a supplement to the Proceedings of Middleware 2001 at IEEE Distributed Systems Online, Vol. 2, No. 7, November 2001

A continuación se ofrecen algunos detalles sobre la biografía científica de los integrantes de este proyecto:

**Dr. Diego López de Ipiña González de Artaza.** Se licenció en Informática en la Universidad de Deusto (1992-1997), obtuvo un Máster en Sistemas Distribuidos por la Universidad de Essex, Reino Unido (1997-98) y se doctoró por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cambridge, Reino Unido, en 2002, siendo el título de su tesis doctoral “Visual Sensing and Middleware Support for Sentient Computing”. Desde Febrero del 2002 a Septiembre 2003 trabajó en 3G Lab, luego Trigenix Ltd., start-up dedicada a la creación de una plataforma para la personalización de las interfaces de dispositivos móviles a los gustos y preferencias de los usuarios. En esa compañía desempeñó el rol de Senior Software Engineer, y fue responsable de la parte servidora del producto Trigenix. Desde Septiembre del 2003 forma parte del Departamento de Ingeniería del Software de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. En los últimos 4 años ha colaborado en media docena de proyectos de investigación. Cuenta con 9 publicaciones en journals y capítulos de libros y más de 20 publicaciones en congresos internacionales de prestigio. Actualmente codirige el grupo de investigación MoreLab de la Universidad de Deusto, es el director del laboratorio de investigación dedicado a la Inteligencia Ambiental SmartLab (<http://www.smartlab.deusto.es>), el coordinador de la Cátedra de Telefónica Móviles de la UD (<http://www.cmte.deusto.es>) y el coordinador de los grupos de investigación de la unidad TIC del Tecnológico Fundación Deusto (<http://www.tecnologico.deusto.es>). Ocasionalmente imparte charlas y cursos de tecnologías

de última generación a empresas dentro de la iniciativa Empresa Digitala. Asimismo ha impartido clases tanto en los Máster organizados por la Facultad de Ingeniería de la UD como en su programa de doctorado. Participa como miembro del comité de programa de conferencias internacionales como IE07, UCAMI07 e ICEIS 2006.

**Dr. Juan Ignacio Vazquez Gomez.** Estudió Licenciatura en Informática en la Universidad de Deusto (1992-1997), y es Doctor en Informática por la misma universidad, con mención europea, tras realizar su tesis "A Reactive Behavioural Model for Context-Aware Semantic Devices". Trabaja como profesor de la Universidad de Deusto desde 1997 en el área de Telemática, y ha sido director del Master en Comunicaciones Móviles en los cursos 2002-2003 y 2003-2004. Desde 2004 compagina su trabajo de profesor en la universidad con el de investigador en la Fundación Deusto, dónde codirige el grupo de investigación MoreLab-Mobility Research Lab. Su orientación investigadora se centra en la Inteligencia Ambiental y los sistemas embebidos inteligentes. Ha participado en numerosos proyectos de investigación financiados por el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco, dentro de los programas Intek y Saiotek, y dirigido otros proyectos de investigación financiados por la Diputación Foral de Bizkaia como "Flexeo: Flexible Remote Sensing and Operation Architecture". Ha participado como miembro de comité de programa en varios congresos internacionales y tiene más de 20 publicaciones relevantes en este ámbito, incluyendo varios journals y capítulos de libros.

**Unai Aguilera Irazabal:** Ingeniero en Informática por la Universidad de Deusto (1998 - 2003). Durante la carrera estuvo 3 años de becario en el Departamento de Ingeniería del Software colaborando en la preparación de exámenes y prácticas de diversas asignaturas del área de lenguajes y programación. En 2003 se incorporó como becario del grupo MIRA, en la Universidad de Deusto, donde estuvo trabajando en distintos proyectos relacionados con el área multimedia financiados por el Gobierno Vasco dentro del programa Profit como "Virtuescap", y otros financiados por el Dept. de Cultura del Gobierno Vasco como "Azpidazle - Subtitulación en tiempo real". En 2004 fue contratado como profesor en la Facultad ESIDE de la Universidad de Deusto con el objeto de impartir dos asignaturas de libre elección tituladas: "Seminario de Aplicaciones Windows .Net" y "Seminario de programación Director y Flash". Durante el periodo 2003-2005 obtuvo el Diploma de Estudios Avanzados mediante la realización del Programa de Doctorado en Ciencia de la Computación en la Universidad de Deusto. En 2006 pasó a ser contratado por el Tecnológico Fundación Deusto y a trabajar dentro del grupo DELi, en la realización de proyectos relacionados con tecnologías de la web semántica. Durante este periodo trabajó en el proyecto "SemB-UDDI: semantic UDDI register of Basque high-tech companies" financiado por el Dpto. de Educación, Universidades e Investigación (Gobierno Vasco) y la empresa Code Syntax, así como el proyecto "Semtek I" financiado dentro del programa Saiotek del Gobierno Vasco. Actualmente es Colaborador de Investigación en el grupo MoreLab, del Tecnológico Fundación Deusto, donde trabaja en varios proyectos relacionados con la aplicación de las tecnologías semánticas a los entornos de Inteligencia Ambiental y para la obtención del título de Doctor habiendo registrado un tema de tesis titulado "Un nuevo enfoque colaborativo y dinámico para la composición de servicios web semánticos en redes ubicuas ad-hoc".

**Iker Larizgoitia Abad** es Ingeniero en Informática por la Universidad de Deusto (1999-2004). Durante la carrera estuvo dos años de becario en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad de Deusto (2002-2004), donde complementó sus estudios con conocimientos de administración y configuración de redes. Posteriormente entró en el Tecnológico Fundación Deusto donde empezó como becario de investigación en el área de los Servicios Móviles, participando en proyectos financiados por el Gobierno Vasco dentro de su programa INTEK como "WALLIP: WIFI-2.5G: Handover vertical y Aplicaciones Avanzadas basadas en Servicios de Localización.", donde adquirió conocimientos sobre el desarrollo de servicios de localización en



arquitecturas de red heterogéneas, basado en Servicios Web, o “MOSE: Movilización de Servicios Empresariales” también financiado por el programa INTEK, donde se desarrolló una plataforma orientada a servicios para la movilización de aplicaciones empresariales. Actualmente es Colaborador de Investigación en el grupo MoreLab del Tecnológico Fundación Deusto, donde trabaja investigando nuevas tecnologías y aplicaciones relacionadas con el área de la Inteligencia Ambiental en varios proyectos a nivel estatal y europeo. Asimismo está realizando el Doctorado en Sistemas de Información por la Universidad de Deusto, con previsión de obtener este curso académico el Diploma de Estudios Avanzados (DEA).

**Dr. Guillermo Barrutieta Anduiza:** estudió Informática en la Universidad de Deusto (1987-1992) y obtuvo su doctorado en la misma Universidad en 2004. Desde enero 1993 hasta septiembre de 1997, trabajó en ENUSA (Madrid), BYG Systems Ltd. (Notttingham), Birmingham College of Food, Tourism and Creative Studies (Birmangham) y DINOFSistemas S.L. (Bilbao) adquiriendo en una gran experiencia profesional en programación, desarrollo de aplicaciones multimedia y otras responsabilidades análisis y diseño de aplicaciones. Desde octubre de 1997 forma parte del departamento de Informática de la Escuela Politécnica Superior de Mondragón Unibertsitatea trabajando como profesor e investigador. Durante este periodo ha trabajado en cerca de una docena de proyectos de investigación en los que ha tenido diversas responsabilidades, ha publicado 12 artículos científicos y 3 divulgativos y ha sido ponente en foros profesionales y científicos tanto nacionales como internacionales. Además también imparte cursos de formación continua a empresas, postgrados, cursos de doctorado y otros cursos avanzados y especializados. Actualmente dirige una tesis doctoral y lidera el equipo de e-Content de MGEP.

**Dr. Eñaut Muxika:** Eñaut Muxika tomó parte en el desarrollo de un proyecto de tesis en el Laboratorio de Electrotecnia de Grenoble (LEG) en Francia junto con el departamento de electrónica de la Universidad de Mondragón durante los años 1996 à 2002 donde se estudió la viabilidad de las redes neuronales en la identificación de posibles fuentes de perturbación de un eje de una máquina-herramienta y su posterior compensación por la misma técnica.

**Miren Illarramendi .** Ingeniero en Telecomunicaciones por Universidad del País Vasco. En 2.002 se incorporó al Departamento de Informática de MGEP y a lo largo de estos años ha participado en diferentes proyectos de investigación bajo contrato con empresas y administraciones públicas regionales y nacionales. Actualmente esta trabajando en proyectos junto con las empresas ORONA y TRAIINTIC diseñando sistemas embebidos distribuidos basándose en UML, y MDA para los diferentes componentes. Las asignaturas que ha impartido son Programación de Sistema, Sistemas Distribuidos, Tecnología Orientada a Objetos y Sistemas Operativos. Actualmente es coordinadora del equipo de sistemas distribuidos del departamento de Informática.

**Carlos Gómez Díez:** estudió Ingeniería de Telecomunicación en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales e Ingenieros de Telecomunicación de Bilbao (1997). Posee las certificaciones CCNA y CCAI de CISCO en Redes. Desde enero de 1999 hasta septiembre de 2000, trabajó en el Departamento de Información y Telecomunicaciones del centro de investigación tecnológica Robotiker en Zamudio donde colaboró en proyectos de investigación relacionados con la monitorización y control de procesos industriales. Desde septiembre de 2000, pertenece al departamento de Informática de Mondragon Goi Eskola Politeknikoa de Mondragon Unibertsitatea donde imparte clases de Telemática en las titulaciones de Ingeniería Informática e Ingeniería de Telecomunicación. Ha participado en diferentes proyectos de investigación, entre los que destaca ECOTIC (Evaluación y Certificación de las Competencias en TIC, INTEK 2000-2003).



## ANEXO 2 - 8

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 5- Nivel de rendimiento y productividad científica logrado en los 5 últimos proyectos financiados en convocatorias anteriores**
**RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD EN LOS 5 ÚLTIMOS PROYECTOS FINANCIADOS**

A continuación enumeramos por cada proyecto científico en que han participado los miembros de ISMED en los últimos cinco años las publicaciones científicas obtenidas. Esto da una idea de la capacidad de producción científica del equipo:

- Proyecto FLEXEO: FLEXible remote sEnsing and Operation architecture → 3 artículos
  - SoaM: A Web-powered Architecture for Designing and Deploying Pervasive Semantic Devices, Vazquez J.I., López de Ipiña D. and Sedano I., International Journal of Web Information Systems - IJWIS, ISSN 1744-0084, September 2007
  - SOAM: An Environment Adaptation Model for the Pervasive Semantic Web, Vazquez J.I., López de Ipiña D. and Sedano I., 2nd Ubiquitous Web Systems and Intelligence Workshop (UWSI 2006) at ICCSA 2006, Glasgow, Scotland, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3983, ISBN 978-3-540-34077-5, May 2006
  - Principles and experiences on creating semantic devices. Vazquez, J.I., López de Ipiña, D. UCAMI 2007 - 2nd International Symposium on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence. Zaragoza. Septiembre 2007
- Proyecto AmIlets: Plataforma para el desarrollo y explotación de sistemas de Inteligencia Ambiental → 7 artículos
  - A Middleware for the Deployment of Ambient Intelligent Spaces, Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vázquez, Daniel García, Javier Fernández, Iván García, David Sainz and Aitor Almeida, Ambient Intelligence in Everyday Life, Springer, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3864, ISSN 0302-9743, pp. 239-255, 2006
  - EMi2lets: a Reflective Framework for Enabling AmI, Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vázquez, Daniel García, Javier Fernández, Iván García, David Sainz and Aitor Almeida, Journal of Universal Computer Science (J.UCS), vol. 12, no. 3, pp. 297-314, March 2006
  - Context-Aware Mobile Mash-up for Ubiquitous Web, López de Ipiña D., Vázquez J.I. and Abaitua J., Proceedings of 2nd International Workshop on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence, Puertollano, Spain, ISBN: 84-6901744-6, pp. 19-34, November 2006
  - A platform to build smart spaces controllable from mobile devices. D. López-de-Ipiña, J. I. Vazquez, D. García, J. Fernández, I. García, D. Sainz, A. Almeida, IE06, 2nd International Conference on Intelligent Environments, Athens, 5-6 July 2006
  - A Reflective Middleware for Controlling Smart Objects from Mobile Devices. Diego López de Ipiña, Juan Ignacio Vázquez, Daniel Garcia, Javier Fernández and Iván García. Smart Objects & Ambient Intelligence. Grenoble, France. October 2005.
  - Environment Adaptation Meeting User Preferentes. Juan Ignacio Vázquez and Diego López de Ipiña. Ambient Intelligence and (Everyday) Life. Donostia, Spain. July 2005.
  - A Language for Expressing User-Context Preferences in the Web. Vázquez, I. and López de Ipiña, D., Special interest tracks and posters of the 14th International World Wide Web Conference (WWW2005). Chiba, Japan. May 2005
- Proyecto SEMTEK II → 3 artículos
  - Urbietta A., Barrutieta G., Parra J., Uribarren A., “Estado del arte de composición de servicios en entornos de computación ubicua”. Actas del CEDI 2007 - II Simposio de Computación Ubicua e Inteligencia Ambiental, UCAMI'2007
  - Vazquez, J.I., “A Reactive Behavioural Model for Context-Aware Semantic Devices”. Tesis Doctoral, Universidad de Deusto, 2007.
  - Vazquez, J.I., López de Ipiña, D., “mRDP: An HTTP-based lightweight semantic discovery protocol”. Computer Networks Journal. Elsevier, 2008. Pendiente de publicación.

- Proyecto SEMTEK I → 1 artículo
  - Urbieta A., Gómez C., Barrutieta G., González M., Abaitua J., Díaz J. y Lamsfus C., “An advanced research project about agents’ theory applied to the context semantic adaptation”, IADIS applied computing 2006, 590-594, San Sebastián (Spain), 2006
- Proyecto PERSEMAN → 1 artículo
  - Taberna E., Garrido I., Barrutieta G., “An extensible, RST based and personalized semantic adaptation engine”, IADIS – Applied computing 2006, San Sebastián (Spain), 2006
- Proyecto Computación autonómica: Componentes software autogestionados → 1 artículo
  - Elkorobarrutia X., Illarramendi M., Izaguirre A., “Componentización para la adecuación tecnológica de Software heredado”, Jornadas de concurrencia y sistemas distribuidos (JCSD’2005) CEDI, , pp 301-306, Granada (Spain), 2005.
- Proyecto EMI<sup>2</sup>: una arquitectura software para implantar Inteligencia Ambiental → 4 artículos
  - Evaluation of Orchestrated Reactivity of Smart Objects in Pervasive Semantic Web Scenarios, Vazquez J.I., Sedano I. and López de Ipiña D., Workshop on Semantic Web for Ubiquitous and Mobile Applications. European Conference on Artificial Intelligence - ECAI 2006, Riva del Garda (Italy), August 2006
  - A Passive Influence Model for Adapting Environments based on Semantic Preferences, Vazquez J.I., López de Ipiña D. and Sedano I., Proceedings of Combining Theory and Systems Building - CTSB Workshop at Pervasive 2006, Dublin (Ireland), May 2006
  - Empowering Wireless UPnP Devices with WebProfiles. Juan Ignacio Vázquez and Diego López de Ipiña. 10th IFIP International Conference on Personal Wireless Communications. Colmar, France. August 2005.
  - WebProfiles: A Negotiation Model for User Awareness in Personal Area Networks. Juan Ignacio Vázquez and Diego López de Ipiña. Proceedings of MobiQuitous 2005 - The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, pp. 373-383. San Diego, USA. July 2005.
- Proyecto COMMBOTS: Planta de experimentación de robots dotados de comunicaciones móviles → 2 artículos
  - An Architecture for Sentient GPRS-enabled MicroBots. López de Ipiña, D., Vázquez, I., Ruiz de Garibay, J. and Sainz D., Proceedings 2005 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA2005), 0-7803-9355-4, pp. 145-150, June 27-30, 2005, Espoo, Finland.
  - GPRS-based Real-Time Remote Control of MicroBots with M2M Capabilities. López de Ipiña, D., Vázquez, I., Ruiz de Garibay, J. and Sainz D. The Fourth International Workshop on Wireless Information Systems (WIS 2005), ISBN 972-8865-21-X, pp 42-51, May 24-25 2005, Miami, USA.
- Proyecto TRIP: Target Recognition Using Image Processing → 6 artículos
  - Visual Sensing and Middleware Support for Sentient Computing. Diego López de Ipiña, , PhD thesis, Cambridge University Engineering Department, January 2002
  - An ECA Rule-Matching Service for Simpler Development of Reactive Applications. Diego López de Ipiña and Eleftheria Katsiri, Published as a supplement to the Proceedings of Middleware 2001 at IEEE Distributed Systems Online, Vol. 2, No. 7, November 2001
  - Sentient Computing for Everyone. Diego López de Ipiña and Sai-Lai Lo, Proceedings of the 3rd International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems (DAIS'2001), pp. 41-52, ISBN 0-7923-7481-9, Krakow, Poland, September 17-19, 2001.
  - Video-Based Sensing for Wide Deployment of Sentient Spaces. Diego López de Ipiña, Proceedings of 2nd PACT 2001 Workshop on Ubiquitous Computing and Communications, pp. 22-29, Barcelona, Catalonia, Spain, September 8-12, 2001
  - LocALE: a Location-Aware Lifecycle Environment for Ubiquitous Computing. Diego López de Ipiña and Sai-Lai Lo, Proceedings of the 15th IEEE International Conference on Information Networking(ICOIN-15) , pp. 419-426, ISBN 0-7695-0951-7,Beppu City, Japan. January 31 - February 2, 2001. This work was awarded ICOIN-15's best student paper prize.
  - Building Components for a Distributed Sentient Framework with Python and CORBA, Diego López de Ipiña, Proceedings of the 8th International Python Conference, Arlington, VA, USA. January 24 - 27, 2000

ANEXO 2 - 9-1

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:**

**1º AÑO**

**GRUPO COORDINADOR**

<p><b>PERSONAL COLABORADOR</b> Indicar las tareas que se asignan al colaborador con cargo al proyecto</p> <p>1 Colaborador (Como puede observarse en el ANEXO 2 – 6-2, el Colaborador UD asistirá al resto del equipo en todas las tareas de diseño, implementación, pruebas y difusión del proyecto ISMED)</p>	<p>15500</p>
<b>TOTAL</b>	15500
<p><b>MATERIAL INVENTARIABLE</b> Acompañado del presupuesto de una firma comercial y del símbolo A, B o C, según Anexo 2-5</p> <p>Red de sensores, compuesto por un KIT para la realización de la red, otro KIT con procesadores y un último KIT de sensores; todos ellos se muestran a continuación</p> <p>KIT DE 4 GUMSTIX CONNEX 400XM, con WIFISTIX (960 \$ (695,5 €))</p> <p>KIT IMOTE2 BUILDER WSN-IMOTE2.BUILDER. (1.095,00 €)</p> <p>WSN-OEM2400CA - MICAZ OEM DESIGN KIT, 2.4GHz (4.100,00 €)</p> <p>Los tres kits constituirán en la fase final un único producto.</p>	<p>5890,5</p>
<b>TOTAL</b>	5890,5
<p><b>OTROS GASTOS</b></p> <p>Bibliografía, revistas, etc.</p>	<p>300</p>
<b>TOTAL</b>	300

ANEXO 2 - 9-2

PC08  
(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:** **1º AÑO**

**GRUPO COORDINADOR**

MATERIAL FUNGIBLE	
Descripción y costes pormenorizados	
Material electrónico, cableado, circuitos integrados, ...	200
<b>TOTAL</b>	200

GASTOS POR VIAJES	
Descripción y costes pormenorizados	
Viajes de reunión de trabajo bimensuales a Mondragón	400
<b>TOTAL</b>	400

**OTRO MATERIAL INVENTARIABLE PARA EL PROYECTO SOLICITADO A TRAVÉS DE DIFERENTE CONVOCATORIA**

ENTIDAD CONVOCANTE	MATERIAL INVENTARIABLE

ANEXO 2 - 10-1

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA: 2º AÑO**

**GRUPO COORDINADOR**

<p><b>PERSONAL COLABORADOR</b> indicar las tareas que se asignan al colaborador con cargo al proyecto</p> <p>1 Colaborador (Como puede observarse en el ANEXO 2 – 6-2, el Colaborador UD asistirá al resto del equipo en todas las tareas de diseño, implementación, pruebas y difusión del proyecto ISMED)</p>	15500
<b>TOTAL</b>	15500

<p><b>MATERIAL INVENTARIABLE</b> Acompañado del presupuesto de una firma comercial y del símbolo A, B o C según Anexo 2-5</p> <p>Analizador lógico para el debugeo de la plataforma hardware en la que se incorporará el middleware producido por ISMED</p>	8868,6
<b>TOTAL</b>	8868,6

<p><b>OTROS GASTOS</b> Bibliografía, revistas, etc.</p>	300
<b>TOTAL</b>	300

ANEXO 2 - 10-2

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:** **2º AÑO**

**GRUPO COORDINADOR**

MATERIAL FUNGIBLE	
Descripción y costes pormenorizados	
Material electrónico, cableado, circuitos integrados, ...	200
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>

GASTOS POR VIAJES	
Descripción y costes pormenorizados	
Viajes de reunión de trabajo bimensuales en Mondragón	400
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>

**OTRO MATERIAL INVENTARIABLE PARA EL PROYECTO SOLICITADO A TRAVÉS DE DIFERENTE CONVOCATORIA**

ENTIDAD CONVOCANTE	MATERIAL INVENTARIABLE

ANEXO 2 - 11-1

PC08  
(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:** **3º AÑO**

**GRUPO COORDINADOR**

<p><b>PERSONAL COLABORADOR</b> indicar las tareas que se asignan al colaborador con cargo al proyecto</p> <p>1 Colaborador (Como puede observarse en el ANEXO 2 – 6-2, el Colaborador UD asistirá al resto del equipo en todas las tareas de diseño, implementación, pruebas y difusión del proyecto ISMED)</p>	15500
<b>TOTAL</b>	15500

<p><b>MATERIAL INVENTARIABLE</b> Acompañado del presupuesto de una firma comercial y del símbolo A, B o C según Anexo 2-5</p>	
<b>TOTAL</b>	0

<p><b>OTROS GASTOS</b></p> <p>Bibliografía, revistas, etc.</p>	300
<b>TOTAL</b>	300



ANEXO 2 - 11-2

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:**

**3º AÑO**

**GRUPO COORDINADOR**

MATERIAL FUNGIBLE	
Descripción y costes pormenorizados	
Material electrónico, cableado, circuitos integrados, ...	200
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>

GASTOS POR VIAJES	
Descripción y costes pormenorizados	
Viajes de reunión de trabajo bimensuales en Mondragón + participación en una conferencia internacional	1900
<b>TOTAL</b>	<b>1900</b>

**OTRO MATERIAL INVENTARIABLE PARA EL PROYECTO SOLICITADO A TRAVÉS DE DIFERENTE CONVOCATORIA**

ENTIDAD CONVOCANTE	MATERIAL INVENTARIABLE

**ANEXO 2 - 9-3**

PC08  
(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA: 1º AÑO**

**GRUPO COLABORADOR**

<p><b>PERSONAL COLABORADOR</b> Indicar las tareas que se asignan al colaborador con cargo al proyecto</p> <p>2 colaboradores (Como puede observarse en el ANEXO 2 – 6-2, los colaboradores MGEP asistirán al resto del equipo en todas las tareas de diseño, implementación, pruebas y difusión del proyecto ISMED)</p>	15500
<b>TOTAL</b>	15500

<p><b>MATERIAL INVENTARIABLE</b> Acompañado del presupuesto de una firma comercial y del símbolo A, B o C, según Anexo 2-5</p> <p>Red de sensores, compuesto por un KIT para la realización de la red, otro KIT con procesadores y un último KIT de sensores; todos ellos se muestran a continuación</p> <p>KIT DE 4 GUMSTIX CONNEX 400XM, con WIFISTIX (960 \$ (695,5 €))</p> <p>KIT IMOTE2 BUILDER WSN-IMOTE2.BUILDER. (1.095,00 €)</p> <p>WSN-OEM2400CA - MICAZ OEM DESIGN KIT, 2.4GHz (4.100,00 €)</p> <p>Los tres kit constituirán en la fase final un único producto</p>	5890,5
<b>TOTAL</b>	5890,5

<p><b>OTROS GASTOS</b></p> <p>Bibliografía, revistas, etc.</p>	300
<b>TOTAL</b>	300

ANEXO 2 - 9-4

PC08  
(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:** **1º AÑO**

**GRUPO COLABORADOR**

<p>MATERIAL FUNGIBLE Descripción y costes pormenorizados</p> <p>Material electrónico, cableado, circuitos integrados, ...</p>	200
<b>TOTAL</b>	200

<p>GASTOS POR VIAJES Descripción y costes pormenorizados</p> <p>Viajes de reunión de trabajo bimensuales en Deusto</p>	400
<b>TOTAL</b>	400

**OTRO MATERIAL INVENTARIABLE PARA EL PROYECTO SOLICITADO A TRAVÉS DE DIFERENTE CONVOCATORIA**

ENTIDAD CONVOCANTE	MATERIAL INVENTARIABLE

**ANEXO 2 - 10-3**

PC08  
(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA: 2º AÑO**

**GRUPO COLABORADOR**

<p><b>PERSONAL COLABORADOR</b> indicar las tareas que se asignan al colaborador con cargo al proyecto</p> <p>2 colaboradores (Como puede observarse en el ANEXO 2 – 6-2, los colaboradores MGEP asistirán al resto del equipo en todas las tareas de diseño, implementación, pruebas y difusión del proyecto ISMED)</p>	15500
<b>TOTAL</b>	15500

<p><b>MATERIAL INVENTARIABLE</b> Acompañado del presupuesto de una firma comercial y del símbolo A, B o C según Anexo 2-5</p> <p>Analizador lógico para el debugeo de la plataforma hardware en la que se incorporará el middleware producido por ISMED</p>	8868,6
<b>TOTAL</b>	8868,6

<p><b>OTROS GASTOS</b> Bibliografía, revistas, etc.</p>	300
<b>TOTAL</b>	300

ANEXO 2 - 10-4

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:** **2º AÑO**

**GRUPO COLABORADOR**

MATERIAL FUNGIBLE	
Descripción y costes pormenorizados	
Material electrónico, cableado, circuitos integrados, ...	200
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>

GASTOS POR VIAJES	
Descripción y costes pormenorizados	
Viajes de reunión de trabajo bimensuales en Deusto	400
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>

**OTRO MATERIAL INVENTARIABLE PARA EL PROYECTO SOLICITADO A TRAVÉS DE DIFERENTE CONVOCATORIA**

ENTIDAD CONVOCANTE	MATERIAL INVENTARIABLE

ANEXO 2 - 11-3

PC08  
(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:** **3º AÑO**

**GRUPO COLABORADOR**

<p><b>PERSONAL COLABORADOR</b> indicar las tareas que se asignan al colaborador con cargo al proyecto</p> <p>2 colaboradores (Como puede observarse en el ANEXO 2 – 6-2, los colaboradores MGEP asistirán al resto del equipo en todas las tareas de diseño, implementación, pruebas y difusión del proyecto ISMED)</p>	15500
<b>TOTAL</b>	15500

<p><b>MATERIAL INVENTARIABLE</b> Acompañado del presupuesto de una firma comercial y del símbolo A, B o C según Anexo 2-5</p>	
<b>TOTAL</b>	0

<p><b>OTROS GASTOS</b></p> <p>Bibliografía, revistas, etc.</p>	300
<b>TOTAL</b>	300

ANEXO 2 - 11-4

PC08

(No rellenar este cuadro)

**CRITERIO 6.- Adecuación de los recursos financieros previstos a los objetivos propuestos.**

**JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SUBVENCIÓN SOLICITADA:**

**3º AÑO**

**GRUPO COLABORADOR**

MATERIAL FUNGIBLE	
Descripción y costes pormenorizados	
Material electrónico, cableado, circuitos integrados, ...	200
<b>TOTAL</b>	
	200

GASTOS POR VIAJES	
Descripción y costes pormenorizados	
Viajes de reunión de trabajo bimensuales en Deusto + participación en una conferencia internacional	1900
<b>TOTAL</b>	
	1900

**OTRO MATERIAL INVENTARIABLE PARA EL PROYECTO SOLICITADO A TRAVÉS DE DIFERENTE CONVOCATORIA**

ENTIDAD CONVOCANTE	MATERIAL INVENTARIABLE

**CRITERIO 8.- Nivel de integración y comunicación de los conocimientos de los grupos en los objetivos comunes y en los resultados del proyecto y grado de articulación de los grupos.**

RELEVANCIA DE LA VISION MULTIDISCIPLINAR DE LA TEMATICA DEL PROYECTO, DE LAS METODOLOGÍAS Y DE LAS COMPOSICION DEL GRUPO. VENTAJAS Y DIFICULTADES DEL TRABAJO MULTIDISCIPLINAR COORDINADO.

Especificidad del trabajo y aportación de cada grupo a la finalidad global.

El proyecto ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices) plantea una visión multidisciplinar donde diferentes grupos de diferentes universidades aportarían sus conocimientos para conseguir el objetivo común de proveer la infraestructura que facilite el desarrollo y despliegue de entornos inteligentes cooperativos equipados por multitud de dispositivos empotrados con capacidad de comunicación inalámbrica.

Cada centro aportará su know how en cada una de las áreas. Así, la Universidad de Deusto aportaría:

- Un laboratorio de investigación dedicado a AmI de la Universidad de Deusto, SmartLab, el cual ya está equipado con multitud de dispositivos sensoriales y de actuación.
- El conocimiento relativo al descubrimiento heterogéneo de servicios que permite descubrir dispositivos y servicios que emplean diferentes tecnologías y protocolos para así emplearlos en el emparejamiento y composición.
- Conocimiento sobre ejecución distribuida de planes que permiten ejecutar los flujos definidos en la síntesis de la composición, para así ejecutarlo de manera distribuida y distribuir la carga de procesamiento necesario.

De la misma manera Mondragón Goi Eskola Politeknikoa aportaría su conocimiento en:

- Emparejamiento semántico de servicios que facilita la tarea de seleccionar el servicio adecuado en base a las características funcionales y no funcionales del mismo descritas ambas de manera semántica.
- Creación de síntesis o planes tomando como base tareas de usuario descritas en base a conversaciones y servicios del entorno también descritos en base a conversaciones (integración de conversaciones basado en conversaciones) para su posterior ejecución de manera distribuida.
- Aprendizaje y adaptación de los perfiles de usuarios que permiten la adaptación de servicios y dispositivos a los gustos o necesidades del usuario.

Para la integración de los distintos módulos y facilitar el trabajo interdisciplinario se plantea un módulo central de modelado semántico que actuará en forma de un repositorio de conocimiento semántico. Como este módulo será el que integre el resto de los módulos, tanto en el diseño como en el desarrollo del mismo ambos grupos aportarían su conocimiento.



ANEXO 3 - A

PC08

(No rellenar este cuadro)

## DECLARACIÓN DEL ORGANISMO COORDINADOR

*El Proyecto de Investigación titulado: ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices)*

*Por el Organismo Beneficiario: Universidad de la Iglesia de Deusto*

*Para ser realizado en el Centro. 210*

*Departamento: 140, 143*

*Dirigido por el Investigador Principal: Dr. Diego Lz. de Ipiña González de Artaza*

*Con participación de un grupo constituido por 4 miembros de este organismo y con un total de EJC's: 3,7*

*y una duración de: 3 años,*

*para cuya realización este organismo solicita las siguientes cantidades (en euros) :*

*primer año: 22290,5 € segundo año: 25268,6 € tercer año: 17900 €*

*Se presenta a la Convocatoria de proyectos de investigación del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, del año 2007 en la modalidad 2: Proyectos en Cooperación, como grupo coordinador*

*Para lo que manifestamos nuestro acuerdo y conformidad y declaramos que no se ha realizado ninguna solicitud ni se ha recibido ninguna otra subvención de otro organismo para este mismo proyecto, salvo las que se señalan a continuación:*

ENTIDAD	SOLICITUD		CONCESION	
	CANTIDAD	FECHA	CANTIDAD	FECHA
Dpto. de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco (SAIOTEK) – Proyecto SEMTEK	100475 €	Junio de 2005	No concedido	No concedido
Dpto. de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco (SAIOTEK) – Proyecto SEMTEK II. Solicitado y concedido a Fundación Deusto.	60107,52 €	Abril de 2006	50987,5 €	Febrero de 2007

NINGUNA

(Se debe marcar este cuadro no se haya hecho ninguna otra solicitud)

*En caso de que las condiciones que aquí se expresan se modifiquen en el futuro declaramos nuestro compromiso de informar a la Dirección de Política Científica sobre dichos cambios dentro de los 10 días siguientes al de la modificación.*

*Y para que así conste a efectos de solicitud,*

*firman la presente en (lugar y fecha): Bilbao, 15 de mayo de 2008*

*El Investigador Principal (Dr. Diego Lz. de Ipiña Gz. de Artaza)*

*El Director del Departamento (Dr. Jesús Luis Díaz Labrador)*

*El Representante legal del Organismo (D. Javier Rodríguez Peñas)*

*DIRECTOR GENERAL de AREAS FUNCIONALES y SERVICIOS*

ANEXO 3 – B

PC08

(No rellenar este cuadro)

## DECLARACIÓN DEL ORGANISMO COLABORADOR

*El Proyecto de Investigación titulado: ISMED (Intelligent Semantic Middleware for Embedded Devices)*

*Por el Organismo Beneficiario:*

*Para ser realizado en el Centro: 6361.*

*Departamento: 140, 143*

*Dirigido por el Investigador Principal: Guillermo Barrutieta Anduiza*

*Con participación de un grupo constituido por 4 miembros de este organismo y con un total de EJC's: 3,34*

*y una duración de: 3 años,*

*para cuya realización este organismo solicita las siguientes cantidades (en euros):*

*primer año: 22290,5 € segundo año: 25268,6 € tercer año: 17900 €*

*Se presenta a la Convocatoria de proyectos de investigación del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, del año 2007 en la modalidad 2: Proyectos en Cooperación, como grupo colaborador*

*Para lo que manifestamos nuestro acuerdo y conformidad y declaramos que no se ha realizado ninguna solicitud ni se ha recibido ninguna otra subvención de otro organismo para este mismo proyecto, salvo las que se señalan a continuación:*

ENTIDAD	SOLICITUD		CONCESION	
	CANTIDAD	FECHA	CANTIDAD	FECHA
Dpto. de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco (SAIOTEK) – Proyecto SEMTEK	91.047,50 €	Junio de 2005	67.495,47 €	Febrero de 2006
Dpto. de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco (SAIOTEK) – Proyecto SEMTEK II	77.001,57 €	Abril de 2006	44.101,40 €	Marzo de 2007

NINGUNA

(Se debe marcar este cuadro no se haya hecho ninguna otra solicitud)

*En caso de que las condiciones que aquí se expresan se modifiquen en el futuro declaramos nuestro compromiso de informar a la Dirección de Política Científica sobre dichos cambios dentro de los 10 días siguientes al de la modificación.*

*Y para que así conste a efectos de solicitud,*

*firman la presente en (lugar y fecha): Arrasate, 15 de mayo de 2008*

*El Investigador Principal (Dr. Guillermo Barrutieta Anduiza)*

*El Director del Departamento (Josu Imanol Galarza Ibarrodo)*

*El Representante legal del Organismo (Vicente Atxa Uribe)*

*(Director general de Mondragón Goi Eskola Politeknikoa S. Coop.)*

**ANEXO 6**

PC08

(No rellenar este cuadro)

**Realizar por cada grupo participante**

**CRITERIO 7.- Participación de otro organismo como agente financiador .**

**DESCRIPCION DE LA COFINANCIACION**

**Adjuntar copia de la solicitud realizada a la otra convocatoria y copia de la resolución por la que se aprueba con los conceptos financiados.**

Título del proyecto cofinanciado: SEMTEK I y II  
Organismo financiador: Departamento de Industria, Comercio y Turismo, Gobierno Vasco  
Programa: SAIOTEK  
Convocatoria (título y fecha de publicación): convocatorias del 2005 y 2006  
Fecha de concesión (adjuntar si se tiene copia de la resolución): 29 de diciembre del 2006  
Investigador principal: Marta González (Robotiker)  
Investigador principal de la Universidad de Deusto: Diego Lopez de Ipiña  
Investigador principal de MGEP: Guillermo Barrutieta  
Nombre del Centro Solicitante: Robotiker, Universidad de Deusto, Mondragón Goi Eskola Politeknikoa y VicomTech  
Duración en años: 2 años (05-07).  
Grado de solapamiento entre ambos proyectos en tanto por ciento: 20 %

Coincidencia del proyecto solicitado en esta convocatoria y del cofinanciado. Describir y explicar los objetivos comunes y las diferencias entre ambos lo más clara y escuetamente posible:

Tanto los proyectos SEMTEK y SEMTEK II como el que se solicita en la presente convocatoria giran en torno a la aplicación de la tecnología semántica a sistemas de Inteligencia Ambiental utilizando entre otras metodologías el desarrollo los servicios web semánticos.

Concretamente, el final del proyecto SEMTEK II (Diciembre 2007) coincidirá en el inicio del proyecto ISMED, oficialmente en Enero del 2008, aunque nos hemos marcado como objetivo interno iniciarlo en Diciembre 2007. Por lo tanto, se puede decir que habrá solapamiento temporal pero muy reducido por no decir ínfimo dada la duración de 3 años en total del proyecto de investigación básica y aplicada. El solapamiento es más temático que temporal. De hecho los proyectos anteriores han propiciado el lanzamiento de al menos una tesis doctoral y además son los que impulsan la solicitud de este nuevo proyecto.

El proyecto ISMED es más científico. Durante la ejecución de los proyectos anteriores se tuvo la oportunidad de profundizar en diversas tecnologías en su aplicación a diversos escenarios pero se descubrieron otras nuevas que brinda nuevas posibilidades científico-técnicas que se quieren explorar con este nuevo proyecto.

Coincidencia del proyecto solicitado en esta convocatoria y del cofinanciado. Aspectos económicos, qué se ha solicitado a uno y qué se solicita al otro. Dejar claro los conceptos y cantidades solicitados que se han realizado en común en ambas convocatorias así como los conceptos diferentes.

En los proyectos SAIOTEK que anteceden al proyecto ISMED se consiguió financiar horas de investigador fundamentalmente y en esta convocatoria se pretende financiar inversiones de equipamiento y las ayudas para colaboradores que apoyen la labor investigadora del equipo de profesores de ambas instituciones académicas.

**SOLICITUD DE AYUDA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACION**  
**Realizar por cada grupo participante**

**DECLARACION JURADA**

Dr. Diego López de Ipiña González de Artaza como Investigador Principal solicitante en la Convocatoria para la financiación de Proyectos de Investigación del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, del año 2007,

y D. Javier Rodríguez Peñas, como Representante Legal del Organismo: Universidad de la Iglesia de Deusto, que actúa como beneficiario en la solicitud presentada al amparo de la mencionada convocatoria

**DECLARAN BAJO JURAMENTO**

que no están incurso en alguna de las causas establecidas en el apartado 5 del artículo 50 del Texto Refundido de la Ley de Principios Ordenadores de la Hacienda General del País Vasco, modificado por la Ley 4/2005, de 18 de febrero, de Igualdad de Mujeres y Hombres.

Y para que así conste a efectos de solicitud,  
Fecha y Firma

El Investigador Principal Solicitante  
Dr. Diego López de Ipiña González de Artaza

*15 de mayo de 2008*

El/a Representante Legal del Organismo  
D. Javier Rodríguez Peñas (*Director General de Áreas de  
Funcionales y Servicios de la Universidad de Deusto*)

*15 de mayo de 2008*

**SOLICITUD DE AYUDA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACION**  
**Realizar por cada grupo participante**

**DECLARACION JURADA**

Dr Guillermo Barrutieta Anduiza como Investigador/a Principal solicitante en la Convocatoria para la financiación de Proyectos de Investigación del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, del año 2007,

y Dr Vicente Atxa Uribe como Representante Legal del Organismo: Mondragón Goi Eskola Politeknikoa S. Coop, que actúa como beneficiario en la solicitud presentada al amparo de la mencionada convocatoria

**DECLARAN BAJO JURAMENTO**

que no están incurso en alguna de las causas establecidas en el apartado 5 del artículo 50 del Texto Refundido de la Ley de Principios Ordenadores de la Hacienda General del País Vasco, modificado por la Ley 4/2005, de 18 de febrero, de Igualdad de Mujeres y Hombres.

Y para que así conste a efectos de solicitud,  
Fecha y Firma

El/a Investigador/a Principal Solicitante  
Guillermo Barrutieta Anduiza

*15 de mayo de 2008*

El/a Representante Legal del Organismo  
Vicente Atxa Uribe (Director general de Mondragón Goi  
Eskola Politeknikoa S. Coop.)

*15 de mayo de 2008*