

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Informática



TESIS DOCTORAL

Arquitectura de eGovernment basada en
Modelos de Información Interoperables

Secundino José González Pérez

Director: Benjamín López Pérez

Oviedo, 2015

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Informática



TESIS DOCTORAL

Arquitectura de eGovernment basada en
Modelos de Información Interoperables

Presentada por

D. Secundino José González Pérez

Para la obtención del título de Doctor por la Universidad de
Oviedo

Dirigida por el

Profesor Doctor D. Benjamín López Pérez

Oviedo, 2015



not only one of the most interesting properties of computational systems is being lost, but the advance towards the possibility of a completely interoperable world, where access to information would be almost unlimited, is also being limited.

The business field kept in mind in this work has been Public Administration, particularly a university administration, taking advantage of the PhD student's knowledge on the procedures and organization of an institution with such characteristics. Considering the interoperability of information systems in the university field as main point, a model is proposed for the management and integration of scholarship systems among different universities. The suggested model will allow us to obtain knowledge by means of interoperation analysis among systems and also to be extrapolated to other business fields.

Interoperability at the level of processes is carried out by means of the mapping of the Web services descriptors, applying matching techniques to value the degree of similarity in the content of the descriptors.

Nowadays, system interoperability is dealt with at the level of data and in this work it is considered at a level of processes. The present solutions at the level of processes imply a reconstruction and modification of the existing systems in organizations. The proposed solution allows the adaptation of the existing systems without requiring their complete reconstruction. This approach makes a significant reduction of costs and time of development possible.

SR. DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE _____ Juan Manuel Cueva Lovelle _____ /
SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN _____

Resumen

La interoperabilidad siempre se ha considerado como una de las asignaturas pendientes de nuestros tiempos, debido a la gran heterogeneidad y variedad de los sistemas de información. Este problema aumenta con la creciente proliferación de sistemas de información construidos de forma independiente y aislada, que dificultan o impiden los intercambios de información entre ellos. Esto perjudica el avance hacia un mundo completamente interoperable, donde el acceso a la información sería prácticamente infinito.

El ámbito de negocio tenido en cuenta en este trabajo ha sido el de la Administración Pública, en concreto una administración universitaria, aprovechando la experiencia y el conocimiento del doctorando sobre los procedimientos y la organización de una institución de estas características. Centrando la interoperabilidad de sistemas de información del ámbito universitario, se propone un modelo para la gestión e integración de los sistemas de becas entre distintas universidades. El modelo planteado permitirá obtener conocimiento mediante el análisis de la interoperación entre los sistemas y ser extrapolado a otros ámbitos de negocio.

La interoperabilidad a nivel de procesos se realiza mediante el mapeado de los descriptores de los servicios Web, aplicando técnicas de matching para valorar el grado de similitud del contenido de los descriptores.

La interoperabilidad de los sistemas, en la actualidad, se aborda a nivel de datos y en este trabajo se plantea a nivel de procesos. Las soluciones actuales a nivel de procesos suponen una reconstrucción y modificación de los sistemas existentes en las organizaciones. La solución propuesta permite la adaptación de los sistemas existentes sin requerir su reconstrucción al completo. Este enfoque posibilita una reducción significativa de costes y tiempos de desarrollo.

Palabras Clave

Interoperabilidad, Gobierno Electrónico, Administración Electrónica, Servicios Web, WSDL, Web Semántica, Ontologías, OWL, WSML, XSD, Ley 11/2007, ENI, ENS, BPM, Sting Metrics, comparación del grado de comparación entre cadenas, proceso administrativo, aprendizaje semiautomático

Abstract

Interoperability has always been considered as one of the failed subjects of information systems, since the heterogeneity of such systems increases the complexity of the resources which become necessary to reach it. This problem is getting bigger due to the recent proliferation of information systems built in an independent and isolated way, making difficult or even avoiding the exchange of information among them. As a result, not only one of the most interesting properties of computational systems is being lost, but the advance towards the possibility of a completely interoperable world, where access to information would be almost unlimited, is also being limited.

The business field kept in mind in this work has been Public Administration, particularly a university administration, taking advantage of the PhD student's knowledge on the procedures and organization of an institution with such characteristics. Considering the interoperability of information systems in the university field as main point, a model is proposed for the management and integration of scholarship systems among different universities. The suggested model will allow us to obtain knowledge by means of interoperation analysis among systems and also to be extrapolated to other business fields.

Interoperability at the level of processes is carried out by means of the mapping of the Web services descriptors, applying matching techniques to value the degree of similarity in the content of the descriptors.

Nowadays, system interoperability is dealt with at the level of data and in this work it is considered at a level of processes. The present solutions at the level of processes imply a reconstruction and modification of the existing systems in organizations. The proposed solution allows the adaptation of the existing systems without requiring their complete reconstruction. This approach makes a significant reduction of costs and time of development possible.

Keywords

Interoperability, eGovernment, Web Services, WSDL, Semantic Web, Ontology, OWL, WSML, XSD, Law 11/2007, ENI, ENS, BPM, Sting Metrics, degree of similarity between chains, administrative process, semiautomatic learning.

Tabla de Contenidos

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	CONTEXTO.....	1
1.3.	MOTIVACIÓN	9
1.4.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.5.	OBJETIVOS.....	12
1.5.1.	<i>Objetivo General</i>	12
1.5.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	13
1.6.	JUSTIFICACIÓN	14
1.6.1.	<i>El porqué de la interoperabilidad</i>	18
1.6.2.	<i>Enfoque basado en Servicios Web</i>	22
1.7.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.8.	ESTRUCTURA DE LA TESIS DOCTORAL.....	25
2.	ESTADO DEL ARTE.....	27
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	27
2.2.	ESTADO NORMATIVO DE LA ADMINISTRACIÓN ELECTRÓNICA	28
2.2.1.	<i>Desarrollo normativo de la Administración Electrónica a nivel nacional</i>	28
2.2.1.1.	La Ley 11/2007, de 22 de junio, Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos	30
2.2.1.1.1.	Objetivos	30
2.2.1.1.2.	Aspectos que contempla	31
2.2.1.1.3.	Necesidades.....	33
2.2.1.2.	Real Decreto 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica	34
2.2.1.2.1.	Objetivos	35
2.2.1.2.2.	Desarrollos del ENI.....	35
2.2.1.2.3.	Normas Técnicas de Interoperabilidad.....	36
2.2.1.2.3.1.	NTI de Catálogo de estándares	36
2.2.1.2.3.2.	NTI de Documento electrónico	38

2.2.1.2.3.3.	NTI de Digitalización de documentos	39
2.2.1.2.3.4.	NTI de Expediente electrónico.....	40
2.2.1.2.3.5.	NTI de Política de firma electrónica y de certificados	40
2.2.1.2.3.6.	NTI de Protocolos de intermediación de datos.....	42
2.2.1.2.3.7.	NTI de Relación de modelos de datos que tengan el carácter de comunes.....	43
2.2.1.2.3.8.	NTI de Política de gestión de documentos electrónicos.....	44
2.2.1.2.3.9.	NTI de Conexión a la Red de Comunicaciones de las Administraciones Públicas Españolas	45
2.2.1.2.3.10.	NTI de Procedimientos de copiado auténtico y conversión entre documentos electrónicos	46
2.2.1.2.3.11.	NTI de Modelo de datos para el intercambio de asientos entre las Entidades Registrales	47
2.2.1.2.4.	Instrumentos de interoperabilidad	48
2.2.1.2.4.1.	Inventario de procedimientos administrativos y servicios prestados.....	48
2.2.1.2.4.2.	Centro de interoperabilidad semántica de la Administración	48
2.2.1.2.4.3.	Directorio de aplicaciones para su libre reutilización	49
2.2.1.2.4.4.	Plataforma de Intermediación de Servicios.....	50
2.2.1.2.4.5.	Observatorio de Administración Electrónica (OBSAE)	51
2.2.1.3.	Real Decreto 3/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Seguridad en el ámbito de la Administración Electrónica	51
2.2.1.3.1.	Objetivos	52
2.2.1.3.2.	Aspectos que contempla.....	52
2.2.1.3.3.	Necesidades	53
2.2.1.3.4.	Guías de Implantación.....	53
2.2.1.4.	Real Decreto 1494/2007, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre las condiciones básicas para el acceso de las personas con discapacidad a las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información y medios de comunicación social	56
2.2.1.5.	Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público ..	57
2.2.1.6.	Real Decreto 1671/2009, de 6 de noviembre, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos	57
2.2.1.7.	Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica	58
2.2.1.8.	Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico	58

2.2.1.9.	Ley 19/2013, de 9 de diciembre, Ley de Transparencia, Acceso a la información pública y Buen gobierno.....	59
2.2.1.10.	Anteproyecto de Ley del Procedimiento Administrativo Común de las administraciones públicas	60
2.2.1.11.	Real Decreto 589/2005, de 20 de mayo, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la Administración electrónica.....	61
2.2.1.12.	Real Decreto 1390/2012, de 5 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 589/2005, de 20 de mayo, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la administración electrónica	61
2.2.1.13.	Real Decreto 806/2014, de 19 de septiembre, sobre organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos.....	62
2.2.1.14.	Orden HAP/566/2013, de 8 de abril, por la que se regula el Registro Electrónico Común	62
2.2.1.15.	Orden HAP/1949/2014, de 13 de octubre, por la que se regula el Punto de Acceso General de la Administración General de Estado y se crea su sede electrónica	63
2.2.1.16.	Orden PRE/1838/2014, de 19 de septiembre de 2014, por la que se aprueba Cl@ve, la plataforma común del Sector Público Administrativo Estatal para la identificación, autenticación y firma electrónica mediante el uso de claves concertadas	64
2.2.2.	<i>Desarrollo normativo de la Administración Electrónica a nivel europeo</i>	<i>64</i>
2.2.2.1.	Directiva 1999/93/CE por la que se establece un marco comunitario para la firma electrónica.	65
2.2.2.2.	Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios en el mercado interior	66
2.2.2.3.	Directiva 2014/55/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativa a la facturación electrónica en la contratación pública	66
2.2.2.4.	Directiva 2013/37/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, por la que se modifica la Directiva 2003/98/CE relativa a la reutilización de la información en el sector público	66
2.2.2.5.	Directiva 2003/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de noviembre de 2003 relativa a la reutilización de la información del sector público	67
2.2.2.6.	Reglamento (UE) nº 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE.....	67
2.2.2.7.	Directiva 2006/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la conservación de datos generados o tratados en relación con la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de acceso público o de redes públicas de comunicaciones y por la que se modifica la Directiva 2002/58/CE	67

2.2.2.8.	Directiva 2002/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2002, relativa al tratamiento de los datos personales y a la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas (Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas)	68
2.2.2.9.	Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un programa relativo a las soluciones de interoperabilidad para las administraciones públicas, las empresas y los ciudadanos europeos (ISA2): La interoperabilidad como medio de modernización del sector público	68
2.2.2.10.	Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a medidas para garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y de la información en la Unión	69
2.2.2.11.	Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior	69
2.2.2.12.	COM (2010) 744 final. "Hacia la interoperabilidad de los servicios públicos europeos"	69
2.2.2.13.	COM (2010) 743 final. "Plan de Acción Europeo sobre Administración electrónica: 2011-2015: Aprovechamiento de las TIC para promover una administración pública inteligente, sostenible e innovadora"	70
2.2.2.14.	COM (2010) 245 final/2. Una Agenda Digital para Europa	70
2.2.2.15.	COM (2006) 173 final. Plan de acción sobre administración electrónica (2010): Acelerar la administración electrónica en Europa en beneficio de todos	70
2.2.2.16.	COM (2006) 45 final. Interoperabilidad de los servicios paneuropeos de administración electrónica	71
2.2.2.17.	COM (2005) 425 final. La accesibilidad electrónica	71
2.2.2.18.	COM (2003) 567 final. El papel de la administración electrónica en el futuro de Europa	71
2.3.	INTEROPERABILIDAD EN LA ADMINISTRACIÓN ELECTRÓNICA	72
2.3.1.	<i>Definiciones de la interoperabilidad</i>	73
2.3.2.	<i>Niveles de interoperabilidad</i>	78
2.3.2.1.	Nivel Organizativo	80
2.3.2.2.	Nivel Semántico.....	82
2.3.2.3.	Nivel Técnico	84
2.3.2.4.	Nivel Legal.....	86
2.3.3.	<i>Modelos de interoperabilidad</i>	86
2.3.4.	<i>Marcos de interoperabilidad de administración electrónica</i>	95
2.3.5.	<i>Marcos de interoperabilidad en otros sectores</i>	106
2.3.6.	<i>Estado de los Proyectos de interoperabilidad en la Administración Electrónica</i>	107
2.3.6.1.	Proyectos Europeos	108
2.3.6.1.1.	Estrategia y Plan de Acción eEUROPE 2002 (2000-2002).....	108

2.3.6.1.2.	Estrategia y Plan de Acción eEUROPE 2005 (2002-2005)	108
2.3.6.1.3.	Estrategia i2020 y Agenda Digital Europea (2010-2020).....	108
2.3.6.2.	Proyectos Nacionales	114
2.3.7.	<i>Los desafíos de la Interoperabilidad</i>	116
2.4.	INTEROPERABILIDAD SEMÁNTICA	117
2.4.1.	<i>Introducción</i>	117
2.4.2.	<i>Interoperabilidad semántica en países europeos</i>	121
2.4.2.1.	Marco común de interoperabilidad del Reino Unido.....	122
2.4.2.2.	Marco francés de interoperabilidad	123
2.4.2.3.	Marco danés de interoperabilidad, DIF	124
2.4.3.	<i>Interoperabilidad semántica en las iniciativas estadounidenses</i>	125
2.5.	INTEROPERABILIDAD RELACIONADA CON LA WEB SEMÁNTICA	126
2.5.1.	<i>Introducción</i>	126
2.5.2.	<i>La Web Semántica</i>	128
2.5.3.	<i>Ontologías en la Interoperabilidad</i>	134
2.5.3.1.	Lenguajes de Definición	143
2.5.3.1.1.	OWL (Web Ontology Language).....	143
2.5.3.1.1.1.	Características	143
2.5.3.1.1.2.	Tipos de Lenguajes o niveles.....	145
2.5.3.1.2.	OWL 2.....	147
2.5.3.1.3.	WSMO (Web Service Modeling Ontology)	147
2.5.3.1.3.1.	Características de WSML	150
2.5.3.1.3.2.	Tipos de Lenguajes o niveles.....	151
2.5.3.1.4.	Herramientas	152
2.5.3.1.4.1.	Protégé	152
2.5.3.1.4.2.	WSMT (Web Service Modeling Toolkit).....	152
2.5.3.1.4.3.	WSMO Studio	153
2.5.3.1.4.4.	Razonadores	153
2.5.3.1.4.5.	Pellet 2.3.0	154
2.5.3.1.4.6.	FaCT++ 1.6.1.....	155

2.5.3.1.4.7.	IRIS (Integrated Rule Inference System)	155
2.5.3.2.	Servicios Web Semánticos	156
2.5.3.2.1.	Lenguajes de Definición	156
2.5.3.2.1.1.	WSML (Web Service Modeling Language)	156
2.5.3.2.1.2.	OWL-S (Web Ontology Language – Services)	156
2.5.3.2.2.	Entornos de Ejecución.....	158
2.5.3.2.2.1.	Axis.....	158
2.5.3.2.2.2.	WSMX (Web Service Modeling eXecution environment)	158
2.5.3.3.	Almacenamiento de ontologías.....	159
2.5.3.3.1.	DBOWL	160
2.5.3.3.2.	OntoDB	160
2.5.3.3.3.	DLDB-OWL	160
2.5.3.3.4.	IBM-SOR	161
2.5.3.3.5.	InstanceStore	161
2.5.3.3.6.	OWLIM.....	162
2.5.3.3.7.	Stardog	162
2.5.3.4.	Estado de los sistemas semánticos.....	162
3.	PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	165
3.1.	INTRODUCCIÓN	165
3.2.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	165
3.3.	ESTUDIO PRELIMINAR DE SOLUCIONES.....	167
3.3.1.	<i>Propuesta de arquitectura inicial</i>	167
3.3.1.1.	Módulo de tramitación.....	168
3.3.1.1.1.	Arquitectura Funcional.....	168
3.3.1.1.1.1.	Catálogo de procedimientos (vcatalog)	169
3.3.1.1.1.2.	Sistema Gestor de expedientes (vcasem).....	170
3.3.1.1.1.3.	Gestor Documental	171
3.3.1.1.1.4.	Integración con otros módulos	171
3.3.1.1.2.	Arquitectura tecnológica.....	172
3.3.1.1.2.1.	Definición de flujos de trabajo	173
3.3.1.1.2.2.	Generación de documentación administrativa	174
3.3.1.1.2.3.	Integración con Ofimática	174

3.3.1.2.	Esquema tecnológico de la propuesta.....	175
3.3.1.2.1.	Apache Jena.....	176
3.3.1.2.2.	Tecnologías y herramientas seleccionadas para el desarrollo de la propuesta inicial.....	177
3.3.1.3.	Problemas encontrados en la propuesta.....	178
3.3.2.	<i>Alternativa 1: XSD comunes al ámbito de interoperabilidad.....</i>	179
3.3.3.	<i>Alternativa 2: Web Semántica - Ontologías.....</i>	180
3.3.4.	<i>Alternativa 3: Repositorios de información y XSD común.....</i>	181
3.3.5.	<i>Alternativa 4: Modelo a través de mapeado.....</i>	182
3.3.5.1.	Comparación de cadenas.....	183
3.3.5.1.1.	String Metric.....	185
3.3.5.1.1.1.	Chapman matching Soundex / Soundex.....	185
3.3.5.1.1.2.	Smith-Waterman-Gotoh.....	187
3.3.5.1.1.3.	Monge-Elkan.....	187
4.	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	189
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	189
4.2.	DISCOVER.....	190
4.3.	STUDY.....	191
4.4.	MATCHING.....	193
4.5.	CATALOG.....	197
4.6.	BROADCAST.....	197
5.	PROTOTIPO.....	199
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	199
5.2.	DEFINICIÓN DEL SISTEMA.....	199
5.3.	REQUISITOS DEL SISTEMA.....	200
5.3.1.	<i>Obtención de los Requisitos del Sistema.....</i>	200
5.3.1.1.	Requisitos funcionales.....	200
5.3.1.2.	Requisitos no funcionales.....	202
5.3.2.	<i>Identificación de los principales Actores del Sistema.....</i>	204
5.3.2.1.	Base de datos relacional.....	204
5.3.2.2.	Matcher.....	204

5.3.2.3.	Recolector	204
5.3.2.4.	Servidor de búsqueda	204
5.3.2.5.	Sistemas externos.....	205
5.3.2.6.	Sistema	205
5.3.2.7.	Usuario	205
5.3.3.	<i>Especificación de Casos de Uso</i>	206
5.4.	IDENTIFICACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS	207
5.4.1.	<i>Descripción de los Subsistemas</i>	208
5.4.1.1.	Subsistema Buscador.....	208
5.4.1.2.	Subsistema Registrador	208
5.4.1.3.	Subsistema Recolector	208
5.4.1.4.	Subsistema Publicador.....	208
5.4.2.	<i>Descripción de los Interfaces entre Subsistemas</i>	209
5.5.	DIAGRAMA DE CLASES	209
5.5.1.	<i>Descripción de las Clases</i>	210
5.5.1.1.	Subsistema Registrador	210
5.5.1.2.	Subsistema Buscador.....	211
5.5.1.3.	Subsistema Recolector	213
5.5.1.4.	Subsistema Publicador.....	214
5.6.	ANÁLISIS DE CASOS DE USO Y ESCENARIOS	215
5.6.1.	<i>Registrar Universidad</i>	215
5.6.1.1.	Obtener información del Servicio Web	217
5.6.1.2.	Realizar el emparejamiento de campos	218
5.7.	ANÁLISIS DE INTERFACES DE USUARIO.....	219
5.7.1.1.	Formulario de registro	220
5.7.2.	<i>Buscador</i>	220
5.7.3.	<i>Detalle de Universidad</i>	221
5.7.3.1.	Diagrama de Navegabilidad	222
5.8.	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	222
5.8.1.	<i>Diagramas de Paquetes</i>	222
5.8.1.1.	Modelo	223

5.8.1.2.	Service	223
5.8.1.3.	Buscador	224
5.8.1.4.	Recolector	224
5.8.1.5.	Registrador	225
5.8.1.6.	Publisher	225
5.8.2.	<i>Diagramas de Despliegue</i>	225
5.8.2.1.	Nodo 1	226
5.8.2.2.	Nodo 2 y Nodo 3	226
5.8.2.3.	Nodo 4	226
5.8.2.4.	Nodo 5	227
5.8.2.5.	Nodo 6	227
5.9.	DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN Y ESTADOS	227
5.9.1.	<i>Registro de una nueva Universidad</i>	227
5.9.2.	<i>Buscador</i>	230
5.9.3.	<i>Publicador</i>	230
5.10.	DIAGRAMAS DE REGISTRO DE UN SERVICIO	231
5.11.	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	232
5.11.1.	<i>Descripción del SGBD</i>	232
5.11.2.	<i>Integración del SGBD en Nuestro Sistema</i>	232
5.11.3.	<i>Diagrama E-R</i>	232
6.	EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN	233
6.1.	INTRODUCCIÓN	233
6.2.	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN	234
6.3.	VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	236
6.3.1.	<i>Hipótesis 1</i>	236
6.3.1.1.	Hipótesis 1.1	237
6.3.1.2.	Hipótesis 1.2	238
6.3.1.3.	Hipótesis 1.3	244
6.3.2.	<i>Hipótesis 2</i>	246
6.3.2.1.	Hipótesis 2.1	247

6.3.2.2.	Hipótesis 2.2	248
6.3.2.3.	Hipótesis 2.3	250
6.3.2.3.1.	Definición del modelo de referencia	251
6.3.2.3.2.	Resultados de los registros, partiendo del modelo de referencia	254
6.3.2.3.3.	Estado del diccionario tras la finalización de las pruebas	258
6.3.2.3.4.	Resultados	259
6.3.3.	<i>Hipótesis 3</i>	260
6.3.4.	<i>Hipótesis 4</i>	261
7.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	263
7.1.	INTRODUCCIÓN	263
7.2.	CONCLUSIONES	263
7.3.	LÍNEAS FUTURAS	268
7.4.	PUBLICACIONES REALIZADAS	269
BIBLIOGRAFÍA	271

Ilustraciones

FIGURA 1: NIVELES DE INTEROPERABILIDAD	79
FIGURA 2: RELACIONES ENTRE LOS NIVELES DE INTEROPERABILIDAD	80
FIGURA 3: MODELO LISI	89
FIGURA 4: LCIM (2006).	90
FIGURA 5: MODELO LCI	91
FIGURA 6: INTERACCIÓN ENTRE DOS PROGRAMAS. DIFERENTES NIVELES DE INTEROPERABILIDAD EN EL MODELO SoSI.	91
FIGURA 7: INTERACCIONES EN LA EADMINISTRACIÓN	99
FIGURA 8: IDEA DE TIM BERNERS-LEE SOBRE LA QUE PLASMÓ LA WEB SEMÁNTICA	129
FIGURA 9: WEB ACTUAL VS WEB SEMÁNTICA	131
FIGURA 10: ESTRUCTURA DE LA WEB SEMÁNTICA VISTA DESDE EL W3C	132
FIGURA 11: MODELO DEL DOMINIO, VENTA DE TICKETS DE VIAJES DE METRO.....	136
FIGURA 12: EXPRESIVIDAD SEMÁNTICA VS COMPLEJIDAD (ESTRUCTURA POR NIVELES)	137
FIGURA 13 – REPRESENTACIÓN DE INDIVIDUOS.....	144
FIGURA 14 – REPRESENTACIÓN DE PROPIEDADES.....	144
FIGURA 15 – REPRESENTACIÓN DE CLASES (CONTIENEN INDIVIDUOS)	145
FIGURA 16: NIVELES DE OWL	146
FIGURA 17 – ELEMENTOS DE WSMO	150
FIGURA 18: NIVELES DE WSMML	152
FIGURA 19: ARQUITECTURA PELLET.....	155
FIGURA 20: ENFOQUE OWL-S	158
FIGURA 21: INTERACCIÓN CON WSMX	159
FIGURA 22: IBM-SOR	161
FIGURA 23: ARQUITECTURA SERVICIOS WEB SEMÁNTICOS (PROTOTIPO I)	175
FIGURA 24: APACHE JENA	177
FIGURA 25: ALTERNATIVA 1: XSD COMUNES AL ÁMBITO DE INTEROPERABILIDAD.....	180
FIGURA 26: ALTERNATIVA 2: WEB SEMÁNTICA MEDIANTE ONTOLOGÍAS	181
FIGURA 27: ALTERNATIVA 3: REPOSITORIOS DE INFORMACIÓN Y XSD COMÚN	182

FIGURA 28: ALTERNATIVA 4: MODELO A TRAVÉS DE MAPEADO	182
FIGURA 29: CICLO DE VIDA DEL MODELO METODOLÓGICO.....	190
FIGURA 30: DISCOVER.....	191
FIGURA 31: STUDY	193
FIGURA 32: MATCHING	197
FIGURA 33: CATALOG	197
FIGURA 34: BROADCASTING.....	198
FIGURA 35: RESUMEN DE LOS CASOS DE USO	206
FIGURA 36: DIAGRAMA DE CLASES	209
FIGURA 37: CASOS USO. REGISTRAR UNA UNIVERSIDAD.....	215
FIGURA 38: CASOS USO. OBTENER INFORMACIÓN DEL SERVICIO WEB.....	217
FIGURA 39: EMPAREJAMIENTO DE CAMPOS.....	218
FIGURA 40: INTERFAZ DE USUARIO. FORMULARIO DE REGISTRO.....	220
FIGURA 41: INTERFAZ DE USUARIO. BUSCADOR	220
FIGURA 42: INTERFAZ DE USUARIO. DETALLE UNIVERSIDAD	221
FIGURA 43: DIAGRAMA DE NAVEGABILIDAD	222
FIGURA 44: ARQUITECTURA. DIAGRAMA DE PAQUETES.....	222
FIGURA 45: ARQUITECTURA. PAQUETE MODELO	223
FIGURA 46: ARQUITECTURA. PAQUETE SERVICE.....	223
FIGURA 47: ARQUITECTURA. PAQUETE BUSCADOR.....	224
FIGURA 48: ARQUITECTURA. PAQUETE RECOLECTOR	224
FIGURA 49: ARQUITECTURA. PAQUETE REGISTRADOR.....	225
FIGURA 50: DIAGRAMA DESPLIEGUE.....	225
FIGURA 51: DIAGRAMA SECUENCIA. REGISTRO UNIVERSIDAD: PASO 1	228
FIGURA 52: DIAGRAMA SECUENCIA. REGISTRO UNIVERSIDAD: PASO 2	228
FIGURA 53: DIAGRAMA SECUENCIA. REGISTRO UNIVERSIDAD: PASO 3	229
FIGURA 54: DIAGRAMA SECUENCIA. REGISTRO UNIVERSIDAD: PASO 4.....	229
FIGURA 55: DIAGRAMA SECUENCIA. BUSCADOR	230
FIGURA 56: DIAGRAMA SECUENCIA. PUBLICADOR.....	230
FIGURA 57: DIAGRAMA DE REGISTRO DE UN SERVICIO DE UNA UNIVERSIDAD.....	231
FIGURA 58: DIAGRAMA E-R.....	232

FIGURA 59: FASES PARA LA VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	235
FIGURA 60: INTERFAZ. PÁGINA DE INICIO	239
FIGURA 61: INTERFAZ. FORMULARIO DE REGISTRO	240
FIGURA 62: INTERFAZ. SELECCIÓN DE OPERACIONES	240
FIGURA 63: INTERFAZ. EMPAREJAMIENTO CAMPOS BECA	241
FIGURA 64: INTERFAZ. EMPAREJAMIENTO CAMPOS SOLICITANTE.....	241
FIGURA 65: INTERFAZ. FORMULARIO GUARDADO.....	242
FIGURA 66: INTERFAZ. BUSCADOR	242
FIGURA 67: INTERFAZ. DETALLE UNIVERSIDAD	243
FIGURA 68: INTERFAZ. PANTALLA DEL RECOLECTOR	243
FIGURA 69: INTERFAZ. INFORMACIÓN DE LA APLICACIÓN	244
FIGURA 70: EMPAREJAMIENTO DEL CAMPOS DEL MODELO.....	248
FIGURA 71: EVOLUCIÓN DE ACIERTOS SEGÚN EL REGISTRO DE SERVICIOS.....	260

Tablas

TABLA 1: GUÍAS DEL ENS	56
TABLA 2: ELEMENTOS DE UN PROCEDIMIENTO	170
TABLA 3: ELEMENTOS DE UN EXPEDIENTE	171
TABLA 4: ARRAY DE VALORES PARA CADA CAMPO DE LA CLASE STUDENT	194
TABLA 5: CLASE STUDENT.....	195
TABLA 6. REQUISITOS FUNCIONALES	202
TABLA 7. REQUISITOS NO FUNCIONALES.....	204
TABLA 8: DICCIONARIO BECA	258
TABLA 9: DICCIONARIO SOLICITANTE	259

1. Planteamiento del Problema

1.1. Introducción

El propósito de este capítulo es realizar una breve descripción del problema tratado, situar el contexto de la misma e indicar la motivación que nos llevó a su desarrollo. La interoperabilidad es un problema que ha estado presente desde hace décadas y cuya solución se ha tratado desde distintas perspectivas sin alcanzarse una solución aplicable a todos los escenarios. La aparición de muchas tecnologías de integración de aplicaciones, el nuevo paradigma de desarrollo de aplicaciones distribuido e incluso la aparición de la terminología de Computación en la Nube han cobrado gran relevancia en nuestros tiempos; además de las ventajas propias de estos sistemas, se presenten como entornos adecuados para profundizar y sacar el máximo provecho a sus propiedades. Asimismo, no se debe olvidar que estamos en una sociedad tecnológica en la que cada vez se demandan más servicios, de mayor calidad y que se encuentren disponibles desde cualquier lugar, en cualquier momento y desde cualquier dispositivo.

Por tanto, la interoperabilidad y la integración de los sistemas de información se han convertido en un reto para nosotros. En esta tesis se reúnen varias tecnologías, proyectos, normativa legal y organizativa y enfoques punteros en un trabajo de carácter muy innovador que soluciona el problema de la interoperabilidad desde un punto de vista novedoso.

En este capítulo se explica la motivación que ha llevado a la realización de este trabajo y, definidos los objetivos perseguidos, se justifica la necesidad de llevarlo a término. Finalmente se detalla la metodología diseñada para la consecución de los objetivos previamente enunciados y se realiza un breve resumen de la estructura del documento presentado.

1.2. Contexto

No se debe olvidar que, durante la última década, la Web o World Wide Web (WWW) ha evolucionado desde una Web estática, monolítica, de

aplicaciones de hipertexto y de hipervínculos -es decir, HTML estático- a la Web 2.0 (conocida por la web de las redes sociales y participación), Web Semántica. Además, se empieza hablar de la nueva Internet de los Servicios y de las Cosas, en la que todo está o estará conectado con todo y entre sí. Una tendencia similar es la simbología de gobierno electrónico o administración electrónica, prácticamente desconocido hace una década como término, como actividad identificada y como tema de investigación (Heeks, R. & Bailur, S., 2007); es explícitamente conocido como lo que "hubiera parecido una utopía soñarlo hace apenas una década" (Garson, G.D., 2004). La falta de interoperabilidad aparece, en este contexto, como el problema más duradero y difícil al que se enfrentan nuestras empresas y organizaciones gubernamentales de hoy en día, debido al desarrollo de software propietario o a extensiones de los sistemas de información actuales, a la falta o al exceso de estándares, a la heterogeneidad de plataformas software y hardware (Gardner, D., 2003).

Reconociendo el beneficio de la mejora de la eficiencia en la prestación de servicios del gobierno a través de los medios electrónicos, las iniciativas de Administración Electrónica han aumentado rápidamente en los últimos tiempos (Weerakkody, V. et al., 2004).

Internet ha modificado la forma de ofrecer los servicios a la sociedad a través de la Web. Durante los últimos años, la tendencia para las organizaciones ha sido la de incrementar sus procesos de negocio exponiéndolos a través de la Web, así como la compartición de sus servicios tanto dentro como fuera de la propia organización, por eso el interés de la interoperabilidad entre los sistemas. Actualmente, los gobiernos de todo el mundo están adoptando iniciativas conocidas como gobierno electrónico, eGovernment o Administración Electrónica, poniendo disponible en línea información relevante, automatizando procesos engorrosos e interactuando de manera telemática con sus ciudadanos. Por tanto, estamos inmersos en importantes cambios en la forma de relacionarnos, principalmente motivados por la globalización y las TIC. Además, se busca que la ciudadanía sea más participe en procesos de toma de decisiones, favoreciendo la cohesión social, como se señala en la Declaración del Milenio de la ONU (Naciones Unidas, 2000). Haciendo un balance global, España debe esforzarse para dejar de perder posiciones en el

contexto internacional y ocupar el lugar que le corresponde, sin perder relevancia en asuntos sociales.

Aunque existen infinidad de definiciones del **eGovernment**, éste puede ser definido como el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación por parte de los órganos de la administración, para promover un gestión pública más eficiente y efectiva, facilitar el acceso de los ciudadanos a los servicios públicos, permitir un mayor acceso a la información, incrementar sustantivamente la transparencia del sector público y acercar las Administraciones Públicas a los ciudadanos.

En el ámbito de e-Gobierno, la iniciativa i2010¹ y anteriormente, la iniciativa i2005², el plan de acción estratégica de la Comisión Europea (Comisión Europea, 2006b), presentan la interoperabilidad como un requisito previo para que "dispositivos y plataformas puedan hablar los unos con los otros" y que los servicios sean portables entre distintas plataformas" y lo identifica como uno de los principales bloques de construcción para el espacio europeo único de la información de eServices (Comisión Europea, 2006d).

De hecho, el logro de un sistema paneuropeo de interoperabilidad transfronteriza es un elemento clave y una condición necesaria para toda iniciativa de gobierno electrónico de la UE, tales como el Marco de Interoperabilidad Europeo (Comisión Europea, 2010a), la Directiva de Servicios 2006/123/CE³ (Comisión Europea, 2006f) y la Directiva 2013/37/UE⁴ del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de junio de 2013

¹ http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/strategies/c11328_en.htm revisado el 15 de Agosto de 2014.

² http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/strategies/l24221_es.htm revisado el 15 de Agosto de 2014.

³ http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/job_creation_measures/l33237_en.htm revisado el 15 de Agosto de 2014.

⁴ https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=DOUE-L-2013-81251 revisado el 15 de Agosto de 2014.

(Comisión Europea, 2013a) por la que se modifica la Directiva 2003/98/CE⁵ relativa a la reutilización de la información del sector público (Comisión Europea, 2003a).

Los ministros de la Unión Europea (UE) responsables en políticas de Administración Electrónica en el 2009, y otros aliados a la UE, adoptaron de forma unánime la Declaración de Malmö⁶, que pretende aprovechar el potencial de las TIC como catalizadoras de una mayor transparencia y participación de los ciudadanos en sus relaciones con las administraciones públicas. Su principal aportación es el impulso estratégico de los denominados servicios de tercera generación, orientados a la satisfacción de las necesidades de los ciudadanos, quienes asumen un papel central en su definición y diseño. Entre sus objetivos pueden destacarse el fomento de la reutilización de datos públicos, la atención multicanal, la implicación de los ciudadanos en el proceso de formulación de políticas públicas, la simplificación de procedimientos y la reducción de cargas administrativas.

Por su parte, la Declaración de Granada de abril de 2010⁷ constituye un primer texto de referencia en la elaboración de la nueva Agenda Digital Europea⁸, incorporando los principios relativos a la administración electrónica de la Declaración de Malmö. Por tanto, esta agenda es una de las iniciativas emblemáticas de la estrategia Europa 2020, cuyo propósito es tratar un ambicioso plan, que busca articular la economía europea también en la Red y en un único mercado digital.

⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:345:0090:0096:ES:PDF> revisado el 15 de Agosto de 2014.

⁶ <http://ec.europa.eu/digital-agenda/sites/digital-agenda/files/ministerial-declaration-on-egovernment-malmo.pdf> revisado el 15 de Agosto de 2014.

⁷ <http://www.minetur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/documents/declaraci%C3%B3ncastellano.pdf> revisado el 15 de Agosto de 2014.

⁸ <http://ec.europa.eu/digital-agenda/> revisado el 15 de Agosto de 2014.

Es importante, destacar la relevancia de la *Agenda Digital Europea* (Comisión Europea, 2012b): es una de las iniciativas emblemáticas de la estrategia Europa 2020 (Comisión Europea, 2011), cuyo propósito es trazar un ambicioso plan, que busca articular la economía europea también en la Red y en un único mercado digital. Por ello, marca siete pilares en torno a los que conseguir hitos para que la Unión Europea sea en 2020 una potencia tecnológica y digital. Los objetivos de los pilares no se establecieron de una forma clara, sino que los va marcando en función del ritmo al que evolucionen las distintas economías y también según avance la innovación tecnológica. Los pilares son:

- Un mercado único digital dinámico.
- Interoperabilidad y estándares.
- Confianza y seguridad.
- Acceso rápido y ultrarrápido a Internet
- Investigación e innovación.
- Fomentar la alfabetización, la capacitación y la inclusión digitales.
- Aplicar las TIC a retos sociales, como el cambio climático o la promoción de la diversidad cultural.

En el ámbito de la Administración Electrónica, la Agenda Digital Europea define, entre otras, las siguientes actuaciones, que serán llevadas a cabo:

- Garantizar el reconocimiento de la identificación y la autenticación electrónicas en toda la UE sobre la base de unos “servicios de autenticación” en línea que se ofrecerán en todos los Estados miembros.
- Respalda unos servicios de administración electrónica transfronterizos integrales en el mercado único a través del Programa de Innovación y Competitividad (PIC) y, el Programa de soluciones de interoperabilidad para las administraciones públicas europeas (European Commission, 2010).

- Definir en un Libro Blanco, los pasos concretos para interconectar la capacidad de contratación pública electrónica en todo el mercado único.
- Mostrar un ejemplo en materia de administración pública abierta y transparente elaborando y aplicando un Plan de Acción eCommission 2011-2015, que incluirá la contratación electrónica plena.

No sólo a nivel de la Administración Pública es necesaria la Interoperabilidad, sino también a nivel empresarial. Las empresas cada vez crecen más y se expanden hacia fuera de sus fronteras e incluso se fusionan con otras compañías, todo ello está muy relacionado con la globalización y por tanto, aumenta la competitividad entre las corporaciones que deben optimizar recursos y aumentar su cadena de valor. Muchas veces, supone una reorganización interna y externa de recursos, considerado como “Empresa Extendida”.

Las empresas se apoyan en las tecnologías de la información y comunicación, especialmente en Internet, durante los últimos veinte años se han desarrollado intensamente, pero no ha sido suficiente. Hoy en día, las tecnologías y estándares se utilizan sistemáticamente como técnicas que permitan la infraestructura tecnológica. No se debe olvidar, que Internet y en especial la Web en sí proporcionan una infraestructura para conectar personas, organizaciones, empresas y las aplicaciones que estén utilizando.

Además, desde España se ha aprobado un plan nacional de reformas, en el que se integra el Plan Avanza, que pretende alcanzar la media europea en los indicadores de la Sociedad de la Información. Iniciativas como por ejemplo eDNI o el registro electrónico.

En las comunidades autónomas y las entidades locales se están desplegando desde hace años diversos proyectos y actuaciones tendentes a promover la integración en la Sociedad de la Información (SI) y el desarrollo del gobierno electrónico.

El gobierno electrónico en España se encuentra desigualmente desarrollado: algunos servicios son de enorme éxito y reconocimiento internacional, pero todavía muchas administraciones presentan un bajísimo grado de implantación. El mayor problema radica en la falta de participación e

interés de los ciudadanos, asociada a la baja penetración de Internet entre los españoles y los problemas de formación y acceso a banda ancha en nuestro país.

A nivel nacional la Ley 11/2007 LAECSP “Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos”⁹ (España, 2007a) fue una ley en la que se obligaba a las Administraciones Públicas a ofrecer sus servicios a los ciudadanos por medios telemáticos. Por razones obvias, como la recesión y la crisis económica por la que estamos atravesando, esta Ley, de obligado cumplimiento a 1 de enero de 2010, se relajó y las administraciones fueron adaptándose en función a sus posibilidades.

La tramitación electrónica y la interoperabilidad provocaron la necesidad de modificar los procedimientos administrativos a los que estábamos acostumbrados (Stewart, J. & Walsh, K., 2007), la mayoría de los cuales se tramitaban en papel y a través de una ventanilla con un funcionario, en la que muchas veces se tenían que hacer largas colas para la tramitación de ciertos servicios, e incluso, presentar información redundante que ya poseía la administración, por ejemplo, fotocopia del DNI, estar al corriente de nuestros pagos, certificado del padrón, etc. como recogía la Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común¹⁰ (España, 1992). Esto implicó cambios en el 2013; se realizó una reforma del procedimiento administrativo (Ley 7/2013)¹¹, cuya modificación propugnó la elaboración y simplificación de los procedimientos, evitando que el ciudadano tuviese que presentar información que, de alguna forma, ya estuviese en poder de la propia administración u organismos públicos. Aquí nace un nuevo término de Interoperabilidad administrativa, se hace necesaria

⁹ http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-12352 revisado el 15 de Agosto de 2014.

¹⁰ http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/130-1992.t6.html revisado el 15 de Agosto de 2014.

¹¹ http://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/517405-1-7-2013-de-21-nov-ca-castilla-la-mancha-adequacion-de-procedimientos-administrativos.html revisado el 15 de Agosto de 2014.

la comunicación entre los distintos organismos para el intercambio de información, evitando que el ciudadano presente información redundante: sólo se le solicitará autorización para realizar dicha consulta desde el organismo correspondiente en cada momento. Previamente, implicó la creación y aprobación del Esquema Nacional de Seguridad (ENS) y del Esquema Nacional de Interoperabilidad (ENI), Real Decreto 3¹² y Real Decreto 4¹³, en el 2010, en la que se establecen las normas técnicas de seguridad y de interoperabilidad, respectivamente, de la información. Los ESQUEMAS NACIONALES son normativas muy avanzadas y exigentes cuyo fin es crear condiciones objetivas de interoperabilidad y de seguridad que faciliten el ejercicio de derechos y el cumplimiento de deberes a través de los medios electrónicos.

El ENI se define en el apartado 1 del artículo 42 de la Ley 11/2007 (España, 2007a) como “[...] el conjunto de criterios y recomendaciones en materia de seguridad, conservación y normalización de la información, de los formatos y de las aplicaciones que deben ser tenidos en cuenta por las Administraciones Públicas para la toma de decisiones tecnológicas que garanticen la interoperabilidad”.

Además, las Normas Técnicas de Interoperabilidad¹⁴ desarrollan aspectos concretos de diversas cuestiones necesarios para asegurar los aspectos más prácticos y operativos de la interoperabilidad entre las Administraciones Públicas y el ciudadano. La relación de normas incluye los estándares del documento electrónico, del expediente electrónico, digitalización de documentos, política de firma electrónica y de certificados de la Administración e, incluso, el tratamiento de ficheros de intercambio de información, que no son más que la definición estándar de una estructura de ficheros XML. Todo esto no es suficiente para el intercambio de información

¹² <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-1330> revisado el 15 de Agosto de 2014.

¹³ <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-1331> revisado el 15 de Agosto de 2014.

¹⁴ http://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Estrategias/pae_Interoperabilidad_Inicio/pae_Normas_tecnicas_de_interoperabilidad.html#.U-3AsmAcTIU revisado el 15 de Agosto de 2014.

entre organismos. Por ejemplo, las Universidades que quieren intercambiar un expediente académico de un alumno que desea cambiar de una Universidad a otra, en la actualidad, tienen que hacerlo con el expediente en formato papel. Se pretende que el cambio se realice de forma electrónica. Para ello, es necesario crear estructuras comunes de información como puede ser el estándar propuesto de SET-e¹⁵ (Suplemento Europeo al Título Electrónico) ¹⁶ y, a través de una capa de servicios, se puede intercambiar la información de forma que las universidades sigan con el mismo sistema de información, pero que puedan interactuar con esa capa de servicios para intercambiarse el expediente académico. Dicha capa debe contener una cierta inteligencia o semántica para la interpretación del modelo de datos de un expediente e, incluso, para la interpretación de la información del expediente. Esta propuesta, está empezando a gestarse dentro de la Plataforma para la Administración Electrónica mediante el proyecto de nodo de interoperabilidad SUE¹⁷, que pretende interconectar las diferentes universidades entre sí y, además, con otros servicios administrativos como pueden ser los del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (MINHAP).

1.3. Motivación

La realización de esta tesis viene motivada por el interés investigador que tendría tanto para la comunidad científica en general como para la Interoperabilidad, Administración Electrónica, Semántica y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en particular. Además, supone un gran efecto incentivador e innovador por las posibilidades que podría ofrecer a nivel empresarial y comercial, ya que esta investigación realiza aportaciones

¹⁵

<http://ecctis.co.uk/europass/documents/Europe%20Unit%20Diploma%20Supplement%20Guide.pdf> revisado el 15 de Agosto de 2014.

¹⁶ http://ec.europa.eu/education/tools/diploma-supplement_en.htm revisado el 15 de Agosto de 2014.

¹⁷ <https://www.rediris.es/jt/jt2013/ponencias/jt2013-jt-sesion1b-a10b4c1.pdf> revisado el 15 de Agosto de 2014.

relevantes para facilitar la comunicación entre entidades y organismos del mismo sector (educación, bancario, sanidad, etc.) y soluciona algunos de los grandes problemas que existen en este campo de intercambio de información.

La Interoperabilidad ha cobrado mucha importancia en los últimos años y hoy en día aparece como un reto en las administraciones nacionales e internacionales por la necesidad de intercambiar información de forma ágil y rápida entre los sistemas de información existentes entre estas administraciones. No se debe olvidar la globalización de nuestra sociedad y mercados lo que implica una mayor integración de los sistemas de información. Son algunas de esas características las que lo sitúan como un marco perfecto para la investigación desarrollada. Sin olvidar también que las Administraciones Públicas y las empresas han invertido mucho tiempo y dinero y no se ha llegado a soluciones, debido a que se han encontrado muchos problemas en la interoperabilidad administrativa de la información dentro de una organización y fuera.

Las tecnologías semánticas nacieron con el objetivo de comprender mejor los contenidos existentes en la Web y en los sistemas de información, así como para poder interconectar sistemas diversos para facilitar el intercambio de información. Estas técnicas han afrontado el problema de diferentes formas, empleando todas las herramientas y recursos a su alcance, pero la diversidad y cantidad de los datos a menudo han frenado los resultados en este ámbito. Además, se verá más adelante en esta tesis que, debido a la diversidad de los sistemas de información que deben interoperar para el intercambio de información, la semántica en vez de aportar beneficio nos perjudica, debido a la degeneración ocasionada en la ontología, derivada del mapeo de campos de los sistemas de información existentes.

De todo esto nace una de las principales motivaciones para la realización de esta tesis y que supone un avance adicional dentro de este ámbito: la inexistencia de un modelo o estándar que permita la compartición e intercambio de información de forma sencilla. La subsanación de esta carencia supone una gran motivación y a la vez un importante reto que se afronta con esta investigación.

De forma paralela a la tesis y debido al interés principal de la misma, se ha participado activamente en el desarrollo de proyectos de investigación e innovación de convocatorias nacionales y regionales, caben destacar por el ámbito de esta tesis:

- Proyecto “Tramitador de expedientes electrónicos – eGo!”, convocatoria 2007, financiado por el PCTI¹⁸ y en colaboración con la empresa Vitruvio Sistemas SL.
- Proyecto “Tarjeta Inteligente” en colaboración con la entidad bancaria Cajastur, desde 2009 hasta el 2014, principal objetivo, fomentar la administración en la Universidad de Oviedo.
- Proyecto “Secretaría Virtual para la Universidad de Oviedo”, convocatoria 2009, financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio dentro del PLAN AVANZA, Subprograma Avanza Servicios Públicos Digitales.

Estos proyectos y que el autor de esta tesis sea el responsable de la implantación de la Administración Electrónica en la Universidad de Oviedo, todo ello aúna líneas de investigación relacionadas con las que son objeto de estudio de esta tesis y los avances logrados contribuyeron de manera notable a aumentar la motivación de seguir trabajando en estas áreas.

1.4. Descripción del problema

Esta tesis se centra en la investigación de uno de los mayores problemas existentes en los sistemas de la información: la interoperabilidad. En los últimos años hemos visto cómo ha evolucionado y cambiado la forma de relacionarse los ciudadanos, las empresas y las Administraciones entre sí. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han jugado un papel muy importante. Las comunicaciones, la informática y en especial Internet han logrado cambiar la forma de relacionarse y de trabajar y de ello se está aprovechando la

¹⁸ PCTI: Plan de Ciencia Tecnología e Innovación del Principado de Asturias, <http://www.ficyt.es/pcti/>, resisado el 15 de Enero de 2015.

Administración Pública, pero aún, queda un largo camino que recorrer. Por ejemplo, el intercambio de un expediente universitario entre dos universidades de forma electrónica es ciencia ficción, debido a que los sistemas de información no son capaces de interactuar entre sí.

El principal problema derivado de todo esto es la falta de un estándar o modelo que permita a diversos sistemas de un mismo ámbito compartir o intercambiar información de forma sencilla. Al propio problema técnico que conlleva el alcanzar este objetivo, se unen aspectos legales y organizativos. Hoy en día parece un imposible que las administraciones y organizaciones lleguen a un acuerdo por el que se apruebe un sistema común de compartición de información. Cada administración u organismo tiene sus sistemas y proyectos y no desean cambiar sus métodos de trabajo. Además, muchas de las propuestas por parte de las grandes empresas tecnológicas suponen unos cambios muy drásticos en los sistemas de información, que conllevan grandes inversiones económicas y en muchos casos tampoco son la solución. Además, no es el momento en el que las administraciones y organismos estén en condiciones económicas de abordar estas inversiones.

Por todo ello, no existe en la actualidad ningún sistema capaz de afrontar esta situación, lo que otorga a la investigación un valor añadido al tratar de responder a todas las preguntas que rodean a este problema desde un punto de vista novedoso, innovador y multidisciplinar.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

El objetivo principal será la creación de un modelo orientado a la integración o interoperabilidad de sistemas de información de diversa índole en un entorno determinado, en este caso nos centraremos en el ámbito universitario, por ser un ámbito muy conocido por el autor de la tesis. La idea es que este modelo sirva de base para otros sistemas que se desee que interoperen, estableciéndose de esta forma unos mínimos prerequisites que permitan asegurar el correcto intercambio de información entre dichos sistemas. Además se pretende desarrollar un sistema modular, en el que cada

uno de los módulos desempeñe unas funciones y responsabilidades muy concretas y especializadas, para poder evolucionar el sistema de una forma fácil y ágil. Se añadirá semántica, en la medida de lo posible, será importante la etiquetación y descripción de los servicios para posteriores búsquedas o procesos que precisen de información adicional, suponiendo un valor añadido en cuanto a aspectos de innovación se refiere. Mediante la solución planteada en esta tesis se soluciona el problema de la complejidad que supone establecer un modelo diferente para cada organismo o administración que desee intercambiar información entre sus back-office. De esta manera servirá de forma general a todos aquellos organismos o administraciones que se encuentren o se añadan a la arquitectura aquí planteada.

1.5.2. Objetivos Específicos

De forma desglosada, los objetivos individuales que se pretenden obtener en esta investigación son los siguientes:

1. Realizar un estudio detallado del estado del arte en las áreas de influencia de la investigación (legal, organizativo y técnico) que permitan un conocimiento profundo de los trabajos realizados y las carencias existentes para abordar el problema de forma directa.
2. Definir un modelo de intercambio e interoperabilidad de información general que permita intercambiar información entre los ERPs existentes en las organizaciones con el menor esfuerzo posible económico y técnico.
3. Definir una arquitectura modular fácil de mantener y ampliar.
4. Implantar un sistema de búsquedas fácil y potente para la localización y creación de nuevos servicios a interoperar.
5. Añadir semántica, en la medida de lo posible, para poder utilizar el conocimiento capturado en realizar inferencias y operaciones lógicas que incrementen las posibilidades del modelo.
6. Dar solución a las interacciones y transacciones que se produzcan dentro de los sistemas que se encuentren en el modelo de interoperabilidad.

7. Permitir el intercambio de datos de manera sencilla con la menor intervención por parte del usuario (automatización). Esto supone que el modelo a construir necesita la creación de un conocimiento que vaya aprendiendo de casos anteriores, y llegue a un momento en el que pueda actuar sin la intervención de un usuario.
8. Proporcionar una solución unificada en todos los aspectos que sea de fácil manejo por los usuarios finales y de la forma más transparente posible.
9. Diseñar un sistema que sirva para validar la solución propuesta en esta investigación, permita comprobar el potencial de los aspectos planteados y el aumento cualitativo que supone la consecución de los objetivos, en cuanto a nivel de prestaciones y usabilidad de la plataforma a la que se apliquen.

1.6. Justificación

Hoy en día, Internet no es una cuestión de modas: es el escenario donde ciudadanos y empresas encuentran facilidades y formas de relacionarse de forma ágil y rápida para realizar sus actividades de la vida cotidiana.

La Red, que nació como una simple extensión del mundo físico, hoy en día ya no es así. Internet ha desarrollado características propias que la diferencian claramente de otros medios. Se ha demostrado la gran capacidad que tiene para almacenar, difundir e intercambiar grandes volúmenes de información de forma inmediata. Hoy nadie discute su valía como fuente de información. Todos conocemos las Webs Corporativas, la prensa electrónica, repositorios documentales, bibliotecas digitales, enciclopedias en línea, combinadas con las capacidades de búsqueda y clasificación de los motores de búsqueda. *Internet se ha convertido en la primera fuente de información del*

*planeta, hasta el punto de que hoy en día se puede afirmar que si algo no está en Internet, a efectos prácticos no existe*¹⁹.

No se debe olvidar que Internet, no es sólo un espacio para almacenar y consultar información, sino que además es un medio que se presta para la realización de transacciones: así aparecieron los negocios del comercio y banca electrónica, cada día más en auge.

Un factor determinante para la implantación de una Administración Electrónica y una administración sin papeles es que nuestros jóvenes son consumidores tecnológicos muy acostumbrados a los canales y redes sociales, conocidos por Web 2.0, demandantes de servicios en la red. Ello va llevar a que los servicios tradicionales de tramitación de un expediente en una Administración se realicen de forma telemática, no sólo desde nuestro ordenador personal, sino desde cualquier dispositivo (tableta, móvil, TV, etc).

Con la aparición de los blogs, wikis, Webs sociales como *Facebook*, *Wikipedia*... surge la conocida Web 2.0 donde cada usuario puede producir su propio contenido sin necesidad de ser el creador de la Web. Sus principios básicos son: la web como plataforma, la inteligencia colectiva y la arquitectura de participación. Aunque el término *Web 2.0* nació en 2004, se podría decir que esta generación comenzó entre los años 1999 (con sitios como *Napster* y *Blogger*) y 2001 (con *Wikipedia* entre otros). Algunas características de la Web 2.0:

- *El usuario es el centro*: protagonista que crea y comparte.
- *Participación*: conocimiento compartido entre usuarios.
- *Usabilidad*: no son necesarios conocimientos informáticos avanzados para generar contenido.

Las ventajas de Internet se derivan de la lejanía del mundo físico o presencial, de la independencia geográfica de lo que se encuentra a un “solo click”, del que no hay que hacer colas de espera, disponibilidad a cualquier hora

¹⁹ <http://www.meh.es/Documentacion/Publico/SGT/e-administracion.pdf> revisado el 15 de Enero de 2015.

y día de la semana: el conocido servicio 24x7. No hemos de olvidar que tiene inconvenientes, muchas veces derivados de la seguridad y confidencialidad de la información, aunque cada vez se están desarrollando más y mejores medidas de seguridad.

Uno de los principios básicos que se debe cumplir es que el canal de Internet no se convierta en una nueva fuente de desigualdad y favoritismos, situaciones que se producían en muchos casos en el canal presencial. Se debe garantizar que todos los usuarios tengan acceso al medio y que todos puedan beneficiarse de las ventajas que este ofrece. Por tanto, se busca una sociedad colaborativa y participativa, y se han de aprovechar este tipo de canales para conseguir una mayor transparencia.

Las Administraciones Públicas llevan años invirtiendo en mejorar su funcionamiento interno, en beneficio del incremento en su eficiencia y eficacia de los servicios ofrecidos a la sociedad. Todo ello, aporta una reducción en los costes de los servicios a largo plazo y reducción en los tiempos de respuesta o de tramitación.

Analizando la situación actual, se observa que las Administraciones han realizado fuertes inversiones en Tecnología y el resultado ha sido positivo, desde un punto de vista de eficiencia y eficacia, pero no fue el esperado inicialmente. En muchos casos esto fue debido a que se intentó automatizar los procesos del mundo físico, sin tratar de minimizar y simplificar estos procesos, lo que provocó rechazo a la puesta en la Red de los mismos.

La Administración siempre pretendió ser ágil y estar automatizada, pero lo cierto es que después de muchos años no lo ha conseguido. Se habla de procedimientos lentos, que requieren de multitud de trámites y de documentación anexa que el interesado debe aportar; todo ello complica la automatización de procesos en la Red.

En la mayoría de los casos la automatización de procedimientos se encontró con innumerables trabas: desde la resistencia al cambio, los costes de nuevas implantaciones, la dificultad de interoperar entre administraciones y la falta de regulación de esta materia (jurídica y de protección de datos). Además, no suele haber un buen entendimiento entre técnicos y juristas: no hemos de

olvidar que nuestros juristas, a día de hoy, son reacios a la simplificación o anulación del papel. Todo esto hace que la Ley de Régimen Jurídico se convirtiera en papel mojado.

Así lo recoge la propia LAECSP 11/2007, de 22 de junio, sobre el acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos (España, 2007a), en su exposición de motivos:

“...el desarrollo de la administración electrónica es todavía insuficiente. La causa en buena medida se debe a que las previsiones de los art.s 38, 45 y 59 de la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común son facultativas. Es decir, dejan en manos de las propias Administraciones determinar si los ciudadanos van a poder de modo efectivo, o no, relacionarse por medios electrónicos con ellas, según que éstas quieran poner en pie los instrumentos necesarios para esa comunicación con la Administración. Por ello esta Ley pretende dar el paso del «podrán» por el «deberán».

Las avanzadas para el momento, pero por otra parte prudentes, previsiones legales, muy válidas en 1992 o en 2001, hoy han quedado desfasadas, ante una realidad en que el grado de penetración de ordenadores y el número de personas y entidades con acceso en banda ancha a Internet, con las posibilidades abiertas a otras tecnologías y plataformas, no se corresponden ya con los servicios meramente facultativos que la Ley citada permite y estimula a establecer a las Administraciones. El servicio al ciudadano exige consagrar su derecho a comunicarse con las Administraciones por medios electrónicos.”

De este modo lo que pretende la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, sobre el acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos (España, 2007a), no es establecer sólo una regulación de procedimientos y su tramitación por medios electrónicos, sino que lo que el espíritu y finalidad de la Ley persiguen es crear un auténtico derecho subjetivo de los ciudadanos, alegable y oponible frente a la Administración: el derecho a poder relacionarse electrónicamente con las Administraciones Públicas, de poder interactuar con

la Administración sin los límites de espacio/tiempo, es decir, utilizando diferentes canales, ya sean telefónicos, telemáticos, etc.

Todo ello requiere de apoyos de la alta dirección de los organismos y decisiones políticas, sistemas de normalización de los datos y de servicios para la correcta interoperabilidad e intercambio de información entre Administraciones y sobre todo, financiación. Si bien se dice que la Administración Electrónica ahorra costes a largo plazo, en el medio supone una importante aportación que las administraciones, en permanente estado de crisis, no siempre pueden asumir.

1.6.1. El porqué de la interoperabilidad

Partimos de que el software ha ido evolucionando en muchas dimensiones: las herramientas y lenguajes de programación que se utilizan para crearlo; las formas en que nos acercamos al proceso de creación; los modelos que describen los elementos de software y su forma de relacionarse o interrelacionar en el mundo real (o virtual); en su complejidad y las fronteras, desde pequeños programas de cientos de líneas que se ejecutan en un ordenador a enormes sistemas distribuidos para interoperar con otros sistemas, las organizaciones y las personas; en los nombres de rol que le damos a los creadores –programadores, analistas, arquitectos, desarrolladores-; por último pero no menos importante, el software se está convirtiendo en una pieza fundamental en nuestras vidas, además de mejorar y transformar los procesos de negocio (García-Peñalvo, F. et al., 2012). Se tiene que destacar que es muy importante la aplicación de modelos tecnológicos (Zelkowitz , M.V. & Cuthill, B., 1997) a la construcción de una arquitectura de interoperabilidad.

La globalización y la internacionalización significan que el mundo está en una era de cambios continuos, esto se traduce en sociedades lideradas por empresas que enfocan su atención no sólo en aspectos tecnológicos sino que también intentan encontrar una nueva forma de gestionar las herramientas de las que disponen (González, I. G. et al., 2012).

Además, no hemos de olvidar que vivimos en una era en la que estamos cada vez más móvil y virtualmente conectados y tenemos la capacidad de compartir la información de forma que se pueda beneficiar a la sociedad, tales

como las actividades de promoción de la salud infantil y adolescente. La mayoría de las escuelas canadienses están conectadas a internet creando el potencial para compartir las mejores prácticas en educación para la salud en todo el país, mediante la interconexión de los sistemas de información (Robertson, L. et al., 2011).

Los sistemas que las instituciones han venido implementando y poniendo a disposición de sus usuarios conllevaron esfuerzo y transformaciones internas; ahora se dan cuenta de que esos sistemas están limitados, cerrados y lejos de la cresta de la ola de la innovación. Este es un problema cuya solución parece estar en el dominio de las Ciencias de Servicio, tanto desde el punto de vista técnico de estándares SOA y de interoperabilidad, como desde un punto de vista de los modelos de negocio, formas de colaboración dentro de los equipos de desarrollo de software y las estrategias de concesión de licencias apropiadas (García-Peñalvo, F. et al., 2012).

Cada día se habla más de hacer frente a software como un enfoque de servicio (SaaS). Se han identificado ocho opciones de diseño que son importantes en el diseño de modelos de negocio SaaS. Estos incluyen: (1) las características del servicio SaaS, (2) Fuente de valor SaaS, (3) Grupo de destino para el usuario SaaS, (4) Modelo de arquitectura de datos de configuración y de prestación, (5) Las competencias básicas de gestión SaaS de gobierno y la demanda/oferta, (6) modelo de despliegue en la nube, (7) la estrategia de integración y el proveedor de SaaS y, finalmente, el (8) estructura de precios SaaS (Joha, A. & Janssen, M., 2012).

La propuesta planteada en esta tesis pretende ofrecer una solución a la interoperabilidad entre plataformas (Ruggaber, R., 2006) a nivel de Servicio Web (Youyuan, F. & Tianyang, G., 2010). En esta tesis se plantea dar solución a un problema dentro del ámbito universitario, pero se podría llevar a otros casos, como por ejemplo al bancario e incluso al sanitario para el intercambio de expedientes clínicos entre hospitales. Concretamente en esta tesis, se va plantear con el intercambio de expedientes académicos, situaciones académicas, notas, becas escolares, movilidades, aliviar tramitaciones que exijan documentación, etc. A la hora de empezar a trabajar dentro del sector universitario en temas de interoperabilidad, se comprobó que era una cuestión

que interesaba a las administraciones públicas; veamos, Nodo de interoperabilidad para el SUE: hoja de ruta de CRUE-TIC, 2013²⁰ donde expone el trabajo a realizar por la administración pública en los próximos años.

No se debe olvidar, que en la Administración Pública, todo intercambio de información o interoperabilidad entre sistemas es aún más compleja debido a la necesidad de hacer frente a factores tales como aspectos legales, políticos y socioculturales (Cestari, J.M. et al., 2014). En las universidades cada vez son más demandados por nuestros alumnos los servicios electrónicos y canales sociales (Vicente, C., 2014).

En primera instancia, se pensó que podría ser conveniente utilizar tecnologías más “futuristas” -y que podrían ser factibles de usarse para resolver el problema que se presenta en esta tesis- como puede ser la Web Semántica (Berners-Lee, T. & Hendler, J., 2001) e incluso Servicios Web Semánticos (García Rodríguez, M. et al., 2012), pero la definición de una ontología a partir de un modelo referencial sobre la cual aplicar razonamientos, reglas de inferencia y otros mecanismos que ofrece esta tecnología, se comprobó después de una serie de experimentos que su uso y comportamiento no era correcto. Por ejemplo, a la ontología no se le podían realizar preguntas del tipo *el campo X es realmente el campo Y*, puesto que la Web Semántica puede resolver otros tipos de relaciones (similares a los que se pueden plantear en un lenguaje como puede ser Prolog) pero nunca generar el emparejamiento de campos que se busca en este artículo.

En general, un gran volumen de información es publicada por los gobiernos y las organizaciones que utilizan formatos de la web semántica y formatos tales como RDF, estructuras implícitas utilizando lenguajes estándar del W3C: RDF Schema o OWL, pero los nuevos modelos de programación flexible para procesar y explotar son necesarios estos datos, siendo necesaria la creación de algoritmos para su procesamiento de forma semiautomática con el fin de encontrar información relevante y relacionada en este nuevo reino de

²⁰ <https://www.rediris.es/jt/jt2013/ponencias/jt2013-jt-sesion1b-a10b4c1.pdf> revisado el 15 de Agosto de 2014.

datos. Sin embargo, la exploración eficiente de las grandes bases de conocimiento aún no se ha resuelto y es por eso que los nuevos paradigmas están emergiendo para impulsar el despliegue definitivo de la Web de los Datos (García Rodríguez, M. et al., 2012), aunque sería un nuevo sistema de desarrollo y supondría un gran esfuerzo económico por parte de las empresa y organismos.

La propuesta aquí planteada no deja de ser una integración entre plataformas universitarias que a su vez interoperarán con otra plataforma de índole superior que será del Ministerio de Hacienda y Administración Pública e incluso podría ser con otra organización de rango superior, a nivel europeo. Principalmente consiste en sustituir los trámites manuales por trámites electrónicos (SCSP, Sustitución de Certificados en Formato Papel), por la que aboga el Artículo 6 de la Ley 11/2007²¹: “A no aportar datos y documentos que obren en poder de las Administraciones Públicas...” (España, 2007a). Uno de los mayores inconvenientes que existen en este momento, a la hora de tratar con este problema, es la inexistencia de un modelo referencial sobre el cual trabajar para poder compartir esta información de una forma estandarizada. Es cierto que desde la Administración y para llevar a cabo lo anteriormente citado en el Nodo de interoperabilidad para el SUE, se está apostando por el modelo del SET-e (Suplemento Europeo al Título Electrónico)²² como base de trabajo y como primera piedra para sustentar el proyecto citado y que posiblemente pueda ser un punto de partida muy esperanzador para comenzar a construir los cimientos de la interoperabilidad entre distintas plataformas gubernamentales, a través de un modelo que mejore los servicios a los ciudadanos (Christiansson, M.T., 2011). De esta forma, se tomará como modelo referencial el SET-e, debido a la inexistencia de uno oficial, para trabajar con modelos teóricos siempre será más fiable la realización del trabajo con un modelo europeo y

²¹ http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/111-2007.t1.html revisado el 15 de Agosto de 2014.

²² <http://administracionelectronica.gob.es/ctt/verPestanaGeneral.htm?idIniciativa=666#.U-yTyWAcTIU> revisado el 15 de Agosto de 2014.

oficial (SET). Lo que todavía no está muy claro es cómo van a conseguir esa interoperabilidad entre universidades que se persigue, debido a que lo más común será que se plantee redefinir los servicios web que publican las universidades, cuestión bastante improbable de realizar debido a la situación en la que nos encontramos económicamente y lo reacia que suele ser la administración a modificar sus servicios o bien se optará por un servicio middleware que realice una serie de traducciones para convertir los datos que publican cada una de las universidades, en datos adaptados al SET-e.

1.6.2. Enfoque basado en Servicios Web

En esta tesis mediante la aplicación de una serie de técnicas, que se desarrollarán a continuación, se pretende conseguir que varios sistemas compartan información y sean capaces de trabajar con ella sin modificar sus servicios originales mientras se construye un catálogo de servicios²³ (actualmente no existente a nivel universitario) y se genera un sistema de aprendizaje semi-automático, pues cada una de las iteraciones del proceso serán nuevas normas de conocimiento a aplicar en el sistema propuesto para futuras iteraciones.

En definitiva, es un sistema que permite registrar los Servicios Web de cada Universidad para poder realizar un emparejamiento de sus modelos de datos con un modelo referencial común que servirá para poder obtener información de cualquier fuente registrada de forma unificada, sin tener en cuenta cuál será su punto de origen. Para lograr este objetivo, se utilizan unas técnicas de introspección de lenguajes (Java) para ayudar al sistema a reconocer las interioridades de los Servicios Web (McIlraith, S.A. et al., 2001) que se van a registrar. Además, se emplea una serie de funciones denominadas String Metrics (University, UK Sheffield, 2014) que servirán de herramienta para conseguir “adivinar” cuánto se parecen dos términos y así realizar una

²³ http://www.accenture.com/microsite/it-technology-trends-2014/Documents/TechVision/Downloads/Accenture_Technology_Vision_2014.pdf
revisado el 15 de Agosto de 2014.

primera fase de emparejamiento de campos entre el modelo a registrarse y el modelo referencial. Una vez realizado lo anterior, se utiliza un sistema clasificador para resolver los casos que no se han conseguido emparejar en el proceso anterior y finalmente como última opción se seguirán las reglas de conocimiento existentes dentro del sistema.

Por tanto, con la solución propuesta se pretende dar una respuesta a uno de los principales problemas que tiene la administración en general, que es el intercambio de información entre las entidades. Hoy en día, en el siglo XXI, en plena era digital y de la información en la red, aún se está solicitando mucha información redundante a los ciudadanos, que ya está en manos de las administraciones. Y no sólo eso, si no que se pretende que con un pequeño esfuerzo técnico y económico las administraciones puedan intercambiar información. Es decir, que se pueda intercambiar información con sólo que cada organización exponga sus Servicios Web con la información a compartir y así evitar tener que hacer nuevos desarrollos y grandes modificaciones en las administraciones y organizaciones.

A lo largo del documento se mostrarán las diferentes capacidades tecnológicas, legales y organizativas y su adecuación con el problema a resolver. Todas ellas son seleccionadas tras un estudio detallado de sus propiedades mediante el análisis de la literatura y son reunidas para conseguir el enfoque único con requiere esta investigación. Con ello se demostrará que estas tecnologías son apropiadas para enfrentar el problema del que se ocupa la tesis y que se pueden realizar investigaciones alternativas dentro de la misma línea proporcionada en este documento.

Asimismo el desarrollo de un modelo de interoperabilidad permitirá validar los resultados obtenidos por la investigación. Se evaluarán y validarán los diferentes aspectos del lenguaje que tengan incidencia en su funcionalidad y se demostrará que se consigue interoperabilidad entre sistemas de información del mismo ámbito.

1.7. Metodología de la investigación

Este apartado detalla las actividades en las que se ha dividido la investigación para alcanzar los objetivos expuestos anteriormente. Para la resolución del problema en cuestión es necesario realizar una serie de pasos clave que se detallan a continuación:

- **Estudio del estado de arte.** Mediante el estudio de los trabajos relacionados se pueden conocer los métodos y tecnologías necesarios para alcanzar los objetivos planteados. Este estudio se ha dividido en tres bloques:
 - Interoperabilidad
 - Legislativa
 - Organizativa
 - Técnica.
 - Semántica
 - Servicios Web
 - Servicios Web Semánticos
- **Análisis de los aspectos más representativos de la literatura.** El análisis de los diferentes conceptos tratados en el estado del arte, permite realizar una toma de decisiones correcta y sólidamente fundamentada para utilizar las tecnologías y herramientas más adecuadas al problema.
- **Presentación de una primera aproximación a la solución.** Esta etapa permitirá sentar las bases y requisitos que se deben cumplir para cubrir los objetivos propuestos. Esta parte de la investigación emplea las conclusiones extraídas del análisis previo y permitirá concluir la viabilidad de la investigación y también si las herramientas seleccionadas son suficientes para alcanzar la solución deseada.
- **Diseño final de la solución.** En esta fase se concluye el proceso de diseño. Todos los requisitos han de quedar cubiertos y debe presentar

un nivel de detalle suficiente para poder comenzar la implementación del entorno para su validación.

- **Implementación de un modelo y arquitectura de interoperabilidad.** Esta fase marca el inicio de la validación que permitirá comprobar que el diseño cumple con los objetivos marcados y que se encuentra en la línea de las hipótesis propuestas. La configuración del prototipo de interoperabilidad permitirá evaluar y validar la investigación en un entorno real.
- **Validación.** En esta fase se comprueba que toda la funcionalidad diseñada y desarrollada permite representar el conocimiento relativo al problema y la interoperabilidad de sistemas de información.
- **Evaluación de hipótesis y análisis de resultados.** Tras validar las hipótesis propuestas, se analizan los resultados para extraer las consiguientes conclusiones de toda la investigación realizada.
- **Documentación.** La tarea de documentación se ha llevado a cabo a lo largo de todo el proceso de elaboración de la presente tesis. En las primeras fases, la tarea de documentación registra los resultados del estudio del estado del arte y del análisis del problema. Durante el desarrollo de las siguientes etapas, se documentaron las características del diseño realizado y los aspectos relevantes del sistema global. En la fase de validación, se han documentado los resultados de los procedimientos de validación seguidos. Finalmente se ha redactado la documentación definitiva, que constituye la presente memoria, a partir de la documentación generada a lo largo de las distintas fases.

1.8. Estructura de la Tesis Doctoral

En adelante, el presente documento se estructura de la siguiente manera:

- **Estado del arte.** En este capítulo se revisan los conceptos más importantes tratados en la investigación así como los trabajos de mayor relevancia realizados hasta la fecha en cada una de las áreas que abarca el trabajo. Se divide en cuatro partes:

- Estado normativo de la Administración Electrónica.
- Interoperabilidad y proyectos en la Administración Electrónica.
- Interoperabilidad semántica.
- La web semántica en la Interoperabilidad.
- **Propuesta de solución.** Una vez definidos los problemas a solucionar con el desarrollo de esta tesis doctoral, este capítulo detalla las hipótesis que guían la investigación y se describe la aproximación de la solución propuesta.
- **Diseño de la solución.** A continuación se presentan las diferentes fases de diseño que se han desarrollado hasta alcanzar el diseño final tras analizar los trabajos propuestos y las tecnologías a emplear.
- **Detalles de implementación.** En este capítulo se comentan los aspectos más relevantes de la implementación de las diferentes partes que se han desarrollado para permitir la validación de la investigación realizada.
- **Evaluación y Validación.** Posteriormente se aborda la evaluación y validación del lenguaje propuesto y su aplicación en un dominio real. También se analizan los resultados obtenidos con el fin de extraer conclusiones relevantes sobre la investigación.
- **Conclusiones y Líneas Futuras.** Este capítulo plantea la totalidad de las conclusiones de la investigación que se ha llevado a cabo y se apuntan las líneas en las que se puede continuar el trabajo realizado y las nuevas líneas abiertas surgidas en torno a él.

2. Estado del Arte

2.1. Introducción

En este capítulo se realiza una revisión de los conceptos, tecnologías y normativas relacionadas con la investigación realizada alrededor del problema de la interoperabilidad en los sistemas de información. El estado del arte se ha dividido en cuatro grandes bloques que abarcan la totalidad de la investigación: Estado normativo en la Administración Electrónica, interoperabilidad y proyectos en la Administración Electrónica, Interoperabilidad semántica y la web semántica en la Interoperabilidad. El estudio detallado de cada uno de estos bloques proporciona una visión amplia y completa de los trabajos existentes donde se pueden observar sus características, fortalezas y debilidades que servirán como punto de partida de la investigación objeto de esta tesis. A partir de esto, será posible la construcción del modelo orientado hacia la interoperabilidad, la reducción de costes y la automatización, objetivos que pueden suponer un impacto más que significativo en la industria.

El estudio del estado del arte es uno de los aspectos básicos para el desarrollo de cualquier trabajo ya que permite conocer los avances realizados en las áreas de relevancia y establecer los fundamentos sobre los que se asentará la investigación.

Partiendo de la información recogida en este capítulo, se podrán establecer con claridad las aportaciones al conocimiento realizadas por esta tesis.

Por tanto, se puede afirmar que el estado del arte es el resultado de formalizar la información recogida mediante la lectura de la bibliografía específica de los problemas y tecnologías a afrontar, así como de otros temas relacionados con ellos. A partir del análisis de esta información surgirán una serie de ideas y preguntas a las que se intentará dar respuesta, originando el desarrollo de las hipótesis que guiarán el proceso de investigación en su totalidad.

Este trabajo en cuestión gira en torno a cuatro grandes áreas diferenciadas, descritas en la sección anterior, centrándose principalmente en la Interoperabilidad de los sistemas de información, ya que es el concepto clave a resolver en esta tesis.

2.2. Estado Normativo de la Administración Electrónica

En este capítulo se reflejará una visión general del estado en que se encuentra actualmente el desarrollo normativo de la Administración Electrónica, tanto a nivel nacional como europeo.

2.2.1. Desarrollo normativo de la Administración Electrónica a nivel nacional

Anteriormente a la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, sobre el acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos (España, 2007a), la LRJAPPAC 30/1992, de 26 de noviembre, sobre el régimen jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, ya recogía en su art. 45 (FEMP, 2011):

“...el impulso por parte de la Administración al empleo y aplicación de las técnicas y medios electrónicos, informáticos y telemáticos al objeto de desarrollar su actividad y el ejercicio de sus competencias así como habilitaba la posibilidad de que los ciudadanos pudieran relacionarse con las Administraciones Públicas para ejercer sus derechos a través de técnicas y medios electrónicos, informáticos o telemáticas cuando esto fuera compatible con los medios técnicos de que éstas dispusieran”

Esa previsión, junto con la de la informatización de registros y archivos del art. 38 LRJAPPAC 30/1992, de 26 de noviembre, y con la redacción que le dio la Ley 24/2001, de 27 de diciembre, sobre medidas fiscales, administrativas y del orden social (España, 2001), permitía el establecimiento de registros telemáticos para la recepción o salida de solicitudes, escritos y comunicaciones por medios telemáticos, y por lo tanto, la utilización de tales medios para relacionarse con la Administración. También se modificó el art. 59 de la LRJAPPAC 30/1992, de 26 de noviembre en la Ley 24/2001, de 27 de

diciembre, permitiendo la notificación por medios telemáticos si el interesado hubiera señalado dicho medio como preferente o consentido expresamente.

Además, se destacan las modificaciones realizadas en la LGT 58/2003, de 17 de diciembre, Ley General Tributaria (España, 2003a), para permitir también las notificaciones telemáticas, en la ya prevé expresamente la actuación administrativa automatizada o la imagen electrónica de los documentos.

Esta regulación de la eAdministración era claramente insuficiente, en parte por la acelerada evolución tecnológica y también debido a que las previsiones indicadas en la LRJAPPAC 30/1992, de 26 de noviembre eran facultativas e informativas. Es decir, dejaban en manos de las propias Administraciones determinar si los ciudadanos iban a poder o no, relacionarse por medios electrónicos con ellas. Por esta razón, la LAECSP 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a) planteó como obligaciones lo que en la LRJAPPAC 30/1992, de 26 de noviembre se planteaba como algo opcional y recomendable.

La LAECSP 11/2007, de 22 de junio y su desarrollo reglamentario en el ámbito de la Administración General del Estado, el Real Decreto 1671/2009, de 6 de noviembre (España, 2009), han evolucionado de forma sustancial la definición de los aspectos relativos a expediente electrónico y documento electrónico. Se puede afirmar que regulan u orientan de forma suficientemente clara las características de formato, validez, acceso, archivo y conservación de lo digital dentro de la nueva realidad que es la Administración Electrónica.

No obstante, además de la LAECSP 11/2007, de 22 de junio y de su desarrollo reglamentario, se requiere comentar dos instrumentos adicionales de carácter técnico y complementario para comprender la realidad actual de la normativa en eAdministración: el Esquema Nacional de Interoperabilidad (ENI) regulado en el RD 4/2010, de 8 de enero (España, 2010b), fijando los criterios comunes de gestión de la información que permitan compartir soluciones e información, y el Esquema Nacional de Seguridad (ENS) regulado en el RD 3/2010, de 8 de enero (España, 2010a), que establece los criterios y niveles de seguridad necesarios para los procesos de tratamiento de la información.

2.2.1.1. La Ley 11/2007, de 22 de junio, Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos

En junio del año 2007, el Parlamento aprobó la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos (España, 2007a), consagrando la relación con las Administraciones Públicas por medios electrónicos como un derecho de los ciudadanos y como una obligación correlativa para las Administraciones, y estableció como plazo máximo hasta el 31 de diciembre de 2009 para que todas la Administraciones habilitasen los mecanismos necesarios para garantizar dicho acceso a todos sus procedimientos.

El 28 de diciembre de 2007, el Consejo de Ministros aprobó el Plan Estratégico LAECSP (Gobierno de España, 2007), que contenía la estrategia y las medidas a desarrollar en la Administración General del Estado para cumplir con la LAECSP 11/2007, de 22 de junio. Aunque este Plan se circunscribía al ámbito de la Administración General del Estado, el desarrollo de buena parte de las medidas contempladas en el mismo reportaron beneficios directos para todas las Administraciones y facilitaron el desarrollo de la Administración Electrónica en CCAA y CCLL.

El cumplimiento de los derechos y obligaciones establecidos en la LAECSP 11/2007, de 22 de junio constituye uno de los principales retos de la modernización de las AAPP de los últimos años. Al reconocer los derechos de los ciudadanos a relacionarse electrónicamente con la Administración y, a su vez, establecer como obligación para éstas la implantación de los recursos, tecnología y sistemas necesarios para satisfacer esos derechos, las AAPP quedan obligadas a transformarse en una Administración Electrónica abierta, inclusiva y moderna.

2.2.1.1.1. Objetivos

Principales objetivos:

- Construir la regulación sobre la base del derecho de los ciudadanos a utilizar los medios de comunicación electrónica para relacionarse con la Administración y ejercer sus derechos.

- Imponer un compromiso jurídico de incorporación de las tecnologías de la información a la totalidad de las funciones administrativas, considerando al ciudadano como portador de derechos de prestación que la Administración debe satisfacer de forma efectiva.

2.2.1.1.2. Aspectos que contempla

Principales características:

- Principios de neutralidad tecnológica, interoperabilidad, simplificación administrativa, transparencia y reutilización de la tecnología.
- Derecho del ciudadano a la calidad de los servicios públicos prestados por medios electrónicos, a obtener informaciones, realizar consultas y alegaciones, formular solicitudes, manifestar consentimiento, entablar pretensiones, efectuar pagos, realizar transacciones, oponerse a las resoluciones y actos administrativos, conocer por medios electrónicos el estado de las tramitaciones, usar el DNI Electrónico como modo de autenticación, etc.
- Privacidad de los datos facilitados.
- Derecho de acceso a documentos y expedientes sin mengua de las garantías de seguridad.
- Derecho de los interesados en un procedimiento a acceder al mismo y ver los documentos.
- Derecho a la comunicación electrónica.
- Definición de sede electrónica, con la que se establecen las relaciones, promoviendo un régimen de identificación, autenticación, contenido mínimo, protección jurídica, accesibilidad, disponibilidad, responsabilidad y estándares de uso generalizado “por los ciudadanos”. Esto incluye el multilingüismo en territorios con régimen de cooficialidad.
- Formación del expediente o archivo de oficina en lo que se refiere al archivo de expedientes ya tramitados.

- Definición de expediente electrónico y documento electrónico. Regulación de la validez de los documentos y sus copias, de forma que el documento electrónico opere con plena validez en modo convencional y, en su caso, de la forma en que los documentos convencionales se transformen en documentos electrónicos.
- Definición de registro electrónico y notificación electrónica.
- Definición del alcance y sistemas de sellado de tiempo.
- Formas de tramitación electrónica. Consideración de las formas de tramitación electrónica, tanto para la tramitación electrónica de expedientes, como para cualquier otra actuación interna de la Administración, como la actuación administrativa automatizada.
- Formación del personal al servicio de la Administración.
- Previsiones generales de garantía de los derechos de los ciudadanos e igual tratamiento. Principio de libertad de los ciudadanos en la elección de la vía o canal por el que quieren comunicarse con la Administración, si bien cada tecnología puede ser apta para una función, en razón de sus características y de la fiabilidad y seguridad de sus comunicaciones.
- Transformación de documentos convencionales en documentos electrónicos.
- Plataformas que pueden utilizar los ciudadanos o las propias Administraciones para establecer las comunicaciones electrónicas.
- Puntos de acceso electrónico público en las sedes administrativas. Multicanalidad, con disponibilidad de un mismo trámite por vía oficina/ventanilla, telefónica y electrónica (Punto de Acceso electrónico). Creación de un Punto de Acceso General con acceso centralizado a todos los servicios.
- Figura del Defensor del Usuario.
- Establecimiento de un Comité Sectorial de Interoperabilidad.

2.2.1.1.3. Necesidades

En la disposición final tercera sobre la “Adaptación de las Administraciones Públicas para el ejercicio de derechos”, la LAECSP 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a), se establecía la fecha del 31 de diciembre de 2009 como límite para que los ciudadanos pudiesen ejercer con plenitud sus derechos por medios electrónicos en cualquier procedimiento y actividad de competencia de dicha Administración. La reserva que igualmente aparece en dicha norma sobre el ejercicio en relación con la totalidad de los procedimientos y actuaciones de su competencia a partir del 31 de diciembre de 2009, siempre que lo permitan las disponibilidades presupuestarias, debería entenderse como una limitación, no una exención de la obligación de prestar los servicios electrónicos.

El desarrollo de las previsiones de la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, presupone operaciones de adaptación a los distintos procedimientos y actividades. El cumplimiento de esta necesidad solo puede lograrse mediante la concurrencia de diferentes niveles normativos a fin de componer un marco general y estable compatible con el estado del desarrollo tecnológico en esta materia.

La LAECSP 11/2007, de 22 de junio no agotó la regulación del acceso electrónico a los servicios públicos como consecuencia de los criterios de distribución de competencias que corresponde al resto de las Administraciones Públicas. Podemos decir que la LAECSP 11/2007, de 22 de junio dicta las obligaciones a partir de las competencias que tiene el Estado sobre el régimen jurídico de las Administraciones Públicas y sobre el procedimiento administrativo común. Pero según la Disposición Final Octava, Desarrollo y entrada en vigor de la Ley, corresponde al Gobierno y a las Comunidades Autónomas (y al resto de AAPP, añadiríamos, en el ámbito de sus respectivas competencias) dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo y aplicación de la presente LAECSP 11/2007, de 22 de junio.

La regulación de la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, en lo que tiene de básico, requiere de los necesarios desarrollos normativos por el resto de AAPP, sin que pueda olvidarse, que el objeto de las bases normativas fijadas

por la LAECSP 11/2007, de 22 de junio es permitir un tratamiento común de las normativas emitidas por cada Administración Pública en sus respectivos campos competenciales.

En esta perspectiva, la regulación del Estado debe abordar aquellos aspectos en los que es obligado que las previsiones normativas sean comunes, como es el caso de la interoperabilidad, las garantías de las comunicaciones electrónicas, los servicios a los que tienen derecho los ciudadanos, la conservación de las comunicaciones electrónicas y los demás temas que se abordan en la ley para garantizar que el ejercicio del derecho a relacionarse electrónicamente con todas las AAPP forme parte de ese tratamiento común que tienen.

No obstante, además del desarrollo reglamentario apuntado, se necesitan dos instrumentos de carácter técnico y complementario: el ENI, fijando los criterios comunes de gestión de la información que permitan compartir soluciones e información, y el ENS que establece los criterios y niveles de seguridad necesarios para los procesos de tratamiento de la información.

2.2.1.2. Real Decreto 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica

El Esquema Nacional de Interoperabilidad define el conjunto de criterios y recomendaciones en materia de seguridad, conservación y normalización de la información que las Administraciones Públicas deben tener en cuenta en las decisiones tecnológicas, a fin de garantizar la interoperabilidad entre sus diferentes sistemas de información (España, 2010b).

Entre las materias objeto del ENI, podemos relacionar las siguientes:

- Dimensión organizativa, semántica y técnica.
- Estándares en la elección de las alternativas tecnológicas.
- Infraestructuras y servicios comunes.
- Reutilización de la documentación asociada y de otros objetos de información.

- Interoperabilidad de la firma electrónica y de los certificados.
- Conservación.

2.2.1.2.1. Objetivos

Los objetivos del ENI son:

- Comprender los criterios y recomendaciones que deberán ser tenidos en cuenta por las Administraciones Públicas para la toma de decisiones tecnológicas que garanticen la interoperabilidad y que eviten la discriminación a los ciudadanos por razón de su elección tecnológica.
- Introducir los elementos comunes que han de guiar la actuación de las Administraciones Públicas en materia de interoperabilidad.
- Aportar un lenguaje común para facilitar la interacción de las Administraciones Públicas, así como la comunicación de los requisitos de interoperabilidad a la industria.

2.2.1.2.2. Desarrollos del ENI

Según especifica el art. 29 RD 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica, el ENI se deberá mantener actualizado de manera permanente, debiendo desarrollarse y perfeccionarse a lo largo del tiempo, en paralelo al progreso de los servicios de Administración Electrónica, de la evolución tecnológica y a medida que vayan consolidándose las infraestructuras que le apoyan (España, 2010b).

Asimismo, establece en su Disposición Adicional Primera el desarrollo de la serie de Normas Técnicas de Interoperabilidad (NTI) que serán de obligado cumplimiento por parte de las Administraciones Públicas. Su relación completa es la siguiente:

- Catálogo de estándares.
- Documento electrónico.
- Digitalización de documentos.
- Expediente electrónico.

- Política de firma electrónica y de certificados de la Administración.
- Protocolos de intermediación de datos.
- Relación de modelos de datos que tengan el carácter de comunes en la Administración y aquellos que se refieran a materias sujetas a intercambio de información con los ciudadanos y otras Administraciones.
- Política de gestión de documentos electrónicos.
- Requisitos de conexión a la Red de comunicaciones de las Administraciones Públicas Españolas.
- Procedimientos de copiado auténtico y conversión entre documentos electrónicos, así como desde papel u otros medios físicos a formatos electrónicos.
- Modelo de datos para el intercambio de asientos entre las Entidades Registrales.

El ENI, según especifica el art. 29 RD 4/2010, de 8 de enero que lo regula, deberá ser actualizado permanentemente, debiendo desarrollarse y perfeccionarse a lo largo del tiempo, en paralelo al progreso de los servicios de Administración Electrónica, de la evolución tecnológica y a medida que vayan consolidándose las infraestructuras que lo apoyan (España, 2010b).

2.2.1.2.3. Normas Técnicas de Interoperabilidad

2.2.1.2.3.1. NTI de Catálogo de estándares

La *NTI de Catálogo de estándares* pretende fomentar que los servicios de Administración Electrónica puedan prestarse en condiciones apropiadas para permitir la independencia en la elección de alternativas tecnológicas por los ciudadanos y las Administraciones Públicas, e igualmente, la adaptabilidad al progreso de las técnicas y sistemas de comunicaciones descrito en la LAECSP 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a).

A tal objeto, la *NTI de Catálogo de estándares* establece un catálogo formado por un conjunto mínimo de estándares que cumplan lo previsto en el

art. 11 del ENI, con indicación de los criterios de selección y ciclo de vida aplicados, así como las consideraciones para la revisión y actualización del mismo.

El conjunto de estándares incluido en el catálogo se define en *el Anexo I* de la propia NTI, estructurándose conforme a las siguientes categorías:

- Autenticación:
 - Certificados
 - Firma electrónica
 - Política de firma electrónica
- Sellado de tiempo
- Cifrado
- Codificación:
 - Codificación de caracteres
 - Idioma
- Control de acceso
- Formatos ficheros:
 - Imagen y/o texto
 - Cartografía vectorial y sistemas de información
 - Compresión de ficheros
 - Contenedores multimedia
 - Sonido
 - Vídeo
- Gestión documental y archivística
- Integridad
- Métricas
- Protocolos de comunicación e intercambio:

- Correo electrónico
- Específicos a nivel de aplicación
- Servicios Web
- Tecnologías de transporte y red
- Semántica
 - Metadatos
 - Tecnologías semánticas
- Tecnologías de integración de datos
- Tecnologías de identificación

2.2.1.2.3.2.NTI de Documento electrónico

La *NTI de Documento electrónico* establece los componentes del documento electrónico, incorporando contenido, firma electrónica, metadatos mínimos obligatorios y formato. Finalmente, determina las condiciones para su intercambio y reproducción, siguiendo el siguiente esquema:

- Objeto.
- Ámbito de aplicación.
- Componentes del documento electrónico.
- Firma del documento electrónico.
- Metadatos del documento electrónico.
- Formato de documentos electrónicos.
- Intercambio de documentos electrónicos.
- Acceso a documentos electrónicos.
- Anexo I. Metadatos mínimos obligatorios del documento electrónico.
- Anexo II. Esquemas XML para intercambio de documentos electrónicos.

- Anexo III. Información básica de la firma de documentos electrónicos.

Asimismo, la NTI reconoce conforme al RD 4/2010, de 8 de enero que lo regula, el tratamiento de los metadatos mínimos obligatorios, así como la asociación de los datos y metadatos de la firma o de sellado de tiempo, otros metadatos complementarios asociados y los formatos de documento (España, 2010b).

La definición detallada de los metadatos mínimos obligatorios, los esquemas XML para intercambio de documentos y la información básica de firma de documentos electrónicos, se encuentra en el *Anexo I* a la NTI.

Para los aspectos relativos a la gestión y conservación de los documentos electrónicos digitalizados esta NTI se remite a la *NTI de Política de gestión de documentos electrónicos*.

2.2.1.2.3.3.NTI de Digitalización de documentos

Esta NTI establece los componentes de un documento electrónico digitalizado, incluyendo la imagen electrónica, firma electrónica y metadatos, así como las reglas para la digitalización de documentos en soporte papel por parte de las AAPP atendiendo a los formatos, niveles de calidad, condiciones técnicas y estándares aplicables, los requisitos a cumplir en la digitalización de documentos en soporte papel o en otro soporte no electrónico susceptible de digitalización a través de medios fotoeléctricos, siguiendo el siguiente esquema:

- Objeto.
- Ámbito de aplicación.
- Documentos electrónicos digitalizados.
- Requisitos de la imagen electrónica.
- Proceso de digitalización.

Para los aspectos relativos a la gestión y conservación de los documentos electrónicos digitalizados, esta NTI se remite, igual que la *NTI de*

Documento electrónico, a la *NTI de Política de gestión de documentos electrónicos*.

2.2.1.2.3.4.NTI de Expediente electrónico

La *NTI de Expediente electrónico* establece la estructura de los expedientes electrónicos, incluyendo documentos electrónicos, índice electrónico, firma electrónica y metadatos mínimos obligatorios, además de las especificaciones para los servicios de remisión y puesta a disposición. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Objeto.
- Ámbito de aplicación.
- Componentes del expediente electrónico.
- Metadatos del expediente electrónico.
- Intercambio de expedientes electrónicos.
- Anexo I. Metadatos mínimos obligatorios del expediente electrónico.
- Anexo II. Esquemas XML para intercambio de expedientes electrónicos

Para los aspectos relativos a la gestión y conservación de los expedientes electrónicos, esta NTI se remite, igual que la *NTI de Documento electrónico*, a la *NTI de Política de gestión de documentos electrónicos*.

La definición detallada de los metadatos mínimos obligatorios y los esquemas XML para intercambio de documentos electrónicos se definen en el *Anexo I* a la NTI.

2.2.1.2.3.5.NTI de Política de firma electrónica y de certificados

Esta NTI establece los criterios para el desarrollo o adopción de políticas de firma electrónica basadas en certificados por parte de las AAPP. Además, define el contenido de una política de firma electrónica basada en certificados, especificando las características de las reglas comunes, como

formatos, uso de algoritmos, creación y validación de firma para documentos electrónicos, así como para las reglas de confianza en certificados electrónicos, sellos de tiempo y firmas longevas. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Consideraciones generales.
 - Objeto.
 - Ámbito de aplicación.
- La política de firma electrónica.
 - Definición y contenido.
 - Datos identificativos de la política.
 - Actores involucrados en la firma electrónica.
 - Usos de la firma electrónica.
 - Interacción con otras políticas.
 - Gestión de la política de firma.
 - Archivado y custodia.
- Reglas comunes.
 - Reglas comunes.
 - Formatos admitidos de firma electrónica.
 - Firma electrónica de transmisiones de datos.
 - Firma electrónica de contenido.
 - Reglas de uso de algoritmos.
 - Reglas de creación de firma electrónica.
 - Reglas de validación de firma electrónica.
- Reglas de confianza.
 - Reglas de confianza para los certificados electrónicos.
 - Reglas de confianza para sellos electrónicos.
 - Reglas de confianza para firmas longevas.

- *Anexo.* Etiquetas de creación y validación de firmas electrónicas para los formatos admitidos

2.2.1.2.3.6.NTI de Protocolos de intermediación de datos

Con la publicación de esta NTI relativa a la intermediación de datos se define un modelo para el intercambio intermediado de datos, modelo, por otro lado, reconocido y recomendado internacionalmente dada su demostrada eficiencia como herramienta de interoperabilidad por organismos como la UE, la OCDE o la ONU. Su objetivo es permitir y facilitar la normalización y reutilización de los servicios de intercambio.

Específicamente, esta NTI de Protocolos de intermediación de datos define el papel de los agentes involucrados en los intercambios intermediados de datos y establece las condiciones concernientes a los procesos de intercambio intermediado de datos a través de la Plataforma de intermediación del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, condiciones asimismo aplicables a plataformas de intermediación de otras Administraciones Públicas. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Disposiciones generales.
 - Objeto.
 - Ámbito de aplicación
- Agentes en los intercambios intermediados de datos.
 - Cedente y Emisor.
 - Cesionario y Requirente.
- Plataforma de intermediación del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas.
 - Funciones.
 - Gobernanza del sistema.
 - Requisitos técnicos del intercambio.
 - Aspectos generales de seguridad.

- Tecnologías y estándares.
- Trazabilidad y auditoría de los intercambios.
- Catálogo de servicios de intercambio de datos

2.2.1.2.3.7.NTI de Relación de modelos de datos que tengan el carácter de comunes

La NTI de Relación de modelos de datos determina las condiciones para establecer y publicar modelos de datos *comunes* en la Administración, las materias sujetas a intercambio de información con los ciudadanos y otras administraciones, así como las definiciones y codificaciones asociadas de cara a su publicación en el Centro de Interoperabilidad Semántica.

Este modelo de intercambio y publicación de modelos de datos se alinea con prácticas y también estándares que han sido reconocidos a nivel europeo y promovidos desde SEMIC.EU: Semantic Interoperability Centre Europe.

En lo que a las definiciones y codificaciones asociadas a los modelos de datos se refiere, la norma también establece bajo qué condiciones los modelos estándares establecidos serán considerados por el Instituto Nacional de Estadística con el fin de asegurar la aplicación de sistemas normalizados de conceptos, definiciones, unidades estadísticas, clasificaciones, nomenclaturas y códigos que hagan factible la comparación, la integración y el análisis de los datos y los resultados obtenidos. Por otra parte, la norma establece el uso de la codificación de Unidades Orgánicas y Oficinas de la Administración a través del Directorio Común gestionado por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas para la descripción de los modelos de datos. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Objeto.
- Ámbito de aplicación.
- Modelos de datos a publicar.
- Estructura de los modelos de datos.
- Identificación de los modelos de datos.

- Interacción con el Centro de Interoperabilidad Semántica.
- Uso de los modelos de datos.
- Codificaciones.
- *Anexo I.* Esquemas XML para publicación de modelos de datos.
- *Anexo II.* Identificación de los modelos de datos.

2.2.1.2.3.8.NTI de Política de gestión de documentos electrónicos

Esta NTI establece las directrices para la definición de políticas de gestión de documentos electrónicos y, por lo tanto, los conceptos relacionados con el desarrollo de políticas de gestión de documentos electrónicos, los procesos de la gestión de documentos en el marco de la administración electrónica y finalmente, los principios necesarios para el desarrollo y aplicación de políticas de gestión de documentos electrónicos por parte de todos los órganos de la Administración y Entidades de Derecho Público vinculadas o dependientes de aquélla.

En definitiva, la NTI de Política de gestión de documentos electrónicos incluye los elementos que recogerá la política de gestión de documentos y define una serie de directrices para que las Administraciones públicas desarrollen sus propias políticas de gestión de documentos a reconocer dentro de sus ámbitos competenciales, pudiendo establecer restricciones específicas para su ámbito. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Objeto.
- Ámbito de aplicación
- Contenido y contexto.
- Actores involucrados.
- Programa de tratamiento de documentos electrónicos.
- Procesos de gestión de documentos electrónicos.
- Asignación de metadatos.

- Documentación.
- Formación.
- Supervisión y auditoría.
- Actualización.

2.2.1.2.3.9.NTI de Conexión a la Red de Comunicaciones de las Administraciones Públicas Españolas

Esta NTI se desarrolla para posibilitar la interconexión de las redes de las Administraciones públicas y permitir su intercambio de información, e interconexión con las redes de las Instituciones de la Unión Europea y de otros Estados Miembros. Asimismo, establece las condiciones en las que cualquier órgano de una Administración, o Entidad de Derecho Público vinculada o dependiente de aquélla, accederá a la Red SARA, y describe los roles y responsabilidades de los agentes que se conectan a su red y los requisitos para la conexión, acceso y uso de los servicios que se prestan a través de aquélla. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Consideraciones generales.
 - Objeto.
 - Ámbito de aplicación.
- Agentes y conexión a la Red SARA.
 - Conexión a la Red SARA.
 - MPTAP-Centro de Soporte de la Red SARA.
 - Proveedores de Acceso a la Red SARA (PAS).
 - Órganos usuarios finales.
- Requisitos técnicos para la conexión del PAS.
 - Esquema del Área de Conexión (AC).
 - Administración de la conexión.
 - Plan de direccionamiento.

- Dotación de elementos de conectividad.
- Garantías de acondicionamiento físico.
- Servicios de soporte y gestión de incidentes.
- Acceso y utilización de servicios.
 - Acceso a los servicios.
 - Mantenimiento del catálogo de servicios.
 - Condiciones de utilización de los servicios.
- Agentes y roles.
 - Ministerio de Política Territorial y Administración Pública.
 - Proveedores de acceso a la Red SARA.
 - Órganos usuarios finales.
 - Publicidad de referencias.

2.2.1.2.3.10. NTI de Procedimientos de copiado auténtico y conversión entre documentos electrónicos

Con la publicación de esta norma se establecen las reglas para la generación y expedición de copias electrónicas auténticas y copias papel auténticas de documentos públicos administrativos electrónicos. La norma también recoge las reglas para la conversión de formato de documentos electrónicos por parte de las Administraciones públicas, al objeto de preservar su conservación, acceso y también legibilidad de los documentos electrónicos. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Objeto.
- Ámbito de aplicación.
- Características generales de las copias electrónicas auténticas.
- Copia electrónica auténtica con cambio de formato.
- Copia electrónica auténtica de documentos papel.

- Copia electrónica parcial auténtica.
- Copia papel auténtica de documentos públicos administrativos electrónicos.
- Conversión entre documentos electrónicos.

2.2.1.2.3.11. NTI de Modelo de datos para el intercambio de asientos entre las Entidades Registrales

Esta NTI normaliza el intercambio de asientos registrales entre distintas oficinas de registro, (tanto físicas como electrónicas) de documentos de entrada y salida, estableciendo las condiciones y características del modelo SICRES (Sistema de Información Común de Registros de Entrada y Salida), la información mínima requerida para proceder al intercambio de un asiento registral, la estructura de dicha información y finalmente, los requisitos tecnológicos mínimos que han de ser cumplidos durante el intercambio. La NTI se estructura de acuerdo al siguiente esquema:

- Objetivo y alcance de esta Norma Técnica de Interoperabilidad.
- Ámbito de aplicación y destinatarios.
- Modelo de datos para el intercambio de asientos entre Entidades Registrales.
 - Definición y características generales de SICRES 3.0.
 - Estructura y contenido del mensaje de datos de intercambio.
 - Estructura y contenido del mensaje de control.
- Descripción y estados del intercambio.
 - Generación del Identificador de Intercambio.
 - Estados en el mensaje de datos de intercambio.
 - Estados en los mensajes de control.
- Funciones y requisitos del sistema de intercambio.
 - Requisitos de seguridad.

- Gestión del proceso de intercambio.
 - Soporte del modo de prueba.
 - Directorio Común.
 - Control y gestión de errores.
 - Comunicación entre distintos sistemas de intercambio.
 - Otras recomendaciones.
- *Anexo I.* Codificación.
 - *Anexo II.* Esquema XML del modelo de datos Sicres 3.0.

2.2.1.2.4. Instrumentos de interoperabilidad

Dentro de las actuaciones impulsadas por el Esquema Nacional de Interoperabilidad, se han desarrollado los siguientes instrumentos para la interoperabilidad.

2.2.1.2.4.1. Inventario de procedimientos administrativos y servicios prestados

Contiene información de los procedimientos y servicios, clasificada con indicación del nivel de informatización de los mismos, así como información acerca de las interfaces al objeto de favorecer la interacción o en su caso la integración de los procesos.

2.2.1.2.4.2. Centro de interoperabilidad semántica de la Administración

El antecedente del Centro de Interoperabilidad Semántica de la Administración, CISE, fue el proyecto INDALO, que perseguía la normalización del intercambio de información entre las Administraciones Publicas mediante el uso de las TIC, en el año 1997, y tenía vocación de alcanzar todas las aéreas de actividad, intentando ser el marco de referencia global cuyos objetivos eran:

- Superar la compartimentación de la información existente entre las AAPP.

- Conseguir una gestión más eficaz en condiciones de economía mediante la utilización generalizada de las tecnologías de la información y de las comunicaciones.
- Facilitar la elaboración de información estructurada para la toma de decisiones.
- Elaborar un modelo de datos de las principales áreas de actividad administrativa.
- Crear una estructura que facilitara el mantenimiento, extensión y difusión del modelo de datos, así como de los mensajes de intercambio efectivo de información.

El CISE recoge los anteriores objetivos y trata de divulgar, dentro de las condiciones de seguridad que se determinen, los formatos de datos que se puedan intercambiar entre Administraciones, publicando los modelos de datos de intercambio tanto comunes como sectoriales, así como los relativos a infraestructuras y servicios comunes, junto con las definiciones y codificaciones asociadas; proporcionará funciones de repositorio, generación de formatos para procesamiento automatizado, colaboración, publicación y difusión de los modelos de datos que faciliten la interoperabilidad semántica entre las Administraciones públicas y de éstas con los ciudadanos; se enlazarán con otros instrumentos equivalentes de las Administraciones Públicas y del ámbito de la Unión Europea.

2.2.1.2.4.3. Directorio de aplicaciones para su libre reutilización

El Centro de Transferencia de Tecnología (CTT), portal dependiente del Ministerio de Política Territorial y Administración Pública, es la respuesta al art. 46 LAECSP 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a), sobre el acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos, y art. 17 del RD 4/2010, de 8 de enero, que regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad (España, 2010b).

El CTT constituye un portal para difundir y facilitar la reutilización de servicios, soluciones y normativa en el ámbito del desarrollo de la Administración Electrónica. Contiene la relación de aplicaciones para su libre

reutilización, incluyendo datos descriptivos, descripción funcional, uso y características, licencia, principales estándares abiertos aplicados, y estado de desarrollo. Todos los elementos publicados en el directorio son compartidos por las Administraciones Públicas para utilizarlos en sus propios desarrollos de Administración Electrónica.

El CTT cuenta con dos entornos diferenciados:

- El entorno **CTT-PAe** o directorio de iniciativas del CTT, recoge iniciativas, proyectos y servicios para reutilizar en las AAPP. En este entorno está disponible la información divulgativa de todas las iniciativas recogidas en el CTT y se ofrecen diferentes opciones de descarga y de colaboración en ellas.
- El entorno de la **forja-CTT** es un entorno de desarrollo colaborativo para aplicaciones de las Administraciones Públicas en el que pueden participar activamente Administraciones, empresas y particulares. Cuenta con funcionalidades de descargas, documentos, novedades, foros, registros de incidencias, bugs, sugerencias, encuestas, distribución de tareas, listas de distribución de correo y gestión del código fuente.

El CTT fue presentado en la 33ª Comisión Permanente del Consejo Superior de Administración Electrónica (CPCSAE) en febrero de 2008. En la 36ª Comisión, mayo de 2008, se acordó la puesta en producción del portal <http://www.ctt.map.es>.

Además está constituido un Consejo de Dirección para tomar las decisiones de alto nivel con respecto a dicho portal. El Consejo de Dirección está compuesto por representantes de Ministerios interesados en formar parte de dicho Consejo.

2.2.1.2.4.4. Plataforma de Intermediación de Servicios

El intermediador es el sistema que permite, a través de un único interlocutor, consultar datos que obran en poder de otras Administraciones. Evita así que se solicite al ciudadano información que ya está en poder de las

Administraciones, de acuerdo a los art. 35 f LRJAPPAC 30/1992, de 26 de noviembre y art. 6.2 LAECSP 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a).

Así, la Plataforma de Intermediación de servicios tiene como ventaja la racionalización de las comunicaciones ya que cada organismo requirente se relaciona con la Plataforma de Intermediación, para solicitar el dato al organismo que lo custodia. Actualmente se intercambian bajo el modelo intermediado 48 servicios de organismos de la Administración de Estado y de Comunidades Autónomas.

2.2.1.2.4.5. Observatorio de Administración Electrónica (OBSAE)

El Observatorio de la Administración Electrónica (OBSAE) proporciona información sobre la situación, evolución y posibles líneas de actuación en materia de Administración Electrónica: indicadores, noticias, documentación, etc. de todos los ámbitos de las Administraciones Públicas: local, regional, nacional, europeo e internacional.

El portal del Observatorio fue presentado en la 33ª Comisión Permanente del Consejo Superior de Administración Electrónica (CPCSAE) de febrero de 2008. La 36ª Comisión del CPCSAE acordó la puesta en producción del portal en <http://www.obsae.map.es>.

El mencionado portal muestra información de la situación de la Administración Electrónica en la AGE, CCAAs y EELs, e informes y estudios nacionales e internacionales de Administración Electrónica y tecnologías de la información y comunicaciones. Permite estudiar la situación de la Administración Electrónica en España y en relación con los países de nuestro entorno.

2.2.1.3. Real Decreto 3/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Seguridad en el ámbito de la Administración Electrónica

Simultáneamente a la publicación del ENI, se publicó el otro instrumento normativo previsto en la LAECSP 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a), el Esquema Nacional de Seguridad, ENS (España, 2010a), cuyo propósito era determinar la política de seguridad que se ha de aplicar en

la utilización de los medios electrónicos a los que se refiere la citada ley, o lo que es lo mismo, establecer una guía, unos principios, básicos y mínimos, que puedan seguir todas las Administraciones Públicas, garantizando una homogeneidad real, tanto en tecnologías empleadas, como en interconexión e interoperabilidad de las mismas, así como en relación a los requisitos mínimos de seguridad.

2.2.1.3.1. Objetivos

Los objetivos que contempla el ENS, son:

- Crear las condiciones necesarias de confianza en el uso de los medios electrónicos.
- Establecer la política de seguridad en la utilización de medios electrónicos.
- Introducir los elementos comunes que han de guiar la actuación de las Administraciones Públicas en materia de seguridad de las tecnologías de la información.
- Aportar un lenguaje común para facilitar la interacción de las Administraciones Públicas, así como la comunicación de los requisitos de seguridad de la información a la industria.
- Asegurar el acceso, integridad, disponibilidad, autenticidad, confidencialidad, trazabilidad y conservación de los datos, informaciones y servicios utilizados en medios electrónicos que gestionen en el ejercicio de sus competencias.

2.2.1.3.2. Aspectos que contempla

Principalmente los aspectos que contempla son:

- Dimensiones de seguridad y sus niveles.
- Categoría de los sistemas.
- Medidas de seguridad adecuadas.
- Auditoría periódica de la seguridad.

- Informe periódico del estado de seguridad de los sistemas de información.
- Capacidad de respuesta ante incidentes de seguridad de la información.

El Esquema se centra en la aplicación de un conjunto de MEDIDAS DE SEGURIDAD en base a un análisis de riesgos sobre los activos y sistemas de información relacionados con Administración Electrónica. Estos controles, 75 en total, se derivan del análisis de riesgos previos y en la categorización de los niveles de seguridad según las dimensiones de seguridad de cada uno de los sistemas de información que forman parte del alcance. Los niveles BÁSICO, MEDIO y ALTO nos recuerdan mucho al Reglamento de Medidas de seguridad del *Reglamento* de desarrollo de la LOPD 15/1999, de 13 Diciembre, sobre *Protección de Datos de Carácter Personal* (España, 1999b), pero a diferencia de la legislación sobre protección de datos personales, éstos se calculan aquí según el impacto en la organización (estilo ISO 27001).

El RD 3/2010, de 8 de enero (España, 2010a), que regula el Esquema Nacional de Seguridad en el ámbito de la Administración Electrónica, también legisla sobre la auditoría del propio Esquema, uniendo en estos aspectos la posibilidad de realizar un enfoque práctico y global junto con la normativa de protección de datos personales e incluso con la certificación de un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI) sobre ISO 27001.

2.2.1.3.3. Necesidades

El ENS, según especifica, deberá ser actualizado permanentemente. Se desarrollará y perfeccionará a lo largo del tiempo, en paralelo al progreso de los servicios de Administración Electrónica, de la evolución tecnológica y nuevos estándares internacionales sobre seguridad y auditoría en los sistemas y tecnologías de la información, y a medida que vayan consolidándose las infraestructuras que le apoyan (art. 42 RD 3/2010, de 8 de enero).

2.2.1.3.4. Guías de Implantación

El Centro Nacional de Inteligencia (CNI) ha editado una serie de guías para la aplicación del ENS, que se detallan a continuación:

	Versión
Guía 800 - Glosario de Términos y Abreviaturas del ENS	09-08-2010

Recoge aquellos términos y abreviaturas utilizados en las guías de desarrollo del ENS.

	Versión
Guía 801 - Responsables y Funciones en el Esquema Nacional de Seguridad	31-01-2011

Marco de referencia que establece las responsabilidades generales en la gestión de la seguridad de los Sistemas, así como propone las figuras o roles de seguridad que las implementan.

	Versión
Guía 802 - Auditoría del Esquema Nacional de Seguridad	01-06-2010

Esta guía de auditoría del ENS se encuadra dentro de los requisitos del art. 34 (Auditoría de la Seguridad) y del Anexo III (Auditoría de la Seguridad) del RD 3/2010, de 8 de enero.

	Versión
Guía 803 - Valoración de sistemas en el Esquema Nacional de Seguridad	31-01-2011

El RD 3/2010, de 8 de enero, establece una serie de medidas de protección en su Anexo II, que están condicionadas a la valoración del nivel de seguridad en cada dimensión y a la categoría (art. 43) del sistema de información de que se trate. A su vez, la categoría del sistema se calcula en función del nivel de seguridad en cada dimensión. Esta guía establece unas pautas de carácter general que son aplicables a entidades de distinta naturaleza, dimensión y sensibilidad sin entrar en casuísticas particulares.

	Versión
Guía 804 - Medidas de implantación del Esquema Nacional de Seguridad	23-07-2010

El RD 3/2010, de 8 de enero, establece una serie de medidas de seguridad en su Anexo II que están condicionadas a la valoración del nivel de seguridad en cada dimensión, y a la categoría (art. 43) del sistema de información de que se trate. A su vez, la categoría del sistema se calcula en función del nivel de seguridad en cada dimensión. Esta guía establece unas pautas de carácter general que son aplicables a entidades de distinta naturaleza, dimensión y sensibilidad sin entrar en casuísticas particulares.

	Versión
Guía 805 - Política de Seguridad de la Información	31-01-2011

La Política de Seguridad de la Información es un documento de alto nivel que define lo que significa “seguridad de la información” en una organización. El documento debe estar accesible por todos los miembros de la organización y redactado de forma sencilla, precisa y comprensible.

	Versión
Guía 806 - Plan de Adecuación del Esquema Nacional de Seguridad	31-01-2011

Los sistemas existentes deberán adecuarse al ENS de forma que permitan el cumplimiento de lo establecido en la Disposición Final Tercera de la LAECSP 11/2007, de 22 de junio. Esta guía establece unas pautas de carácter general que son aplicables a entidades de distinta naturaleza, dimensión y sensibilidad sin entrar en casuísticas particulares.

	Versión
Guía 807 - Criptología de empleo en el Esquema Nacional de Seguridad	3-11-2010

Esta guía desarrolla las recomendaciones sobre algoritmos y parámetros criptológicos recogidas en el ENS.

Guía 808 - Verificación del cumplimiento de las medidas en el Esquema Nacional de Seguridad	Versión 16-10-2010
--	-------------------------------------

El objeto de esta guía es que sirva tanto de itinerario, como de registro, a aquella persona designada como auditor de los requisitos del ENS para un sistema.

Guía 809 - Declaración de Conformidad del Esquema Nacional de Seguridad	Versión 29-7-2010
--	------------------------------------

Pautas generales para la aplicación de lo dispuesto en el art. 41 del RD 3/2010, de 8 de enero, sin perjuicio de la particularización de cada organismo.

Tabla 1: Guías del ENS

2.2.1.4. Real Decreto 1494/2007, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre las condiciones básicas para el acceso de las personas con discapacidad a las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información y medios de comunicación social

Con la publicación del RD 1494/2007, de 12 de noviembre (España, 2007c), se aprueba el reglamento sobre las condiciones básicas para el acceso de las personas con discapacidad a las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información y medios de comunicación social.

Inspirado en los principios de accesibilidad universal y diseño para todos, este Real Decreto determina el grado de accesibilidad aplicable a las páginas de internet de las administraciones públicas conforme establece la Norma UNE 129803:2004 (niveles A, AA y AAA). Por ello, resultan especialmente importantes los artículos en los que se enumeran los criterios de accesibilidad que han de cumplir a las páginas de Internet de las Administraciones Públicas o que hayan sido financiadas con dinero público, por el que se establece el sistema de certificación de páginas de Internet o por

el que se determinan las condiciones básicas de accesibilidad a los equipos informáticos y programas de ordenador.

2.2.1.5. Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público

La LRISP 37/2007, de 16 de noviembre (España, 2007b), aborda la reutilización de la información del Sector Público, y tiene por objeto regular el régimen jurídico aplicable a la reutilización de todos aquellos documentos elaborados o custodiados por las Administraciones y organismos del sector público.

La información susceptible de ser reutilizada, bajo las condiciones establecidas como la inalterabilidad, la no desnaturalización de su sentido, la mención de la fuente y, finalmente, la especificación de la fecha de la última actualización, de acuerdo con la ley, deberá estar accesible mediante mecanismos arbitrados por las administraciones y organismos del sector público de modo que faciliten su localización en los sistemas de gestión documental disponibles.

Dentro de esta Ley encaja el proyecto Aporta, que tiene como objetivo: *fomentar la cultura de la reutilización en Administración y Sociedad y difundir su valor social y económico*. No se debe olvidar que favorecer la reutilización de la información pública figura entre los objetivos políticos establecidos para la Administración Electrónica en la Declaración Ministerial de Malmö, que fija las prioridades de la Unión Europea dentro de este ámbito para el periodo 2010-2015.

2.2.1.6. Real Decreto 1671/2009, de 6 de noviembre, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos

En el RD 1671/2009, de 6 de noviembre (España, 2009), se desarrolla parcialmente la L 11/2007, de 22 de junio (España, 2007a), de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos en el ámbito de la Administración General del Estado y los organismos públicos vinculados o dependientes de ésta.

De manera específica, desarrolla aspectos como la transmisión de datos, sedes electrónicas y punto de acceso general, identificación y autenticación, registros electrónicos, comunicaciones y notificaciones y documentos electrónicos y copias, aspectos todos ellos que no habían sido abordados exhaustivamente como consecuencia de los criterios de distribución de competencias y su carácter marcadamente transversal.

Otro punto relevante es el ámbito de aplicación y transmisión de datos y documentos entre órganos públicos derivada del ejercicio del derecho a no aportar documentos que obren en poder de la Administración.

2.2.1.7. Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica

La aprobación de la L 59/2003, de 19 de diciembre (España, 2003b), ha contribuido a reforzar y regular enormemente el marco jurídico existente relativo a la firma electrónica y la prestación de servicios de certificación. Con respecto al real decreto ley que la precede, el RDL 14/1999, de 17 de septiembre (España, 1999a), incorpora varias novedades como la denominación de la firma electrónica reconocida (con certificado) frente a la firma electrónica simple equiparada con la firma manuscrita. Asimismo, incorpora el marco normativo básico del nuevo DNI electrónico, acreditando la identidad de su titular en cualquier procedimiento administrativo y permitiendo la firma electrónica de documentos.

Otros aspectos de interés de los que trata están relacionados con los prestadores de servicios de certificación sujetos a la ley, los propios documentos firmados electrónicamente, el empleo de la firma electrónica en el ámbito de las Administraciones Públicas, certificados electrónicos, certificados reconocidos, dispositivos de firma electrónica y sistemas de certificación de prestadores de servicios de certificación y de dispositivos de firma electrónica, etc.

2.2.1.8. Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico

La Ley 34/2002 (España, 2002) regula el régimen jurídico de los servicios de la sociedad de la información y de la contratación por vía

electrónica, adaptándose a la directiva 2000/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio (Comisión Europea, 2000), centrada en el comercio electrónico del mercado interior (Directiva sobre el comercio electrónico), en lo concerniente a las obligaciones de los prestadores de servicios (e.g., intermediarios en la transmisión de contenidos por las redes de telecomunicaciones, comunicaciones comerciales por vía electrónica, etc.), bien detallados en su articulado (e.g., tipología de prestadores de servicios, principios que deben seguir, restricciones aplicables, responsabilidades de los prestadores, etc.).

Ley 56/2007, de 28 de diciembre, de Medidas de Impulso de la Sociedad de la Información enmarcada, entre otras, en el conjunto de medidas que constituyen el Plan 2006-2010 para el Plan de desarrollo de la Sociedad de la Información, la LMISI 56/2007, de 28 de diciembre (España, 2007d), sobre Medidas de Impulso de la Sociedad de la Información, introduce grandes novedades normativas concernientes a la facturación electrónica y refuerzo de los derechos de los usuarios a la vez que promueve un renovado impulso de la sociedad de la información mediante la modificación del ordenamiento jurídico que la precede (e.g., modificaciones vinculadas a la firma electrónica y el comercio electrónico).

2.2.1.9. Ley 19/2013, de 9 de diciembre, Ley de Transparencia, Acceso a la información pública y Buen gobierno

La publicación de la LTAIPBG 19/2013, de 9 de diciembre, Ley de Transparencia, Acceso a la información pública y Buen gobierno, intensifica y refuerza la transparencia en la actividad pública –articulada a través de obligaciones de publicidad activa para todas las Administraciones y entidades públicas–, así como el reconocimiento y garantía al acceso a la información –regulado como un derecho subjetivo y objetivo– (España, 2013b).

La ley también establece las obligaciones de buen gobierno que han de cumplir los responsables públicos, así como las consecuencias jurídicas en el caso de incurrir en su incumplimiento.

En su art. 10, concretamente, establece que la Administración General del Estado desarrollará un Portal de la Transparencia, dependiente del

Ministerio de la Presidencia, que facilitará el acceso de los ciudadanos a toda la información a la que se refieren los artículos anteriores relativa a su ámbito de actuación y en el que se incluirá la información de la Administración General del Estado, cuyo acceso se solicite con mayor frecuencia, pudiendo ser complementado con otras medidas de transparencia por parte de las Administraciones Autonómicas y Locales.

Finalmente, la citada Ley recoge las prescripciones técnicas establecidas para la publicación de información en dicho Portal de acuerdo a los principios de accesibilidad, interoperabilidad y reutilización.

2.2.1.10. *Anteproyecto de Ley del Procedimiento Administrativo Común de las administraciones públicas*

Con el objetivo de superar la dispersión normativa actual y suprimir el solapamiento de regímenes jurídicos vigentes, duplicidades, etc., este anteproyecto de ley viene motivado por la necesidad de una ley única, integradora y sistemática, que sea capaz de regular las relaciones tanto externas como internas de la Administración, y por lo tanto, los actos y normas que rigen las relaciones de las administraciones entre sí, así como sus relaciones con ciudadanos y empresas. Se trata, en definitiva, de un texto orientado a la racionalización de la actuación administrativa, y por extensión, enfocado a mejorar la eficiencia de los recursos públicos y propia productividad (España, 2015).

Su carácter integrador y sistemático queda de manifiesto en el artículo primero del título preliminar del anteproyecto, donde se recoge como objeto de la futura Ley *[...] regular los requisitos de validez y eficacia de los actos administrativos, el procedimiento administrativo común a todas las Administraciones Públicas, incluyendo cuando ejercen potestades sancionadoras, el sistema de responsabilidad de las Administraciones Públicas, así como el procedimiento para la elaboración de disposiciones normativas* y, en definitiva, la necesidad de unificar y sistematizar toda la regulación relativa al Procedimiento Administrativo Común, modificado, adaptado y regulado parcialmente durante años al paso de los retos que

planteaban las nuevas tecnologías de la información y comunicación (e.g., Ley 4/1999, Ley 3/1992, Ley 11/2007, etc.).

2.2.1.11. Real Decreto 589/2005, de 20 de mayo, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la Administración electrónica

Con la aprobación del RD 589/2005, de 20 de mayo sobre la reestructuración de los órganos colegiados responsables de la Administración electrónica (España, 2005), se promueve la renovación de la estructura organizativa de los órganos colegiados de la Administración General del Estado, competentes y con responsabilidades en las políticas de Administración electrónica y, más concretamente, en materia de planificación y contratación de tecnologías de la información.

Esta renovación se encuentra enmarcada en las nuevas líneas estratégicas que en el contexto de las tecnologías de la información desarrolla el gobierno al objeto de impulsar y coordinar el desarrollo de la Administración electrónica en la Administración General del Estado.

2.2.1.12. Real Decreto 1390/2012, de 5 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 589/2005, de 20 de mayo, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la administración electrónica

El objeto del RD 1390/2012, de 5 de octubre, es reestructurar los órganos colegiados responsables de la Administración Electrónica nacional. Así, tal y como establece en el apartado 2 del art. 3, el Consejo Superior de Administración Electrónica se confirma como el órgano colegiado adscrito al Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, encargado de la preparación, la elaboración, el desarrollo y la aplicación de la política y estrategia del Gobierno en materia de tecnologías de la información, así como del impulso e implantación de la Administración electrónica en la Administración General del Estado (España, 2012).

2.2.1.13. Real Decreto 806/2014, de 19 de septiembre, sobre organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos

De acuerdo con el objeto del propio texto, el RD 806/2014, de 19 de septiembre, sobre la organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos (España, 2014a), pretende desarrollar y ejecutar un modelo común de gobernanza de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos (España, 2014b).

Este modelo de Gobernanza de las TIC incluirá, en todo caso, la definición e implementación de una estrategia global de transformación digital para garantizar el uso adecuado de los recursos informáticos de acuerdo a las necesidades derivadas de la estrategia general del Gobierno, con el fin de mejorar la prestación de los servicios públicos al ciudadano.

2.2.1.14. Orden HAP/566/2013, de 8 de abril, por la que se regula el Registro Electrónico Común

Con la publicación la O. HAP/566/2013, de 8 de abril, por la que se regula el Registro Electrónico Común (España, 2013a), se pretende completar la regulación de los requisitos y condiciones de funcionamiento del Registro Electrónico Común, creado y desarrollado parcialmente con la publicación de la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos.

De acuerdo con esta, el Registro Electrónico Común posibilitará la presentación de cualquier tipo de solicitudes, escritos y comunicaciones dirigidas a la Administración General del Estado y a sus Organismos públicos, y por lo tanto, estará habilitado para la recepción y remisión de solicitudes, escritos y comunicaciones. Asimismo, el Registro Electrónico Común informará al ciudadano y le redirigirá, cuando proceda, a los registros competentes para la recepción de aquellos documentos que dispongan de aplicaciones específicas para su tratamiento. Finalmente, se establece como

ámbito del Registro Electrónico Común la Administración General del Estado y los Organismos Públicos adscritos o dependientes de la misma.

2.2.1.15. Orden HAP/1949/2014, de 13 de octubre, por la que se regula el Punto de Acceso General de la Administración General de Estado y se crea su sede electrónica

Con la publicación de la O. HAP/1949/2014, de 13 de octubre, sobre el Punto de Acceso General de la Administración General de Estado, se establece la regulación del Punto de Acceso General (PAG), su sede electrónica y la regulación del fichero de datos de carácter personal (España, 2014d).

Dentro de su alcance, el PAG, con los dominios www.administracion.es y www.administracion.gob.es, ofrecerá a los ciudadanos y empresas la información sobre los procedimientos y servicios de los Departamentos ministeriales y de los Organismos públicos vinculados o dependientes y reunirá la información de la actividad y la organización de las Administraciones Públicas. Proporcionará, igualmente, información sobre los procedimientos y servicios correspondientes a otras Administraciones Públicas, mediante la formalización de los correspondientes instrumentos de colaboración y conforme al Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica.

Además, con la publicación de la LTAIPBG 19/2013, de 9 de diciembre, ley **Transparencia, Acceso a la información pública y Buen gobierno**, se intensifica y también refuerza la transparencia en la actividad pública – articulada a través de obligaciones de publicidad activa para todas las Administraciones y entidades públicas–, así como el reconocimiento y garantía al acceso a la información –regulado como un derecho subjetivo y objetivo–. Finalmente, también se establecen las obligaciones de buen gobierno que han de cumplir los responsables públicos, así como las consecuencias jurídicas en el caso de incurrir en su incumplimiento (España, 2013b).

En su art. 10, concretamente, se establece que la Administración General del Estado desarrollará un Portal de la Transparencia, dependiente del Ministerio de la Presidencia, que facilitará el acceso de los ciudadanos a toda la información a la que se refieren los artículos anteriores relativa a su ámbito

de actuación y en el que se incluirá la información de la Administración General del Estado, cuyo acceso se solicite con mayor frecuencia, pudiendo ser complementado con otras medidas de transparencia por parte de las Administraciones Autonómicas y Locales.

Finalmente, la citada Ley recoge las prescripciones técnicas establecidas para la publicación de información en dicho Portal de acuerdo a los principios de accesibilidad, interoperabilidad y reutilización.

2.2.1.16. Orden PRE/1838/2014, de 19 de septiembre de 2014, por la que se aprueba Cl@ve, la plataforma común del Sector Público Administrativo Estatal para la identificación, autenticación y firma electrónica mediante el uso de claves concertadas

Finalmente, con la entrada en vigor de la O. PRE/1838/2014, de 8 de octubre, se aprueba el sistema Cl@ve, sistema habilitado para la identificación, autenticación y firma electrónica común para todo el Sector Público Administrativo Estatal (España, 2014c). Esta plataforma permitirá al ciudadano relacionarse con los servicios públicos de manera telemática mediante la utilización de claves concertadas previo registro como usuario del sistema. La plataforma, ofrecerá a los usuarios una interfaz amigable para seleccionar alguno de los sistemas de identificación y firma electrónica (art. 13.2 LAECSP 11/2007, de 22 de junio).

Toda la información relativa a este sistema, incluidos los organismos del Sector Público Estatal, Administraciones Autonómicas o Entidades Locales que se incorporen al mismo, se publicará en el Portal www.060.gob.es y en las sedes electrónicas de los organismos en los que sea de aplicación de acuerdo con lo previsto en el RD 1671/2009, de 6 de noviembre (España, 2009), que desarrolla parcialmente la ley de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos.

2.2.2. Desarrollo normativo de la Administración Electrónica a nivel europeo

La Comisión Europea en sucesivos planes de acción, eEurope 2002, eEurope 2005, i2010 y Europa 2020, ha manifestado la importancia de acelerar

la instauración de la administración electrónica en Europa y ha impulsado medidas destinadas a modernizar y hacer más eficaces los servicios públicos, ofrecer servicios de mayor calidad y más seguros a la población; simplificar la burocracia administrativa y posibilitar la prestación transfronteriza de los servicios públicos.

Adicionalmente, los aspectos relacionados con la administración electrónica que requerían de una regulación europea con el fin de garantizar enfoques comunes, servicios conexos o soluciones interoperables, han sido regulados mediante la creación de marcos jurídicos europeos, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del mercado interior en estos aspectos.

2.2.2.1. Directiva 1999/93/CE por la que se establece un marco comunitario para la firma electrónica

La publicación de la Directiva 1999/93/CE ha supuesto la creación de un marco jurídico común dentro de la UE, facilitando y fomentando de este modo su empleo y reconocimiento jurídico. Del mismo modo, todos los servicios relacionados con la misma, como los servicios de certificación, han quedado regulados dentro del mismo marco (Comisión Europea, 1999a).

Con su publicación, no obstante, las normas y límites de carácter nacional que regulan el uso de documentos relacionados, así como con la celebración y validez de contratos u otras obligaciones legales, no se ven afectados.

El texto, además, detalla términos y definiciones de especial importancia en el contexto de la interoperabilidad y las administraciones públicas, especificando toda una serie de requerimientos que afectan a los certificados reconocidos (e.g., identificación del proveedor, nombre y apellidos del firmante, etc.), requisitos de los proveedores de servicios de certificación, requisitos de los propios dispositivos de creación de firmas electrónicas, recomendaciones para la verificación de la firma segura, etc.

2.2.2.2. Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios en el mercado interior

La Directiva 2006/123/CE establece en sus disposiciones generales las condiciones necesarias para mejorar la libre circulación de servicios, y entre éstas, de manera destacada, la simplificación de procedimientos y trámites que afectan a su propia prestación y ejercicio. De manera particularizada, además, en el texto se prevé la creación de ventanillas únicas para facilitar la actividad administrativa de los emprendedores y la obligación pública de prestar estos servicios de manera telemática (Comisión Europea, 2006f).

2.2.2.3. Directiva 2014/55/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativa a la facturación electrónica en la contratación pública

La publicación de esta Directiva consolida el fomento del uso de la facturación electrónica en la contratación pública mediante el establecimiento de garantías jurídicas y tecnológicas (interoperabilidad semántica), y más concretamente, mediante la creación de una norma europea que regule el modelo de datos semánticos (factura electrónica), garantías cuyo impacto se prevé en la reducción de las cargas administrativas, Medio Ambiente y un mayor ahorro a los Estados miembros, entidades privadas, etc. (Comisión Europea, 2014a).

2.2.2.4. Directiva 2013/37/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, por la que se modifica la Directiva 2003/98/CE relativa a la reutilización de la información en el sector público

La Directiva 2013/27/UE (Comisión Europea, 2013a), por un lado, determina el conjunto de normas que regulan la reutilización y medios prácticos que posibilitan la reutilización de los documentos que obran en manos de los organismos del sector público, y por otro, estimula el desarrollo de nuevos servicios basados en la reutilización e interoperabilidad de esta información, y por lo tanto, favorece el crecimiento económico a través de estas prácticas.

2.2.2.5. Directiva 2003/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de noviembre de 2003 relativa a la reutilización de la información del sector público

La publicación de esta Directiva ha servido para establecer el conjunto de normas mínimas pensadas para regular la reutilización y los instrumentos prácticos involucrados en los procesos de reutilización de la información (documentos) conservados por organismos públicos al objeto de facilitar su reutilización (Comisión Europea, 2003a).

2.2.2.6. Reglamento (UE) nº 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE

La publicación de este Reglamento (Comisión Europea, 2014c) supone el establecimiento de las condiciones necesarias para el reconocimiento mutuo de identidades electrónicas entre países de la UE. Así, define reglas para los servicios de confianza (transacciones electrónicas), y crea un nuevo marco legal que involucra la propia firma telemática, sellos electrónicos, sellado de tiempo, autenticación de sitios web, etc.

En definitiva, con este Reglamento se refuerza la confianza en las transacciones electrónicas en el entorno de la UE, proporcionando un marco común (Mercado Único Digital) encaminado a lograr interacciones electrónicas seguras entre los ciudadanos, empresas y las administraciones públicas.

2.2.2.7. Directiva 2006/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la conservación de datos generados o tratados en relación con la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de acceso público o de redes públicas de comunicaciones y por la que se modifica la Directiva 2002/58/CE

En el marco de la conservación de determinados datos generados o bien bajo tratamiento de los Estados miembros, la publicación de esta Directiva persigue el concierto de las distintas disposiciones nacionales que conciernen a las obligaciones de los proveedores de servicios relacionados con las

comunicaciones electrónicas de acceso público o redes públicas de comunicaciones al objeto de poder garantizar la disposición de esos datos para fines de investigación, detección y enjuiciamiento de delitos graves (Comisión Europea, 2006a).

2.2.2.8. Directiva 2002/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2002, relativa al tratamiento de los datos personales y a la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas (Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas)

En el contexto de la libre circulación y tratamiento de los datos personales, equipos y servicios en el sector de las comunicaciones electrónicas, esta Directiva concierne las distintas disposiciones nacionales de los Estados miembros al objeto de garantizar y homogeneizar la protección de libertades y derechos fundamentales, especialmente el derecho a la intimidad (Comisión Europea, 2002a).

2.2.2.9. Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un programa relativo a las soluciones de interoperabilidad para las administraciones públicas, las empresas y los ciudadanos europeos (ISA2): La interoperabilidad como medio de modernización del sector público

Para dar continuidad a los programas sobre interoperabilidad en el seno de la UE (e.g., ISA, etc.), se publica esta Propuesta de Decisión para anunciar un nuevo programa y nuevas soluciones sobre interoperabilidad para las administraciones públicas, las empresas y los ciudadanos.

Entre sus objetivos se encuentran la creación de una cartografía o análisis general sobre el estado de la interoperabilidad en Europa; favorecer, incentivar y “apoyar un enfoque holístico con respecto a la recogida, evaluación, desarrollo, establecimiento, industrialización, funcionamiento, mejora y mantenimiento de las soluciones de interoperabilidad”, y finalmente, promover la reutilización e integración de las soluciones existentes. (Comisión Europea, 2014b)

2.2.2.10. Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a medidas para garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y de la información en la Unión

En el seno de la UE, la publicación de esta Propuesta de Directiva inició el compromiso comunitario para establecer las garantías necesarias en términos de seguridad de las redes y los sistemas de información a nivel comunitario, bajo las premisas de la cooperación entre los Estados miembros, exigencias al entorno privado (e.g., operadores, proveedores, etc.) y finalmente, el concurso de las administraciones públicas (Comisión Europea, 2013b).

2.2.2.11. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior

Ante la heterogeneidad de los múltiples sistemas de identificación electrónica y otros servicios de confianza electrónicos actualmente empleados en el entorno de la UE, con la publicación de esta Propuesta de Reglamento se espera conseguir la consolidación de la confianza en las transacciones electrónicas del mercado interno europeo, mejorar su legislación y ampliarla reconociendo y aceptando dichos sistemas y servicios (Comisión Europea, 2012a).

2.2.2.12. COM (2010) 744 final. "Hacia la interoperabilidad de los servicios públicos europeos"

Con la publicación de esta Comunicación se introduce la Estrategia de Interoperabilidad y el Marco Europeo de Interoperabilidad de los servicios públicos europeos (EIS e EIF, respectivamente). Su objetivo es promover la interoperabilidad entre las administraciones públicas en el entorno de la UE, y constituyen, entre otros, dos elementos sustanciales de la Agenda Digital Europea (Comisión Europea, 2010e).

2.2.2.13. COM (2010) 743 final. “Plan de Acción Europeo sobre Administración electrónica: 2011-2015: Aprovechamiento de las TIC para promover una administración pública inteligente, sostenible e innovadora”

La publicación de esta Comunicación (Comisión Europea, 2010c) ha supuesto un nuevo impulso a las políticas de administración electrónica dentro de la UE, proponiendo un segundo Plan de Acción al objeto de afianzar el objetivo contenido en la Declaración de Malmö (5ª Conferencia Ministerial sobre Administración Electrónica).

Entre sus principales aspiraciones se encuentran: el reconocimiento de los gobiernos europeos como administraciones abiertas, flexibles y cooperativas en sus relaciones con los ciudadanos y empresas y la mejora tanto cuantitativa como cualitativamente en la prestación de los servicios electrónicos (e.g., más eficientes y eficaces, más pertinentes y útiles, etc.).

2.2.2.14. COM (2010) 245 final/2. Una Agenda Digital para Europa

La Agenda Digital para Europa forma parte de la estrategia Europa 2020 como una de sus iniciativas fundamentales (Comisión Europea, 2010b). Esta Comunicación, centrada principalmente en el uso de las TIC y de internet, y su función capacitadora económica y social (e.g., desde el punto de vista profesional, cultural, humano, etc.), también fija su atención en otros focos de interés que, si bien no están contemplados como objetivos a medio y largo plazo, sí constituyen puntos clave de la Estrategia general Europa 2020 (e.g., mercado único digital, interoperabilidad, confianza y seguridad, investigación e innovación, alfabetización e inclusión digital, etc.).

2.2.2.15. COM (2006) 173 final. Plan de acción sobre administración electrónica i2010: Acelerar la administración electrónica en Europa en beneficio de todos

Con la publicación de esta Comunicación la Comisión divulgaba, de acuerdo a su iniciativa i2010 a favor del crecimiento y el empleo de la sociedad de la información, su plan de acción sobre administración electrónica. Entre los objetivos marcados figuraban, por ejemplo, mejorar los beneficios de los ciudadanos y empresas derivados de tramitación electrónica (servicios),

establecer garantías para el mercado único como consecuencia de la ausencia de interoperabilidad, fragmentación, etc., fomentar la cooperación entre las partes interesadas en la UE en el establecimiento de políticas de administración electrónica comunes, etc (Comisión Europea, 2006e).

2.2.2.16. COM (2006) 45 final. Interoperabilidad de los servicios paneuropeos de administración electrónica

Con el objetivo de potenciar la competitividad de las economías europeas, la UE persigue con la publicación de esta Comunicación modernizar el sector público europeo y mejorar la interacción entre las organizaciones asociadas mediante soluciones de interoperabilidad y medidas de administración electrónica tendentes a facilitar la movilidad e interacción entre ciudadanos y empresas, consolidando infraestructuras TIC e iniciando la simplificación de trámites y procedimientos de administración electrónica (Comisión Europea, 2006c).

2.2.2.17. COM (2005) 425 final. La accesibilidad electrónica

En el contexto de la sociedad de la información, en el seno de la UE, se han implementado numerosas iniciativas de marcado carácter social con el objetivo fomentar la inclusión social a través de las nuevas tecnologías y prevenir la marginalidad. La publicación de esta Comunicación sobre Accesibilidad Electrónica, en el marco de la iniciativa “i2010. Una sociedad de la información europea para el crecimiento y el empleo”, contribuyó de manera decisiva en ese sentido, presentando un nuevo marco estratégico y también orientaciones de carácter político destinadas a promover una economía digital abierta y competitiva, donde las TIC y la interoperabilidad figuraban como elementos clave para la inclusión y bienestar social y económico, “... una sociedad de la información para todos” (Comisión Europea, 2005a).

2.2.2.18. COM (2003) 567 final. El papel de la administración electrónica en el futuro de Europa

En el contexto de eEurope 2005 y la Estrategia de Lisboa, la publicación de esta Comunicación supuso un refuerzo de las políticas de la UE en materia

de administración electrónica, partiendo del análisis de los problemas y barreras detectados en su momento en el entorno europeo. La necesidad de un mayor compromiso de trabajo y también político explícitos a largo plazo de los Estados miembros figuraban entre los objetivos de esta comunicación, así como el concurso del resto de agentes públicos y privados involucrados (Comisión Europea, 2003b).

El documento, finalmente, presentaba un itinerario sólido, resultado de los análisis realizados, con numerosas actuaciones en materia de administración electrónica (e.g., refuerzo del intercambio de mejores prácticas, gestión de identidades, próximos pasos en servicios paneuropeos, interoperabilidad, etc.).

2.3. Interoperabilidad en la Administración Electrónica

La ausencia de interoperabilidad es una barrera fundamental para lograr los beneficios en la administración electrónica y así se reconoce por la Agenda Digital Europea (Comisión Europea, 2012b), planteando como una de sus actuaciones:

Respaldar unos servicios de administración electrónica transfronterizos integrales..., el Programa de soluciones de interoperabilidad para las administraciones públicas europeas (ISA)

Así, para ayudar a resolver las dificultades que muchas administraciones están teniendo en alcanzar los beneficios derivados de la implementación de soluciones de administración electrónica, se requiere un mejor entendimiento del contexto y de los asuntos relevantes relacionados con la interoperabilidad.

Entre estas dificultades, asociadas a la complejidad inherente de construir, gestionar y evolucionar los sistemas de información, apuntaríamos las siguientes:

1. Los problemas de interoperabilidad afectan a un número cada vez mayor de sistemas y no pueden ser abordados eficientemente desarrollando soluciones entre cada par de sistemas involucrados.
2. Muchas de las necesidades de interoperabilidad surgen una vez implantados los sistemas. No importa lo cuidadoso que sea el proceso

de toma de requisitos de los sistemas, ya que surgen continuamente nuevas formas de interacción.

3. Los individuos y las organizaciones se enfrentan a requisitos que frecuentemente entran en conflicto con los objetivos de interoperabilidad. En la administración electrónica, los cambios y costes asociados a los requisitos de interoperabilidad a menudo desaniman la consecución de dichos objetivos.

En este capítulo se aborda la *Interoperabilidad* relacionada con la administración electrónica, revisando en primer lugar las definiciones del mismo, para conocer los distintos puntos de vista desde los que la Interoperabilidad es percibida.

A continuación, se describen los principales *Marcos de Interoperabilidad* (interoperability frameworks) usados en la administración electrónica, entendidos éstos como el conjunto general de políticas, estándares y guías que describen la forma en que las organizaciones han acordado la forma en que se relacionan entre sí.

Por último, se hace una revisión de los principales proyectos de interoperabilidad llevados a cabo, tanto a nivel europeo como a nivel nacional, por las administraciones públicas.

2.3.1. Definiciones de la interoperabilidad

Como concepto multidimensional, la interoperabilidad puede considerarse desde numerosas perspectivas y enfoques. A continuación, se proporcionan definiciones propuestas por diferentes autores y organizaciones, que permitirán disponer de una percepción conjunta y global del significado del término *Interoperabilidad*.

El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, IEEE, en su diccionario de términos (Institute of Electrical and Electronics, 2000), define la Interoperabilidad:

Como la habilidad de dos o más sistemas, redes de comunicación, aplicaciones o componentes, para intercambiar información entre ellos y para usar la información que ha sido intercambiada.

Esta es una de las definiciones más citadas.

El *Open Geospatial Consortium, OGC*, en la Guía OpenGIS (The Open GIS Consortium, Inc., 1996), define Interoperabilidad en el contexto de las especificaciones OGC:

Como componentes de aplicaciones informáticas trabajando recíprocamente unos con otros, para evitar pesadas y sistemáticas tareas de conversión, evitar los obstáculos de las importaciones y exportaciones de datos y las barreras de acceso a los recursos distribuidos, impuestas por los entornos de procesamiento y por la heterogeneidad de los datos.

En el documento “Interoperability. What is it and Why Should I want it?” (Miller, P., 2000), la Interoperabilidad es definida:

Como un proceso en el que se encuentran embarcadas las organizaciones, para asegurar que los sistemas, los procesos y la propia cultura de la organización sean gestionados óptimamente, para que se maximicen las oportunidades de intercambiar y reutilizar la información, tanto interna como externamente.

En el informe “Impact of Model-Driven Standards” (Flater, D., 2002), se define la Interoperabilidad:

Como el proceso que persigue hacer integrables los sistemas para que sean compatibles.

De esta manera, basa la definición de Interoperabilidad en los conceptos de *compatibilidad*, como cualidad de los sistemas para cooperar o coexistir sin interferir unos con otros, y *adaptabilidad (integratability)*, como la capacidad de adaptar posibles sistemas incompatibles, o los datos que intercambian, para que cooperen.

La *International Standard Organization, ISO*, define Interoperabilidad en la Norma ISO 19101 (International Organization for Standardization, 2008):

Como la capacidad de los sistemas o componentes de intercambiar información y de poder garantizar el procesamiento cooperativo entre aplicaciones, haciendo referencia a las siguientes habilidades:

1. *Capacidad de encontrar información y herramientas de procesamiento cuando sea necesario, e independientemente de su localización física.*
2. *Entender y usar la información y las herramientas descubiertas sin limitaciones, debidas al tipo de plataformas a utilizar, ya sean en contextos locales o remotos.*
3. *Poder desarrollar entornos de procesamiento para uso comercial sin imponer limitaciones en el mercado del monopolio.*
4. *Poder basarse en la información y el procesamiento ofrecido por las infraestructuras de terceras partes, permitiendo las necesidades de los distintos nichos de mercado, sin temor al fracaso cuando la infraestructura de apoyo madure y evolucione.*
5. *Participar en un mercado libre y transparente, en el que los bienes y servicios respondan a las necesidades de los consumidores y que los canales se abran a medida que el mercado crezca lo suficiente para apoyarlos.*

En el informe “What is Interoperability and why does it matter?” (Gordon, D., 2003), la Interoperabilidad es definida:

Como la medida de cómo las aplicaciones, los datos y las soluciones que residen en lugares diferentes unos de otros, son capaces de compartir información y funcionalidades de un modo correcto y proporcionando más valor que un único producto, en el que todos ellos se encontraran integrados.

En la tesis, “Interoperable Geo-Spatial data model in the context of the Indian NSDI” (Rawat, S., 2003), el concepto de Interoperabilidad es propuesto en el dominio de los Sistemas de Información Geográfica, SIG:

Como la capacidad para intercambiar Información Geográfica y datos procedentes de distintas organizaciones, para que la sociedad pueda aplicarlos, a través de las redes, a cualquier tipo de aplicación.

En el Glosario del informe de la *Dublin Core Metadata Initiative* (Woodley, M.S., 2005), la Interoperabilidad aparece definida:

Como la posibilidad de que distintos tipos de ordenadores, redes, sistemas operativos y aplicaciones, trabajen juntos de forma eficaz, sin comunicación previa, de tal forma que puedan intercambiar información de manera útil y con sentido. Finaliza identificando tres aspectos que se deben tener en cuenta en la Interoperabilidad: semántica, estructural y sintáctica.

La Association for Library Collections & Technical Services, ALCTS (ALCTS, 2000) Americana, define la Interoperabilidad:

Como la capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar y utilizar la información intercambiada, sin que ello suponga un esfuerzo especial para ninguno de los dos.

En 2004, la *National Information Standards Organization, NISO*²⁴, Norteamericana define la Interoperabilidad:

Como la capacidad de intercambiar y compartir datos entre distintos sistemas que utilizan diferentes arquitecturas de equipos y programas informáticos, distintas interfaces y estructuras de datos.

En The Organization of Information (Taylor, A. G., 2004), se afirma que:

Dos sistemas son compatibles cuando ambos pueden intercambiar información y usarla sin necesidad de un tratamiento especial, acuñando el concepto compatibilidad.

La DE 2004/387/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, Decisión de la Comisión Europea, de 21 de abril de 2004 (Comisión Europea, 2004), relativa a la prestación interoperable de servicios paneuropeos de Administración Electrónica en el sector público, las empresas

²⁴ <http://www.niso.org/standards/> revisado 15 de enero de 2015.

y los ciudadanos, y el *European Interoperability Framework*, (European Commission, 2004), definen la Interoperabilidad:

Como la capacidad de los sistemas de Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, y de los procesos empresariales a los que apoyan, de intercambiar datos y posibilitar la puesta en común de información y conocimientos.

En la Norma ISO 19119 (International Organization for Standardization, 2005), ISO propone una definición de Interoperabilidad aplicable a todo tipo de información relacionada con el espacio y los datos geográficos:

Interoperabilidad geográfica es la capacidad de los sistemas de información para intercambiar libremente todo tipo de información espacial relacionada con la tierra, los objetos y los fenómenos que existen encima, debajo y sobre la superficie terrestre, y ejecutar programas capaces de manejar dicha información de forma cooperativa, sobre redes de comunicaciones.

Las definiciones anteriores son ampliadas en el estudio *Topics in Interoperability: Infrastructure Replacement in a System of Systems* (Carney, D. et al., 2005). Centrándose en la finalidad y el contexto de la Interoperabilidad, definen este concepto:

Como la capacidad de una colección de componentes de un sistema, o un sistema en un sistema de sistemas, para intercambiar y compartir información específica y de tratar dicha información de acuerdo con una semántica compartida con el fin de lograr un objetivo concreto en un contexto dado.

Esta definición motiva la concreción de Modelos de Interoperabilidad, con el objeto de garantizar que se produce la Interoperabilidad entre los sistemas, de acuerdo a los distintos propósitos y contextos.

Según la Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de septiembre de 2009, relativa a las soluciones de Interoperabilidad para las Administraciones Públicas Europeas, (DE No 922/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de septiembre de 2009):

La Interoperabilidad es la capacidad de que organizaciones diversas y dispares interactúen con vistas a alcanzar objetivos comunes que sean mutuamente beneficiosos y que hayan sido acordados previa y conjuntamente, recurriendo a la puesta en común de información y conocimientos entre las organizaciones, a través de los procesos empresariales a los que apoyan, mediante el intercambio de datos entre los sistemas de TIC respectivos. (Comisión Europea, 2009).

Finalmente, señalar que en el *Portal de Administración Electrónica del Ministerio de Política Territorial y Administración Pública del Gobierno de España*, PAe, se describe la Interoperabilidad tal y como se define en el Anexo del RD 4/2010, de 8 de enero (España, 2010b), por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad, ENI, en el ámbito de la Administración Electrónica:

Como la capacidad de los sistemas de información y de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos.

Además, se señala que resulta necesaria para la cooperación, el desarrollo, la integración y la prestación de servicios conjuntos por las Administraciones Públicas; para la ejecución de las diversas políticas públicas; para la realización de diferentes principios y derechos; para la transferencia de tecnología y la reutilización de aplicaciones en beneficio de una mejor eficiencia; para la cooperación entre diferentes aplicaciones que habiliten nuevos servicios; todo ello facilitando el desarrollo de la Administración Electrónica y de la Sociedad de la Información.

2.3.2. Niveles de interoperabilidad

Actualmente, los múltiples enfoques que encaran la complejidad de la Interoperabilidad, acaban proponiendo diferentes taxonomías para dar respuesta a sus distintas funciones y objetivos. Con todo, los parámetros que habitualmente se emplean para definirla podrían concentrarse en cuatro conceptos: capas, dimensiones, niveles y áreas.

En la práctica, casi la totalidad de los modelos conceptuales existentes abordan el análisis de la interoperabilidad por niveles. Este enfoque más o menos extendido y homogéneo, sin embargo, aflora diferentes representaciones y abstracciones sobre este complejo fenómeno. Cada modelo presenta sus propios focos de interés y particularidades.

En este contexto, los **Niveles de Interoperabilidad** son empleados para definir las capacidades que han de atesorar los sistemas para alcanzar un determinado grado de Interoperabilidad.

Generalmente, suele hacerse referencia a los *niveles organizativo, semántico y técnico*, pero en el artículo “Modelo de Interoperabilidad Basado en Metadatos (MIBM)” (Manso Callejo, M.A. et al., 2008) hacen una revisión de los niveles referenciados, identificando: legal, sintáctico, pragmático, esquemático o estructural, dinámico, conceptual, social, intracomunitario, político/ humano, internacional, empírico y físico.

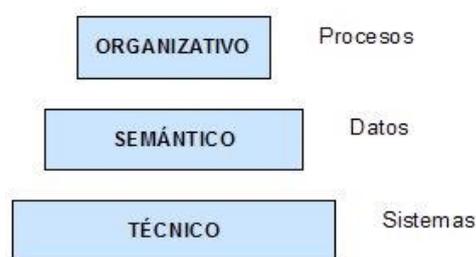


Figura 1: Niveles de Interoperabilidad

A pesar de que se distinguen muchos *Niveles de Interoperabilidad*, es difícil entenderlos de forma aislada, ya que las clasificaciones propuestas pueden ser similares o estar relacionadas y las definiciones de los distintos niveles pueden tener características comunes.

Por ejemplo, la *Interoperabilidad técnica* puede ser considerada un prerequisite para alcanzar la Interoperabilidad semántica y organizativa. Los sistemas y componentes deben conectarse primero en lo físico, en el nivel de protocolos, antes de que se pueda establecer una Interoperabilidad a nivel de datos y semántica.

Por su parte, la *Interoperabilidad semántica* precisa de acuerdos a nivel técnico y organizativo. En primer lugar, cualquier medida tomada tiene que tener en cuenta aspectos de la Interoperabilidad técnica, y ser construida en base a estándares, guías y soluciones dadas. En segundo lugar, como el significado de los datos depende de la finalidad o contexto en el que es empleado, las medidas en el contexto de la Interoperabilidad semántica están estrechamente vinculadas, e incluso requieren e implican medidas en el contexto de la Interoperabilidad organizativa.

Y de la misma manera, la *Interoperabilidad organizativa* precisa de las dos anteriores. Por un lado, es necesario que se proporcionen unos mínimos niveles de seguridad en el nivel técnico para poder iniciar la Interoperabilidad a nivel organizativo, definiendo políticas, estrategias y procedimientos. Y por otro, el entendimiento común, y el procesado e intercambio adecuado de los conjuntos de datos se basa en acuerdos sobre conceptos o su relación mutua, que para ser alcanzados sólo pueden ser afrontados desde un nivel semántico.

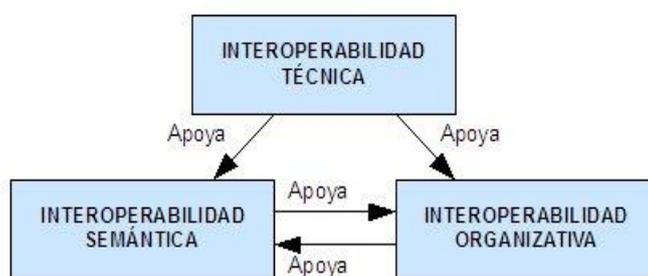


Figura 2: Relaciones entre los Niveles de Interoperabilidad

A continuación, se analizan los principales niveles de la Interoperabilidad desde el punto de vista del EIF, señalando en último término lo que dice el ENI al respecto.

2.3.2.1. Nivel Organizativo

Según el EIF, la *Interoperabilidad organizativa* se relaciona con la colaboración entre las organizaciones que, teniendo diferentes estructuras y procesos internos, desean intercambiar información. Su objetivo es superar

todos los obstáculos de organización, para así poder establecer los flujos de trabajo relevantes a nivel intra e inter-organizacional.

Con respecto a las soluciones para lograr la Interoperabilidad organizativa, el EIF examina y rechaza el uso de acuerdos bilaterales a favor de la utilización de mecanismos multilaterales.

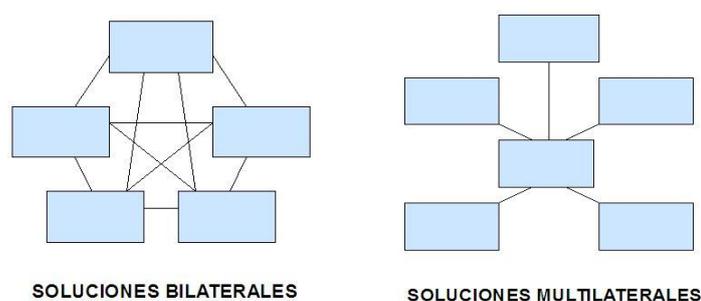


Figura 3: Soluciones de Interoperabilidad Bilaterales y Multilaterales.

Cada uno de los socios de la Interoperabilidad adopta el mismo conjunto de acuerdos para las soluciones. Como resultado de ello, cada solución solo se aplica una sola vez y se ajusta a las necesidades de todos. Además, el EIF sugiere el principio de subsidiariedad, estableciendo la descentralización de responsabilidades, y propone la introducción de los Business Interoperability Interfaces, BII, a través de los cuales las Administraciones de los distintos Estados miembros son capaces de interactuar a nivel paneuropeo para un servicio de Administración Electrónica dado.

Una vez más, con respecto a las soluciones de organización en la Interoperabilidad, la European Public Administration Network, EPAN, sugiere la identificación de un agente de servicio para proporcionar una funcionalidad común de *back-end* de las agencias de cumplimiento de manera compartida, de conformidad con el negociado acuerdos de nivel de servicio y las pautas de uso.

A nivel nacional, el nivel organizativo de la Interoperabilidad se contempla en el cap. III del RD 4/2010, de 8 de enero, desarrollado en los artículos 8 y 9, respectivamente, *Servicios de las Administraciones Públicas disponibles por medios electrónicos e Inventarios de información administrativa* (España, 2010b).

Adicionalmente, en el *Anexo* de la misma norma, se define la Interoperabilidad organizativa:

Como aquella dimensión de la Interoperabilidad relativa a la capacidad de las entidades y de los procesos a través de los cuales llevan a cabo sus actividades para colaborar con el objeto de alcanzar logros mutuamente acordados, relativos a los servicios que prestan.

2.3.2.2. Nivel Semántico

Según el EIF, la *Interoperabilidad semántica* es la que asegura que el significado preciso de la información intercambiada es entendible por cualquier otra aplicación que no fuese desarrollada para este propósito. La interoperabilidad semántica permite que los sistemas combinen la información recibida con otras fuentes de información y puedan procesarla de manera significativa.

La semántica es percibida como el significado y el uso de datos. Por lo tanto, la Interoperabilidad semántica se vuelve particularmente importante cuando las autoridades públicas necesitan intercambiar información.

Los principales conflictos semánticos se relacionan con la estructura de datos y el significado de los datos, aunque también pueden aparecer conflictos a nivel de datos y a nivel de esquema.

Los conflictos a nivel de datos, son las diferencias en los dominios de datos causadas por las múltiples representaciones e interpretaciones de datos similares. Se pueden dar los siguientes conflictos a nivel de datos:

- Conflictos con el valor de los datos. Por ejemplo, el valor de "extranjero" en una base de datos puede significar que la persona no es un ciudadano del país, mientras que en otra base de datos puede significar que la persona no es ciudadano de la Unión Europea, UE.
- Conflictos con la representación de los datos. Por ejemplo, una fecha puede ser representada en una base de datos como "30/06/2005", en otra como "30-06-2005" y en una tercera como "30-Jun-2005".

- Conflictos con la unidad de los datos. Por ejemplo, las alturas de los edificios se pueden medir en centímetros en una base de datos y en pulgadas en otra.
- Conflictos con la precisión de los datos. Por ejemplo, un edificio pueden ser clasificado según su altura como "alto", "medio" o "bajo" en una base de datos o utilizando la escala de "A", "B", "C" o "D" en otra.
- Conflictos con los datos lingüísticos. Por ejemplo, cuando la información se conserva en diferentes idiomas.

Los *conflictos a nivel de esquema* se caracterizan por diferencias en las estructuras lógicas y/o inconsistencias en los metadatos. Además de conflictos con el identificador de la entidad, conflictos con el esquema de isomorfismo, conflictos de agregación, discrepancias esquemáticas, etc., son posibles conflictos a nivel de esquema los siguientes:

- Conflictos con los nombres. Por ejemplo, el nombre de "ciudadano" en una base de datos se utiliza para capturar la misma información que el nombre de "beneficiario" en otra base de datos.
- Conflictos de generalización. Por ejemplo, en una base de datos existe una representación de "ciudadanos", mientras que en otra se cuenta con dos representaciones separadas para los "Hombres" y "Mujeres".

Las soluciones de Interoperabilidad semántica a menudo se clasifican en tres grandes áreas: los enfoques basados en el mapeo, los enfoques basados en la intermediación y los enfoques basados en consulta:

- **El enfoque basado en el mapeo**, se realiza normalmente mediante la construcción de un esquema federado (o global) y el establecimiento de correlaciones entre los esquemas federados (o globales) y los esquemas de participación local.
- **El enfoque basado en la intermediación**, sugiere el uso de un intermediario que tiene un conocimiento específico del dominio, del mapeo, o de las normas específicamente desarrolladas para la coordinación de diversas fuentes de información autónomas. Esto se

acerca al patrón de solución multilateral propuesto por el EIF para asegurar la Interoperabilidad en el ámbito europeo.

- **El enfoque basado en la consulta**, sugiere el uso de las lenguas interoperables, capaz de formular preguntas que abarcan varias bases de datos. Este es probablemente el método menos apropiado para el caso de la Administración Electrónica, ya que puede contradecir el principio de la subsidiariedad.

El objetivo final de la investigación actual en Interoperabilidad semántica es la gestión de todos los conflictos semánticos entre los diferentes sistemas de una forma totalmente automatizada. Además, se acepta que el medio global está cambiando, por lo que los nuevos sistemas se pueden agregar o quitar en cualquier momento. Cabe señalar, sin embargo, que a diferencia de otros ámbitos, como puede ser el comercio electrónico, en el ámbito de la Administración Electrónica, la lista de requisitos de la Interoperabilidad semántica, suele ser más pequeña y normalmente no hay competencia entre las autoridades que prestan los mismos servicios.

A nivel nacional, el nivel semántico de la Interoperabilidad se contempla en el cap. IV RD 4/2010, de 8 de enero, formado por el art. 10, *Activos semánticos* (España, 2010b). Adicionalmente, en el *Anexo* de la misma norma se define la Interoperabilidad semántica:

Como aquella dimensión de la Interoperabilidad relativa a que la información intercambiada pueda ser interpretable de forma automática y reutilizable por aplicaciones que no intervinieron en su creación.

2.3.2.3. Nivel Técnico

Según el EIF, la *Interoperabilidad técnica* es aquella que cubre las cuestiones técnicas de vinculación de los sistemas y servicios informáticos. Se refiere a todas las cuestiones técnicas (tecnologías, normas, políticas) para garantizar que los componentes técnicos de los sistemas de información de las entidades colaboradoras, sean capaces de trabajar conjuntamente. Pero no sólo se preocupa de las tecnologías en la capa de conexión física (por ejemplo,

protocolos de red), sino también de las tecnologías que apoyan la organización y las capas semánticas.

Hay muchas maneras de clasificar la Interoperabilidad técnica. Por ejemplo, el eGovernment Interoperability Framework, eGIF (e-Envoy, 2004), del Reino Unido, utiliza cuestiones políticas y especificaciones técnicas relacionadas con la interconexión, la integración de datos, metadatos de gestión de contenidos y acceso a servicios electrónicos, mientras que el alemán Standards and Architectures for eGovernment Applications, SAGA, propone normas técnicas para apoyar una propuesta de arquitectura en las áreas de: modelado de procesos, modelado de datos, arquitectura de la aplicación, el cliente, la presentación, la comunicación, la conexión a los backoffices, y la seguridad.

Debido a que los avances técnicos, especialmente los relacionados con Internet, son rápidos, es común que las directrices técnicas para la Interoperabilidad sugieran el uso de Internet en todos los servicios de Administración Electrónica. Internet ha hecho que la Interoperabilidad técnica sea fácilmente alcanzable. El uso de estándares de Internet es una recomendación común para lograr la Interoperabilidad técnica. A modo de ejemplo, en la capa de red, se recomienda TCP/IP como estándar para conexiones básicas a través de Internet; en la capa de presentación, se recomienda HTML; en la capa de conectividad de los datos, XML es el más utilizado, etc.

A nivel nacional, el nivel *técnico de la Interoperabilidad* se contempla en el cap. V RD 4/2010, de 8 de enero, formado por el art. 11, *Estándares aplicables* (España, 2010b). Adicionalmente, en el Anexo de la misma norma se define la Interoperabilidad técnica:

“como aquella dimensión de la Interoperabilidad relativa a la relación entre sistemas y servicios de Tecnologías de la Información, TI, incluyendo aspectos tales como las interfaces, la interconexión, la integración de datos y servicios, la presentación de la información, la accesibilidad y la seguridad, u otros de naturaleza análoga.”

2.3.2.4. Nivel Legal

Según la Comunicación de la Comisión Europea “*Hacia la Interoperabilidad de los servicios públicos europeos*” (Comisión Europea, 2010a), la *Interoperabilidad legal* es la que se ocupa de que la validez legal de la información que se intercambia entre los Estados miembros para proporcionar los servicios públicos europeos, sea mantenida a través de las fronteras; y la legislación de protección de datos, tanto en origen como de destino, sean respetados.

Debe tenerse en cuenta que a veces, las incompatibilidades entre la legislación de los distintos Estados miembros hacen que el trabajo en conjunto sea más complejo o incluso imposible, aun cuando la legislación sea el resultado de la transposición de las Directivas Europeas a la legislación nacional. Por ello, en el EIF, se recomienda a las Administraciones Públicas considerar cuidadosamente toda la legislación pertinente en relación con el intercambio de datos, incluida la legislación sobre protección de datos, cuando se trata de establecer un servicio público europeo.

Este nivel de la Interoperabilidad no es considerado en el ENI.

2.3.3. Modelos de interoperabilidad

La Interoperabilidad es un concepto que se puede aplicar a muy distintos entornos donde haya varios sistemas y sea preciso el intercambio de información. Con la necesidad de integrar los diferentes sistemas de información, surge la formulación de *Modelos de Interoperabilidad*, que ayudan a solucionar la heterogeneidad sintáctica, semántica y estructural de los datos, interfaces de servicios y metamodelos que los describen.

Las principales ventajas de los Modelos de Interoperabilidad son: la capacidad de definir un vocabulario común que permita el análisis y la discusión sobre el significado, la capacidad de proporcionar sugerencias relacionadas con la estructura de las soluciones y la capacidad de servir de soporte para evaluar nuevas ideas y distintas opciones. Sin embargo, la mayoría de los Modelos de Interoperabilidad no aprovechan plenamente las ventajas de algunos tipos de sistemas, como puede ser la independencia total de la

plataforma o la Interoperabilidad de las herramientas. Además, los Modelos también poseen algunas limitaciones, especialmente cuando se trata de intercambiar los mismos o expresar más información sobre el contexto, como ocurre en las arquitecturas distribuidas.

Existen varios intentos de clasificar y definir los Modelos aplicables en el ámbito de la Interoperabilidad, que tienen como objetivo categorizar e incluso medir el alcance de los distintos entornos en los que se puede establecer la Interoperabilidad.

En el estudio *Interoperability in the Infosphere* (Munk, S., 2005), se diferencian tres Modelos de Interoperabilidad teniendo en cuenta las características y el alcance de los sistemas que van a intercambiar información y el entorno que soporta la Interoperabilidad:

- *Modelo elemental*: Se establece entre sistemas que pertenecen a la misma área funcional o especialización, y que mantienen una cooperación fuerte y permanente. Como consecuencia de la semejanza de las funciones entre los sistemas participantes, y de la mencionada cooperación, generalmente estos sistemas manejan el mismo tipo de información y la información a intercambiar puede ser definida fácilmente.
- *Modelo complejo*: Está también conectado con una colaboración relativamente permanente, pero cubre varias o todas las posibles áreas funcionales, y generalmente están soportados por esquemas o representaciones intermedias.
- *Modelo global*: No está restringido a una cooperación dada, y describe la Interoperabilidad entre estructuras y soluciones de intercambio de información de un entorno de información y cooperación cambiante.

Estos Modelos manifiestan una gran similitud con la categorización propuesta en el estudio *Changing Focus on Interoperability in Information Systems* (Sheth, A.P., 1999), con respecto a la distribución de la Interoperabilidad, pero en este caso relacionándolas con distintas *Fases* o

Generaciones de la evolución histórica de los esfuerzos por lograr la Interoperabilidad:

- *En la 1ª Generación (hasta 1985)*, el alcance de la Interoperabilidad era primordialmente departamental y casi siempre en el seno de una compañía, y comúnmente los sistemas de múltiples bases de datos implicados eran simplemente algunas bases de datos y ordenadores, en un área local o conectados directamente.
- *En la 2ª Generación (1985-1995)*, con el impacto significativo de Internet y el advenimiento de la era Web, este alcance se amplía a toda la empresa u organización e incluso a nivel inter-empresarial conectando decenas de ordenadores y repositorios de datos.
- *En la 3ª Generación (1996- hasta el momento)*, con las mejoras significativas en las tecnologías de la comunicación, infraestructuras globales de información, y en infraestructuras de distribución computacionales, la dimensión de la distribución de datos ha logrado un alcance muy amplio, desde un sistema único a la globalidad. En esta fase, y puesto que la naturaleza distribuida de los datos se mantiene oculta ante el usuario final, los desarrolladores de sistemas se enfrentan a nuevos retos.

La iniciativa Integration of Software Intensive Systems, ISIS, del Carnegie Mellon- Software Engineering Institute, CMU-SEI, de EE.UU, en su Guía de Interoperabilidad (Software Engineering Institute, 2009), aborda diversos aspectos relativos a la Interoperabilidad: qué es, cuándo debe aplicarse, y cómo puede lograrse de forma efectiva, teniendo en cuenta los estándares que pueden ser necesarios para ello.

En dicha guía, la Iniciativa ISIS distingue varios *Modelos abstractos de Interoperabilidad*, que a su vez pueden clasificarse según los aspectos o dimensiones de Interoperabilidad que contemplan:

- *Levels of Information Systems Interoperability, LISI* (Interoperability Working Group, Department of Defense, 1998). Este Modelo, cuyo desarrollo comenzó en 1993, por la necesidad de definir un marco formal que pudiese contemplar los diferentes

niveles de sofisticación en el intercambio de información, fue publicado finalmente en 1998 por el DoD Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, C4ISR. Representa la perspectiva más común y tradicional sobre Modelos de Interoperabilidad. Es un modelo técnico dirigido a la definición, evaluación, medición y valoración de la Interoperabilidad entre sistemas de información, ampliamente aceptado y que se apoya en un conjunto de herramientas útiles para el diagnóstico de la Interoperabilidad a nivel técnico. Los cinco niveles de Interoperabilidad que define este modelo son: aislado, conectado, funcional, de dominio y empresarial.

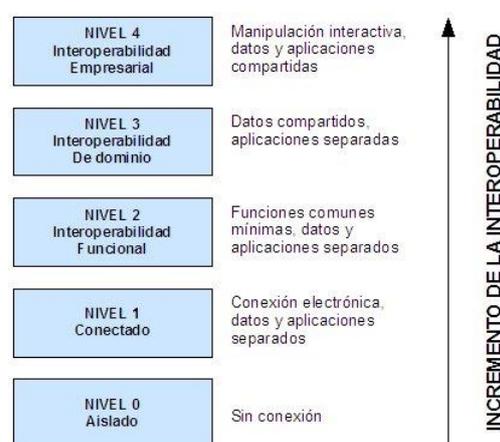


Figura 3: Modelo LISI

- *Levels of Conceptual Interoperability Model, LCIM*. Definido en el estudio *Beyond Technical Interoperability* (Tolk, A., 2003), y refinado en el informe *Battle Management Language* (Tolk, A. & Tunitsa, C., 2006), pretende salvar distancias entre el diseño conceptual y el diseño técnico para lograr la Interoperabilidad. Este Modelo define siete niveles de Interoperabilidad: no conectado, técnico, sintáctico, semántico, pragmático, dinámico y conceptual.

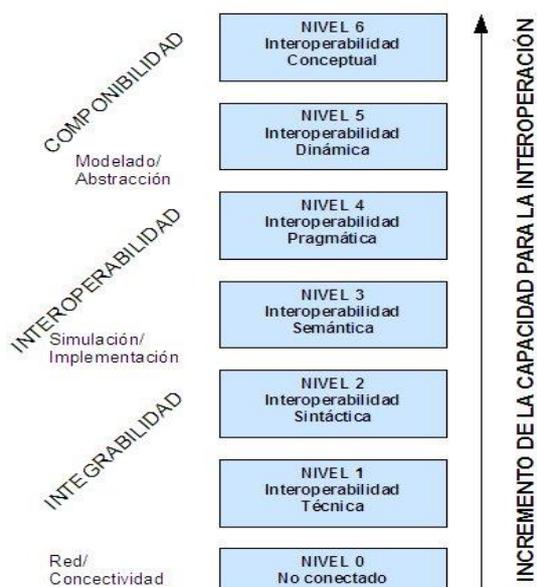


Figura 4: LCIM (2006).

- *Layers of Coalition Interoperability, LCI* (Tolk, A., 2003). Creado por el *Virginia Modeling Analysis and Simulation Center, VMASC*, en 2003, abarca un amplio rango de características técnicas y organizativas que deben estar alineadas para que los sistemas puedan interoperar. Este Modelo define nueve capas de Interoperabilidad: física, protocolaria, de datos/objetos, de información, de conocimiento/conciencia, de procedimientos alineados, de operaciones alineadas, de doctrinas/estrategias armónicas y de objetivos políticos.

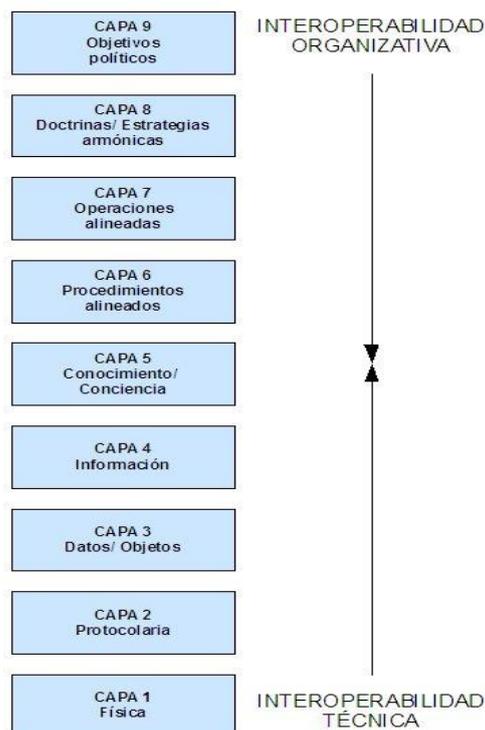


Figura 5: Modelo LCI

- System of Systems Interoperability Model, SoSI* (Morris, E. et al., 2004). Creado por el *Software Engineering Institute* de la Universidad de Carnegie Mellon, CMU-SEI, en 2004, representa un Modelo simple enfocado en las actividades de las organizaciones que desarrollan los sistemas que deben interoperar, así como en aspectos técnicos. Este Modelo está basado en tres niveles de Interoperabilidad: operativa, constructiva y programática.

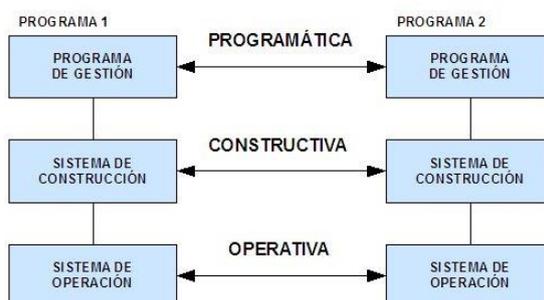


Figura 6: Interacción entre dos programas. Diferentes niveles de Interoperabilidad en el Modelo SoSI.

Además de la Iniciativa ISIS, investigadores del *Air Force Institute of Technology, AFIT*, de Estados Unidos, presentaron en junio de 2007 un estudio

exhaustivo sobre la medición de la Interoperabilidad, en el que se recopilaba un conjunto de Modelos disponibles para medir o evaluar la Interoperabilidad, incluidos los cuatro anteriormente mencionados. Los autores identifican un número considerable de modelos creados desde los años 80, algunos de ellos ampliamente aceptados e institucionalizados mientras que otros son raramente aplicados. Estos Modelos han sido creados principalmente por organizaciones dependientes de departamentos de Defensa (como los de EE.UU, Australia o Polonia), así como por otras instituciones relacionadas con la defensa y sistemas de simulación militar. Los modelos recogidos en el estudio son:

- *Spectrum of Interoperability Model, SoIM*, creado en 1980 por la Defense Information Systems Agency, DISA, es el primer modelo en analizar la interoperabilidad en niveles, constatando que no se podía definir como una dimensión de la sofisticación técnica. El SoIM combina niveles técnicos con niveles de control-gestión para determinar el nivel de interoperabilidad, pudiendo tener: sistemas separados; sistemas compartidos; gateways; múltiples puntos de entrada; sistemas compatibles; sistemas totalmente interoperables, y el mismo sistema.
- *Quantification of Interoperability Methodology, QoIM*, creado en 1989 por la Corporación MITRE²⁵, con el fin de evaluar la interoperabilidad de sistemas, unidades o fuerzas con respecto a un escenario de misión, definió siete componentes de la interoperabilidad: Medios de comunicación, Lenguajes, Entorno, Requisitos, Factor Humano, Procedimientos y Estándares.
- *Military Communications and Information Systems Interoperability, MCISI* (Amanowicz, M. & Gajewski, P., 1996), creado en 1996 por la Military University of Technology, Warsaw, Polonia. Modela la interoperabilidad de los sistemas de información y comunicaciones mediante “Niveles de control”, “Servicios de información y comunicación” y “Medios de transmisión”,

²⁵ Corporación MITRE, <http://www.mitre.org/> resisado 15 de Febrero de 2015.

posicionando cada sistema analizado en un espacio multidimensional, asimilando la interoperabilidad como la distancia entre características funcionales en este espacio.

- *Modelo Integrado de Interoperabilidad para los SIG*, definido en el informe *Interoperating GISs* (Goodchild, M.F. et al., 1997), tras identificar que la voluntad para alcanzar la Interoperabilidad depende de muchos factores, como la voluntad o la predisposición, los factores económicos o los problemas legales y organizacionales. Este Modelo distingue, de forma abstracta, cinco niveles: ingeniería y redes, tecnología y plataformas, arquitectura computacional y aplicaciones informáticas, modelos conceptuales de datos y de información y finalmente de iniciativa o empresa.
- *Interoperability Assessment Methodology, IAM*, creado en 1998 por la Joint Theater Air and Missile Defense Organization, JTAMDO. IAM define nueve componentes de interoperabilidad: requisitos, estándares, datos, conectividad, protocolos, flujo de información, latencia, interpretación y uso de información, incorporando al modelo grados de interconexión: conectividad, disponibilidad, interpretación, entendimiento, utilidad ejecución y retroalimentación.
- *Organisational Interoperability Maturity Model for C2, OIMM*, definido en el informe *Organisational Interoperability Maturity Model for C2* (Clark, T. & Jones, R., 1999). En él se describen las etapas por las que los sistemas, los procesos o las organizaciones progresan o evolucionan, de acuerdo a cómo están definidas, construidas o mejoradas. El concepto de nivel es intrínseco a este Modelo y se utiliza para caracterizar el estado de un sistema o de una organización. Los niveles del Modelo son: unificado, combinado, en colaboración, a medida e independiente.
- *Intermodel5*, propuesto en el estudio *Interoperability GIS Model based on the Spatial Information Infrastructure* (Yi, S. et al., 1999), tras identificar que la investigación en Interoperabilidad se

encuentra usualmente en torno a los procedimientos para la distribución y la integración de sistemas: igualdad, reciprocidad, intercambio, diversidad, independencia y pertenencia a un dominio. Para estos autores, la Interoperabilidad se alcanza definiendo las interfaces mediante especificaciones y estándares. Este Modelo identifica los problemas de Interoperabilidad en la conexión y el intercambio de datos entre bases de datos y sistemas, y define los siguientes niveles de Interoperabilidad: localización de recursos, transformación de los mismos, servicio de aplicación, semántico y finalmente institucional.

- *NATO C3 Technical Architecture Reference Model for Interoperability, NMI*, creado por la OTAN en 2003. En este Modelo se proponen las directrices generales para el desarrollo de Arquitecturas de Sistemas. En este Modelo se proponen las directrices generales para el desarrollo de Arquitecturas técnicas de Sistemas, definiendo cuatro grados de interoperabilidad: intercambio no estructurado de datos, intercambio estructurado de datos, intercambio de datos e intercambio de información.
- *Non-Technical Interoperability Framework, NTI*, creado en 2004 por el Defence Science and Technology Laboratory, Dstl. El NTI está basado en el Organizational Interoperability Maturity Model for C2.
- *Modelo de Interoperabilidad en la Sociedad de la Información*, definido por el Proyecto Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software, InterOP, (IST-508011) en 2004. Atendiendo al tipo de enfoque y con arreglo a la Norma ISO 14258 (International Organization for Standardization, 1998), puede hablarse de: unificado, integrado y federado. Define un Marco de Interoperabilidad que distingue distintos puntos de vista, atendiendo a los aspectos relacionados con los datos, los servicios, los procesos y los negocios. Clasifica las posibles barreras en: conceptuales, tecnológicas y organizacionales.

- *Enterprise Interoperability Maturity Model, EIMM*, definido por el Proyecto Integrado Athena (The Athena Consortium, 2010) ayuda a detectar y modelar procesos de colaboración dentro de la organización. Este Modelo define seis áreas de interés en la evaluación: estrategia de negocios y procesos, organización y competencias, productos y servicios, sistemas y tecnología, entorno de seguridad jurídica y confianza, y por último, Modelos empresariales, con una escala de madurez de cinco niveles: alcanzada, modelada, integrada, interoperable y mejorable.
- *Organisational Interoperability Agility Model, OIAM* (Kingston, G. et al., 2005). Captura los aspectos dinámicos del trabajo en colaboración. En este Modelo se ha desarrollado una Interoperabilidad de agilidad organizacional escalable, que discurre de menos a más ágil, lo que permite relacionar un conjunto de niveles con otro de atributos y factores. Los cinco niveles del Modelo son los siguientes: estático, dócil, complaciente, abierto y dinámico.

2.3.4. Marcos de interoperabilidad de administración electrónica

En este contexto, un *Marco de Interoperabilidad* es un enfoque consensuado sobre la Interoperabilidad de las organizaciones que desean trabajar juntas para la prestación conjunta de servicios públicos. Según Chamelta (Chalmeta, R. & Pazos, V., 2014):

Los marcos [de interoperabilidad] se refieren a mecanismos de organización usados para estructurar conceptos. [...]. Los marcos de interoperabilidad holísticos, son similares a las Arquitecturas de Referencia Empresarial"

Así, dentro del presente ámbito del estudio, un marco de interoperabilidad especifica un conjunto de elementos comunes, tales como vocabularios, conceptos, principios, políticas, directrices, recomendaciones, normas, especificaciones y prácticas (Comisión Europea, 2010a) usados para la interconexión de sistemas de administración electrónica.

A finales de los años 90, la mayoría de las Administraciones de los países de la Organisation for Economic Co-operation and Development, OCDE, publicaron sus estrategias de Administración Electrónica. Cada una de esas estrategias estaba apoyada por su propio Marco de políticas, cubriendo la seguridad, la confidencialidad, los canales de distribución, etc. Una de esas políticas eran los Marcos de Interoperabilidad.

La mayoría de los Marcos de Interoperabilidad existentes, constan de uno o más componentes, tales como:

- Un conjunto de principios generales para la Interoperabilidad.
- Un conjunto de principios de gobierno o los mecanismos.
- Una arquitectura empresarial (Enterprise Architecture, EA; especificación funcional del gobierno).
- Una arquitectura de referencia (Marco TIC).
- Un marco semántico (ontologías, etc).
- Una arquitectura de sistema específico (diseño TIC).
- Un conjunto específico de servicios, servicios electrónicos, o "Servicios de componentes".
- Un conjunto de normas técnicas para la aplicación de las TIC.

A continuación, se describen los principales *Marcos de Interoperabilidad* existentes en el ámbito de la administración electrónica:

- *EIF*. El Plan de Acción e-Europe 2005 encomendó a la Comisión Europea la elaboración y publicación de un *Marco de Interoperabilidad* concertado para facilitar la prestación de servicios paneuropeos de Administración Electrónica a ciudadanos y empresas, en el que se abordasen los contenidos de información, las políticas y especificaciones técnicas recomendadas para combinar los sistemas de información de la Administración Pública de toda la UE. Tras un largo proceso de elaboración durante los años 2003 y 2004, en noviembre de ese último año se publicó la primera versión del *EIF*. Se trata de un documento breve, de carácter

estratégico, con un notable nivel de abstracción y centrado en las definiciones, los principios y las recomendaciones. En diciembre de 2010 se publicó la segunda versión del EIF, esta vez como Comunicación de la Comisión.

El EIF proporciona un conjunto general de criterios de Interoperabilidad, las Interoperable Delivery of European eGovernment Services to Public Administrations, Business and Citizens, IDABC, Architecture Guidelines (Enterprise DG, 2004), surgidas como una herramienta de apoyo a la DE-CE-1720/1999, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 1999, Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se aprueba un conjunto de orientaciones, entre las que figura la identificación de los Proyectos de interés común, relativo a redes transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre Administraciones. En ellas se recopilan los conceptos y referencias para una óptima Interoperabilidad entre las Instituciones Europeas, los Organismos Europeos y las Administraciones de los Estados Miembros.

El EIF pretende hacer frente a la Interoperabilidad de los Pan European Government Services, PEGS, identificando tres tipos de interacciones:

- La interacción directa entre ciudadanos o empresas de un Estado miembro con las Administraciones de otros Estados miembros y/o Instituciones.
- El intercambio de datos entre Administraciones de diferentes Estados miembros con el fin de resolver los casos que ciudadanos o empresas pudiesen tener con la Administración de su propio país.
- El intercambio de datos entre varias Instituciones u organismos de la UE, o entre una Institución o un organismo de la UE y una o varias Administraciones de los Estados miembros.

Las recomendaciones del EIF tienen un nivel muy elevado, mientras que las relacionadas con las Directrices de la Arquitectura IDABC son de nivel muy bajo (mencionando varios estándares específicos, tales como Public Key Infrastructure, PKI; Extensible Markup Language, XML; Simple Object Access Protocol, SOAP; Web Services Description Language, WSDL; etc), dejando una gran brecha entre estos dos conjuntos de especificaciones.

El impacto del EIF hasta ahora parece haber sido más bien modesto, en parte porque los servicios paneuropeos, PEGS, no parecen haber aparecido en un número significativo, posiblemente debido a la complejidad del desarrollo multilateral necesario. No obstante, la mayoría de los Marcos de Interoperabilidad nacionales se refieren a él, y luchan por conseguir, al menos, un cumplimiento parcial del mismo.

- El *eGIF del Reino Unido* es uno de los más maduros (en el sentido de que lleva más tiempo, pues su primera versión fue publicada en 2001, y ya ha pasado por múltiples revisiones) y completo de los Marcos de Interoperabilidad nacionales, y es frecuentemente referenciado en otros Marcos de Interoperabilidad.

El *eGIF* de Reino Unido está destinado a ayudar a crear sistemas de trabajo interoperables de una manera transparente y coherente en todo el sector público con el fin de ofrecer mejores servicios, adaptados a las necesidades de los ciudadanos y las empresas a un menor coste. Su alcance incluye Government to Government, G2G; Government to Citizen, G2C; Government to Business, G2B (Del Reino Unido a todo el mundo); del Reino Unido a la UE/ EE.UU, etc.

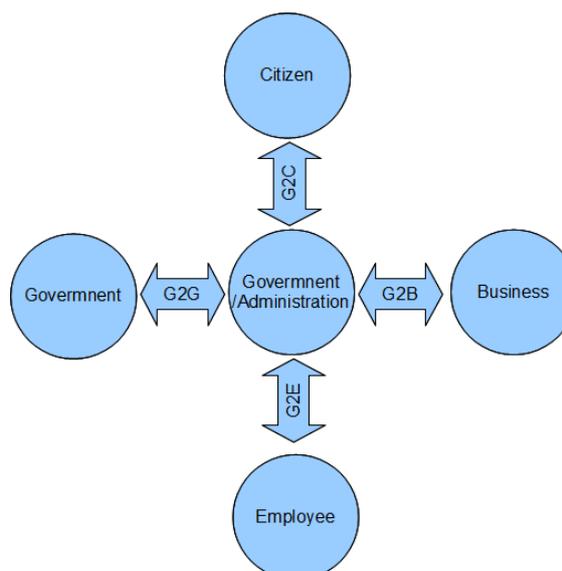


Figura 7: Interacciones en la eAdministración

Los mandatos del *eGIF* británico son conjuntos de especificaciones y políticas de integración que abarcan cuatro áreas: la interconectividad, la integración de datos, servicios electrónicos de acceso y gestión de contenidos.

Expresa el uso de *Service-Oriented Architecture*, *SOA*, así como la prestación de apoyo, guías de mejores prácticas, herramientas y esquemas centralmente acordados (por ejemplo, involucrando XML).

El *eGIF* británico se basa en la gestión centralizada que, sin embargo, parece faltar. Por ejemplo, un reciente informe de Gartner indica:

La estructura de gobierno clara, transparente y operativa, es la piedra angular y un factor crítico de éxito de un sistema paneuropeo de servicios de gobierno electrónico.

[y no está implícitamente presente en el Reino Unido].

El consenso indica que, a pesar de su madurez, el *eGIF* de Reino Unido no ha sido muy eficaz hasta ahora, al menos en parte debido a la falta de atención a la gobernanza.

Pueden citarse las iniciativas en el campo de la Interoperabilidad llevadas a cabo por la *Unidad e-Government*, anteriormente conocida

como Oficina del e-Envoy, del Reino Unido, basando su orientación técnica en el *eGIF*.

- El *Estonian IT Interoperability Framework* (Departament of State Information Systems, 2011), *EstIF de Estonia* está orientado explícitamente hacia la mejora de la democracia. Sus objetivos específicos son aumentar la eficiencia del sector público en Estonia mejorando la calidad de los servicios, tanto a nivel nacional como a nivel de la UE, para facilitar y ejecutar la transformación de una Administración Pública basada en una institución, en una centrada en el servicio, para asegurar la libre competencia en el ámbito de la contratación pública. Su alcance es *Administration to Administration, A2A*; *Administration to Consumer, A2C*; y *Administration to Business, A2B*.

Se basa en tres principios fundamentales:

- Valor probatorio (autenticidad e integridad).
- Apertura y disponibilidad (transparencia).
- Confidencialidad (de datos restringidos, los datos personales sensibles).

Asume el uso de SOA y fomenta el uso de XML y servicios web, basándose principalmente en infraestructuras, debido al gran éxito de la PKI y el Proyecto X-Road, que fue pensado en un principio para la interconexión de las bases de datos gubernamentales de Estonia a través de Internet, pero merced a ese buen resultado, su rango de acción fue ampliado para el envío de todo tipo de documentos electrónicos en formato XML de forma segura a través de Internet, convirtiéndose en el esqueleto de todos los servicios de Administración Electrónica del país.

El *EstIF* confía en la gobernanza relativamente centralizada sobre un importante papel del sector privado (por ejemplo, en el sector de la banca). Este modelo parece haber sido relativamente fructífero, dando lugar a una amplia adopción del Marco de Interoperabilidad

y de gran parte de su infraestructura subyacente. Los administradores de *EstIF* apuntan que instituir su modelo de gobernanza centralizada ha sido posible en parte por el enfoque facilitado por la reciente historia política de Estonia. Este Marco ofrece un contexto muy diferente y relativamente bien definido y robusto.

- *Danish eGovernment Interoperability Framework (DIF)*, de Dinamarca tiene por objeto permitir el uso de la Tecnología de la Información para lograr los objetivos de la Administración Electrónica, tales como la eficiencia, mejorar los niveles de servicio y la reducción de costos. Su alcance incluye G2G y G2C, e intenta ser un marco guía para que el sector público danés desarrolle su planes y proyectos TIC.

Creada a partir de los trabajos previos denominados OIO-kataloget, está en gran medida basado en estándares abiertos, siguiendo los principios del *EIF* y conteniendo más de 600 recomendaciones de normas específicas desde 2007.

Incluye un concepto multifacético de "estado" para cada uno de los estándares y tecnologías que recomienda: el estado de cada uno de ellos se representa con respecto a su adopción, la apertura, la madurez e idoneidad para el contexto danés, y el valor potencial en el futuro.

Explícitamente adopta SOA, la gestión centralizada de esquemas XML, WSDL, así como Unified Modeling Language, UML, para visualizar los esquemas XML. No contiene ninguna integración explícita de la Arquitectura Empresarial Nacional Danesa.

El impacto del *DIF* parece haber sido relativamente alto. La gobernanza es realizada por un comité central de los representantes de los ministerios competentes y otros niveles de gobierno.

- *Nederlandse Overheids Referentie Architectuur, NORA*, de los Países Bajos, tiene la intención de obtener y organizar los principios de la arquitectura de la Administración Electrónica en tres

categorías: *de iure* (aquellos implícitos por ley), los destinados a producir buena Administración Electrónica, y los principios internos (es decir, las mejores prácticas para poner en marcha las dos categorías anteriores).

NORA es más una *Arquitectura Empresarial* que un *Marco de Interoperabilidad*, y se dirige a la *Interoperabilidad* de forma implícita, estando destinada a utilizarse por arquitectos. Contiene numerosas recomendaciones en forma de principios.

Explícitamente adopta un enfoque de SOA para proporcionar servicios electrónicos, utilizando una jerarquía de buses de servicio.

El impacto de la *NORA* parece ser mixto. Ha recibido considerable atención y es ampliamente conocido, pero tanto los políticos de alto nivel como los ejecutores de bajo nivel de los servicios electrónicos han descubierto que es difícil de entender cómo (o si) sus consejos se aplican a sus funciones.

- La Agencia de Asesoramiento de TI en la Administración Federal Alemana, KBSt, en coordinación con el Gobierno Federal, publicaron las “Normas y arquitecturas para aplicaciones de Administración Electrónica” (SAGA) en febrero de 2003, actualizadas a su versión 2.0 en diciembre de 2003. Esta publicación presenta en forma concisa los estándares, procesos, métodos y productos del desarrollo de tecnología de información y comunicación más avanzados para las aplicaciones de Gobierno Electrónico. SAGA, que se deriva de la iniciativa de Administración Electrónica *BundOnline 2005* lanzada en septiembre de 2000, pretende ser una guía de orientación para la toma de decisiones en los equipos que diseñan y construyen sistemas de gobierno electrónico en las Administraciones alemanas.
- El *Cadre Commun d'Interoperabilité, CCI, de Francia*. Generado en 2002, por la Agence pour le Développement de l'Administration Électronique, ADAE, de Francia, anteriormente conocida como Agence pour les Technologies de l'Information et de la

Communication dans l'Administration, ATICA, incluye las directrices técnicas, los estándares y guías sobre las que se basan los servicios de Interoperabilidad disponibles para las Administraciones, las recomendaciones referidas a la integración y la reutilización de los datos; las recomendaciones con referencia a los formatos de los documentos digitalizados que deben usarse para los intercambios y la conservación.

Actualmente, el *Référentiel Général d'Interopérabilité, RGI*, introducido por la Ordenanza N° 2005-1516, de 8 de diciembre, sobre los intercambios electrónicos entre los usuarios y las autoridades administrativas y entre las autoridades administrativas, (Gouvernement Republique Francaise, 2005), se inscribe en el contexto global de la modernización del estado impulsada por el Gobierno.

- La *Federal Enterprise Architecture Framework, FEAF, de EE.UU.*, fue creada por la Oficina de e-Government y Tecnología de la Información dentro de la Oficina de Gerencia y Presupuesto, OMB. Pretende describir y analizar las inversiones en TI, mejorar la colaboración, y en última instancia, transformar el gobierno federal en una organización centrada en el ciudadano, orientada a resultados y basada en el mercado. Más específicamente, pretende facilitar el análisis de las agencias y la identificación de las inversiones duplicadas, vacíos y oportunidades para la colaboración dentro y entre las agencias federales. Su finalidad es ofrecer un negocio que impulse por completo el plan de todo el Gobierno federal de los EE.UU.

Sus recomendaciones se recogen en la siguiente serie de *Modelos de Referencia*, diseñados para facilitar el análisis y la identificación de inversiones duplicadas, diferencias y oportunidades para la colaboración dentro y a través de las agencias federales:

- *Performance Reference Model, PRM*. Plataforma para medir el desempeño en todo el Gobierno Federal de EEUU,

permitiendo a las agencias gestionar el negocio del Gobierno a nivel estratégico, midiendo el éxito de las inversiones en TI y su impacto sobre los resultados estratégicos. La estructura del PRM está diseñada para expresar claramente las relaciones causa/efecto entre entradas y salidas.

- *Business Reference Model, BRM*. Plataforma para facilitar una perspectiva funcional (en vez de una organizacional) de las líneas de negocio del Gobierno federal, incluyendo sus operaciones internas y servicios para ciudadanos, independientemente de las agencias y oficinas que las realizan. Esto promueve la colaboración entre agencias y oficinas y sirve como fundación base para la FEA y la estrategia eGov.
- *Service Component Reference Model, SRM*. Marco funcional de clasificación de Componentes de Servicio de acuerdo a la forma en que apoyan los objetivos de negocio y rendimiento. Sirve para identificar y clasificar los Componentes de Servicios horizontales y verticales de apoyo a las agencias federales y sus inversiones en TI y los activos.
- *Technical Reference Model, TRM*. Unifica los modelos técnicos existentes por agencia y categoriza los estándares y tecnologías para soportar y habilitar la entrega de los Componentes de Servicios y capacidades.
- *Data Reference Model, DRM*. Diseñado con la intención de promover la identificación, uso e intercambio apropiado de los datos y la información a través del Gobierno federal por medio de la estandarización de los datos en contexto, intercambio y descripción.
- *Reference Model Ontology, RMO*. Catalizador para la innovación y la competencia de la Interoperabilidad Semántica.

La FEAF es una Arquitectura en lugar de un Marco de Interoperabilidad. Sin embargo, se considera que ofrece el mejor ejemplo fuera de la UE puesto que, siendo mucho más amplio que un Marco de Interoperabilidad, ofrece una perspectiva útil y diferente. La Interoperabilidad no es un foco importante de la FEAF, pero ésta es la aproximación más cercana a un Marco de Interoperabilidad que existe en los EE.UU.

La gobernanza de la FEAF está centralizada, pero es relativamente débil. Su impacto es difícil de juzgar, pero parece ser relativamente baja, a pesar de las intenciones declaradas de cumplimiento por parte de muchas agencias de EE.UU.

En este mismo contexto estadounidense, debe mencionarse la iniciativa llevada a cabo en el campo de la Interoperabilidad por la Chief Information Office Council de EE.UU, que en julio de 2002 publicó la segunda versión de la *Chief Information Office Council Enterprise Architecture Guidance, CIOC EAG*, para orientar las iniciativas de Administración Electrónica financiadas por la Oficina del Presidente.

- *Australian Governmental Interoperability Framework, AGIF* (Australian Government Information Management Office – AGIMO-, 2006), del Gobierno Australiano. La AGIF tiene como objetivo ayudar a las administraciones públicas en la construcción de servicios a los ciudadanos, haciendo énfasis en las dimensiones informativas, procesos y tecnologías de interoperabilidad. Cada dimensión se apoya y complementa por un conjunto de proyectos e iniciativas específicas, ofreciendo un conjunto de herramientas, documentos y metodologías de apoyo a la construcción de la interoperabilidad entre organizaciones públicas.

En este compendio de iniciativas de interoperabilidad, se pueden mencionar otros Marcos de Interoperabilidad en el ámbito de la administración electrónica como son:

- Hong Kong Special Administrative Region Interoperability Framework, HKSARG, de Hong Kong.
- Nederlandse Catalogus van Open Standaarden, CANOSS, de los Países Bajos.
- Reach/Public Services Broker, Reach/PSB, de Irlanda.
- e-Government Interoperability Framework, eGIF, de Nueva Zelanda.
- Padrões de Interoperabilidade de Governo eletrônico, e-Ping architecture, de Brasil.
- Malasyan Government Interoperability Framework, MyGIF, de Malasia.
- Greek Government Interoperability Framework, eGIF, de Grecia.

2.3.5. Marcos de interoperabilidad en otros sectores

Otros marcos de Interoperabilidad que no han surgido específicamente como respuesta a los retos de interoperabilidad de las administraciones públicas, pero que son relevantes en el estudio de la interoperabilidad, son:

- *IDEAS Interoperability Framework*. Desarrollado por la European Computer Manufacturing Association y el National Institute of Standards and Technology estadounidense, este marco considera que la interoperabilidad es necesaria en diferentes niveles empresariales: negocio, conocimiento y tecnología. Como aspecto reseñable el marco propone el uso de ontologías como soporte a la interoperabilidad semántica.
- *Athena Interoperability Framework (AIF)*. Desarrollado dentro de los programas CORDIS europeos en el período 2004-2007, Athena intenta ser la iniciativa I+D europea que elimine las barreras de interoperabilidad en múltiples sectores industriales. Sus soluciones cubren múltiples niveles, en forma de modelos, prototipos, especificaciones técnicas, guías y mejores prácticas. AIF se

estructura en tres niveles de integración: Conceptual, de Aplicaciones y Tecnológica.

- *C4ISR Architecture* (C4ISR Architecture Working Group –AWG-, 1997). El grupo C4ISR, Command, Control, Communications, Computers and Intelligence Surveillance and Reconnaissance Architecture Working Group, definió esta arquitectura como soporte de interoperabilidad en el diseño de especificaciones, así como guía en el proceso de implementación. Distingue tres subdominios de la arquitectura de interoperabilidad: Operacional, Sistemas y Técnica. Asimismo reseñar que entre los resultados que produjo este grupo de trabajo figura el modelo de referencia de niveles de interoperabilidad LISI, ya mencionado anteriormente.

2.3.6. Estado de los Proyectos de interoperabilidad en la Administración Electrónica

El objetivo fundamental de los actuales Proyectos de Interoperabilidad es dar solución al problema de integrar datos y sistemas heterogéneos y dispersos, y hacerlos accesibles a las aplicaciones y los agentes implicados.

Lograr la Interoperabilidad de los sistemas en la Administración Pública es en la actualidad el principal problema existente, dada la distribución de los datos en diferentes departamentos, su poca homogeneización semántica, y la heterogeneidad de los sistemas en funcionamiento. Además, debe tenerse en cuenta que la vida de los datos supera con mucho la vida útil de los sistemas que los soportan, por lo que hay que afrontar la problemática de ir sustituyendo los sistemas informáticos, transfiriendo los datos de uno a otro, independientemente del fabricante de los sistemas operativos o bases de datos.

Los Proyectos de Interoperabilidad buscan el desarrollo de sistemas interoperables, especialmente desde el punto de vista de los protocolos de acceso a los datos, sus formatos y los modos de organización semántica que se les aplican.

El éxito tanto de los Proyectos de Interoperabilidad a nivel europeo, como de los Proyectos de menor alcance a nivel nacional, depende de una solución adecuada al problema de la Interoperabilidad de datos y sistemas.

2.3.6.1. Proyectos Europeos

La prestación de servicios a través de todo el territorio de la UE por parte de las Administraciones Públicas a ciudadanos, empresas y otras Administraciones, es necesaria para la realización de políticas comunitarias, tanto del mercado interior, como para la existencia de un espacio europeo de seguridad, justicia y libertad.

En respuesta a este desafío, a nivel europeo se han seguido una serie de Planes, Proyectos y Estrategias de Acción, dentro de las cuales se han desarrollado diferentes Programas comunitarios, configurando un cuerpo coherente de actuaciones a lo largo del tiempo.

2.3.6.1.1. Estrategia y Plan de Acción eEUROPE 2002 (2000-2002)

Su objetivo era acelerar la transición de Europa hacia una economía basada en el conocimiento, y comprender los beneficios potenciales de crecimiento más alto, más empleo y más rápido acceso para todos los ciudadanos a los nuevos servicios de la era de la información.

2.3.6.1.2. Estrategia y Plan de Acción eEUROPE 2005 (2002-2005)

Sucedió al Plan de Acción eEurope 2002, buscando traducir la conectividad a Internet en Europa en un aumento de la productividad económica y una mejora de la calidad y la accesibilidad de los servicios en favor del conjunto de los ciudadanos europeos, basándose en una infraestructura de banda ancha segura y disponible para la mayoría.

2.3.6.1.3. Estrategia i2020 y Agenda Digital Europea (2010-2020)

La *estrategia i2020* (Comisión Europea, 2006d), es la nueva estrategia política propuesta con el objetivo de apoyar el empleo, la productividad y la cohesión social en Europa.

Dentro de esta Estrategia está inscrita la Agenda Digital Europea (Comisión Europea, 2010b), marco estratégico a la Sociedad de la Información en la UE, que pretende contribuir a la prosperidad económica y extender los beneficios del mundo digital a toda la sociedad europea. Entre sus objetivos figura la ayuda a ciudadanos y empresas en la utilización de las TIC. Es la primera de las siete iniciativas incluidas en Europe 2020, la estrategia de la Unión Europea para conseguir un crecimiento inclusivo y sostenible en Europa.

Dentro de los planes de Acción indicados se encuadran los siguientes Programas comunitarios:

- Programa Intercambio de Datos entre Administraciones, IDA, I (1995-1998): Para abordar el establecimiento efectivo de la Interoperabilidad de los sistemas de información de los Estados miembros, se lanzó en 1995 el Programa IDA, mediante la Decisión del Consejo de 6 de noviembre de 1995 sobre la contribución comunitaria al intercambio telemático de datos entre las Administraciones de la Comunidad (DE-CE-468/1995).
- *IDA* persiguió, en su momento, la contribución comunitaria a determinados proyectos de ámbito sectorial, así como el establecimiento efectivo de la Interoperabilidad.
- *Programa IDA II (1999-2004)*: En el período 1999-2004, el Programa IDA II, ejecutó lo previsto en la DE-CE-1719/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 1999, decisión del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el conjunto de orientaciones, entre la que figura la identificación de los Proyectos de interés común, relativo a redes transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre Administraciones (Comisión Europea, 1999b), y la DE-CE-1720/1999, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 1999 (Comisión Europea, 1999c), por la que se aprueba un conjunto de acciones y medidas al objeto de garantizar la Interoperabilidad en las redes telemáticas transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre Administraciones, así como el acceso a las mismas, conocidas como

Decisiones IDA II, y sus enmiendas, la Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2002, por la que se modifica la DE-CE-1720/1999, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 1999], [DE-CE-2045/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2002 (Comisión Europea, 2002b), y la Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2002, por la que se modifica la DE-CE-1719/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 1999, y DE-CE-2046/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2002 (Comisión Europea, 2002c), que constituyeron la base legal para el establecimiento de los servicios transeuropeos entre Administraciones, denominados *Proyectos de Interés Común*, para el soporte a la aplicación de políticas y actos comunitarios, el apoyo a la comunicación interinstitucional en la UE y el apoyo al proceso de decisión comunitario; así como el establecimiento de las denominadas *Acciones y Medidas Horizontales*, para Interoperabilidad de infraestructuras, servicios y contenidos en apoyo del despliegue de los citados Proyectos.

Dentro de los Proyectos a nivel europeo realizados en el campo de la Interoperabilidad encuadrados en el Plan de Acción eEurope 2005, pueden citarse los siguientes:

- *InterOP*. Comenzó en noviembre de 2003, con una duración de 3 años. Su objetivo principal era incrementar el uso de las Tecnologías de Información de una forma integrada e interoperable a nivel de aplicaciones que trabajasen en los mismos entornos. Entre los resultados del proyecto cabe destacar el *INTEROP Interperability Framework*, que se usó posteriormente como parte de la norma ISO 11354-1:2011 (International Organization for Standardization, 2011) de interoperabilidad de sistemas en el sector de la automoción.
- Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications, ATHENA (The Athena Consortium, 2010). Mencionado ya anteriormente, este Proyecto

trató de proporcionar soluciones en el ámbito de la Interoperabilidad y aplicarlas a los cuatro sectores representados en el mismo: aeroespacial, telecomunicaciones, automoción y mueble. En el año 2006 se creó el Enterprise Interoperability Centre, una iniciativa para continuar y explotar los resultados del Proyecto.

- *Modinis* (Tambouris, E. et al., 2007). En vigor desde el 1 de enero de 2003. Previsto inicialmente hasta finales de 2005, fue prorrogado mediante la DE-CE-2113/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo (Comisión Europea, 2005b), de 14 de diciembre de 2005, decisión del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de noviembre de 2003, en la que se adopta un programa plurianual (2003-2005) para el seguimiento del plan de acción de eEuropa 2005, la difusión de las buenas prácticas y la mejora de la seguridad de las redes y la información (DE-CE-2256/2003/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de noviembre de 2003), hasta el 31 de diciembre de 2006 (Comisión Europea, 2003c). Sus objetivos eran la mejora de la seguridad de las redes y la información; la financiación de encuestas, estudios y seminarios sobre temas como los mecanismos de seguridad y su Interoperabilidad, la fiabilidad y la protección de las redes, los métodos de criptografía avanzada, la seguridad y el derecho a la intimidad en las comunicaciones inalámbricas.
- *Programa IDABC (2005-2009)*: Ejecutó lo previsto en la DE 2004/387/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, que constituyó la base legal del Programa IDABC para el período 2005-2009 (Comisión Europea, 2004). El Programa IDABC se configuró también como un instrumento para llevar a cabo lo previsto en el Plan de Acción eEurope 2005 sobre el desarrollo de servicios paneuropeos orientados a ciudadanos y empresas, así como para el logro de objetivos de la Estrategia i2010.
- *Programa Interoperability Solutions for European Public Administration, ISA (2009-2015)* (European Commission, 2009).

Tiene como base la Decisión N° 922/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de septiembre de 2009 para el periodo desde 2010 hasta 2015. El Programa ISA no parte de cero, sino que en gran medida se construye sobre los resultados obtenidos por los Programas anteriores IDABC, IDA II e IDA I. A la luz del camino recorrido por dichos Programas y del análisis e identificación de aquellos puntos sobre los que se puede influir de manera efectiva, el Programa ISA persigue apoyar la cooperación entre Administraciones Públicas, siempre al servicio de actos y políticas comunitarias, sobre la base de un uso eficaz y eficiente de las TI para el establecimiento de servicios públicos transfronterizos, evitando barreras a las interacciones transfronterizas por motivo de falta de Interoperabilidad y de soluciones comunes.

En el contexto anteriormente apuntado, la UE lanzó una serie de Proyectos TIC para promover la Interoperabilidad transfronteriza y alcanzar los objetivos propuestos a largo plazo por la Agenda Digital Europea. A continuación se citan varios de estos Proyectos:

- *Secure idenTity acrOss boRders linked, STORK* (Stork Consortium, 2012). Consorcio de Administraciones Públicas constituido para el reconocimiento paneuropeo de las identidades electrónicas de manera transfronteriza. Se centra en una plataforma de identidad electrónica basada en soluciones de ID nacionales.
- *Pan-European Public Procurement OnLine, PEPPOL* (European Commission, 2012). Proyecto paneuropeo público de la contratación en línea, dirigido a la expansión del mercado de conectividad e Interoperabilidad entre los grupos de organizaciones (compradores, proveedores) que utilizan la misma solución de TI con un conjunto común de procedimientos electrónicos en todos los aspectos del proceso de contratación. Su objetivo, además de reducir los costes administrativos mediante la automatización de procesos, es lograr que los proveedores se beneficien de una mayor eficiencia, menores costes y un potencial aumento de los beneficios,

y los órganos de contratación de una mayor competencia a través de compras en toda la UE.

- *Simple Procedures Online for Cross-border Services, SPOCS* (European Commission, 2009). Proyecto piloto puesto en marcha por la Comisión Europea con el objetivo de eliminar los obstáculos administrativos. Diseñado especialmente para las empresas que tienen interés en las actividades transfronterizas, puesto que les permite cumplir todas las obligaciones administrativas a través de un único punto de contacto que estará disponible en línea, se espera que SPOCS mejore la eficiencia de la cooperación transfronteriza y aumente la calidad de los procedimientos electrónicos.
- *European Civil Registry Network, ECRN*. Trabaja en el intercambio seguro de certificados electrónicos (nacimiento, muerte, matrimonio y divorcio). Debido al creciente número de ciudadanos europeos que viven en países diferentes de sus países de origen, la cooperación con respecto a los actos civiles se ha convertido hoy en una alta prioridad para las Administraciones nacionales.
- El *Proyecto ECRN* establece una infraestructura electrónica certificada y segura que permita registrar actos civiles en los diferentes países para intercambiar información sobre los certificados electrónicos.
- *Rural Inclusion: e-Government Lowering Administrative Burdens for Rural Businesses*. Proyecto dedicado a desarrollar servicios innovadores para las empresas de ámbito rural. Es llevado a cabo con el apoyo del Programa de apoyo a la política de TIC, dentro del Competitiveness and Innovation Framework Programme, CIP, cuyo objetivo es fomentar la competitividad de las empresas europeas.

Rural Inclusion se centra en mejorar las transacciones realizadas entre las Pequeñas y Medianas Empresas, PYMES, ubicadas en entornos rurales y las Administraciones Públicas, basándose en infraestructuras web (Semánticas).

- *Smart Open Services for European Patients, epSOS* (European Commission, 2008a). Proyecto dedicado al desarrollo de una infraestructura de servicios que permita la Interoperabilidad transfronteriza entre sistemas de información electrónica de salud en Europa para facilitar un acceso seguro a la historia clínica resumida y a la prescripción electrónica entre los distintos sistemas sanitarios europeos.
- *Electronic standard coding and mapping of services for Long-Term Care, eDESDE-LTC*. Su objetivo es desarrollar un sistema operativo para la codificación, mapping y comparación de servicios de atención a largo plazo en Europa para facilitar la Interoperabilidad semántica.

Además, se desarrollaron una serie de proyectos demostrativos enfocados a la prestación de servicios públicos a escala transaccional como EURES, portal de búsqueda de empleo europeo; PLOTEUS, portal sobre oportunidades de aprendizaje , COWEBS, portal de seguridad social para emigrantes; SOLVIT, portal de resolución de obstáculos administrativos en procedimientos transnacionales; TRIS, regulaciones técnicas nacionales; SIMAP sistema de información sobre mercados públicos y el portal Your Europe que proporciona información sobre los servicios públicos transfronterizos.

2.3.6.2. Proyectos Nacionales

La Comisión Europea ha invitado a los Estado miembros a colaborar a fin de garantizar la coordinación de los distintos esfuerzos para alcanzar la Interoperabilidad de los servicios públicos, y a tener en cuenta la dimensión europea desde las primeras fases del desarrollo de cualquier servicio público que pueda en el futuro convertirse en un componente de un servicio público europeo.

Nuestro país es consciente del riesgo de crear nuevas barreras electrónicas en el caso de optar por soluciones que no sean interoperables a nivel de la UE. Por ello, a nivel nacional, se han llevado a cabo una serie de Proyectos con el objetivo de promover la Interoperabilidad y alcanzar los

objetivos propuestos por la Comisión Europea. A continuación, se mencionan algunos de ellos:

- *Red SARA*. Desarrollado por el Ministerio de Política Territorial y Administración Pública, es el Proyecto de Interoperabilidad más consolidado en nuestro país. La Red SARA es un conjunto de infraestructuras de comunicaciones y servicios básicos que se conecta con todas las redes de las Administraciones Públicas y las Instituciones Europeas, facilitando el intercambio de información y el acceso a los servicios. Es una red segura, fiable, de alta capacidad y disponibilidad.

La Red SARA es pilar fundamental para avanzar en el desarrollo de la Administración Electrónica, cuya implantación se establece como una obligación en el art. 43 de la LAECSP 11/2007, de 22 de junio, sobre el acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos (España, 2007a).

- Interoperabilidad del Gobierno de Asturias. Este Proyecto ha recibido el premio del “Congreso Nacional de Interoperabilidad y Seguridad, CNIS, 2011, a las mejores prácticas en Administración Pública en el ámbito de las Nuevas Tecnologías”, como Proyecto de Interoperabilidad referente.

El Modelo de Administración Electrónica en el Principado de Asturias permite realizar la prestación de servicios TIC al ciudadano y a la propia Administración, reducir y racionalizar el gasto y potenciar el trabajo con proveedores locales.

Con un total de 571 Proyectos realizados bajo esta estrategia, se pueden citar la implantación de la red de comunicaciones SAT y el Portal www.asturias.es, www.astursalud.es y www.infoasturias.es.

- Sede Electrónica adaptada al ENI del Ayuntamiento de Terrassa. Este Proyecto, que ha recibido el premio “CNIS 2011 a las mejores prácticas en Administración Pública en el ámbito de las Nuevas Tecnologías”, como Mejor Proyecto de Interoperabilidad, es un caso de éxito, del que sobre todo se debe destacar la integración con

los procesos de trámites y la posibilidad de firmar digitalmente las páginas del portal. En la Sede Electrónica aparecen ahora documentadas todas las relaciones de Interoperabilidad en las que el Ayuntamiento actúa como cliente, lo que ha supuesto la eliminación de la obligación del ciudadano de aportar documentación adjunta de la mayoría de las Administraciones.

- *INTERVAL*. Se estableció en junio de 2007 para poner en práctica los resultados obtenidos con los Proyectos Europeos InterOp y ATHENA. Tiene como objetivo estructurar y coordinar la investigación realizada en el campo de la Interoperabilidad en la Comunidad Valenciana.

2.3.7. Los desafíos de la Interoperabilidad

La adopción de las tecnologías de integración necesarias para que las administraciones públicas puedan interoperar adecuadamente es aún escasa, pudiendo afirmarse que, desde una perspectiva práctica, la interoperabilidad se encuentra en fases incipientes. El progreso que se ha realizado en el estudio y modelización de la interoperabilidad en sus aspectos teóricos, revisado ampliamente en las secciones anteriores, debe ser transferido aún a la mayoría de las aplicaciones reales de administración electrónica.

Existen varias explicaciones a la situación apuntada. En primer lugar, hay una dificultad inherente a la hora de identificar los requisitos de la interoperabilidad, pues ésta, como hemos descrito, se expande a múltiples niveles y afecta a diferentes roles y agentes. Al mismo tiempo, la interoperabilidad está conectada con el propósito (objetivos de negocio) y con el contexto (procesos).

Adicionalmente, no parecen haber proliferado los estudios comparativos en el campo de la interoperabilidad. Como apuntan Chalmeta y Pazos (Chalmeta, R. & Pazos, V., 2014), no existen arquitecturas de referencia contra las cuáles se puedan evaluar las arquitecturas de interoperabilidad. Estos autores apuntan además las ventajas que tal comparación tendría: a) detección

de las debilidades y fortalezas de cada arquitectura de interoperabilidad; b) mejora de las mismas; y c) desarrollo de nuevos marcos.

Otros estudios dibujan problemas relacionados. Chen, Doumeingts, and Vernadat (Chen, D. et al., 2008), aunque reconocen los avances en el desarrollo de soluciones de interoperabilidad, apuntan una serie de problemas de los marcos de interoperabilidad aún no resueltos: a) no existe aún una arquitectura de interoperabilidad que contemple adecuadamente procesos, organización y negocio; b) no hay un lenguaje de representación común; c) los marcos se han propuesto siguiendo un enfoque arriba-abajo, pero debería considerarse un enfoque abajo-arriba; d) han tenido poco impacto en la industria; y e) la aplicación práctica es compleja, sobre todo si se pretende que los marcos de interoperabilidad sean comprendidos y usados por los desarrolladores.

El estado del arte de la interoperabilidad, analizado a través del recorrido por los diferentes problemas y trabas a la interoperabilidad que se han mencionado, pone de relieve la necesidad de nuevos enfoques sobre este dominio. Tal y como indican Morris, Levine, Meyers, y Place (Morris, E. et al., 2004), la premisa fundamental para la concepción de un marcos de interoperabilidad debe su capacidad de permitir interconectar a un bajo costo los sistemas, a través de la federación de recursos existentes, precisos y cualificados, pudiendo ser estándares o componentes software. Este planteamiento, que los autores denominan interoperabilidad “pragmática” y “sostenible”, se debe considerar como la recomendación principal para abordar conjuntamente la interoperabilidad de forma programática, constructiva y operacional.

2.4. Interoperabilidad Semántica

2.4.1. Introducción

De acuerdo a la definición proporcionada por la European Interoperability Framework (EIF), uno de los elementos de la Interoperabilidad es la interoperabilidad semántica:

[...] encargada de asegurar que el significado preciso de la información intercambiada se entiende por cualquier otra aplicación no necesariamente desarrollada para ese propósito

La interoperabilidad semántica permite a los sistemas intercambiar información de una manera estructurada y significativa, ya que la construcción actual de sistemas de información implica un diseño descentralizado de los modelos de información, así como la interconexión de sistemas de administración electrónica pertenecientes a dominios dispares. Este aspecto de la interoperabilidad está siendo reconocido como un importante campo de investigación en los ámbitos del eBusiness y de la administración electrónica, impulsando la necesidad de compartir experiencias y realizar planteamientos conjuntos entre estos dos dominios.

De los elementos que conforman la interoperabilidad, el semántico es posiblemente el menos desarrollado en los Marcos de Interoperabilidad Gubernamentales, prefiriendo las administraciones involucradas concentrarse en los aspectos técnicos y organizativos de sus proyectos de interoperabilidad. Se proponen (Ojo, A. et al., 2009) varias explicaciones a esta situación: comprensión insuficiente del problema semántico por las organizaciones públicas; las dificultades de alinear las soluciones técnicas con la realidad práctica de las organizaciones involucradas; y el insuficiente desarrollo de tecnologías semánticas maduras, arquitecturas y soluciones de interoperabilidad más allá de la especificación de metadatos y de la anotación semántica de los recursos informativos.

Como forma sistemática de interrelación de recursos de información, la interoperabilidad semántica se logra cuando los agentes intervinientes, sean sistemas, organizaciones o usuarios, son capaces de compartir contextos (ontologías, vocabularios, diccionarios, mapeos, definición de términos, etc.), lo que permite la interpretación compartida de los datos intercambiados. Igualmente implica que los agentes tienen objetivos comunes justificando los intercambios de datos. Al mismo tiempo, la semántica de los datos está inherentemente ligada al propósito, objetivos de negocio, y al contexto de uso, procesos de negocio, por lo que las soluciones de interoperabilidad semántica

están por lo general fuertemente asociadas al ámbito de la interoperabilidad organizativa.

Adicionalmente, las propuestas de interoperabilidad semántica tienen que considerar los aspectos claves de la interoperabilidad técnica, apoyándose en el campo de los estándares, ontologías, directorios comunes, soluciones técnicas disponibles, etc.

El programa IDA, *Interchange of Data between Administrations* (1995-1999), específicamente estaba enfocado a promover el desarrollo y operación de redes telemáticas transeuropeas, a través de las cuáles los Estados Miembro podían intercambiar datos con otras instituciones europeas; y el siguiente programa IDA II se enfocó a la prestación de los *PanEuropean European eGovernment Services* (PEGS), que permitían a los ciudadanos y empresas europeas acceder a los servicios de administración electrónica de cualquier Estado Miembro, pero no fue hasta el año 2004 cuando se aborda específicamente la interoperabilidad semántica en el ámbito europeo.

En esta fecha, con un marco temporal de actuación del programa del 2005 al 2009, una medida horizontal del programa IDABC, denominada Estrategia de Interoperabilidad de Contenidos, *Content Interoperability Strategy*, definió conceptos y planes de implementación en el campo de la interoperabilidad semántica.

La Estrategia de Interoperabilidad de Contenidos definía los Activos de Interoperabilidad Semántica, *Semantic Interoperability Assets* SIA, entendidos éstos como los recursos requeridos para posibilitar la misma, como son las ontologías, reglas de transformación, tesauros, diccionarios y terminologías. El otro aspecto a reseñar de esta iniciativa era el desarrollo de plataformas de intercambio semántico e intermediación, así como un sistema de registro e inventariado de SIAs.

El programa IDABC definió como infraestructura de carácter transversal el Semantic Interoperability Centre Europe (European Commission, 2007). SEMIC tenía entre sus objetivos la reutilización sintáctica (mediante p.ej. Esquemas XML) y de activos semánticos (taxonomías, ontologías) necesarias para la interoperabilidad semántica.

Intentaba establecerse como un punto de colaboración, información y guía acerca de la interoperabilidad semántica, facilitando el intercambio de experiencias y soluciones en este campo e intentando así conseguir la armonización de los modelos de intercambio de datos. La plataforma SEMIC, a través de sus procesos de intermediación, Clearing process, enlazaba y coordinaba la información relevante a los proyectos de interoperabilidad semántica del programa ODABC y como servicio principal el repositorio SEMIC.EU ofrecía la posibilidad de reutilizar activos de interoperabilidad (esquemas XML, código, esquemas de clasificación, etc.).

Igualmente reseñable fue la creación de comunidades de expertos, principalmente expertos sectoriales, o la provisión de servicios de asesoría con el fin de lograr una eficiente reutilización de los activos de interoperabilidad

El programa IDABC está siendo continuado en el período 2010 a 2015 por el programa denominado *Interoperability Solutions for European Public Administrations*, ISA, DE 2009/922/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de septiembre de 2009, con una agenda que tiene entre sus prioridades la interoperabilidad semántica.

Cabe destacar la continuación en el programa ISA de la actividad del Semantic Interoperability Centre Europe, SEMIC.EU. La Unión Europea considera de vital importancia el mantenimiento de un único punto de colaboración, con el fin de hacer más visibles las soluciones existentes y de esta manera incrementar su uso. La idea es intentar que los desarrolladores y agencias gubernamentales se beneficien de esas soluciones, reduciendo los costos de desarrollo, incrementando a la vez la interoperabilidad de los sistemas de administración electrónica.

Los Objetivos de SEMIC-EU para el período mencionado han sido redefinidos:

- Concienciar de la necesidad de la interoperabilidad semántica.
- Promover la reutilización y compartir soluciones a través del portal Joinup European Commission. (2008b), que en diciembre de 2011 heredó los contenidos de los catálogos de activos semánticos y de las comunidades de práctica.

- Desarrollar, promover y usar vocabularios en los niveles local, nacional y europeo con el fin de lograr un nivel mínimo de interoperabilidad semántica.
- Promover la interoperabilidad de portales de datos abiertos mediante el uso del perfil de aplicación DCAT en Europa (DCAP-AP).
- Efectuar estudios y proyectos pilotos de Linked Open Government Data (LOGD).
- Promover la gestión y la gobernanza de metadatos inter-organizacionales.
- Proponer metodologías para la ingeniería de los e-Documentos.

El programa ISA, será continuado a partir del año 2015 por el programa ISA2, según la propuesta adoptada por la Comisión Europea, Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo de establecimiento del programa de soluciones de interoperabilidad para Administraciones Públicas, ciudadanos y empresas europeas (European Commission, 2010).

2.4.2. Interoperabilidad semántica en países europeos

Como se veía en la sección Estado de los Proyectos de interoperabilidad en la Administración Electrónica 2.3.6, un cierto número de Estados miembros han realizado esfuerzos significativos en la definición de marcos de interoperabilidad específicos. A partir de la publicación del EIF el número de países que han respondido definiendo sus propias arquitecturas de interoperabilidad y alineándolas con el EIF, se ha incrementado sustancialmente, según recoge el National Interoperability Framework Observatory (European Commission, 2008b) del proyecto ISA-Joinup.

No obstante habría que evaluar hasta qué punto estos marcos nacionales incluyen soluciones específicas en lo referente a la interoperabilidad semántica. Se hará un análisis de las principales iniciativas nacionales europeas.

2.4.2.1. Marco común de interoperabilidad del Reino Unido

La infraestructura de interoperabilidad del gobierno del Reino Unido se ha construido a partir del e-Government Interoperability Framework e-GIF (e-Envoy, 2004).

Este marco de interoperabilidad recoge un conjunto de especificaciones, estándares, normas y políticas, cubriendo aspectos desde la funcionalidad de sitios web a la interconexión de sistemas gubernamentales, puesto que cubre cinco áreas diferenciadas: interconexión de sistemas, integración de datos, canales y accesos a los servicios electrónicos, metadatos de gestión de contenidos y estándares para áreas de negocio.

La arquitectura e-GIF está compuesta por los siguientes componentes, considerándose los dos primeros, Vocabulario Integrado del Sector Público y Estándar Gubernamental de Metadatos, pertenecientes a la dimensión semántica:

- Lista de Categorías Gubernamentales, Government Category List (GCL), que evolucionó para convertirse en el Vocabulario Integrado del Sector Público (Integrated Public Sector Vocabulary IPSV. IPSV es un vocabulario para uso como categorización de materias dentro del Estándar Gubernamental de Metadatos (e-GMS) y que unió tres listas, a saber: la Government Category List (GCL), la Local Government Category List (LGCL) y la taxonomía seamlessUK. Desde octubre de 2102 ya no se recomienda su uso a favor de los vocabularios publicados en formato SKOS y con referencias cruzadas con otros vocabularios sectoriales aplicables.
- El Catalogo Gubernamental de Estándares de Datos, Government Data Standards Catalogue, GDSC, fue desarrollado con el objetivo de asegurar la máxima consistencia de los metadatos en el sector público y especifica los elementos, estructuras, normas de metadatos y esquemas de codificación que deben ser usados en la definición de sistemas de administración electrónica.
- Estándar Gubernamental de Metadatos, e-Government Metadata Standard, e-GMS.

- El Catalogo de Estándares Técnicos, Technical Standards Catalogue (TSC) recogiendo políticas y especificaciones técnicas.
- El Marco de Desarrollo de Servicios Electrónicos, e-Services Development Framework e-SDF.

2.4.2.2. Marco francés de interoperabilidad

La primera iniciativa francesa de interoperabilidad fue desarrollada por la ADAE, Agencia de Desarrollo de la Administración electrónica, (Agence pour le développement de l'administration électronique) y no incluyó soluciones explícitas al problema de la interoperabilidad semántica dentro de sus documentos del Marco Común de Interoperabilidad (Cadre Commun d'Intéropérabilité).

A partir del año 2004, la ADAE ha desarrollado recursos de información reutilizables, denominados *référentiels*, englobando este término a esquemas de referencia, activos semánticos, componentes, nomenclaturas, modelos de datos, etc.

Adicionalmente, la administración francesa estableció la definición de componentes semánticos para los intercambios de datos dentro de la administración francesa y otros agentes. La mayoría de los intercambios son a nivel nacional, pero en términos de interoperabilidad se presta especial atención al cumplimiento con las especificaciones UN/CEFACT y en particular con la UN/CEFACT Core Component Library (CCL).

Los procesos de colaboración definidos por los organismos de estandarización franceses promueven la adopción de la CCL como estándar de referencia para los intercambios de datos gubernamentales, ayudando de esta forma a gestionar y presentar la información de una manera consistente entre sistemas de información.

La Norma General de Interoperabilidad francesa, *Référentiel Général d'Intéropérabilité* (DGME, 2005) RGI, creada en el año 2005, pero cuya última edición es de mayo de 2009 dispone la interoperabilidad semántica dividida en tres dominios:

- Diseño de los intercambios. La RGI impone la descripción de los intercambios y un enfoque genérico de evaluación de la interoperabilidad.
- Los métodos y lenguajes de especificación. La RGI recomienda los métodos y lenguajes permitidos en los intercambios a formalizar.
- Los recursos semánticos a utilizar. La RGI dispone de un repertorio de recursos semánticos susceptibles de ser usados en la realización de intercambios de datos.

2.4.2.3. Marco danés de interoperabilidad, DIF

La primera versión del marco de interoperabilidad danés se publicó en 2004 con el nombre Danish eGovernment Interoperability Framework (DIF). Este marco intentaba cubrir los aspectos semánticos de la interoperabilidad a través de Infostructure base, un website que proporcionaba información sobre estándares de intercambio de datos a través de una serie de herramientas:

- Un sitio web recogiendo las iniciativas de estandarización y las comunidades de práctica.
- Una herramienta de *groupware* que daba soporte a las comunidades de práctica en sus proyectos de estandarización.
- Un repositorio de estándares conteniendo esquemas XML, descripciones de interfaces y descripciones de procesos y modelos de datos, tanto de organizaciones públicas como privadas.
- Un repositorio UDDI conteniendo información de servicios web disponibles en el sector público.

A partir de la publicación de la Estrategia Digital de Administración electrónica Danesa 2011-2015, Danish eGovernment Digital Strategy, la plataforma de colaboración pasa a denominarse Digitalisér.dk (Danish eGovernment Digital Strategy, 2014). Esta plataforma, como su antecesora OIO-Kataloget, publica información relevante a la dimensión semántica de la interoperabilidad en forma de definiciones de interfaces XML, fuentes de datos reutilizables, vocabularios, recomendaciones de estándares, etc.

2.4.3. Interoperabilidad semántica en las iniciativas estadounidenses

En sus arquitecturas de interoperabilidad de gobierno electrónico del Gobierno de los EEUU, cuyo principal exponente es la FEAF, Federal Enterprise Architecture Framework, se ha remarcado la importancia de la interoperabilidad semántica y es claro el compromiso de los organismos responsables de la FEAF, OMB y el Federal Chief Information Officers Council, con la adopción de las tecnologías semánticas.

En concreto el Modelo de Referencia de Ontología, Reference Model Ontology, RMO proporciona indicaciones sobre el uso de ontologías específicas e igualmente, en el Modelo de Referencia de Datos, Data Reference Model (Federal Enterprise Architecture, FEA, 2005), DRM, cuyo objetivo es la identificación, uso e intercambio apropiado de los datos y la información, por medio de su estandarización en contexto, intercambio y descripción, se proporcionan mecanismos estándares de descripción, categorización y compartición de datos.

El resultado buscado con estos modelos de referencia es que sirvan como mecanismos de identificación de los datos gubernamentales y de los mecanismos con que pueden compartirse en contextos de interoperabilidad, facilitando el intercambio de información inter-administrativa.

El Modelo de Referencia de Datos, DRM, considera un marco de reutilización de información en el gobierno federal consistente en tres áreas de estandarización:

- El estándar de Descripción de Datos, Data description, promueve la uniformidad en la descripción de los datos, proporcionando los medios para recoger la estructura semántica (significado) y sintáctica (estructura) de los datos. Los objetivos de la interoperabilidad semántica se intentan conseguir mejorando o aumentando la semántica de los datos, a través de modelos de datos conceptuales o lógicos que proporcionan metadatos descriptivos de las bases de datos, documentos o ficheros que intervienen en los intercambios de información.

- El estándar de Contexto de Datos, Data Context, proporciona taxonomías y definiciones de activos de datos asociados con determinados sub-sectores o comunidades de interés, así como los fundamentos para la gobernanza de datos. El contexto de datos se define como la información que añade significado a los mismos, en relación con los propósitos inherentes a su creación y uso. Se pretende que los organismos públicos categoricen sus datos por medio de taxonomías, tomando éstas la forma de XML topic maps, jerarquías en Web Ontology Language o esquemas de clasificación ISO11179.
- El estándar de Compartir Datos, Data Sharing, da soporte a los accesos e intercambio de datos en escenarios en que no se incorporaron los enfoques o estándares anteriores, podríamos denominarlos pre-semánticos, cubriendo dos aspectos de la interconexión o compartición de datos: Data Exchange y Data Access.

Por su parte el Modelo de Referencia de Ontología, Reference Model Ontology, RMO, desarrollado en 2006, desarrolló modelos ontológicos usando SKOS, Simple Knowledge Organization System. Un subconjunto de esos modelos se publicó en oeGOV (TopQuadrant, 2003), Ontologies for e-Government, con un conjunto de esquemas y ficheros en formato Named Graphs, un componente estándar de la arquitectura ontológica, usado por el gobierno federal estadounidense para la representación de sus ontologías.

2.5. Interoperabilidad relacionada con la Web Semántica

2.5.1. Introducción

En esta sección se va a recoger un estudio sobre la situación actual de la Web Semántica. En él se tratarán términos como Ontología, qué lenguajes se pueden utilizar para definirlos, qué herramientas son las que más repercusión están teniendo y una serie de razonadores para ejecutar consultas sobre ontologías.

También se tratarán los Servicios Web Semánticos y en qué estado se encuentran, cómo se definen y qué entornos de ejecución existen además de ver qué controversia existe a la hora de utilizar una ontología cuando se tienen que crear instancias y qué bases de datos actualmente pueden ser útiles.

En el área de la administración electrónica, las soluciones de interoperabilidad semántica se enfrentan a una serie de problemas entre los que se podrían mencionar los siguientes:

- En el sector público existe una variedad de representaciones de los procesos, una diversidad de objetivos organizativos, de contextos y por consiguiente de enfoques semánticos distintos.
- La interacción sistémica requiere estándares en las definiciones de datos, codificación de la información desestructurada y un marco común de tratamiento de la información administrativa, elementos de los que actualmente se carece en el ámbito gubernamental.
- El sector público con su variedad de servicios y actividades representa un inmenso depósito de contenidos, recursos e información, por lo que su estandarización y adhesión a formatos o modelos comunes es un proceso complejo y costoso.
- El número de documentos y recursos que toman parte en la prestación de servicios por una única organización del sector público, sobrepasa ampliamente los usados por otras organizaciones, con las dificultades que ese volumen acarrea.
- Los documentos o partes sustantivas de los mismos, como la codificación de las direcciones postales, a menudo difieren entre organismos públicos.
- Las soluciones actuales no son capaces de manejar la inmensa variedad de objetos documentales existentes provenientes de los requerimientos diferenciados de los múltiples agentes intervinientes.
- Hay una escasez de soluciones de estandarización de documentos administrativos, referentes a cómo se deben modelar, definir o

estructurar, sobre todo si lo comparamos con las soluciones existentes en el campo del e-business.

- Debido a la naturaleza no electrónica de muchos servicios públicos actuales y la consiguiente cultura administrativa centrada en el flujo físico de documentos, cuando estos servicios se convierten en electrónicos, los documentos y formularios acaban convirtiéndose en objetos electrónicos no interoperables.

Por tanto, no es fácil aplicar tecnologías semánticas para la solución de la interoperabilidad administrativa.

2.5.2. La Web Semántica

La primera de las definiciones sobre Web Semántica viene de la mano del creador del concepto: Tim Berners-Lee, quien define la Web Semántica de las siguientes maneras:

El primer paso es colocar los datos en la Web de un modo en que las máquinas puedan entenderlos naturalmente o convertirlos a esa forma. Esto crea lo que yo llamo la Web Semántica: una red de datos que pueden ser procesados directa o indirectamente por máquinas. (Berners-Lee, T. & Fischetti, M., 1999).

La Web Semántica es una extensión de la Web en la cual la información se da mediante un significado bien definido, lo que facilita que los ordenadores y la gente trabajen en cooperación. (Berners-Lee, T. et al., 2001).

Tim Berners-Lee plasmó su idea original de la Web Semántica en la siguiente figura, donde la Web Semántica se fundamenta en base a conceptos, enlazado de información, el hipertexto, los sistemas jerárquicos, etc.

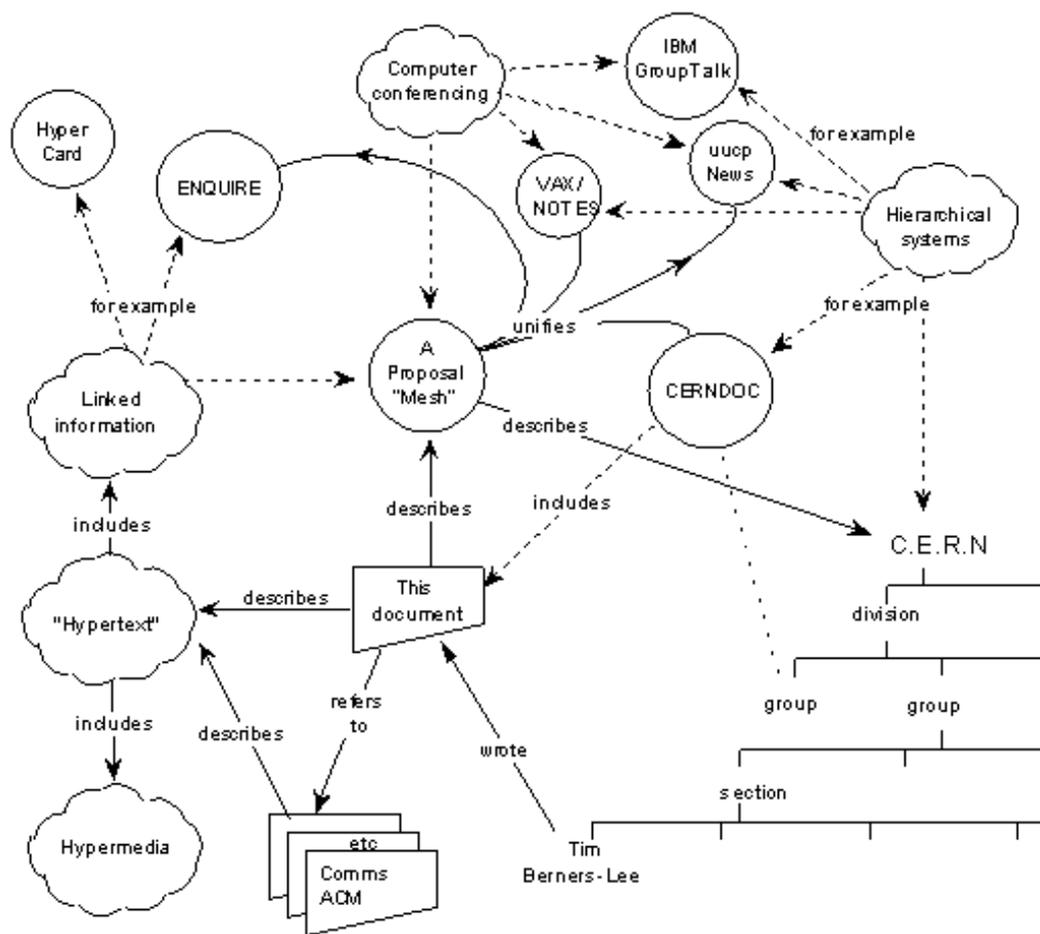


Figura 8: Idea de Tim Berners-Lee sobre la que plasmó la Web Semántica²⁶

La definición oficial que existe en la página del W3C es:

La Web Semántica es la Web de los datos. Hay muchos datos que usamos cada día y que no son parte de la Web. Podemos ver los apuntes bancarios en la web, e incluso nuestras fotografías y citas en el calendario. Pero ¿podemos ver las fotos en un calendario para ver qué es lo que estaba haciendo cuando se hicieron? ¿Puedo ver mis apuntes bancarios en el calendario? La respuesta a estas preguntas es no. Y ¿por qué no? La respuesta es porque no tenemos una Web de datos. Y esto es debido a que los datos están controlados por las aplicaciones, y cada una los guarda y trata de manera particular.

²⁶ <http://www.tucamon.es/contenido/avanzando-14> consultado 15 de septiembre, 2014.

La Web Semántica trata sobre dos cosas. Sobre formatos comunes para el intercambio de datos, mientras que en la Web original solamente se intercambian documentos. Y trata sobre los lenguajes que representan los datos como objetos del mundo real. La Web Semántica proporciona un framework común que permite a los datos ser compartidos y reutilizados a través de los límites impuestos por aplicaciones, empresas o comunidades. Es un esfuerzo de desarrollo colaborativo liderado por la W3C y un gran número de investigadores y socios industriales.”²⁷

Dicho de otro modo, la Web Semántica se fundamenta en el hecho de que las máquinas comprendan el significado de la información disponible (o los datos incluidos en la información. Luego la Web Semántica es pura Inteligencia Artificial, área de estudio dedicada a plantear correctamente nuevos problemas (posiblemente relacionados con el comportamiento humano) y buscar su solución, aunque a las máquinas aún les queda un largo camino por recorrer para poder llegar a comprender siguiendo un esquema de razonamiento como el que hacemos los humanos, que sí que son capaces de llegar a conclusiones (deducciones o inferencia) mediante procesos de lógica-matemática. Ni que decir tiene que las conclusiones a las que se lleguen dependerán de la validez, o de lo buenas que sean, las reglas de deducción que se utilicen para llegar a estas.

En el gráfico siguiente se puede ver la diferencia entre el modelo actual de Web (sintáctica) que se compone de recursos enlazados a través de enlaces (hipervínculos) y la de un modelo de Web Semántica, en donde los elementos quedan caracterizados; de este modo vemos que una entidad “Software” requiere de una entidad “Library”, y que tiene un documento que es su manual de uso y así podemos proseguir a lo largo de todo el grafo. Podemos así establecer una estructura semántica de un concepto al que luego aplicaremos reglas lógicas para inferir nuevo conocimiento.

²⁷ <http://www.w3.org/2001/sw/> revisado 15 de Septiembre de 2014.

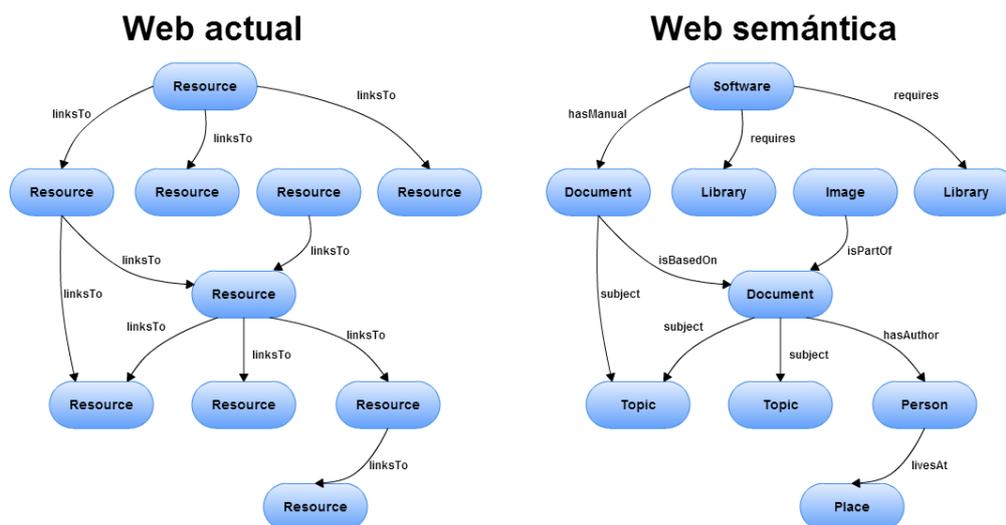


Figura 9: Web Actual vs Web Semántica²⁸

En resumen, se trata de dotar a cada palabra de la información estructurada que permita registrarla en campos, convirtiendo el texto plano del contenido de las “www”, en bases de datos relacionales.

Se ha evolucionado mucho en estándares, herramientas, e incluso en infraestructuras relacionadas con la Web Semántica. Además, en esta materia se desarrollaron proyectos y experiencias piloto para poner en práctica muchos de los términos. Existe un gran interés desde el entorno empresarial, el sector público y el mundo académico por hacer de la web semántica una realidad, ya que se piensa que puede ser una pieza importante para el progreso de la sociedad de la información e incluso de los mercados.

El W3C utiliza la siguiente figura para mostrar cuales son los elementos estructurales básicos que forman parte de la Web Semántica:

²⁸ [http://autoevaluacion.unad.edu.co/redvida/unidad6/index.html#\(5\)](http://autoevaluacion.unad.edu.co/redvida/unidad6/index.html#(5)) consultado 15 de septiembre, 2014.

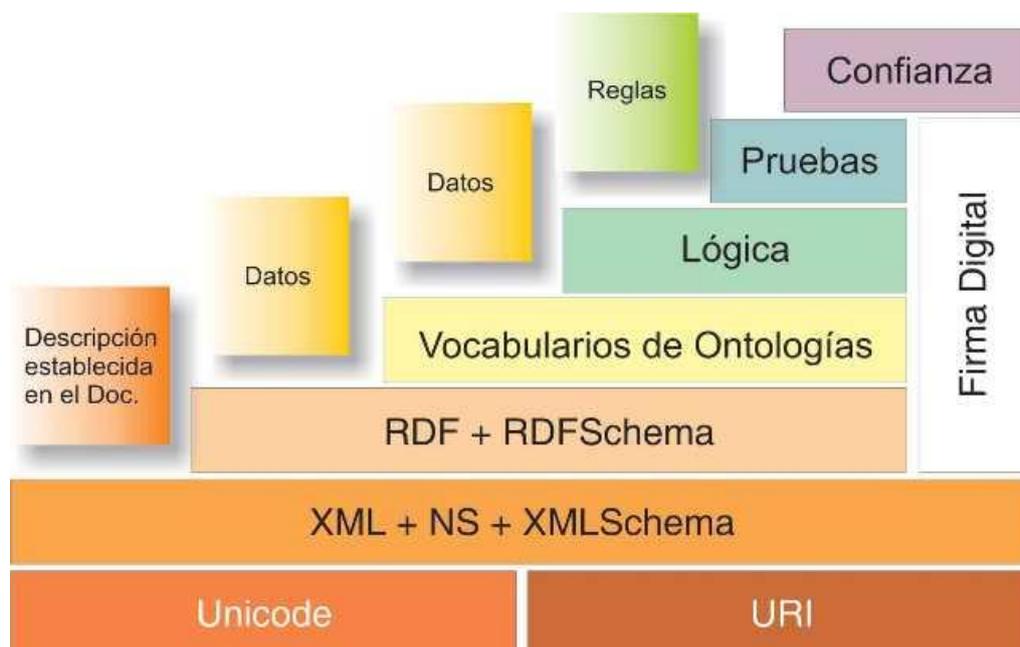


Figura 10: Estructura de la Web Semántica vista desde el W3C²⁹

Descripción de cada una de las capas de la Web Semántica, representadas en el gráfico anterior:

Unicode:

Es un estándar cuyo objetivo es proporcionar el medio por el cual un texto en cualquier forma e idioma pueda ser codificado para el uso informático. El mismo nos permite mostrar información en cualquier idioma y con la certeza de que no aparezcan símbolos extraños.

URI:

Son cadenas que permiten acceder a cualquier recurso de la Web. En la Web Semántica las URIs son las encargadas de identificar objetos. Todos los objetos pueden ser identificados mediante una URI. Si dos objetos cuentan con la misma URI pueden existir colisiones. El grupo de trabajo del W3C está intentando resolver este problema.

²⁹ <http://www.aveiroperoni.com.ar/web-semantica/> consultado 15 de septiembre, 2014.

XML+NS+xmlschema:

Esta es la capa más técnica de la Web Semántica. En ella se encuentran agrupadas las diferentes tecnologías que posibilitan la comunicación entre agentes.

El XML (Extensible Markup Language) nos ofrece un formato común para el intercambio de documentos. Namespaces (NS) proporciona un método para cualificar elementos y atributos de nombres usados en documentos XML, asociándolos con espacios de nombre identificados por referencias URIs. XML Schema es un lenguaje que permite describir la estructura y restringir el contenido de documentos XML.

RDF+rdfschema:

Está basada en la capa anterior, define el lenguaje universal con el que podemos expresar diferentes ideas en la Web Semántica. RDF es un lenguaje que define un modelo de datos para describir recursos mediante tripletas sujeto-predicado-objeto.

Los dos primeros serán URIs y el tercero puede ser URI o un valor literal. RDF Schema es un vocabulario RDF que nos permite describir recursos mediante una orientación a objetos. Esta capa no sólo ofrece una descripción de los datos, sino también cierta información semántica.

Ontology (Ontologías):

Nos permite clasificar la información. Esta capa permite extender la funcionalidad de la Web Semántica agregando nuevas clases y propiedades para describir los recursos.

Logic (Lógica):

Además de ontologías se precisan reglas de inferencia.

Proof (Pruebas):

Se intercambiarán “pruebas” escritas en el lenguaje unificador de la Web Semántica. Este lenguaje posibilita las inferencias lógicas realizadas a través del uso de reglas de inferencia.

Trust (Confianza):

Hasta que no se hayan comprobado de forma exhaustiva las fuentes de información, los agentes deberían ser muy escépticos acerca de lo que leen en la Web Semántica.

Digital Signature (Firma digital):

Utilizada por los ordenadores y agentes para verificar que la información ha sido ofrecida por una fuente de confianza.

Aunque como hemos dicho Tim Berners-Lee es el autor original de la Web Semántica, hoy en día en Europa, las personas que más están actuando como evangelizadores de la Web Semántica son Rudi Studer³⁰, profesor en la Universidad de Karlsruhe (Alemania), responsable del grupo de investigación sobre gestión del conocimiento dentro del instituto AIFB³¹; y Dieter Fensel³², profesor y director del DERI Innsbruck Research Institute, en la Universidad de Innsbruck en Austria.

2.5.3. Ontologías en la Interoperabilidad

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

El término ontología no es nuevo y, de hecho podemos remontarnos a la civilización griega para encontrarlo por primera vez. Aristóteles lo definió como la ciencia del ser, aunque en informática debemos ser un poco menos metafísicos y nos quedamos con la idea siguiente: vocabulario compartido que describe un determinado dominio y que se define en términos de un lenguaje

³⁰ http://www.aifb.kit.edu/web/Rudi_Studer revisado 15 de Septiembre de 2014.

³¹ AIFB – Institute of Applied Informatics and Formal Description Methods, traducido como el Instituto de Informática Aplicada y Métodos de Descripción Formal.

³² <http://www.fensel.com/> revisado 15 de Septiembre de 2014.

formal de manera que sea manipulable automáticamente. Más adelante se define el término Ontología con más detalle.

Se puede hablar de modelo del dominio, según el contexto en el que se trabaje:

- En el contexto de las Matemáticas, se habla de “dominio de definición” de una función con referencia al conjunto de valores para los cuales la función está definida.
- Por ejemplo: $f(x) = 1/x$, el dominio de esta función es el conjunto de los reales menos el cero.
- En el contexto de Internet, se denomina “nombre de dominio” al conjunto de caracteres que identifican un sitio de internet accesible por un usuario. Por ejemplo:
 - .com (comercial-empresas)
 - .edu (educación, centros docentes),
 - .org (organización sin fines de lucro),
 - .net (operación de la red),
 - .gov (Gobierno USA)
 - .mil (ejército USA).

Un ejemplo, www.google.com

- En el contexto de Ingeniería de software, se llama “modelo del dominio” a la representación visual de los conceptos u objetos del mundo real en un dominio de interés. Este modelo agrupa los conceptos de un dominio. Mecanismo fundamental para comprender el dominio del problema y para establecer conceptos comunes.

Por tanto, en el Modelo del dominio se representan los conceptos del dominio que nos interesan, sus características y las relaciones entre dichos conceptos. Es un diccionario visual del dominio del problema.

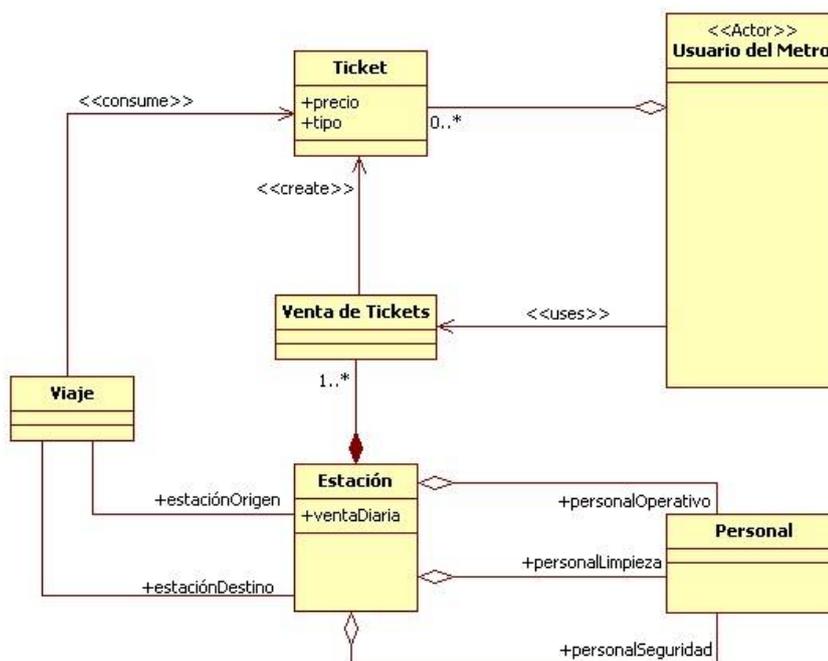


Figura 11: Modelo del dominio, Venta de Tickets de viajes de metro³³

¿Qué es un concepto?

- Una idea.
- Es el elemento básico del pensamiento.
- Conocimiento propio sobre una categoría de objetos o acontecimientos.

Las ONTOLOGÍAS son herramientas que sirven para esquematizar el modelo del dominio de un sistema particular, mediante herramientas de codificación del Conocimiento de un Dominio. Para ello hay **tres niveles** de comunicación semántica, cada nivel proporciona una **estructura** sobre la que se apoya el inmediatamente superior y un nivel más alto proporciona mayor **expresividad**, pero conlleva mayor **complejidad**.

³³ <http://synergix.files.wordpress.com/2008/07/modelodominio metro.jpg> revisado 15 de Septiembre de 2014.

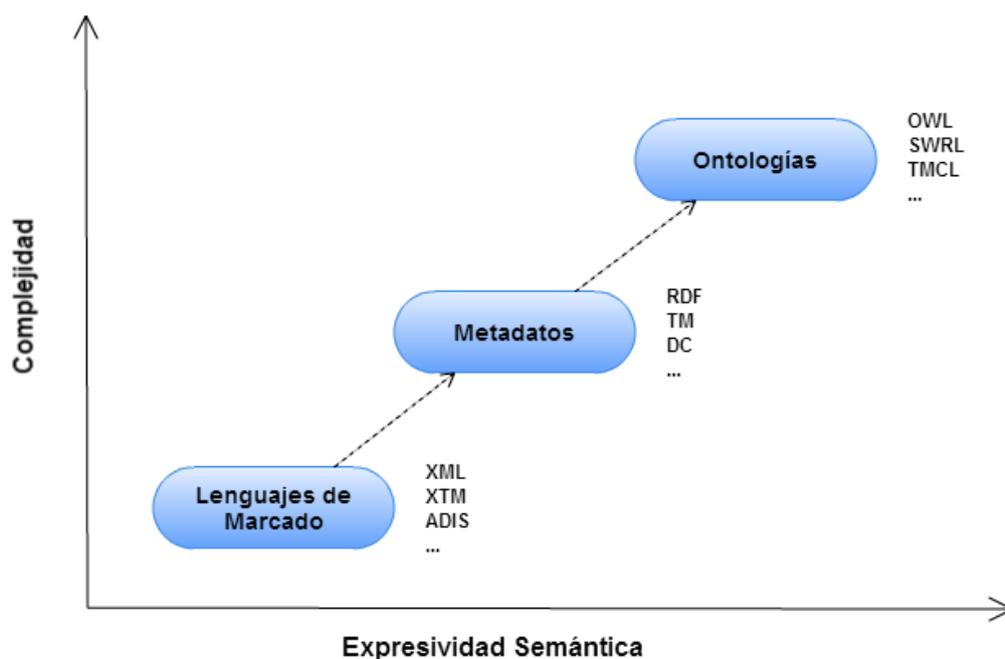


Figura 12: Expresividad Semántica vs Complejidad (Estructura por niveles)

Lenguajes de Marcados:

Para describir la semántica se requiere un lenguaje apropiado (llamado lenguaje de representación), que tienden a estar basados en XML:

- OML (Ontology Markup Language).
- XOL (Ontology Exchange Language).
- SHOE una extensión de HTML.
- RDF y RDFS impulsados por el W3C.
- Mapas Temáticos (Topic Maps) estándar ISO.

RDF y Topic Maps son los más comunes

Metadatos:

Son datos que describen otros datos, en este contexto: datos que describen recursos de la Web. La distinción entre datos y metadatos es relativa:

- Depende de la aplicación.
- Los metadatos de una aplicación pueden ser los datos que maneja otra aplicación.

Ontología:

Es un conjunto de términos y relaciones entre los términos que describen un dominio de aplicación concreto. Tiene por objetivo la creación de un diccionario de términos compartidos y comprensibles para diferentes aplicaciones y/o comunidades que permita la interoperabilidad, compartir información y conocimiento entre ellas. Por tanto, es una especificación de una conceptualización.

Los metadatos y las ontologías forman parte del campo de la representación del conocimiento.

Las ontologías son usadas para clasificar los términos en una aplicación particular, caracterizar sus posibles relaciones, y definir posibles restricciones en el uso de esas relaciones.

Las especificaciones de restricciones pueden usarse para la realización de tareas de validación de los datos o para llevar a cabo inferencias.

Hay dos tipos de enfoques:

- **Lenguajes de ontologías.** Orientados a la representación del conocimiento. OWL se basa en la estructura de RDF y es el lenguaje de ontología de referencia en la actualidad.
- **Lenguajes de reglas ontológicas.** Establecimiento de reglas lógicas. SWRL, reglas para las definiciones expresadas en la ontología común de OWL.

Por tanto, qué es una Ontología:

En el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se define el concepto “ontología” como la *parte de la metafísica que trata del ser en general y de sus propiedades transcendentales.*

El término ontología se origina en el campo de la filosofía y la epistemología. Como ciencia, la Ontología es una rama de la metafísica que se ocupa del estudio de la naturaleza de la existencia, de los seres y de sus propiedades transcendentales; en filosofía, por tanto, una ontología se considera como una explicación sistemática de la Existencia. La magnitud de esta rama del saber y sus conexiones con la epistemología (rama de la filosofía

que estudia la naturaleza y las fuentes del conocimiento) hacen que el estudio de la ontología desde el punto de vista filosófico quede fuera del alcance de esta tesis.

El término ontología, usado como concepto con contenido de la Inteligencia Artificial, se remonta a 1991 (Neches, R et al., 1991), que plantea:

Una ontología define los términos básicos y relaciones que conforman el vocabulario de un área específica, así como las reglas para combinar dichos términos y las relaciones para definir extensiones de vocabularios.

Sin embargo, la definición más usada, pero no la más precisa, según opinión de algunos especialistas (Guarino, N. & Giaretta, P., 1995), es la sacada de Gruber (Gruber, T.R., 1995), que señala:

Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización.

Este autor considera que una conceptualización está compuesta por objetos, conceptos y otras entidades que existen en una determinada área, y las relaciones que se dan entre ellos. De un modo más abstracto, una conceptualización se puede definir como una interpretación estructurada de una parte del mundo que usan los seres humanos para pensar y comunicar sobre ella. Por explícita, se entiende que los conceptos y las restricciones se definen de forma explícita.

Esta definición fue mejorada por (Borst, W. N., 1997), citado por (Fernández Breis, J. T., 2003):

Una ontología es una especificación formal de una conceptualización compartida.

Es una especificación formal compartida de una conceptualización dada. La condición de compartida de una ontología le da su utilidad como modelo o representación de algo y la condición de formal la hace representable en términos de lenguajes de ordenadores.

La formalización tiene lugar mediante la representación de los objetos como jerarquías de clases y las relaciones entre ellos como sentencias lógicas, generalmente empleando lo que se conoce como Lógica Descriptiva.

Studer y sus colegas (Studer, R. et al., 1998) se encargaron de fusionar las definiciones de Gruber y Borst, estableciendo la siguiente definición:

Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida.

Este enunciado fue, a su vez, examinado en profundidad donde se establece:

- **Conceptualización:** se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo a través de la identificación de los conceptos relevantes de dicho fenómeno.
- **Explícita:** significa que el tipo de conceptos y restricciones usados se definen explícitamente.
- **Formal:** representa el hecho de que la ontología debería ser entendible por las máquinas.
- **Compartida:** refleja la noción de que una ontología captura conocimiento consensual, esto es, que no es de un individuo, sino que es aceptado por un grupo.

Por tanto, se puede observar que hoy día, no existe una definición consensuada del término ontología. Incluso autores que habían dado definiciones de lo más reconocidas y aceptadas se replantean las mismas. Este es el caso de Tom Gruber, el cual responde en un boletín publicado en Octubre de 2004 (Gruber, T., 2004) lo siguiente, cuando le preguntan si cambiaría de alguna forma la definición que dio de ontología y que ha sido muchas veces referenciada:

Bien, los componentes más importantes de esa definición de ontología son que la ontología es un artefacto de representación (una especificación), distinta del mundo que modela, y que es un artefacto diseñado, construido para un propósito. Creo que la mayoría de científicos en computación obtienen la diferencia entre una

especificación del mundo, incluso para mundos sintéticos. Retrospectivamente, no cambiaría la definición pero intentaría enfatizar que nosotros diseñamos ontologías.

La consecuencia de esta vista es que podemos aplicar una disciplina de ingeniería en su diseño y evaluación. Si las ontologías son cosas derivadas de una ingeniería, entonces no tenemos que preocuparnos tanto sobre si son correctas y favorecer el negocio de construirlas para hacer algo útil. Podemos diseñarlas para conocer objetivos funcionales y restricciones. Podemos construir herramientas que nos ayuden a gestionarlas y validarlas. Y podemos tener múltiples ontologías que se coordinen o compitan basadas en un criterio objetivo más que en una marca de fábrica o una autoridad.

Según (W3C, OWL Working Group, 2007) podemos definir ontología como:

Una ontología define los términos a utilizar para describir y representar un área de conocimiento. Las ontologías son utilizadas por las personas, las bases de datos, y las aplicaciones que necesitan compartir un dominio de información (un dominio es simplemente un área de temática específica o un área de conocimiento, tales como medicina, fabricación de herramientas, bienes inmuebles, reparación automovilística, gestión financiera, etc.). Las ontologías incluyen definiciones de conceptos básicos del dominio, y las relaciones entre ellos, que son útiles para los ordenadores [...]. Codifican el conocimiento de un dominio y también el conocimiento que extiende los dominios. En este sentido, hacen el conocimiento reutilizable.

Por tanto, conocimiento en ontologías se formaliza principalmente usando seis tipos de componentes: clases, atributos, relaciones, funciones, axiomas e instancias (Gruber, T.R., 1995):

- **Una clase** puede ser algo sobre lo que se dice algo, como por ejemplo un tipo de objeto, la descripción de una tarea, función, acción, estrategia, proceso de razonamiento, etc. Las clases en la ontología se suelen organizar en taxonomías. En todo caso, cabe

destacar que ontología y taxonomía son dos elementos diferentes, aunque algunas veces la noción de ontología se diluye en el sentido de que las taxonomías se consideran ontologías completas (Studer, R. et al., 1998). Se suelen usar indistintamente los términos “clase” y “concepto”.

- **Los atributos** representan la estructura interna de los conceptos. Atendiendo a su origen, los atributos se clasifican en específicos y heredados. Los atributos específicos son aquellos que son propios del concepto al que pertenecen, mientras que los heredados vienen dados por las relaciones taxonómicas en las que el concepto desempeña el rol de hijo y, por tanto, hereda los atributos del padre. Los atributos vienen caracterizados por el dominio en el cual pueden tomar valor.
- **Las relaciones** representan un tipo de interacción entre los conceptos del dominio. Se definen formalmente como cualquier subconjunto de un producto de n conjuntos, esto es: $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$. Entre los distintos tipos de relaciones posibles, se encuentran las relaciones taxonómicas (“*es_un*”) y las mereológicas o partonómicas (“*parte_de*”) como relaciones binarias más destacadas.
- **Las funciones** son un tipo especial de relaciones en las que el n -ésimo elemento de la relación es único para los $n-1$ precedentes. Formalmente, definimos las funciones (F) como: $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$. Como ejemplos, se pueden mencionar las funciones “*madre de*” y “*precio de un coche usado*”.
- **Los axiomas** son expresiones que son siempre ciertas. Pueden ser incluidas en una ontología con muchos propósitos, tales como definir el significado de los componentes ontológicos, definir restricciones complejas sobre los valores de los atributos, argumentos de relaciones, etc., verificando la corrección de la información especificada en la ontología o deduciendo nueva información.

- **Las *instancias*** son las ocurrencias en el mundo real de los conceptos. En una instancia todos los atributos del concepto tienen asignado un valor concreto.

2.5.3.1. Lenguajes de Definición

Existen dos lenguajes de definición de ontologías que destacan sobre los demás: OWL (Web Ontology Language) y WSMO (Web Server Modeling Ontology). Existen otros como RDF (Resource Description FrameWork) y RDFS (RDF Schema), mencionados anteriormente, pero tienen un menor grado semántico dentro de los diferentes lenguajes.

2.5.3.1.1. OWL (Web Ontology Language)

Este lenguaje fue desarrollado por el W3C y es uno de los más longevos. Apoyado por la Administración Pública Española (BOE-A-2012-13501) en su Norma Técnica de Interoperabilidad de Catálogo de Estándares, está diseñado para usarse cuando la información contenida en documentos ha de ser procesada por programas o aplicaciones y no solo por humanos. OWL puede usarse para representar explícitamente el significado de términos de vocabularios y relaciones entre aquellos términos. Esta representación de los términos y sus relaciones se denomina una ontología. OWL es, por tanto, un lenguaje de etiquetado semántico para publicar y compartir ontologías en la World Wide Web.

2.5.3.1.1.1. Características

OWL es un lenguaje de Ontologías Web. Lenguajes previos permitían definir ontologías pero no eran compatibles con la arquitectura del World Wide Web en general y la Web Semántica en particular. OWL añade las siguientes características a las ontologías:

- **Capacidad de ser distribuidas** a través de varios sistemas.
- **Escalable** a las necesidades de la Web.
- Compatible con los estándares Web de **accesibilidad e internacionalización**.

- Ser extensible y abierto.

OWL está construido sobre lenguaje **RDF** pero con más poder expresivo y codificado en **XML**. Emplea las tripletas de RDF pero posee más funcionalidad para expresar el significado y semántica que XML y RDF. Los elementos básicos son tres:

- **Individuos:** Representan objetos dentro del dominio de interés.



Figura 13 – Representación de Individuos

- **Propiedades:** Son relaciones binarias entre individuos.

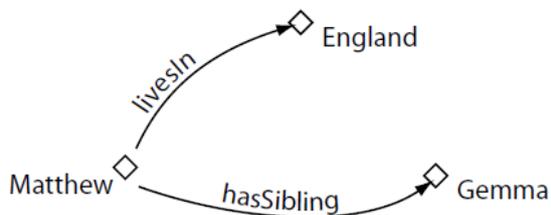


Figura 14 – Representación de Propiedades

- **Clases:** Elementos que contienen individuos. Se organizan en una jerarquía de superclases-subclases. Las clases se construyen a partir de las condiciones que han de satisfacer los individuos para ser miembros de una clase.

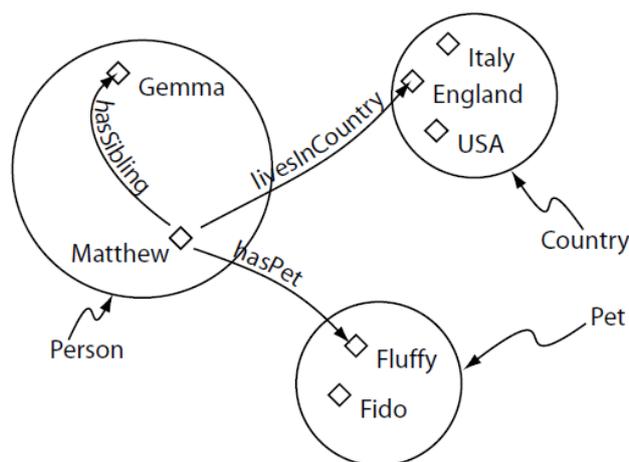


Figura 15 – Representación de Clases (contienen Individuos)

2.5.3.1.1.2. Tipos de Lenguajes o niveles

Además, existen tres grados para definir ontologías con OWL, para ser usados según el nivel de expresividad necesaria:

- OWL Lite:** Expresividad reducida y la versión más limitada de las tres. Está diseñado para aquellos usuarios que necesitan principalmente **una clasificación jerárquica y restricciones simples**. Por ejemplo, a la vez que admite restricciones de cardinalidad, sólo permite establecer valores cardinales de 0 ó 1. Debería ser más sencillo proporcionar herramientas de soporte a OWL Lite que a sus parientes con mayor nivel de expresividad, y OWL Lite proporciona una ruta rápida de migración para tesauros y otras taxonomías. OWL Lite tiene también una menor complejidad formal que OWL DL.
- OWL DL:** Está diseñado para aquellos usuarios que quieren la **máxima expresividad conservando completitud computacional** (se garantiza que todas las conclusiones sean computables), y **resolubilidad** (todos los cálculos se resolverán en un tiempo finito). OWL DL incluye todas las construcciones del lenguaje de OWL, pero sólo pueden ser usados bajo ciertas restricciones (por ejemplo, mientras una clase puede ser una subclase de otras muchas clases, una clase no puede ser una instancia de otra). OWL DL es denominado de esta forma debido a su correspondencia con la lógica de descripción (Description Logics, en

inglés), un campo de investigación que estudia la lógica que compone la base formal de OWL, es el que exigen la mayoría de razonadores para ejecutar sus motores de inferencia. Más enriquecido que OWL Lite, permite añadir Reglas a la definición para aplicar inferencia en tiempo finito.

- **OWL Full:** Está un nivel por encima de OWL DL, aumenta la expresividad del anterior pero ya no se puede asegurar la completitud del razonamiento en tiempo finito. Está dirigido a usuarios que **quieren máxima expresividad y libertad sintáctica de RDF sin garantías computacionales**. Por ejemplo, en OWL Full una clase puede ser considerada simultáneamente como una colección de clases individuales y como una clase individual propiamente dicha. OWL Full permite una ontología para aumentar el significado del vocabulario preestablecido (RDF ó OWL). Es poco probable que cualquier software de razonamiento sea capaz de obtener un razonamiento completo para cada característica de OWL Full.

Es posible establecer un diagrama de conjuntos entre estos lenguajes:

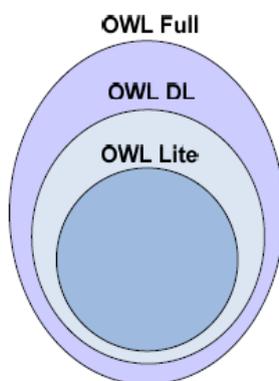


Figura 16: Niveles de OWL

Los desarrolladores de ontologías que adoptan OWL deberían considerar cuál es el sub-lenguaje que mejor se adapta a sus necesidades. La elección entre OWL Lite y OWL DL depende de las necesidades de los usuarios sobre la expresividad de las construcciones, proporcionando OWL DL las más expresivas. La elección entre OWL DL y OWL Full depende principalmente de las necesidades de los usuarios sobre los recursos de modelado del

esquema RDF (por ejemplo, definir clases de clases, o definir propiedades de clases). Cuando se usa OWL Full en comparación con OWL DL, el soporte en el razonamiento es menos predecible, ya que no existen en este momento implementaciones completas de OWL Full.

2.5.3.1.2. *OWL 2*

El OWL Working Group³⁴ creó en 2009 una nueva versión de OWL que añade características a la versión del 2004, a la vez que permanece compatible. Esta nueva versión es OWL 2.

OWL 2 tiene en su conjunto una estructura muy similar a OWL 1. La compatibilidad hacia atrás es completa para todos los propósitos: todas las ontologías hechas con OWL 1 siguen siendo válidas para la nueva versión con inferencias idénticas para todos los casos prácticos. OWL 2 añade nuevas funcionalidades, algunas de esas características son *a nivel sintáctico* (mejoras en la sintaxis que no afectan a la funcionalidad), mientras que otras ofrecen más expresividad como:

- Claves.
- Cadenas de propiedades.
- Tipos de datos más ricos, rangos de datos.
- Restricciones de cardinalidad calificadas.
- Propiedades asimétricas, reflexivas y disjuntas.
- Mejoras en la capacidad de anotación.

2.5.3.1.3. *WSMO (Web Service Modeling Ontology)*

WSML o Web Service Modeling Language proporciona un marco de diferentes variedades de lenguajes para describir Servicios Web Semánticos. Es un lenguaje formal que proporciona una sintaxis y una semántica para WSMO (Web Service Modeling Ontology). De esta forma, WSMO permite definir el

³⁴ <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL> revisado el 15 de Diciembre de 2014.

modelo conceptual para un Servicio Web Semántico, WSML es el propio lenguaje en el que se desarrollará la ontología y WSMX es el entorno de ejecución en el que se integrarán los Servicios Web Semánticos desarrollados.

WSMO supone uno de los mayores esfuerzos con el propósito de especificar información semántica de los Servicios Web para hacer posible la automatización de servicios, su composición y ejecución. WSMO se basa en el Marco de Modelado de Servicios Web (WSMF) en donde el modelo de servicios describe el comportamiento del servicio en término de procesos y de estructuras de control. La base conecta procesos, entradas y salidas en el modelo de proceso a un determinado protocolo de transporte descrito en el documento WSDL del Servicio Web. Podemos decir que **WSMO es un modelo conceptual** cuyo objetivo es **describir los aspectos de un Servicio Web Semántico**. WSMO recomienda el uso de vocabularios ampliamente aceptados como Dublin Core³⁵ y FOAF³⁶. WSMO se ha desarrollado siguiendo los siguientes principios de diseño:

- **Compatible con la Web:** WSMO hereda el concepto de URI para identificar unívocamente los recursos. Adopta también el concepto de *namespace* y hace uso, por tanto, de XML.
- **Basado en Ontologías:** es el modelo de datos utilizado para la descripción de recursos y para los datos intercambiados. Soporta los lenguajes de ontologías de la Web Semántica como OWL.
- **Estrictamente desacoplado:** los recursos se definen de manera aislada.
- **Mediación:** es complementario al principio anterior; consiste en la heterogeneidad natural que existe en entornos abiertos y en la necesidad de tratarla.

³⁵ Dublin Core es un modelo de metadatos elaborado y auspiciado por la DCMI (Dublin Core Metadata Initiative), <http://dublincore.org/> revisado el 15 de Diciembre de 2014.

³⁶ FOAF es un lenguaje de programación que define un diccionario de términos relacionados con las personas que se puede utilizar en datos estructurados, <http://www.foaf-project.org/> revisado el 15 de Diciembre de 2014.

- **Separación en Roles Ontológicos:** los clientes existen en un contexto específico el cual no tiene por qué coincidir con el de un servicio web disponible. Por eso, WSMO diferencia entre los deseos de los clientes y la disponibilidad de lo que ofrecen los servicios.
- **Descripción vs. Implementación:** WSMO diferencia entre la descripción de los elementos de un Servicio Web (descripción) y las tecnologías de ejecución (implementación). Así se garantiza que WSMO proporciona un modelo adecuado independiente de la tecnología.
- **Servicio vs. Servicio Web:** un Servicio Web es una entidad computacional que es capaz de realizar un objetivo del usuario al invocarlo. Un servicio es el valor proporcionado por la invocación. WSMO proporciona maneras de describir un servicio web que proporciona acceso a servicios.

WSMO identifica cuatro elementos de alto nivel como los principales conceptos que tienen que ser descritos para poder describir un Servicio Web Semántico:

- **Ontologías:** proporcionan la terminología usada por los otros elementos de WSMO para describir los aspectos relevantes del dominio.
- **Servicios Web:** representan entidades computacionales capaces de proporcionar acceso a los servicios. Estas descripciones comprenden las capacidades, las interfaces y el funcionamiento interno del Servicio Web. Todos estos aspectos son descritos usando la terminología definida por las ontologías.
- **Metas (Goals):** representan los deseos del usuario, qué quiere el usuario. Las metas modelan el punto de vista del usuario respecto al proceso de uso de un Servicio Web.
- **Mediadores (Mediators):** describen elementos para superar los problemas de interoperabilidad entre los elementos de WSMO diferentes. Los mediadores son el elemento básico para resolver los

problemas de incompatibilidades en los datos, en los procesos y en el nivel de protocolo; es decir, con el fin de resolver desajustes entre diferentes terminologías, en cómo se comunican entre ellos los Servicios Web y cómo se combinan entre ellos.

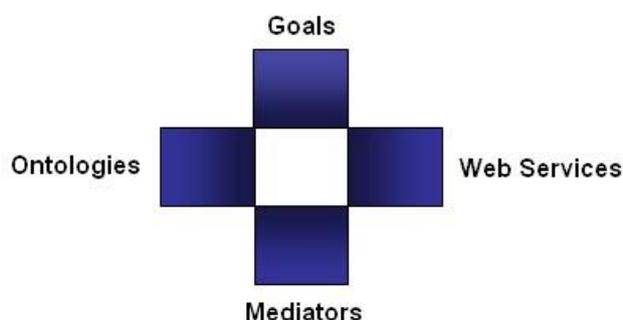


Figura 17 – Elementos de WSMO

2.5.3.1.3.1. Características de WSML

Como se ha comentado anteriormente, WSMO describe un modelo conceptual para la descripción de los Servicios Web Semánticos. De la familia de lenguajes que utilizan WSMO de partida para describir dichos Servicios Web Semánticos, WSML proporciona un mecanismo formal para describir todos los elementos, además de ser el que se encuentra en un estado más avanzado, disponiendo de herramientas que facilitan el trabajo con él.

Las diferentes variaciones de WSML se corresponden con los diferentes niveles de expresividad lógica y el uso de diferentes paradigmas de lenguajes. Más específicamente, la **Lógica Descriptiva**, la **Lógica de Primer Orden** y la **Lógica de Programación** fueron los puntos de inicio para el desarrollo de las diferentes variaciones del lenguaje WSML y estas variaciones afectan tanto a los aspectos sintácticos como a los semánticos del lenguaje. Sin embargo, hay una cualidad que se mantiene constante en las diversas variantes y es que WSML fue creado en términos de tener una sintaxis entendible de manera directa por los humanos con elementos similares a los elementos que se definen en el modelo conceptual de WSMO. Por tanto, WSML proporciona una sintaxis de intercambio para XML y RDF, así como utilidades de mapeo entre ontologías que se definen en WSML y las que podemos definir con OWL para mejorar la interoperabilidad con las aplicaciones basadas en OWL.

2.5.3.1.3.2. Tipos de Lenguajes o niveles

Al igual que OWL, WSML también presenta diferentes niveles de definición, como se puede ver en la figura siguiente: lo que se considera como lenguaje básico de WSML esta definido como **WSML-Core** que se ramifica en dos direcciones diferentes denominadas: Lógica de Descripción o WSML-DL y Lógica de Programación o WSML-Flight o WSML-Rule. WSML-Full las unifica. A continuación, se describe en detalle en cada una de ellas:

- **WSML-Core:** versión básica del lenguaje de definición, se define por la intersección entre la Lógica Descriptiva y la Lógica en la Descripción de Programas. Es el lenguaje con menos poder expresivo de todos los lenguajes de la familia WSML. Las características principales del lenguaje son su soporte para el modelado de clases, atributos, relaciones binarias e instancias. También soporta la herencia de clases y las relaciones jerárquicas.
- **WSML-DL:** versión de OWL-DL en lenguaje WSML, añade lógica descriptiva a WSML-Core.
- **WSML-Flight:** otra vertiente de WSML-Core, al mismo nivel de WSML-DL, permite incluir restricciones en forma de reglas.
- **WSML-Rule:** incremento de WSML-Flight, además de lo anterior permite definir reglas no seguras de completitud en tiempo finito.
- **WSML-Full:** aúna WSML-Rule y WSML-DL en un mismo tipo, siendo el tope jerárquico dentro de WSML.

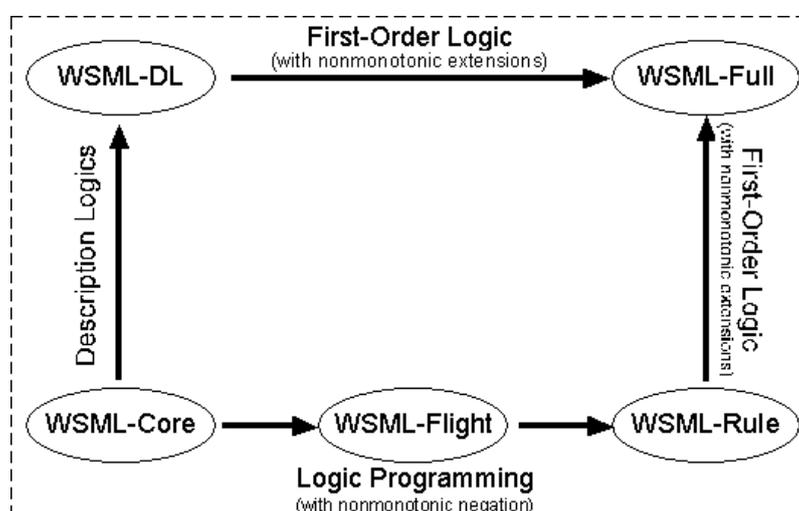


Figura 18: Niveles de WSML

2.5.3.1.4. Herramientas

Para la creación de ontologías y la utilización de los diferentes lenguajes, existen una serie de herramientas específicas para cada uno de estos lenguajes. Las más destacadas pueden ser Protégé, WSMT y WSMO Studio, la primera para OWL y las otras dos para WSMO.

2.5.3.1.4.1. Protégé

Desarrollado por la Universidad de Stanford, Protégé³⁷ está en su versión 4.3, la versión 5 está aún en beta, en esta última versión ya trabaja con OWL2. Permite la creación de ontologías mediante una interfaz gráfica, siendo la creación de clases y atributos un proceso trivial.

Otra de las características interesantes que incluye Protégé es la integración con diferentes razonadores, como pueden ser Pellet y FaCT++ por defecto además de poder ser ampliados mediante plugins.

2.5.3.1.4.2. WSMT (Web Service Modeling Toolkit)

Web Service Modeling Toolkit³⁸ permite desarrollar los dos conceptos que propone WSMO: la ontología y el enriquecimiento de los Servicios Web Semánticos. Actualmente está en su versión 2.0 y también permite la publicación de ontologías en un entorno WSMX, además de realizar consultas sobre los diferentes razonadores específicos para cada uno de los diferentes “sabores” de WSML. Desarrollado sobre la arquitectura del IDE Eclipse, para los que estén familiarizados con esta plataforma les puede resultar realmente sencillo crear ontologías con esta herramienta, además de poseer un entorno gráfico de la forma que lo incluye Protégé aunque menos vistoso y funcional, la parte de la definición se realiza escribiendo código, aunque proporciona

³⁷ <http://protege.stanford.edu/products.php> revisado el 15 de Diciembre de 2014.

³⁸ <http://www.sti-innsbruck.at/results/tools/downloads/web-service-modeling-toolkit-wsmt> revisado el 15 de Diciembre de 2014.

soporte para la escritura y resaltado sintáctico como cualquier entorno de desarrollo.

Cabe destacar que la visualización de la ontología una vez realizada por medio de diagramas de burbujas, es mucho más clara que en Protégé pues aprovecha de mejor forma los espacios y no realiza un gráfico atropellado como Protégé.

2.5.3.1.4.3.WSMO Studio

WSMO Studio pretende ser una alternativa a WSMT. De la misma forma, tiene su estructura relacionada con Eclipse, concretamente está construido como plugins de éste, aunque también existe la forma de encontrarlo ya integrado con Eclipse para su descarga.

Como contrapunto a WSMT, no posee razonadores para inferir conocimiento en el propio entorno de desarrollo pero sí que tiene un entorno gráfico para construir ontologías, aunque similar al que ofrece WSMT (poco cuidado) además del propio editor de texto con resaltado sintáctico. En el caso de las representaciones gráficas de la ontología, utiliza también el mismo sistema que WSMT, ofreciendo un marco de trabajo más limpio que Protégé. Además tiene un apartado de Repositorio donde permite publicar las ontologías generadas.

Para terminar, hay que destacar que es una herramienta que está en fase beta, concretamente la 0.7.3 y data del 2008, lo que da que pensar que está algo olvidado su desarrollo.

2.5.3.1.4.4.Razonadores

En este apartado aparecerán razonadores para ambos lenguajes, de esta forma, se tratarán Pellet y FaCT++ para OWL e IRIS para WSMO, ya que otros razonadores como RACERPro son herramientas de pago y parece que están desactualizadas (página web sin modificaciones desde el 2009).

2.5.3.1.4.5.Pellet 2.3.0

Razonador sobre la capa OWL DL (permite OWL 2) escrito en Java de la empresa Clark&Parsia, bajo licencia AGPL v3 para desarrollos Open Source y bajo otras licencias no especificadas (se entiende que comerciales), en caso de desarrollos propietarios.

Incluye soporte para consultas con SPARQL, razonamiento de tipos, soporte para reglas SWRL además de permitir depuración de ontologías.

Existe un plugin para Protégé que integra el razonador con el IDE y nos permite realizar consultas mediante SPARQL, inferir tipos de las clases y los atributos e inferir relaciones.

No se debe olvidar que la mayoría del esfuerzo durante las últimas décadas se ha dedicado al desarrollo de algoritmos de razonamiento sobre la estructura de la ontología (lo que se denomina en lógica de descripciones la Tbox). Sin embargo, las aplicaciones en la Web Semántica necesitan un método de recuperación de instancias y consultas, que además de permitir recuperar el conocimiento, sea capaz de inferir información no sólo sobre la estructura de la ontología, sino también sobre las instancias (lo que en lógica de descripciones se denomina “Abox”). Esta información inferida debe poder utilizarse para mejorar el resultado de las consultas.

Permite razonamientos sobre ABox, TBox y sobre KB (Knowledge Base) en una ontología completa y es especialmente interesante que esté escrito en Java: de esta forma se puede integrar con multitud de aplicaciones programadas en este lenguaje, prioritariamente Jena.

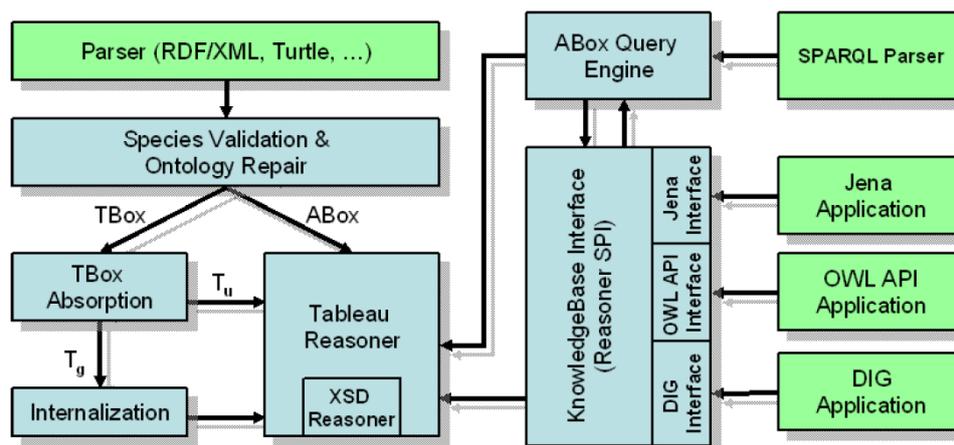


Figura 19: Arquitectura Pellet

2.5.3.1.4.6.FaCT++ 1.6.1

Razonador escrito en C++ y de código abierto publicado bajo una licencia GNU pública propiedad de la Universidad de Manchester, también existe en desarrollo una versión Java denominada JFact. La última versión es la 1.6.1 del 26 de Octubre de 2012, luego se entiende que es de las pocas herramientas que todavía están en continuo desarrollo y no abandonada (caso de RacerPRO).

Está implementado sobre la OWL API, luego le permite interactuar con RDF, OWL, Turtle, KRSS y OBO aunque tan solo soporta OWL 2 DL de forma parcial debido a que tiene problemas con el soporte para ciertos tipos de datos y las claves. Estos problemas hacen que el uso de esta herramienta sea descartado, al menos hasta que se solventen tales inconvenientes. La constante evolución de la herramienta, invita a pensar que se solucionarán pronto.

2.5.3.1.4.7.IRIS (Integrated Rule Inference System)

Es un razonador escrito en Java que funciona con ontologías de tipo WSML además de con RDFS y que permite negación de tipo ‘well-founded’, ‘stratified’ y reglas no seguras. Tiene una licencia LGPL y está financiado por SOA4ALL y European Framework 7. La última versión de este razonador, la 0.61, es de Agosto de 2012 y no es una versión ‘release’, que es la 0.60 de Febrero de 2010, con lo que se puede afirmar que el proyecto va lento pues no tiene una versión estable lanzada, sólo betas, aunque en su página web existe

un apartado para realizar una demo online donde permite la entrada de una serie de reglas y axiomas para ejecutar el razonamiento sobre ellas.

2.5.3.2. Servicios Web Semánticos

Los Servicios Web Semánticos son una forma de explotar esta nueva visión de la Web compuesta por Ontologías. Debido a su naturaleza de sistemas expuestos (o formas de exteriorizar información) a otros sistemas, son las herramientas más indicadas para conseguir explotar esta nueva arquitectura por buscar la inferencia de información de forma desatendida para proporcionar esta información.

2.5.3.2.1. Lenguajes de Definición

Como lenguajes de definición de Servicios Web Semánticos, los más utilizados y siguiendo con los de definición de ontologías, se puede hacer una conexión entre WSMO y WSML y entre OWL y OWL-S.

En el primer caso, es el mismo lenguaje que se estaba utilizando para la creación de las ontologías y en el segundo, lo que se hace es agregar una capa a las tecnologías existentes (WSDL, “Web Service Description Language”) para permitir la compatibilidad entre OWL y los Servicios Web.

2.5.3.2.1.1. WSML (Web Service Modeling Language)

Es el mismo lenguaje que se utiliza para la creación de ontologías descrito anteriormente, salvo que en esta orientación hacia los Servicios Web Semánticos permite definir mediadores y metas para definir el comportamiento de los servicios web y las metas que pueda buscar el usuario (ver Figura 17 – Elementos de WSMO).

2.5.3.2.1.2. OWL-S (Web Ontology Language – Services)

Como se ha comentado anteriormente, OWL-S se tiene que tomar como servicio de marcado para los Servicios Web existentes; es más, lo que hace es enriquecer WSDL para poder dar soporte a las Ontologías definidas con OWL.

Para lograr esto, OWL-S define tres etapas que son (ver figura siguiente):

- **Service Profile (perfil del servicio):** qué proporciona el Servicio Web. Se encarga del descubrimiento y la selección de servicios, es decir, el objetivo principal del Service Profile es poder determinar si un servicio coincide con las necesidades de una determinada petición. Por tanto, el Service Profile puede ser usado para popularizar los registros de servicios, automatizar el descubrimiento de estos y su selección (emparejamiento).
- **Process Model (modelado del proceso):** cómo funciona el Servicio. Ontología que se encarga de procesar las operaciones del servicio. La principal entidad de esta ontología es la clase ‘Process’ y donde resulta necesario definir las propiedades adecuadas para especificar los ‘inputs’ precisos para poder hacer la invocación del servicio, así como los ‘outputs’ que generara el servicio tras su ejecución. Además de estos parámetros, puede requerirse que ciertas precondiciones se cumplan antes de pedir o invocar el servicio, por lo que es necesario definir las como un parámetro más del ‘process’ y análogamente, tras la ejecución del servicio, además de los ‘outputs’ es posible que se puedan tener efectos. Tanto los efectos como los ‘outputs’ pueden tener condiciones asociadas, porque puede ser que se den una salida u otra dependiendo del resultado de la ejecución del servicio.
- **‘Grounding’ (forma de interactuar con la ontología):** cómo se accede al Servicio. Define los mensajes de interoperabilidad con otros servicios. Los mensajes concretos son especificados explícitamente en un ‘grounding’, de tal manera que la función principal es la de mostrar cómo las entradas y salidas (abstracción) de un proceso atómico se concretan mediante el uso de mensajes que transportan estas entradas y salidas en algún formato que permita dicha transmisión.

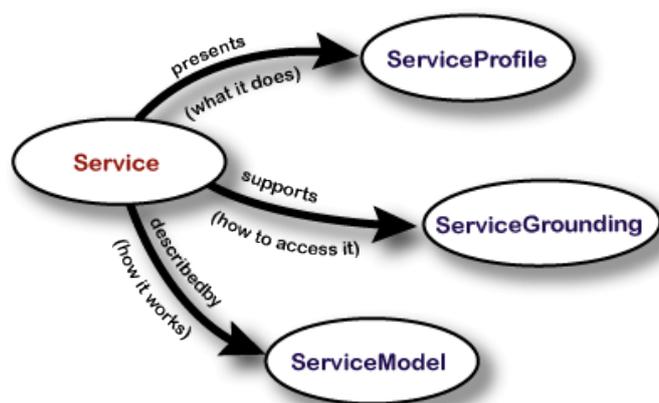


Figura 20: Enfoque OWL-S

2.5.3.2.2. Entornos de Ejecución

Para conseguir ofrecer estos Servicios Web Semánticos, en el caso de OWL-S servirá con un Servidor de Servicios Web común como puede ser Axis que ya se estaría utilizando para los actuales Servicios Web. En el caso de los proporcionados por WSMO, requerirán de un entorno de explotación concreto que viene agregado en el Stack de WSMO, el WSMX (Web Service Modeling eXecution environment).

2.5.3.2.2.1.Axis

Servidor que permite desplegar Servicios Web de la fundación Apache implementando el protocolo SOAP.

2.5.3.2.2.2.WSMX (Web Service Modeling eXecution environment)

WSMX es un entorno de ejecución que permite desplegar Servicios Web Semánticos modelados con WSML. Este entorno se encarga de la publicación de estos servicios, además de publicar las ontologías por separado. Para la publicación de estos servicios, internamente también implementa un servidor Apache Axis para la publicación de Servicios Web.

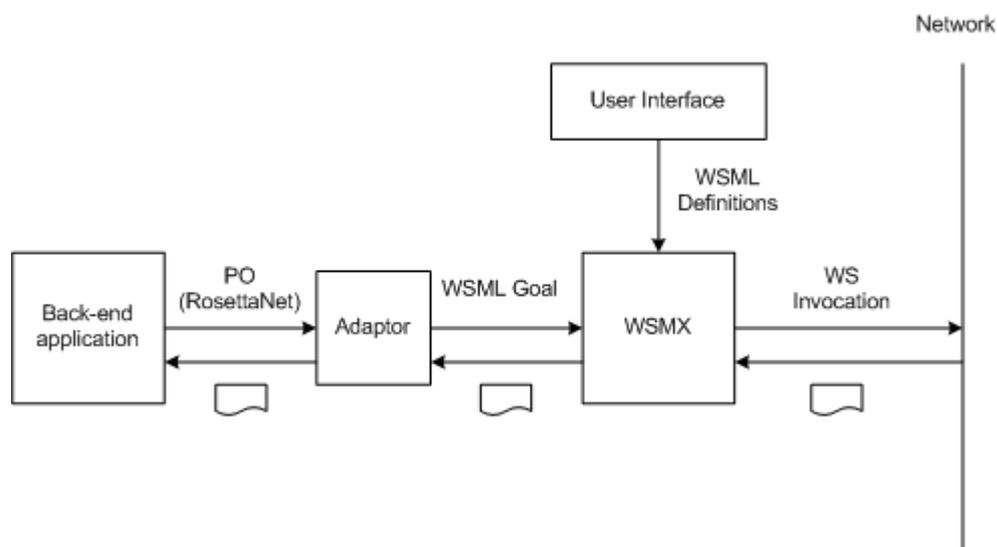


Figura 21: Interacción con WSMX

Concretamente, WSMX lo que hace es permitir el descubrimiento dinámico, la mediación y la invocación de Servicios Web. De esta forma, se encarga de utilizar los mediadores definidos así como de definir las metas que vienen predefinidas en los archivos de WSMO, seleccionando el Servicio Web que mejor se adecúe según las necesidades de la petición.

2.5.3.3. Almacenamiento de ontologías

Inicialmente, las ontologías fueron creadas como un modelo cerrado. Esto quiere decir que una ontología una vez se creaba, no se modificaba posteriormente, o al menos no se pretendía modificarla dinámicamente. Por ello, sus clases, relaciones y atributos eran definidos junto con sus instancias y no variaban. Según en qué entornos, éste puede ser un aprovechamiento de la tecnología muy válido y suficiente, pero si se enfoca el problema hacia el desarrollo de aplicaciones empresariales, es necesario poder generar instancias de las clases de forma dinámica, puesto que las propias aplicaciones empresariales generarán datos de esta forma.

Para la solución de esta controversia, existen una serie de tecnologías que pueden dar soporte para ello.

2.5.3.3.1. DBOWL

Propuesto por la Universidad de Málaga, presenta una arquitectura propietaria que consta de una RDBMS Oracle 11g para la persistencia de las instancias (ABox) que monta encima un razonador RACER Pro. Esto implica que tanto Oracle 11g como RACER Pro son sistemas de pago. El problema que tiene esta herramienta es que tan solo se puede interactuar con ella mediante su web (<http://khaos.uma.es/dbowl/html/overview.jsp>) y se conocen sus bondades a través de un artículo científico, con lo que no existe una forma de comprobar fehacientemente que es una herramienta que se pueda utilizar para nuestros propósitos.

2.5.3.3.2. OntoDB

Para utilizar OntoDB, se debe instalar un PostgreSQL 8.2.4 (a fecha de este documento está en la 9.2.1, puede ser un problema) y de una forma extrañamente concreta (el idioma de la instalación por ejemplo, forzosamente debe ser el francés). Basado en la ontología de catalogación PLIB que en los 90 fue creada para catalogar componentes industriales en catálogos electrónicos, utiliza su propio lenguaje de consultas y de DDL, OntoQL, frente a lo habitual, que es SPARQL.

Otro de los puntos conflictivos es que no se puede importar una ontología creada anteriormente con un editor, sino que se debe de introducir a mano mediante OntoQL, por lo que hace excesivamente necesario el aprendizaje de este lenguaje para la utilización de la herramienta.

2.5.3.3.3. DLDB-OWL

Herramienta del 2004, tan sólo se publicó esta versión 1.0. Utiliza una versión de Fact (JFact) para realizar razonamientos. Al contrario que OntoDB, este DBMS permite la importación de la ontología en formato OWL dentro de la base de datos, pero lo que no permite es utilizarse en forma de servidor.

El mayor problema que presenta esta solución además de no permitir la utilización en modo servidor, es que para persistir los datos de la ontología utiliza Microsoft Access con lo que hace inviable su utilización en casi cualquier entorno empresarial debido a la utilización de máquinas Unix.

2.5.3.3.4. IBM-SOR

Siguiendo el modelo de DBOWL, pero unos años antes, IBM también propuso un sistema parecido, pero en este caso propone un cambio en la arquitectura que resulta muy interesante. El mayor problema es que el artículo es de 2007 y, a fecha diciembre de 2014, no se conoce implementación de dicha herramienta.

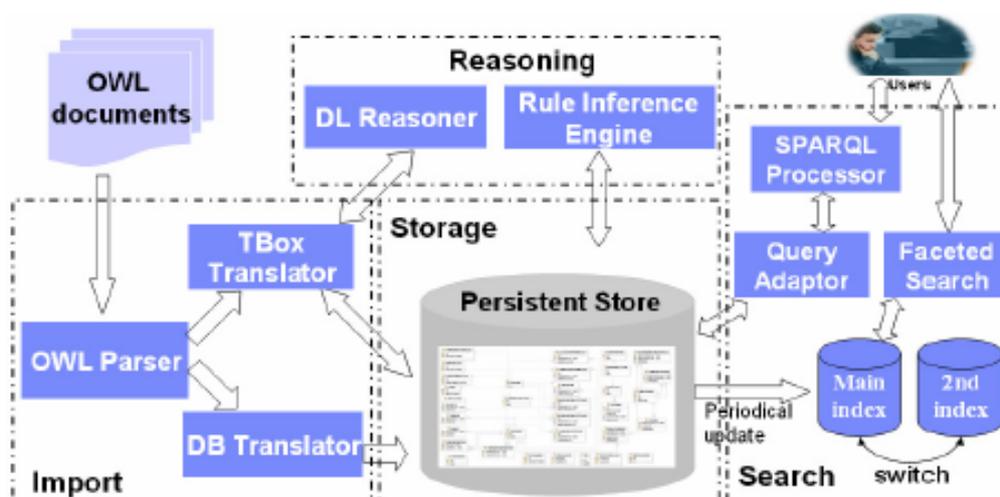


Figura 22: IBM-SOR

2.5.3.3.5. InstanceStore

Compuesta por un RDBMS y un razonador y con la premisa de utilizar el razonador única y exclusivamente cuando sea necesario, esta solución delega todo el trabajo en la base de datos salvo en los casos en los que la caché no pueda solventarlos, que es cuando entonces ejecutará razonamientos ABox sobre ontologías OWL.

Para cada una de las ontologías que se quieran utilizar en esta herramienta creará una base de datos nueva, incluso cuando sean dos esquemas iguales, con lo que se tendrá que tener especial cuidado a la hora de utilizarla e intentar aunar las ontologías bajo un mismo fichero.

Como característica destacable, no está ligado a ningún razonador concreto ni a ningún RDBMS concreto. Esto es posible debido a que utiliza Java para la implementación luego mediante JDBC, permite el uso de Oracle,

Hypersonic o MySQL y para la parte del razonador una interface DIG que admite conexiones con FaCT, Racer y FaCT++.

2.5.3.3.6. OWLIM

Base de datos comercial implementada en Java, permite integración con Jena y con Sesame para su utilización desde código. Existe en tres versiones (Lite, SE y Enterprise) siendo la versión a utilizar en entornos empresariales la SE o si se necesita de escalabilidad la Enterprise. La versión ‘Lite’ es gratuita, pero no es posible su utilización en entornos comerciales.

Puede que sea la más famosa, debido a ser el sistema de bases de datos que utilizó la cadena británica BBC para introducir semántica en su página web deportiva con motivo de cubrir la Eurocopa 2010 y los Juegos Olímpicos 2012 mediante ontologías en RDF.

2.5.3.3.7. Stardog

Lanzada su versión 1.1 en Noviembre del 2012, Stardog es una base de datos RDF comercial con modo servidor, que almacena sus instancias en RDF y aplica razonamiento OWL. Tanto OWLIM como Stardog, son alternativas comerciales a las anteriores, pero cabe destacar que son las que parecen más profesionales.

Incluye integración con Java y con Spring para una fácil utilización de la base de datos desde código mediante Jena, Sesame y SNARL.

2.5.3.4. Estado de los sistemas semánticos

Como se puede comprobar en los casos expuestos, hay excesiva diversidad de implementaciones, unas con un RDBMS como soporte, otras con un sistema propio; unas con razonadores externos, otras con él propio; otras con almacenamiento tipo RDF (tripletas), otros bajo un esquema ontológico, etc.; pero con un denominador común: todas están en fases iniciales. De hecho, que Stardog y OWLIM sean las más profesionales puede ser debido única y exclusivamente a que hayan invertido dinero y tiempo en la forma de presentación del producto mediante la creación de sus páginas web.

Otro de los puntos que más se repiten en la mayoría de las soluciones es que vienen siendo consecuencias de publicaciones científicas, por ello muchas de ellas no superan la versión 1.0 o ni siquiera llegan a implementarse completamente y llevan sin actualizarse desde hace más de tres años.

Por último, la inclusión de razonador o no es fundamental, debido a que si se tiene que realizar una transformación de la base de datos a memoria para obtener OWL y luego utilizar un razonador externo, aparte de tener que transportar gran parte de la base de datos a memoria, se va a tener que procesar todo en memoria con el costo de tiempo que ello conlleva. Esta inclusión del razonador también lleva implícita la problemática de tener la capacidad o no de realizar razonamientos sobre ABox o sólo sobre la TBox.

3. Propuesta de la solución

3.1. Introducción

En este capítulo se plantean las hipótesis que forman la base de esta investigación. A partir de estas hipótesis, la solución propuesta es un modelo o estándar dotado de infraestructura tecnológica que será capaz de capturar el conocimiento de los sistemas de información en función a servicios electrónicos. De esta manera, bien a través de lenguajes semánticos o servicios web se plantea como una solución válida para solucionar el problema de la interoperabilidad entre sistemas de información de un ámbito concreto. Esto es debido a que mediante la descripción de los servicios será posible conocer la información que poseen cada uno de estos sistemas y se almacenará en un sistema común para así poder usarla, interconectando los sistemas mediante pasarelas o entornos intermedios con el fin de producir un intercambio información de forma lo más automática posible.

3.2. Hipótesis de Investigación

El concepto de hipótesis posee múltiples definiciones y acepciones. Es un término que se maneja en diferentes disciplinas con distintos puntos de vista en todas ellas, si bien siempre se trata a grandes rasgos de lo que se puede definir como una suposición, una idea basada en información previa que puede ser verdadera o no.

En el ámbito científico las hipótesis se definen como proposiciones aceptables formuladas mediante la recopilación de información y datos que sirven para responder de forma alternativa a un problema con base científica. Se presenta como el elemento fundamental de un proceso de investigación, al que condicionan y orientan para permitir llegar a una serie de conclusiones concretas que permitan establecer su veracidad o falsedad.

Para la investigación desarrollada, las hipótesis se centran en la posibilidad de creación de un modelo o arquitectura de interoperabilidad de sistemas de información del mismo ámbito mediante el mapeo de descriptores

de servicios Web. Las proposiciones planteadas realizan afirmaciones fundamentadas que en caso de probarse como ciertas (la validación de las hipótesis se realizará en el Capítulo 6), supondrían la consecución de todos los objetivos marcados desde el inicio de la investigación así como un avance significativo en el estudio de la interoperabilidad.

Para ello, se plantean a continuación las hipótesis de las que parte la presente tesis y que marcan el proceso de investigación realizado. Estas hipótesis se dividirán en principales y secundarias, de forma que la demostración de las secundarias supondrá la validación de la principal que engloba a todas ellas:

1. Modelo declarativo para normalizar la información contenida en los servicios web, debido a estar contruidos de forma independiente unos de otros, se deberá de depender de un organismo regulador que proponga un estándar o norma por el cual se tendrán que regir estos servicios web, o al menos, los datos que ofrecen. Esta hipótesis lleva implícita la consecución de una serie de hipótesis secundarias que han de ser cumplidas para validar la hipótesis. Las hipótesis secundarias se presentan a continuación:
 - 1.1. Modelo basado en estándares.
 - 1.2. Permitir la heterogeneidad y variedad de servicios web.
 - 1.3. Aplicar semántica a la interoperabilidad de servicios mediante ontologías.
2. Dotar al modelo de un sistema de mapeado y de aprendizaje para que los sistemas puedan intercambiar información de forma más ágil. Al igual que la hipótesis anterior, esta será validada a partir de la validación de sus hipótesis secundarias:
 - 2.1. Utilizar un modelo de mapeado entre los campos de los sistemas de información.
 - 2.2. Permitir un sistema de aprendizaje automático, o al menos semiautomático, con la menor participación del usuario.
 - 2.3. Utilizar un modelo de representación del conocimiento que permita acceder, modificar y consultar la información relativa al intercambio de datos entre dos o más sistemas de información.

3. Utilizar un sistema de registro para los servicios que deben de interoperar en el sistema, en forma de catálogo.
4. Método de intercambiar información de forma unificada y de mediante puntos intermedios.

3.3. Estudio preliminar de soluciones

Esta investigación hace uso de las tecnologías y conceptos estudiados a lo largo del estado del arte para resolver el problema de la integración a nivel de aplicación y, por tanto, de la interoperabilidad entre aplicaciones, afrontando los retos y problemas explicados en la sección 1.4. Por tanto, en los capítulos anteriores se hizo un estudio exhaustivo de los proyectos planteados y realizados en materia de Administración Electrónica y en concreto en materia de Interoperabilidad, llegando a la conclusión de que muchos de esos proyectos se quedaron en prueba de concepto.

3.3.1. Propuesta de arquitectura inicial

Para el desarrollo de esta propuesta se partió de la experiencia que se tenía en de desarrollo de una plataforma de Administración Electrónica en la Universidad de Oviedo “eGo!” y se quería aprovechar las bondades de la web semántica .

La plataforma “eGo!” que se está desarrollando desde el año 2007 en la Universidad de Oviedo, nació con la idea de ir creciendo progresivamente y de forma modular, la idea fundamental era y es: “conjunto de componentes, que permiten, agilizar la implantación de la administración electrónica en la misma”.

La arquitectura se basa en los siguientes principios:

- Modular, de forma que se trata de una serie de componentes que ofrecen funcionalidades requeridas para el desarrollo de la ‘eAdministración’.
- Reutilizable, de forma que estos componentes se implementan una vez y se reutilizan múltiples veces.

- Flexible, al permitirse incorporar los elementos específicos a cada proyecto en concreto.
- Basada en estándares (p.e. Servicios Web, Spring, etc.).
- Multi-canal, de forma que los servicios pueden iniciarse por internet, continuarse en presencial y seguirse a través de cualquiera de los dos canales.
- Potente, pues da cobertura a un importantísimo número de escenarios de ‘eAdministración’.

Es importante resaltar que, si bien todos estos componentes están perfectamente integrados, es posible que alguna aplicación solamente se integre con los módulos que requiera (por ejemplo, la firma digital).

3.3.1.1. Módulo de tramitación

Dentro de esta plataforma, el módulo de tramitación da cobertura a las necesidades que ocasionan la tramitación administrativa y la legislación asociada. El objetivo que aquí nos interesa es desde los puntos de vista tecnológico y funcional.

Es posible utilizar este módulo para la construcción de sistemas de tramitación a medida, de forma que se incorporan determinados automatismos (por ejemplo, integraciones con otros sistemas de información) a fin de dar una solución funcional completa en un ámbito concreto. En este régimen de uso, el sistema ofrece un conjunto de ‘APIs’ que ofrecen operaciones básicas de tramitación administrativa (creación de expedientes, gestión de personas, etc.).

3.3.1.1.1. Arquitectura Funcional

La plataforma de tramitación plantea el soporte a la tramitación administrativa a través de la parametrización de los procesos administrativos.

Funcionalmente, el sistema posee los siguientes elementos:

- Catálogo de Procedimientos. En esta base de datos se definen y parametrizan los aspectos relevantes de los procedimientos

administrativos (por ejemplo, los actos administrativos que componen el procedimiento).

- Base de datos de Expedientes. En esta base de datos se almacenan los datos relativos a los expedientes que se están ejecutando.
- Gestor Documental. En el gestor documental se va incorporando la documentación administrativa que se genera durante la tramitación de los expedientes.
- Sistema gestor de expedientes. Se trata de la aplicación de usuario final a través de la cual pueden realizarse operaciones sobre los expedientes.
- Integración con el resto de componentes de la plataforma. Por ejemplo, la plataforma incorpora un módulo de publicación de expedientes, que permite la consulta de los expedientes desde internet.

3.3.1.1.1.1. Catálogo de procedimientos (vcatalog)

El catálogo de procedimientos es una base de datos donde, de forma centralizada, se parametrizan los procedimientos a los que se desea dar cobertura. Los elementos principales que es posible parametrizar son los siguientes:

Elemento	Descripción
Procedimiento y Fases	Se define un procedimiento, y las fases en que se realiza la tramitación. Asimismo, se definen las relaciones entre los diversos procedimientos.
Formas de terminación	Se incluyen las diversas formas de terminación del procedimiento.
Roles	Se definen los roles con los que es posible participar en el procedimiento
Actos Administrativos	Se identifican los actos administrativos que se ejecutan durante el trámite

Flujos de Trabajo	Se definen los flujos de trabajo asociados, de forma que se indica quién debe realizar determinadas tareas.
Plantillas	Se incorporan plantillas que sirvan como base para los actos administrativos anteriores. Estas plantillas se rellenan con los datos introducidos en la base de datos de expedientes.
Documentación portable	Se puede parametrizar la documentación a aportar en el procedimiento por parte de los terceros

Tabla 2: Elementos de un procedimiento

3.3.1.1.1.2.Sistema Gestor de expedientes (vcasem)

En la base de datos de expedientes se va incorporando la información relativa a cada uno de los expedientes tramitados en la plataforma:

Elemento	Descripción
Datos Generales	Se recogen una serie de aspectos generales, como el asunto de expediente o las fechas relevantes (de creación, finalización, etc.).
Terceros del expediente	Se incorpora los datos de los terceros del expediente (datos personales, de identificación y de contacto)
Alarmas	Es posible incorporar y definir alarmas a los expedientes que se están tramitando.
Actos Administrativos	A través de esta aplicación es posible la realización de actos administrativos, seleccionándolos de los que se han parametrizado en el catálogo único de procedimientos. Su instanciación genera el documento administrativo asociado, que es almacenado en el repositorio documental.

Documentación aportada	Se permite llevar cuenta de los documentos administrativos aportados por los terceros del expediente, de entre los que se han identificado en el catálogo único de procedimientos.
Flujo de trabajo	Se puede ver en qué estado está cada acto administrativo, el historial de los distintos participantes en la tramitación cuando proceda, etc.
Bandeja de tareas	Pueden verse las tareas pendientes, en un formato de bandeja de entrada. En esta modalidad, el usuario puede ver qué expedientes / actuaciones requieren de su intervención.

Tabla 3: Elementos de un expediente

3.3.1.1.1.3.Gestor Documental

Es posible acceder a la documentación administrativa generada a través del gestor documental, sin tener que aprender a usar la aplicación. Toda esta documentación se almacena en el gestor documental, que puede ser accedido como una carpeta de archivos de red. El sistema crea una carpeta por expediente, de forma que esta documentación está unificada en un único repositorio a fin de facilitar su gestión.

3.3.1.1.1.4.Integración con otros módulos

A través de la integración con otros módulos de la plataforma “eGo!”, el sistema posee capacidades de:

- Ejecución de circuitos de firma digital. Es posible definir circuitos de firma en la plataforma de tramitación que, haciendo uso del módulo de firma digital, permitan la firma digital de determinados actos administrativos. Esto plantea importantes ventajas en cuanto a la digitalización de los procesos, evitando el desplazamiento físico del expediente en papel o incluso su desaparición.

- Publicación del estado de la tramitación, de forma que puedan consultarse desde un portal en internet los distintos estados por los que va pasando el expediente en su tramitación.
- Recepción de formularios electrónicos. En aquellos trámites para los que exista un formulario electrónico para la recepción telemática de solicitudes, el sistema puede recibir estas solicitudes y encaminarlas a los organismos gestores de forma instantánea.
- Autenticación basada en los elementos corporativos de securización (tarjetas inteligentes o criptográficas, eDNI³⁹, certificados digitales de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, almacenes LDAP de credenciales, etc.).
- Sistema de notificación electrónica.
- Bandeja de entrada de actos administrativos.

3.3.1.1.2. Arquitectura tecnológica

La plataforma “eGo!” brinda servicios básicos y avanzados de administración electrónica, ofreciendo un Sistema Operativo de ‘eAdministración’. Este Sistema Operativo proporciona servicios de:

- Autenticación.
- Firma digital.
- Gestión Documental.
- Gestión de tareas.
- Notificación Electrónica.
- Tramitación Administrativa.
- Seguimiento de expedientes.

³⁹ Requiere de conexión con la plataforma @firma del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas para la validación de Certificados Digitales en línea, revisado 15 de Enero de 2015.

- Descripción de servicios a ciudadanos y empresas.

Es a través de estos servicios básicos que es posible acelerar la implementación de aplicaciones y facilitar la adopción del paradigma de eAdministración a las organizaciones públicas que implantan “eGo!”.

El módulo de tramitación, en línea con lo anterior, puede verse desde dos ópticas distintas:

- **Como aplicación de usuario final.** En este modo de uso es posible ejecutar procedimientos según su parametrización en la base de datos de catálogo. A través de la aplicación de gestión de expedientes, los usuarios pueden realizar la tramitación administrativa de estos expedientes.
- **Como acelerador de desarrollo de aplicaciones de tramitación administrativa.** Es posible utilizar el módulo de tramitación como un conjunto de ‘APIs’ que aceleran el desarrollo de aplicaciones de tramitación administrativa. De esta forma, es posible desarrollar aplicaciones de gestión de expedientes que incorporen toda la lógica de la plataforma y la funcionalidad que se requiera en cada caso (integración con sistemas legados, cálculos o gestión de modelos de dominios específicos, etc.). De esta forma, la propia aplicación de gestión de expedientes está implementada sobre esas ‘APIs’.

Asimismo, el módulo de tramitación hace uso de otros módulos de la plataforma para determinadas funcionalidades, como se explicará en el apartado siguiente.

3.3.1.1.2.1. Definición de flujos de trabajo

Los procedimientos administrativos siguen un proceso definido, que es parametrizado en la base de datos de catálogo. Empleando esa definición, el sistema de gestión de expedientes se encarga de coordinar a todos los actores involucrados.

La definición de esos flujos de trabajo se realiza empleando un novedoso sistema basado en reglas de lógica de enunciados, lo que proporciona una flexibilidad y agilidad en la definición de estos procesos sin precedentes.

Estos flujos de trabajo permiten definir:

- Las máquinas de estados y acciones que deben ejecutarse para un documento dado. Por ejemplo, algunos documentos son generados y aprobados, otros deben ser firmados, otros pueden requerir de su publicación, etc.
- Flujos de tramitación. Indicándose el orden en que deben realizarse las distintas acciones sobre el expediente, los puntos en que se deben realizar colaboraciones entre distintos departamentos, etc.
- Circuitos de colaboración. Se puede asimismo definir en qué orden deben intervenir los distintos actores sobre el expediente. Sobre estas capacidades se implementan los circuitos de firma.

3.3.1.1.2.2. Generación de documentación administrativa

El módulo tramitador permite configurar y automatizar la generación de documentación administrativa para cada procedimiento definido. Esta característica nos permite crear documentos vinculados a cada uno de los expedientes en ejecución.

La generación de documentación se basa en la combinación de plantillas con datos de los expedientes y genera documentos en formato 'rtf' o 'pdf'. Este proceso respeta el flujo de trabajo definido anteriormente y los documentos resultantes son guardados en el gestor documental permitiendo su posterior visualización y edición.

3.3.1.1.2.3. Integración con Ofimática

La plataforma ofrece integración con las suites ofimáticas más extendidas, permitiendo el acceso a la documentación a través de interfaces 'webdav', la importación y exportación a Excel, etc.

La integración con otros sistemas se realiza mediante servicios web pero en algunas ocasiones, con sistemas antiguos, es necesaria la utilización de otras técnicas, con lo que permitir el acceso a la información de formas diversas nos facilitará la posible integración con otros sistemas.

3.3.1.2. Esquema tecnológico de la propuesta

Después del análisis realizado y partiendo de la plataforma tecnológica de la Universidad de Oviedo “eGo!”, una forma factible de llevar a cabo la inclusión semántica dentro de una arquitectura SOA⁴⁰ podría ser la siguiente:

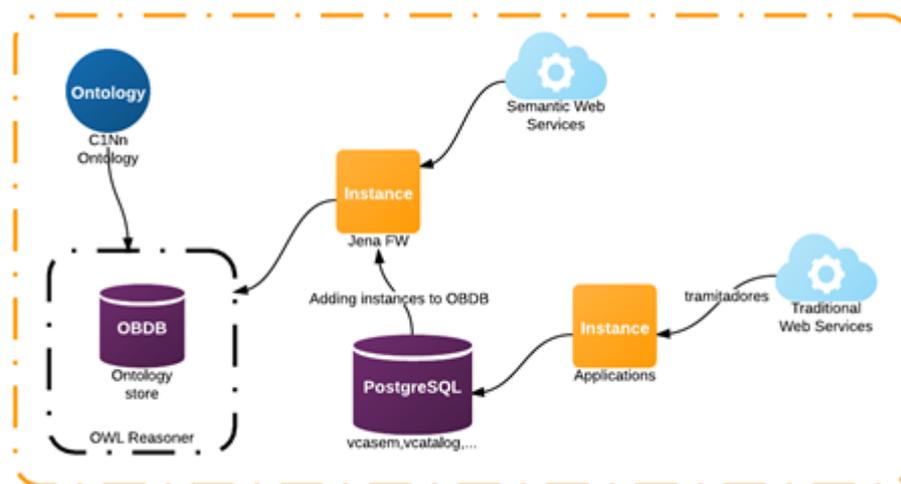


Figura 23: Arquitectura Servicios web Semánticos (prototipo I)

En un principio, el modelo de la ontología definido irá persistido en una de las bases de datos, además de ir agregando instancias que se puedan generar por medio de las aplicaciones definidoras de trámites que ya están en funcionamiento en la actualidad en una organización, por ejemplo, en el caso de la Universidad de Oviedo debido a que se tenía que implementar una ontología para ofrecer servicios web semánticos que ya se estaban ofreciendo a través de los modelos “vcasem y vcatalog” en el sistema actual, se tomaron como referencia y se decidió usar el mismo modelo existente traducido a una tecnología semántica.

Por otro lado, se definirán los Servicios Web Semánticos que realizarán peticiones sobre una instanciación del ‘framework’ Apache Jena⁴¹ que se

⁴⁰ Service oriented architecture (SOA), Arquitectura Orientada al Servicios, es una técnica que consiste en la interacción entre los servicios débilmente acoplados que funcionan de forma independiente.

⁴¹ Apache Jena: <https://jena.apache.org/> revisado 15 de Diciembre de 2014.

encargará de traducir las peticiones en razonamientos sobre la capa razonadora del OBDB y devolver los resultados al Servicio Web que realizó la petición.

3.3.1.2.1. Apache Jena

Es un ‘framework’ escrito en Java de la Apache Foundation. En su sitio web se define como “una herramienta para crear aplicaciones web semánticas”, desde punto de vista del autor, debido a las características ofrecidas por la herramienta, dicha definición se puede afirmar.

A continuación, se describen las bondades de la herramienta:

- Ofrece una API para procesar y escribir RDF en XML, tripletas y otros formatos.
- Ofrece otra API para gestionar ontologías en OWL y RDFS.
- Dispone de un razonador propio y además mediante interfaces se complementa con casi todos los razonadores del mercado que tengan una interface Java (la gran mayoría).
- Incluye capacidad de almacenar contenido mediante tripletas RDF en disco además de aplicar razonamientos mediante SPARQL.
- Ofrece la ampliación mediante componentes propios de Jena, como pueden ser SDB⁴² y TDB⁴³ que permite persistir ontologías, la primera apoyándose en un RDBMS común (como Oracle o PostgreSQL, por ejemplo) y la segunda utiliza un ‘Tuple-Store’ habitual. Además permiten razonamientos sobre ellos.

Como contrapunto a lo anterior, aún no da soporte para OWL 2 pero es una de las características a las que se le espera que pronto ofrezca soporte.

⁴² SDB: Es un motor de almacenamiento de consultas y documentos RDF, ambos casos para SPARQL, que funciona sobre una base de datos relacional.

⁴³ TDB, al igual que SDB, es un motor de almacenamiento desarrollado en Java que permite almacenar grafos RDF y recuperarlos a través de consultas SPARQL. Se trata de un componente de Jena que permite ser usado como un almacenamiento RD no transaccional y de alto rendimiento sobre una sola máquina.

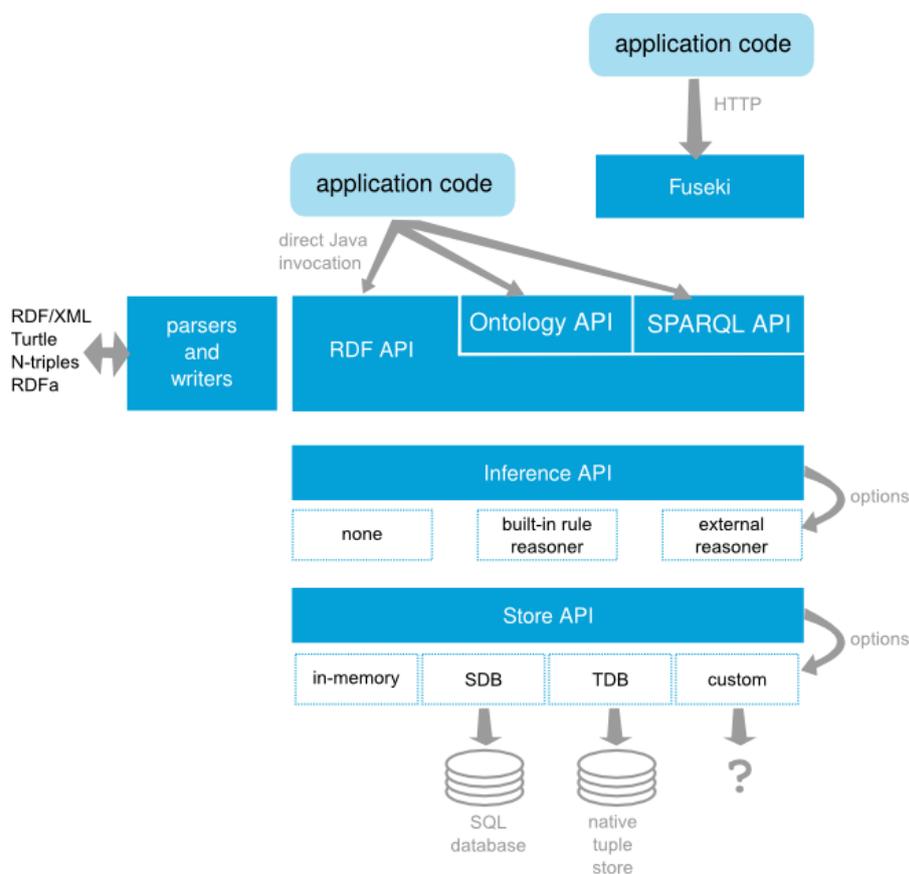


Figura 24: Apache Jena

3.3.1.2.2. Tecnologías y herramientas seleccionadas para el desarrollo de la propuesta inicial

Las tecnologías que se emplearon, en el proyecto fueron las siguientes:

- **OWL:** Esta viene impuesta por la NTICAP (Norma Técnica de Interoperabilidad de Catálogo de estándares de la Administración Pública) publicada en el BOE A-2012-13501 (número 262, Miércoles 31 de Octubre de 2012, Sec. III Pág. 76723), además de ser una tecnología más madura que WSMO y no necesitar del añadido de tener que utilizar un entorno de ejecución aparte (WSMX) ya que OWL-S puede funcionar sobre un Apache Tomcat.
- **OWL-S:** debido a que sin él no podemos utilizar Servicios Web Semánticos mediante la creación de ontologías en OWL.
- **Apache Jena:** es el 'framework' que ya se mencionó anteriormente y se va a utilizar para manejar las ontologías en memoria además de crear

nuevas instancias sobre las ontologías. Como punto fuerte además, permite solucionar el problema de la persistencia mediante SDB y con el motor SPARQL que incluye junto con su razonador propio.

- PostgreSQL: se utilizará este RDBMS por ser el sistema utilizado en la empresa, realmente serviría cualquiera para complementar a SDB.
- Protégé: por ser el editor más extendido en la codificación de Ontologías (se podría haber utilizado Java combinado con Jena, pero sería muy tedioso) y ser fácil de utilizar, además de soportar ‘plugins’ para OWL-S y permitir realizar el enriquecimiento de la ontología mediante servicios web.
- Eclipse: entorno de desarrollo para codificar el proyecto que integrará todas las tecnologías aquí mencionadas.
- pgAdmin: Interfaz que permite conectarse y gestionar PostgreSQL de manera gráfica, es la más utilizada.

3.3.1.3. Problemas encontrados en la propuesta

El motivo por el que se decidió cambiar el modelo fue en esencia, debido a que no se consiguió elaborar un modelo semántico sobre el que realizar la aplicación, es decir, dadas las herramientas que proporciona la construcción de ontologías, no fueron suficientes para montar un sistema semántico y similar al que ya existía. Se podría explicar de otra forma, que con la funcionalidad que provee OWL (tecnología definida para ontologías de obligada utilización en la administración pública) no se ha conseguido representar el modelo que existía o las necesidades que se planteaban, porque había requerimientos que la tecnología no permite. Para ello habría que hacer un estudio de la adaptación de los sistemas de información de otras universidades al sistema de registro de interoperabilidad por cada Universidad, un trabajo que excede claramente el ámbito de esta tesis.

Además, una ontología tampoco sirve para obtener el resultado que se busca de traducir los servicios web que ya existen en otro común, pues no permite realizar traducciones de campos de una clase a una ontología. Lo que permite es hacerle preguntas en base a las relaciones que se forman en ella. Un

ejemplo de cómo funciona una ontología sería representar un árbol genealógico, donde se definirían los conceptos de “padre”, “hijo”, “tío”, “hermano”, etc.; y tras realizar un árbol de una familia, se podría preguntar qué relación existe entre “Juan” y “Luis”, y podría obtenerse como respuesta, por ejemplo, que son “primos”.

Es por ello, que se decidió cambiar el modelo en el tema funcional, manteniendo esa esencia semántica pero desde un punto de vista más práctico, mediante el uso de diccionarios. De esta forma, lo que se hace es crear una base de conocimiento donde ir recogiendo los casos concretos de cada universidad y que pueden ser aplicados a las siguientes que se vayan a registrar. Es decir, si la “Universidad 1”, dice que sus campos son “ape1” y “ape2” para formar “apellidos”, cuando venga a registrarse la “Universidad 2”, y por ejemplo su campo para formar “apellidos” fuera “ape”, nos estaría dando un “*matching*” válido o también podría ser que tuviera “ape1” y “ape2” también definidos, con lo que obtendríamos el mismo resultado. Al estar jugando con que estamos utilizando el mismo modelo pero con nombres ligeramente distintos, la utilización de diccionarios y de las tecnologías como ‘StringMetrics’ (funciones que evalúan cuánto se parecen dos palabras) parece que son más acertadas para realizar traducciones de unos modelos en otros.

En este capítulo, se presentaran una serie de alternativas: partiendo de la idea de que las organizaciones disponen de un gran volumen y variedad de servicios web, el punto crítico no está en lograr recopilar todos esos servicios, sino que se pretende normalizar toda la información que presenta cada uno de los servicios web, ya que al estar contruidos de forma independiente unos de otros, se dependerá de un organismo regulador que proponga un estándar o norma por el cual se tendrán que regir estos servicios web, o al menos, los datos que ofrecen.

3.3.2. Alternativa 1: XSD comunes al ámbito de interoperabilidad

Una vez que se tiene la necesidad de realizar un cambio del modelo, la primera opción y más compleja de llevar a cabo es modificar los servicios web existentes en cada una de las organizaciones y que sea cada universidad la que se responsabilice de llevar a cabo esta modificación de sus servicios que,

teniendo en cuenta cómo está actualmente la situación económica, no es probable que se acometa este cambio de modelo por parte de cada una de ellas. Aunque tecnológicamente sería la opción más adecuada y, a la larga, ofrecería una mejor alternativa para la interoperabilidad entre distintos sistemas de información de las organizaciones.

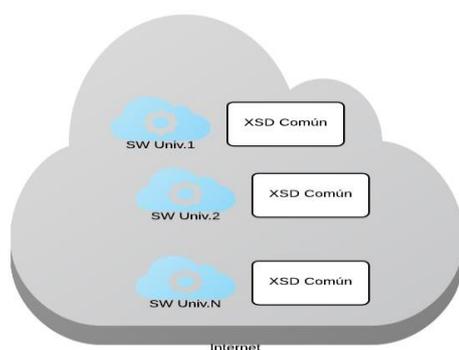


Figura 25: Alternativa 1: XSD comunes al ámbito de interoperabilidad

3.3.3. Alternativa 2: Web Semántica - Ontologías

En lugar de que cada universidad u organismo redefina todos sus servicios web, se podría optar por externalizar este proceso de traducción de cada uno de los modelos, aprovechando las bondades que proporciona una tecnología como puede ser la web semántica. De esta forma el objetivo es conseguir mediante consultas sobre una ontología en SPARQL las conexiones entre un campo del servicio web de una universidad concreta y el del nuevo modelo genérico. Una vez los datos estén convertidos en el modelo genérico, se volverían a publicar unos nuevos servicios web con la información transformada pero recogiendo la información solicitada.

El mayor inconveniente de esta solución es que la ontología necesaria para realizar la traducción sería excesivamente degenerada en el sentido de que solamente estaría compuesta por clases aprovechando el sistema de herencia y aun así, no daría soporte completo a todos los campos y probabilidades que podrían encontrarse. Realmente, esta ontología debería de realizar un 'matching' entre los distintos servicios web de las Universidades y los servicios ofrecidos por el organismo regulador, además, dicha ontología deberá ser

dinámica, aprendiendo de cada una de las relaciones establecidas con cada una de las universidades que formen parte de este sistema. Por tanto, la Ontología inicial con el tiempo va a quedar muy desvirtuada.

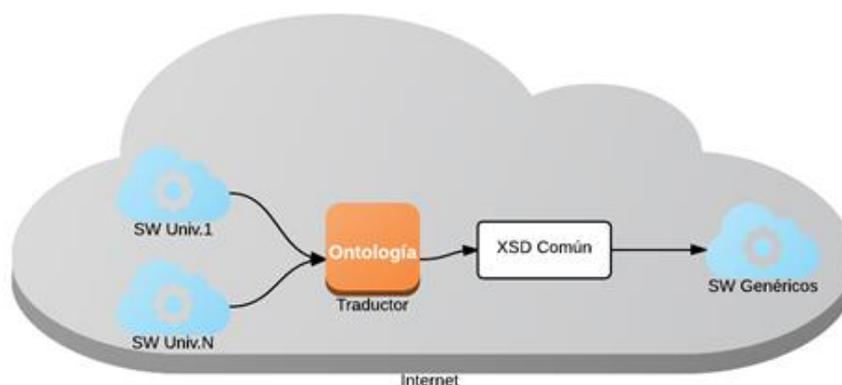


Figura 26: Alternativa 2: Web Semántica mediante Ontologías

3.3.4. Alternativa 3: Repositorios de información y XSD común

Esta alternativa sería una revisión de la anterior, mejorándose en el sentido de que se sustituiría una ontología por una base de datos que en principio será NoSQL. Sin olvidar que una ontología proporciona conocimiento semántico pero que debido a la idiosincrasia de los sistemas de información y de los servicios web, una ontología no es lo más adecuado para el prototipo que se plantea en este modelo de interoperabilidad. Además, en un principio se pensó en acompañar de Lucene⁴⁴ que nos permitirá por un lado tener un almacén de términos con sus correspondientes traducciones y un índice que permitirá enriquecer léxicamente las búsquedas y traducciones. Ésta es la alternativa que parece más factible de realizarse, si se tiene en cuenta que la ‘Alternativa 1’ es inviable por el coste en tiempo y económico, que la ‘Alternativa 2’ sugiere el uso de una tecnología de forma inadecuada, lo más

⁴⁴ Lucene: es una API de código abierto para recuperación de información, originalmente implementada en Java por Doug Cutting. Es útil para cualquier aplicación que requiera indexado y búsqueda a texto completo. Lucene ha sido ampliamente usado por su utilidad en la implementación de motores de búsquedas. <http://lucene.apache.org/core/> revisado el 15 de Diciembre de 2014.

adecuado -aparte de porque técnicamente es una solución buena- es esta tercera opción, que parece que ayuda a resolver el problema de interoperabilidad planteado.

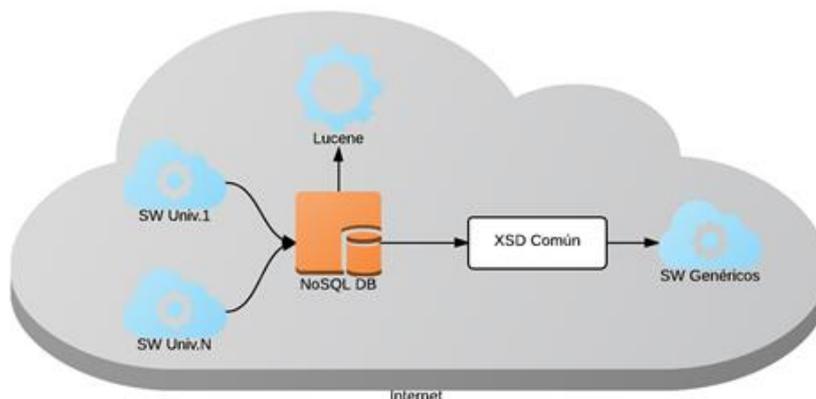


Figura 27: Alternativa 3: Repositorios de información y XSD común

3.3.5. Alternativa 4: Modelo a través de mapeado

Después de varios experimentos con la alternativa anterior, se comprobó que Lucene no se ajustaba a las pretensiones que se tenían en un principio, se intentó utilizar esta biblioteca para realizar el ‘matching’ de campos entre los modelos de la universidad concreta y el modelo genérico pero se descartó debido a que Lucene está orientado a la indexación de archivos y no de campos en un sistema de información, en concreto en sistemas de modelado.

Finalmente, se modificó el modelo anterior y se buscó una alternativa a Lucene, la cual se expone en la figura siguiente.

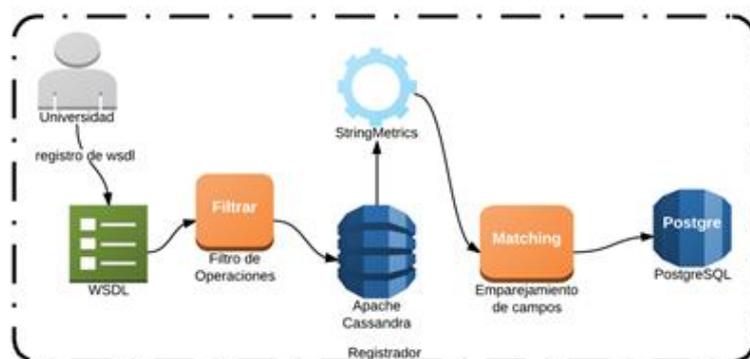


Figura 28: Alternativa 4: Modelo a través de mapeado

Para ello, se emplea un modelo mapeado que consiste en generar un repositorio de conocimiento con los emparejamientos que se vayan haciendo y de esta forma los siguientes emparejamientos pueden ser predichos en función del tamaño del repositorio. Además, para apoyar la teoría anterior se utiliza una serie de funciones matemáticas catalogadas como ‘String Metrics’⁴⁵ que proporcionan mediciones sobre cuánto se parecen dos cadenas de texto (no semánticamente, pero sí léxicamente), con lo que entre las dos soluciones se puede llevar a cabo un mapeo casi automático de los servicios web.

Este mapeo se realiza durante el registro y a partir de la información que se obtenga a partir del fichero WSDL que define los servicios web. Toda la información se hará mediante una instanciación dinámica de los métodos de los servicios web y se hará uso también de la introspección del lenguaje.

3.3.5.1. Comparación de cadenas

El problema de la similitud de las cadenas de texto se suele definir, en su forma más general, como encontrar las posiciones en una cadena en donde aparece un patrón, permitiendo un determinado error en las coincidencias (Navarro, G., 2001). La similitud entre cadenas se ha estudiado por numerosas disciplinas, con formulaciones del problema distintas e igualmente distintas soluciones.

Las funciones de distancia mapean un par de cadenas a un número real en el que un valor menor indica mayor similitud entre cadenas.

Un primer conjunto de algoritmos de cuantificación de la similitud de cadenas se basa en el concepto de la distancia de edición (‘edit distance’), midiendo el número de operaciones requeridas para transformar una cadena en otra. Entre las operaciones normales de edición se incluyen las funciones de inserción, borrado y sustitución de caracteres, con costes asignados a cada una de ellas.

⁴⁵ <https://www.cs.cmu.edu/~pradeepr/papers/ijcai03.pdf> revisado el 15 de Diciembre de 2014

La función más común de este conjunto de funciones de distancia de edición es la “distancia Levenshtein” (Levenshtein, V. I., 1966). Las operaciones permitidas son la sustitución de un carácter por otro o la retirada o inserción de un carácter, asignando un coste unitario a estas operaciones de edición. Otra función similar, la “función de distancia Monge y Elkan” (Monge, E. A. & Elkan, C. P., 1996), tiene parámetros de coste específicos y se escala al intervalo [0,1].

Métricas parecidas, aunque no basadas en el modelo de distancia de edición, son la “función Jaro” (Jaro, M. A., 1989) (Jaro, M. A., 1995), basada en el número y ordenación de caracteres comunes en las cadenas comparadas y ‘Jaro-Winkler’ (Winkler, W. E., 1999), que usa la longitud del mayor prefijo común de las dos cadenas comparadas y recompensa las cadenas que tiene un prefijo común. Con un origen de estas funciones en el campo de detección de duplicados del censo y de los registros del sistema de salud, sus mejores resultados parecen obtenerse en la comparación de cadenas de corta longitud (Cohen, W. W. et al., 2003). En estas funciones la puntuación se normaliza al intervalo [0,1], asignando el 1 a la correspondencia exacta de cadenas.

Un segundo grupo de algoritmos, denominado funciones de distancia basados en ‘tokens’ (“token-based distance functions”) parte de una concepción de las cadenas a comparar consideradas como conjuntos de palabras o ‘tokens’.

Los “n-gramas” (‘n-grams’) son secuencias contiguas de caracteres (Kondrak, G., 2005), sean palabras, fonemas, sílabas o letras, habitualmente derivados de un corpus específico. Los “n-gramas” de tamaño 1, se denominan “unigramas”, los de tamaño dos, “bigramas” (‘bi-grams’), los de tamaño 3, “trigramas” (‘tri-grams’), etc. Los métodos de evaluación de distancias basados en “n-gramas” realizan una conversión de ítems en secuencia de “n-gramas”, que se incorporan a un espacio vectorial en que las secuencias se comparan de una forma eficiente.

Una tercera familia de algoritmos, denominada “funciones híbridas”, hace uso de enfoques combinados para la determinación de “similaridades”.

La métrica híbrida de distancia ‘Soft-TFIDF’ (Moreau, E. et al., 2008), variante de la función TFIDF, también denominada “similaridad coseno”, usa el mapeo “flexible” (‘soft’) de ‘tokens’, considerando que existe correspondencia si se obtiene una buena puntuación en una comparación interna de cadenas. Para evaluar la similitud entre ‘tokens’ se usa una función de distancia, típicamente “Jaro-Winkler”. La métrica Soft-TFIDF obtiene buenos resultados en entornos de análisis de entidades correferentes, aunque pueden observarse problemas en entidades poco normalizadas.

3.3.5.1.1. String Metric

En matemáticas e informática, ‘String Metric’ (también conocido como una función métrica o distancia de similitud de una cadena) es una medida que nos indica la distancia ("similitud inversa") entre dos cadenas de texto para la correspondencia de cadenas aproximada o comparación en búsqueda de cadenas. Requisito necesario para una métrica de cadena (por ejemplo, en contraste con la correspondencia de cadenas) es el cumplimiento de la desigualdad triangular. Por ejemplo las cadenas "Sam" y "Samuel" pueden ser consideradas por estar cerca. Una métrica de cadena proporciona un número que expresa una indicación específica del algoritmo de distancia.

Se definen una serie de funciones matemáticas que cuantifican cuánto se parecen dos cadenas de texto entre sí. Las siguientes funciones se utilizaron para la implantación del prototipo de esta tesis, que consiste en aplicar dichas funciones y calcular el promedio entre las tres y si dicho valor es 0,7 o superior se trata de un emparejamiento positivo.

3.3.5.1.1.1. Chapman matching Soundex / Soundex

El algoritmo Soundex, original de 1920, fue diseñado y patentado por Robert Russell y Margaret Odell. Su idea era codificar fonéticamente los apellidos en inglés. Dada una cadena que contiene un apellido, se codifica con este algoritmo y se obtiene una cadena que contiene un código que se supone idéntico para los apellidos fonéticamente cercanos. Establecer la línea que separa fonéticamente a un apellido de otro es un tema muy complejo, y que

daría lugar a muchas discusiones, pero la idea es ayudar en las búsquedas, y cualquier ayuda es buena, aunque no sea perfecta.

Pero vamos ya con Soundex. La entrada de Soundex es una cadena con un apellido, y la salida será una letra seguida de varios números. La longitud de la salida nunca excederá los cuatro caracteres. Las vocales y la "H", "W" e "Y" son ignoradas, a menos que el apellido empiece por una de ellas, en cuyo caso, sólo esa primera letra será tomada en cuenta. Las consonantes son substituidas por códigos numéricos del 1 al 6, según el grupo fonético en el que se incluyan. Por tanto, el algoritmo procederá de la siguiente forma:

- Pasar la entrada a mayúsculas.
- Asignar a salida la primera letra de entrada.
- Para cada carácter "c" de entrada a partir del segundo hacer:
 - Si "c" es una de estas: "AEIOUYWH", no hacer nada.
 - Si "c" es una de estas: "BFPV", añadir un "1" a salida.
 - Si "c" es una de estas: "CGJKQSXZ", añadir un "2" a salida.
 - Si "c" es una de estas: "DT", añadir un "3" a salida.
 - Si "c" es una de estas: "L", añadir un "4" a salida.
 - Si "c" es una de estas: "MN", añadir un "5" a salida.
 - Si "c" es una de estas: "R", añadir un "6" a salida.
- Si en salida hay dos o más caracteres adyacentes iguales, sustituirlos por uno solo (Ej: Si salida es "A3392221", se debe quedar en "A3921").
- Devolver los cuatro primeros caracteres de salida.
- En caso de que no llegue a haber suficientes consonantes como para rellenar los 3 dígitos, éstas serán rellenadas con ceros.

Por ejemplo, los apellidos Lawrence y Lorenz son codificados por este algoritmo como L652.

Si diseñamos una búsqueda de tal manera que al introducir un apellido lo codificamos con el algoritmo fonético, y luego comparamos esa codificación

con las de los apellidos que tenemos almacenados, obtendremos todos los fonéticamente cercanos.

Fue creado para el habla inglesa, las pruebas realizadas han demostrado que puede ser válido en habla hispana para los propósitos del proyecto.

Además, se emplea para la traducción entre lenguajes (Faruqui, M. et al., 2011), para reutilizar y compartir la información clínica entre profesionales (Cruanes, J. et al., 2015), etc.

3.3.5.1.1.2.Smith-Waterman-Gotoh

El “algoritmo de Smith-Waterman” es un algoritmo de programación para realizar alineamiento local de secuencias biológicas (ADN, ARN, proteínas), es decir, busca similitudes entre pares de secuencias. El algoritmo fue propuesto por primera vez por T. Smith y Waterman M. en 1981. Hoy en día, todavía es un algoritmo que se emplea en muchas aplicaciones.

Se basa en la utilización de algoritmos de programación dinámica, de tal forma que tiene la propiedad de garantizar el alineamiento entre dos cadenas respecto a una puntuación que es obtenida de matrices de sustitución. Debido a esto último es fácil encontrar similitudes con la famosa “distancia Levenshtein” de sustitución.

La modificación introducida por Gotoh sobre la métrica ‘Smith-Waterman’ se basa en utilizar distancias afines dentro de la secuencia. Esto genera un modelo de distancias afines que incluye distancias con costes variables. Esta métrica fue fruto de un artículo llamado “An improved algorithm for matching biological sequences” escrito por Osamu Gotoh.

3.3.5.1.1.3.Monge-Elkan

Al contrario de lo que se piensa, no es una implementación de ‘Smith-Waterman’: es una revisión de ‘Smith-Waterman-Gotoh’. Este enfoque realiza otra serie de pruebas teniendo en cuenta la similaridad semántica de un número de campos o subcampos. Cada subcampo es evaluado contra el subcampo en la cadena de comparación usando la distancia Gotoh (‘Smith-Waterman-Gotoh’)

entre los campos y esto se combina después con un algoritmo de emparejamiento de campos de complejidad temporal cuadrática.

4. Diseño de la solución

4.1. Introducción

Este capítulo presenta los detalles de la solución planteada (González Pérez, S. J. et al., 2014) que permiten afrontar los problemas explicados con anterioridad y abordar las hipótesis expuestas. A lo largo del capítulo se explicará el diseño completo de este sistema y toda su funcionalidad.

Tanto la arquitectura del sistema completo como la descripción de cada una de las partes que componen la solución proporcionada se detallan a continuación. Asimismo, se explica el funcionamiento del modelo y todos los conceptos que participan en el proceso de intercambio de información, que consiste en la definición de una serie de módulos que componen la arquitectura planteada, en la que cada uno de ellos va a desempeñar una serie de funciones y responsabilidades muy concretas y especializadas. La relación entre los módulos será secuencial, se inicia por uno inicial y se va pasando al siguiente, hasta llegar al final. Los módulos de la siguiente figura son:

- 1) **Discover**: módulo para obtener la dirección del Servicio Web (WSDL).
- 2) **Study**: módulo para obtener la información de cómo está formado el Servicio Web (Introspección).
- 3) **Matching**: módulo para aplicar las correspondientes técnicas de emparejamiento en tres pasos ('Matching') para enlazar los campos que se obtienen en los pasos anteriores y el modelo referencial.
- 4) **Catalog**: este módulo, donde no sólo debe interoperar, sino que el sistema ha de dejar constancia de los servicios que ha registrado, formando un catálogo de Servicios Web.
- 5) **Broadcast**: como no tendría sentido realizar un sistema homogéneo si no tuviera el fin de compartir la información de forma común, este módulo expone como se debe de compartir esa información de forma unificada, para que se puedan minar los datos de los Servicios Web registrados.

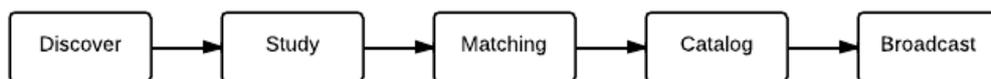


Figura 29: Ciclo de vida del modelo metodológico

4.2. Discover

Este módulo es el más importante del sistema: es el punto dónde se tienen que descubrir los servicios y se provoca la necesidad de contactar (enlazar) con los Servicios Web de las universidades que se presenten a ser catalogadas. Aquí se plantea la forma de descubrir los Servicios Web de las mismas para poder acceder a los pasos siguientes de la arquitectura. Como punto de partida, de una forma sencilla, se realiza un formulario web donde se le indiquen al sistema las URLs de los Servicios Web (fichero WSDL) que hay que registrar, es decir, dónde están localizados los servicios que ofrecen las diferentes operaciones relacionadas con las becas universitarias, los expedientes de los alumnos y la información que deban compartir. Otra opción, más elaborada podría ser un Servicio Web que estuviese disponible para que sirviera una operación donde cada una de las universidades o alguna entidad que se encargue de recopilar dicha información sea encargada de realizar estos registros. Realmente cualquier forma es posible, estas dos se han nombrado por ser la primera la que estaría al alcance de más público y una segunda por dar una alternativa, pero lo realmente importante es facilitar la información de los WSDL al sistema para que comience a procesar y a analizar la información.

La forma de recibir las direcciones de los WSDL es irrelevante para el proceso que se propone pues lo que se necesita es obtener esa dirección. Al tratarse de un sistema que intenta ser automático, lo ideal es utilizar cualquier sistema online, como en nuestro caso para las pruebas, que utilizamos un formulario web donde identificamos a la Universidad y su servicio web.

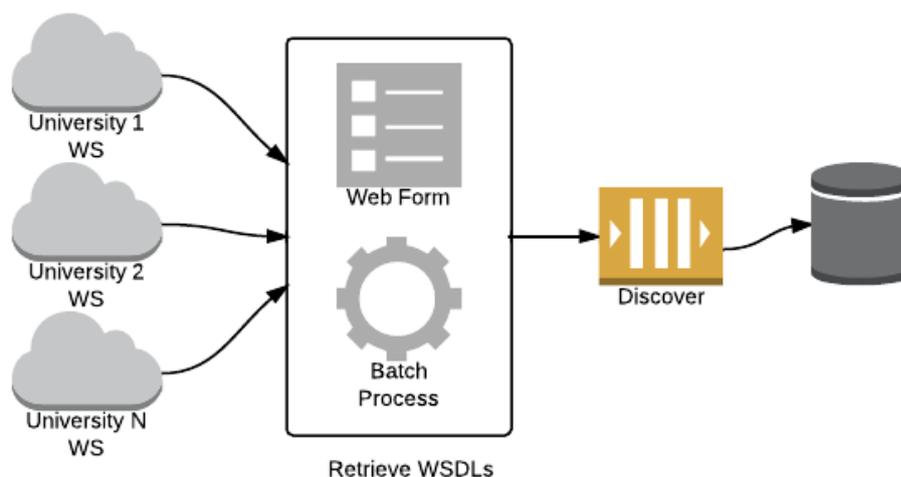


Figura 30: Discover

Es importante que este paso se realice de forma correcta, concisa y exhaustiva, porque toda la información que se obtenga será la base para los siguientes módulos. Además, de esto dependerá tener un catálogo consistente en el futuro para así poder tener disponibles todos los servicios, no sólo de forma unificada, sino que también de forma independiente.

4.3. Study

En este módulo entra en juego la introspección de la información recibida del módulo anterior, se puede ver como un primer análisis de la información que ofrece el WSDL.

De esta forma, es necesario que el lenguaje de programación que se utilice sea un lenguaje con un amplio poder introspectivo, si bien para nuestro prototipo se utilizó un lenguaje como Java, otros como pueden ser Python o Ruby pueden ser incluso mejores de cara a la especialización de este módulo, debido a su alto grado de alteración y “tipado” dinámico de estos lenguajes de programación, que tienen alto soporte para observación y modificación de la estructura de un objeto.

Para extraer los datos que necesitamos del archivo WSDL, en el caso de Java se recomienda utilizar la librería Apache CXF⁴⁶, que permite realizar instancias dinámicas a un Servicio Web sin necesidad de generar todo el ‘stub’ de métodos que harían falta con otras tecnologías y así facilitar la tarea de desarrollo e integración del sistema.

Concretamente, Apache CXF proporciona la clase “DynamicClientFactory” que permite interoperar de forma directa con el servicio web, realizando llamadas a los métodos del servicio de forma “abstracta” y utilizando en los parámetros y en los retornos de las clases `java.lang.Object` y arrays de este tipo para poder obtener cualquier resultado en estas llamadas.

Esto es realmente importante, porque la idea fundamental es automatizar el proceso al máximo y dejar la intervención humana para casos muy extremos en los que el sistema no sea capaz de hacer los emparejamientos (sobre todo en estas partes tempranas del análisis) y así se estaría quitando la complejidad de trabajar con ‘wizards’ y clientes que deberían ser creados manualmente para poder manejar los Servicios Web a analizar.

En este punto, en el que ya se tiene instanciado el Servicio Web dinámicamente y se empiezan a analizar las interioridades de los modelos que representa, es muy recomendable que en el módulo anterior (‘Discover’), cuando se registra el Servicio Web, se indiquen cuáles son las clases importantes/relevantes con las que se trabaja (por ejemplo, el modelo “Alumno”, “Expediente”, “Beca”...) para así en ese módulo, poder eliminar de forma rápida y sencilla falsos positivos contra otras clases del sistema que puede introducir el propio lenguaje (‘`java.lang.String`’, ‘`java.lang.Integer`’,...) y que la propia introspección del lenguaje interpretaría como clases.

Una vez detectadas las clases relevante del modelo, se procede a obtener los campos/atributos de cada una de ellas, para que en el siguiente paso se

⁴⁶ <http://cxf.apache.org/> revisado 15 de Agosto de 2014.

puedan comparar estos campos con los del modelo de referencia y los emparejamientos anteriores y así asegurar el ‘matching’ entre modelos.

En definitiva, el resultado de esta etapa será un listado con las clases que componen los servicios web que se están consultando, así como sus atributos y los métodos que están disponibles en el servicio web.

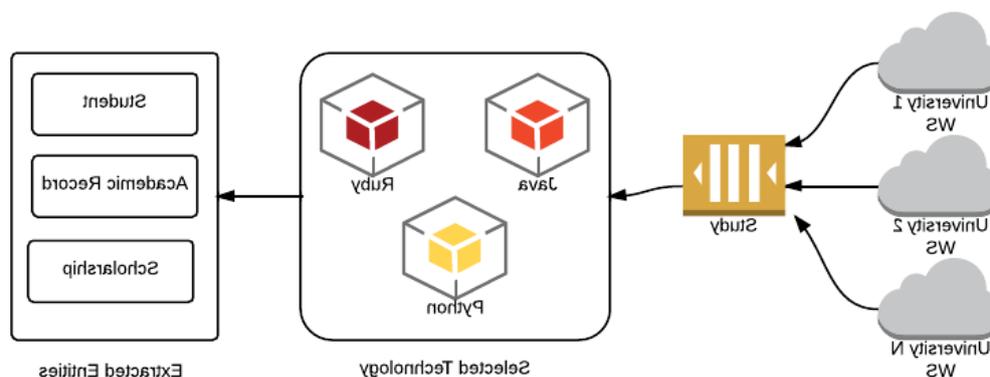


Figura 31: Study

4.4. Matching

Este módulo es bastante crítico y complejo. Se analizan cada uno de los atributos de los modelos obtenidos en los pasos anteriores y se buscan los emparejamientos con el modelo de referencia.

Para conseguir este objetivo, se define el proceso siguiente: Se parte de una base de datos No-SQL de tipo ‘key-value’, que permite una búsqueda más rápida que una base de datos relacional, para este caso en concreto, (se utilizó Apache Cassandra⁴⁷) donde se divide cada documento por cada “clase” del modelo referencial, es decir, se crea un esquema para “Alumno”, otro para “Beca”, otro para “Expediente”, etc. Para cada documento, las claves son cada uno de los atributos de las clases que llevan por nombre los documentos. Por ejemplo, el documento “Alumno”, puede tener como claves “nombre”, “apellido”, “fecha_nacimiento”, etc. y sus valores serán cada uno de los emparejamientos válidos que haga la aplicación para cada uno de los atributos.

⁴⁷ <http://cassandra.apache.org/> revisado el 15 de Agosto de 2014.

Por tanto, se puede entender como un ‘array’ de valores ([“name”, “student_name”, etc.]). El contenedor de información conseguido es fundamental en la aplicación, se realiza el aprendizaje del sistema semi-automático (se presentarán casos de emparejamientos que haya que realizar de forma manual, bien por falta de información en nuestros modelos o porque esté muy desviado del caso que se está tratando) y la base de conocimiento que primero se utiliza. Cuantos más registros se consigan o se realicen, más información poseerá nuestro sistema y mejores serán sus “predicciones” sobre los emparejamientos de los campos.

Con esta información que se posee, lo que se procede es a aplicar funciones de ‘String Metrics’ mencionadas en la sección 3.3.5.1.1 String Metrics, para cada uno de los atributos del documento frente a cada uno de los atributos de las clases identificadas en el Servicio Web que se está registrando. De esta forma, si tenemos un documento para la clase “Student” que puede ser el siguiente:

Key	Value
Name	[“NAME”, “STUDENT_NAME”, “GIVEN_NAME”]
Surname	[“SURNAME”, “STUDENT_SURNAME”, “PATERNAL_SURNAME”, “SURNAME”, “MATERNAL_SURNAME”]
date_of_birth	[“BIRTH”, “DATE_OF_BIRTH”, “BIRTHDATE”, “DATEOFBIRTH”]
Gender	[“GENDER”, “GENRE”, “SEX”]

Tabla 4: Array de valores para cada campo de la clase Student

Se puede destacar que “Student” será la clase del modelo de referencia y “name”, “surname”, “date_of_birth”,... sus atributos y los ‘arrays’ que los acompañan serán registros que se han realizado previamente (el primer ítem es por defecto el propio atributo).

Si por ejemplo el modelo que se está registrando es algo del tipo a lo que se visualiza en la siguiente tabla:

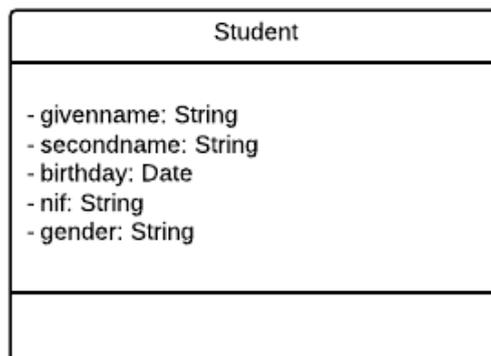


Tabla 5: Clase Student

Lo que se hace es coger cada uno de los atributos de la clase “Student” a registrar y aplicar ‘String Metrics’ (las tres funciones descritas en la sección 3.3.5.1.1 String Metrics) contra cada uno de los atributos de la clase “Student” del modelo de referencia. Así, a “givenname” se le aplicará ‘String Metrics’ contra “NAME”, “STUDENT_NAME”, “GIVEN_NAME” y se calculará un promedio. Luego se aplicará ‘String Metrics’ contra “SURNAME”, “STUDENT_SURNAME”, “PATERNAL_SURNAME”, “MATERNAL_SURNAME” y se calculará el promedio y así sucesivamente hasta calcular los promedios contra todos los ‘arrays’ de los emparejamientos previos del modelo de referencia, para este caso en concreto.

Para el cálculo de los promedios se realizaron bastantes pruebas y en nuestro caso la información que se ha tratado de clases y atributos en castellano, se comprobó que todos los promedios que estén por encima del 0.7 son un buen límite para hacer una buena criba de la selección, como se ha mencionado anteriormente.

El proceso de ‘matching’ consta de tres pasos: uno primero que se acaba de describir y se puede dar que, tras esa primera criba, queden atributos del modelo de registro aún sin emparejar; en ese caso, se pasa a aplicar el segundo paso, que consiste en aplicar un algoritmo de clasificación, donde se obtiene una ratio que, en función de si se ajusta o no al parámetro configurado, determinará como válido el emparejamiento. En este segundo paso se puede elegir el algoritmo de clasificación que se desee o que se ajuste más a las

necesidades de cada uno: desde ‘K-neighbors’, ‘neural networks’, information ‘fuzzy networks’, etc. Para implementar este paso, lo ideal es realizar una instanciación del Servicio Web que se está utilizando y de esta forma se podrá clasificar a nivel de dato, que es más representativo. Una posible instanciación se puede recoger en el primer paso y de esta forma se haría el trabajo mucho más sencillo.

Si en los dos pasos anteriores, aún quedan atributos sin emparejar, se llega al tercer paso y último recurso para terminar de realizar el emparejamiento automático: se aplican una serie de reglas de inferencia o de conocimiento que serían específicas de cada dominio. Una de las reglas que se han implementado de forma obvia es la identificación de patrones en expresiones regulares para identificar el contenido de los atributos (como en el caso anterior, es necesario instanciar el Servicio Web). Atributos como pueden ser el NIF, números de cuenta bancarios, números de expediente universitario, códigos postales, direcciones de correos electrónicos, etc. son muy fácilmente identificables mediante patrones de expresiones regulares.

Una vez finalizado este sistema de tres pasos automáticos, se presentan al usuario administrador del sistema y con permisos para poder registrar los servicios los emparejamientos realizados para que dé el visto bueno y los corrija, en caso de que no hayan sido acertados. Puede que existan campos que sean compuestos o simplemente no se tenía el suficiente conocimiento en el sistema como para poder determinar un emparejamiento.

Una vez que se confirman los emparejamientos por el administrador, (de ahí el sistema de aprendizaje semi-automático) estos emparejamientos pasarán a respaldarse contra la base de datos No-SQL antes mencionada, que nos da un conocimiento extra para el siguiente registro y además se respaldarán los emparejamientos concretos en otra base de datos para poder realizar las traducciones entre el modelo concreto del servicio que se acaba de registrar y el modelo referencial.

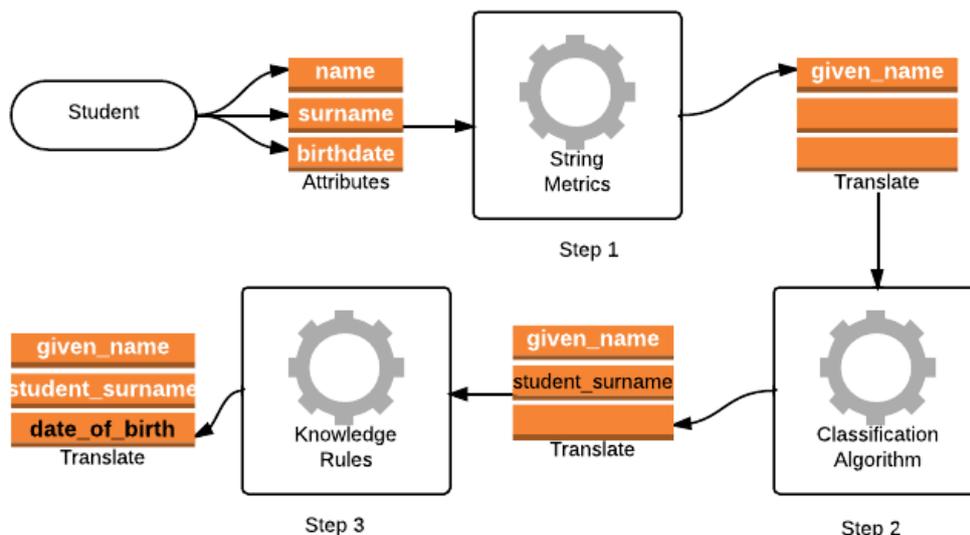


Figura 32: 'Matching'

4.5. Catalog

En este módulo genera un catálogo para poder mantener información de cada una de las universidades que se han registrado; información como puede ser su dirección del Servicio Web, sobre cuántas operaciones ofrece, clasificación de esas operaciones (por ejemplo para qué modelo sirve cada una de ellas) y de esta forma conocer las opciones que presenta cada Universidad, con lo que el usuario podría acceder a un sitio web tipo buscador donde explorar categorías y ver qué universidades ofrecen los servicios que le interesan o ver universidades concretas, cómo se generó el emparejamiento, etc. Se sugiere la implementación mediante un buscador tipo Apache Lucene, aunque se podrían emplear otros.

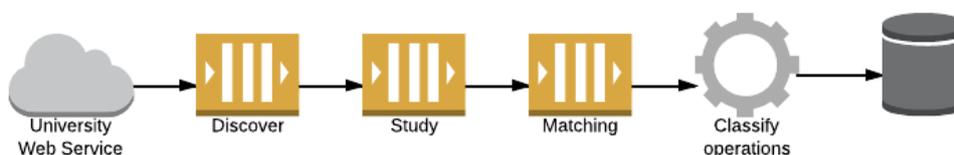


Figura 33: Catalog

4.6. Broadcast

Para la realización del 'broadcasting' de los Servicios Web que se han registrado con otros sistemas de interoperabilidad (Nodo de interoperabilidad

para el SUE: hoja de ruta de CRUE-TIC, 2013, por ejemplo) se proporciona un ‘endpoint’ mediante un Servicio Web, ofreciendo una operación (o varias) parametrizable para que se puedan juntar las llamadas en función de qué universidades soportan lo que se pide y cuáles no (por ejemplo, obtener las becas de un alumno en función de su NIF). En definitiva, se construye un “Interfaz” que sería el que se invocaría para que internamente se realice el estudio de la llamada, se decida a qué Servicios Web de qué universidades ha de llamar, y que con los resultados que obtenga de las llamadas a cada una de los diferentes Servicios Web, realice las traducciones que se han almacenado previamente en el ‘Matching’ para presentar la información de forma unificada a la entidad que realiza la llamada del servicio.

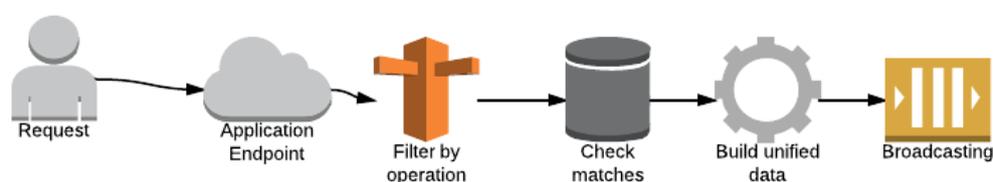


Figura 34: Broadcasting

Una opción interesante a llevar a cabo dentro de este paso es la utilización de un Enterprise Service Bus, de esta forma se podría “securizar” el servicio de forma sencilla, además de poder controlar todo lo que ocurra alrededor del Servicio Web que se ofrece como puede ser la inclusión de estadísticas, rendimiento, etc.

5. Prototipo

5.1. Introducción

En este capítulo se describe el prototipo desarrollado para el diseño de la solución propuesta en esta tesis, que se reflejó en el capítulo anterior.

5.2. Definición del Sistema

El sistema consiste en una aplicación modular que permite por una parte registrar los servicios web de cada una de las universidades y clasificarlos mediante una serie de parámetros. Además, tiene que realizar el emparejamiento de los campos con el modelo de referencia de forma semiautomática, aunque necesitará de supervisión.

Los servicios web que estén registrados se pueden localizar de forma sencilla mediante un sistema buscador que tiene diferentes campos indexados para realizar búsquedas, bien sea por el nombre de la universidad, por la categorización del servicio web, etc.

El registro de los servicios web tiene una mínima intervención humana, es decir, el sistema se encarga de recolectar la máxima información posible del fichero WSDL que presente la universidad a registrar. Esto incluye la identificación de todos los métodos que se describen en el WSDL, sus parámetros y sus clases y además se realiza la relación con el sistema de referencia entre las clases.

Por otro lado, el sistema también tiene que publicar un servicio web que haga posible la obtención de información de todos los servicios web que están registrados, facilitando la recolección de datos por parte de sistemas de terceros que quieran acceder a la información de forma unificada, pues todos los datos que obtengan tendrán el mismo formato. Este servicio web tiene disponible un método que permite la recolección de las becas universitarias bien por categoría, por parámetro o por universidad.

El sistema se implementó lo suficientemente trivial y sencillo como para adaptarlo a otros ámbitos como pueden ser la sanidad, el sector bancario o similar.

5.3. Requisitos del Sistema

5.3.1. Obtención de los Requisitos del Sistema

5.3.1.1. Requisitos funcionales

En este apartado declaramos los requisitos funcionales del prototipo.

Código	Nombre Requisito	Descripción del Requisito
RF1.1	Registrar Universidad	Se debe permitir a las universidades registrarse en el sistema.
RF1.1.1	Registrar el servicio web de la universidad	Se tendrá que registrar por cada universidad un fichero WSDL.
RF1.2	Extraer información del servicio web de la universidad	Se deberá recabar toda la información posible del fichero ofrecido por la universidad.
RF1.2.1	Detectar los métodos disponibles en el servicio web	Se deberán detectar los métodos que ofrece el servicio web y que se entiende serán relacionados con becas universitarias.
RF1.2.2	Detectar los modelos del servicio web	Se deberán detectar también los atributos de las clases del servicio web para poder emparejarse con los del modelo de referencia.
RF1.2.3	Emparejar campos	El sistema deberá intentar emparejar los campos de la clase del servicio web

Código	Nombre Requisito	Descripción del Requisito
		de la universidad de forma automática con los del modelo de referencia.
RF1.2.3.1	Sistema de aprendizaje	El sistema deberá de aprender con cada registro que se realice.
RF1.2.3.2	Apoyo con 'String Metrics'	El sistema, si no es capaz de decidir el emparejamiento, se basará en una serie de funciones de 'String Metrics' para apoyar la decisión.
RF1.2.4	Almacenar los emparejamientos	Estos emparejamientos realizados, deberán ser almacenados para su uso posterior.
RF1.3	Buscar servicios web	El sistema deberá permitir la búsqueda mediante un buscador al estilo "Google".
RF1.3.1	Por categoría	El buscador deberá permitir realizar búsquedas por categorías (vicerrectorado, alumno, curso).
RF1.3.2	Por nombre	El buscador deberá permitir realizar búsquedas por nombre de la universidad.
RF1.4	Interfaz web	El sistema deberá de ofrecer una interfaz web para poder realizar el registro y la búsqueda de los servicios web.

Código	Nombre Requisito	Descripción del Requisito
RF1.4.1	Interfaz de consola	El sistema también deberá de ofrecer el registro de nuevos servicios web mediante una aplicación de consola.
RF1.5	Recolectar Información	El sistema deberá de permitir recolectar información de los servicios web que estén registrados.
RF1.5.1	Forma homogénea	El sistema deberá de ofrecer los datos de forma homogénea, es decir, deberá convertir los datos recibidos del servicio web a un formato común.
RF1.5.2	Publicar Servicio Web	El sistema deberá ofrecer un servicio web para que los sistemas de terceros puedan recolectar la información.
RF1.5.3	Parametrizable	El servicio web deberá poder obtener becas por alumno, vicerrectorado o universidad.

Tabla 6. Requisitos funcionales

5.3.1.2. Requisitos no funcionales

Se declaran los requisitos no funcionales del prototipo, como el lenguaje de programación, motor de Bases de Datos, y otras características del sistema a implementar.

Código	Nombre Requisito	Descripción del Requisito
RNF1.1	Lenguaje de programación	El lenguaje utilizado en la aplicación será Java.

Código	Nombre Requisito	Descripción del Requisito
RNF1.2	Tipo del SGBD	El sistema deberá tener dos sistemas gestores de bases de datos, uno No SQL y otro Relacional.
RNF1.2.1	SGBD	El SGBD No SQL deberá de ser compatible con un sistema Windows.
RNF1.3	JavaScript no disponible	La web deberá funcionar de forma transparente, independientemente de que se tenga activado el intérprete de JavaScript.
RNF1.4	Interfaz “responsiva”	La interfaz web deberá ser adaptable a cualquier tipo de pantalla.
RNF1.5	Capacidad de carga	El sistema deberá ser capaz de aguantar las conexiones que reciba de parte de las diferentes universidades.
RNF1.6	Modularidad	La aplicación deberá ser ampliable o al menos modificable de forma sencilla para poder ajustarse a otros ámbitos, no solo al universitario.
RNF1.7	Apache Solr	El sistema deberá implementar un buscador, concretamente el motor de búsqueda será Apache Lucene, en su versión web.
RNF1.8	Multiproyecto	El sistema deberá ser desarrollado mediante multiproyecto y con Apache

Código	Nombre Requisito	Descripción del Requisito
		Maven, para poder desplegarlo en el repositorio de componentes.

Tabla 7. Requisitos no funcionales

5.3.2. Identificación de los principales Actores del Sistema

5.3.2.1. Base de datos relacional

El servidor de Bases de Datos del Sistema juega un papel fundamental en nuestro entorno, como sistema de almacenamiento y consulta de la información del sistema, por tanto, se estima que es una parte fundamental del conjunto y debe tener entidad en sí mismo.

5.3.2.2. Matcher

Componente encargado de realizar las operaciones de los emparejamientos de campos, consultar con la base de datos NoSQL, aplicar las reglas de ‘String Metrics’ a los campos de los servicios web obtenidos y decidir los emparejamientos.

5.3.2.3. Recolector

Componente encargado de obtener los datos invocando a los diferentes servicios web registrados. Realmente, se encarga de inspeccionar los descriptores WDSL de los Servicios Web.

5.3.2.4. Servidor de búsqueda

Es el servidor dedicado al buscador, para ello se emplea el entorno con Apache Solr⁴⁸. Es el encargado de resolver las consultas de las búsquedas que realizan los usuarios de la aplicación, además de indexar los nuevos servicios

⁴⁸ Apache Solr: <http://lucene.apache.org/solr/> resisado 5 de Enero de 2015.

web registrados. Juega un papel importante en el sistema planteado en esta tesis, al igual que el componente ‘matcher’.

5.3.2.5. Sistemas externos

Son los servicios con los que se va a interactuar, la agrupación de servidores de terceros. Se encargan de almacenar y exponer los Servicios Web de cada Universidad; no se debe olvidar que el prototipo se desarrolló para el ámbito universitario.

5.3.2.6. Sistema

Toda la estructura que se ha desarrollado que, al final, consiste en un conjunto de módulos que forman el sistema a implantar en esta tesis.

5.3.2.7. Usuario

Usuario que interactúa con la aplicación. Su función consiste en buscar universidades, registrarlas y consultar información de sus modelos de datos, a través de los descriptores de servicios WSDL y realizar aquellos emparejamientos que de forma automatizada no hayan sido posibles.

5.3.3. Especificación de Casos de Uso

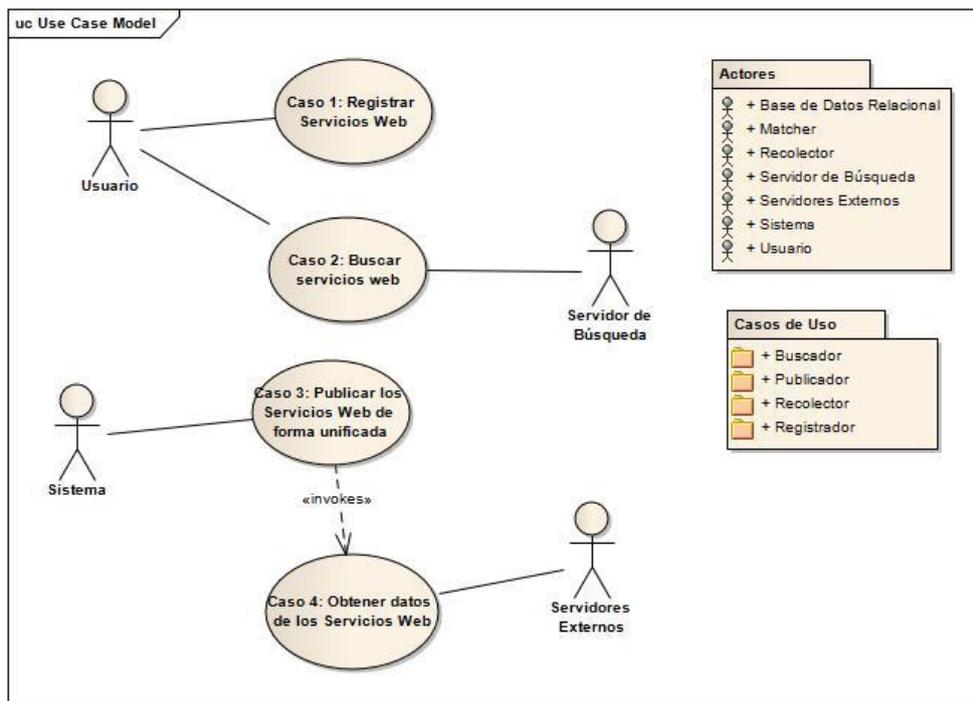


Figura 35: Resumen de los casos de uso

Nombre del Caso de Uso
Registrar Servicios Web
Descripción
Crea una nueva universidad en el sistema y registra su Servicio Web. En el proceso, se encarga de recoger información del servicio web y de emparejar los campos del servicio con los del modelo de referencia.

Nombre del Caso de Uso
Buscar Servicios Web
Descripción

Este caso de uso engloba todo lo relacionado con la búsqueda de información de la aplicación y del uso del sistema de búsqueda. Por tanto, se puede buscar: servicios web, universidades, métodos...

Nombre del Caso de Uso
Publicar los Servicios Web
Descripción
El sistema publica un Servicio Web para que las universidades que lo deseen puedan invocarlo y del cual obtendrán información en función de los parámetros que definan de todas las universidades que estén registradas.

Nombre del Caso de Uso
Obtener datos de los Servicios Web
Descripción
El sistema recolecta información de los servicios web. Es decir, invocará cada servicio web registrado para obtener la información en función a los criterios definidos en la llamada. Una vez obtenidos los datos, los transformará a un sistema de referencia común para poder devolver los datos de forma homogénea en lugar de obtener el formato de cada universidad.

5.4. Identificación de los Subsistemas

Para un mejor manejo y una mejor comprensión del sistema a construir se ha dividido ésta en diferentes subsistemas en función de las tareas que realizan sus componentes:

- Buscador

- Registrador
- Recolector
- Publicador

5.4.1. Descripción de los Subsistemas

5.4.1.1. Subsistema Buscador

Es el encargado de, en función de los parámetros que defina el usuario en la búsqueda web, traducirlos para entregárselos al motor de búsqueda y obtener los resultados que se ajusten a los criterios establecidos. Además de integrar el componente de búsqueda, también es el encargado de ofrecer la aplicación web del sistema.

5.4.1.2. Subsistema Registrador

Este subsistema tiene como función realizar el registro de las nuevas universidades. Además se encargan el proceso de registro de obtener los datos del archivo WSDL presentado por la universidad en el registro y de realizar el emparejamiento de los campos del WSDL con los del modelo de referencia.

5.4.1.3. Subsistema Recolector

Se encarga de conectarse al listado de servicios web que están almacenados, obtenidos de los registros que haya tenido la aplicación. Además de conectarse a los mismos, tiene el objetivo de a partir de las reglas definidas de emparejamiento que se establezcan en el registrador y devolver los datos en un formato que sea independiente de la Universidad de la que se obtienen.

5.4.1.4. Subsistema Publicador

Su función es publicar los servicios web y hacer de nexo común entre todos los servicios web que estén registrados y las universidades que quieran obtener la información del sistema, pues será el punto de acceso que tendrán para obtenerlos.

5.4.2. Descripción de los Interfaces entre Subsistemas

La aplicación desarrollada es modular y para su integración se utilizó Maven⁴⁹. Dicha herramienta facilita la integración entre los distintos módulos desarrollados e incluso permite la integración de los mismos de forma distribuida. Esa habilidad se logra mediante la distribución de bibliotecas JAR, de los interfaces o componentes involucrados.

En nuestro caso se tienen los siguientes interfaces: `MatcherManagerService`, `SearchEngineService`, `UniversityManagerService`, `OperationsWrapperService` y `WebServiceManagerService` que son los encargados de ofrecer los servicios de cada componente a los demás.

5.5. Diagrama de Clases

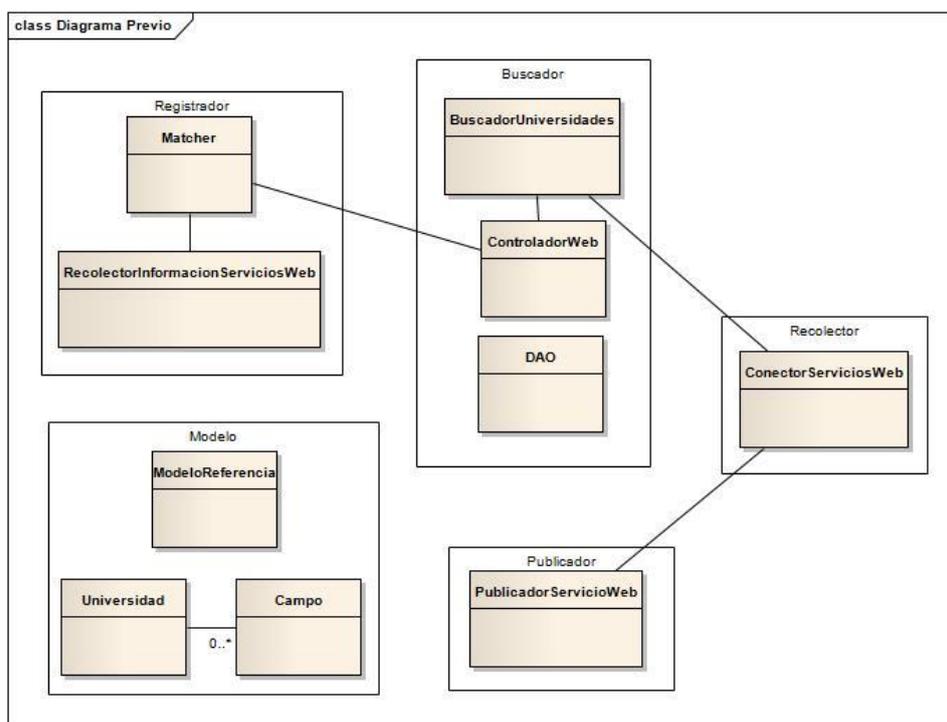


Figura 36: Diagrama de clases

⁴⁹ Maven: <http://maven.apache.org/> revisado el 15 de Enero de 2015.

5.5.1. Descripción de las Clases

5.5.1.1. Subsistema Registrador

Nombre de la Clase
Matcher
Descripción
Se encarga de aplicar los métodos de 'String Metrics' a los campos obtenidos en el recolector. Aunque antes deberá conectarse a la base de datos NoSQL y obtener los emparejamientos previos realizados y comprobarlos.
Responsabilidades
Emparejar los campos de la universidad con los del modelo de referencia.
Atributos Propuestos
DAO: almacenar los mapeos resultantes Campos: listado de campos obtenidos del servicio web.
Métodos Propuestos
aplicarStringMetrics: aplica las funciones 'String Metrics' para medir cuánto se parecen dos cadenas. buscarEmparejamiento: busca en la base de datos de emparejamientos previos. almacenarEmparejamientos: guarda en base de datos los emparejamientos realizados.

Nombre de la Clase

RecolectorInformacionServiciosWeb
Descripción
Se encarga de recoger información importante del fichero WSDL mediante la instanciación dinámica del mismo y combinándolo con reflectividad.
Responsabilidades
Recoge toda la información posible: campos, métodos, retornos...
Atributos Propuestos
<p>WSDL: url del servicio web</p> <p>Campos: campos obtenidos del servicio web</p> <p>Métodos: métodos obtenidos del servicio web</p>
Métodos Propuestos
<p>getCampos: obtiene los campos de las clases del servicio web.</p> <p>getOperaciones: obtiene las operaciones que se pueden ejecutar en el servicio web.</p>

5.5.1.2. Subsistema Buscador

Nombre de la Clase
BuscadorUniversidades
Descripción
Se comunica con el buscador para realizar la búsqueda, según los criterios propuestos por el usuario.
Responsabilidades

<p>Traducir los parámetros introducidos por el usuario y comunicárselos al servidor Lucene para que realice la búsqueda.</p> <p>Presentar los resultados.</p>	
<p>Atributos Propuestos</p>	
<p>Parámetros: ‘keywords’ que introducirá el usuario en el buscador.</p>	
<p>Métodos Propuestos</p>	
<p>Buscar: realiza la llamada al interfaz de Solr.</p>	
<p>Nombre de la Clase</p>	
<p>ControladorWeb</p>	
<p>Descripción</p>	
<p>El encargado de filtrar las peticiones y mapearlas al método correspondiente, según la dirección introducida en el navegador por el usuario.</p>	
<p>Responsabilidades</p>	
<p>Hacer de controlador Web.</p>	
<p>Atributos Propuestos</p>	
<p>Métodos Propuestos</p>	

<p>Nombre de la Clase</p>
<p>DAO</p>

Descripción
Interactuar con la Base de Datos y será el encargado de realizar la persistencia de la aplicación
Responsabilidades
Gestionar comunicaciones con la base de datos. Obtener datos de la base de datos. Almacenar datos en la base de datos.
Atributos Propuestos
Métodos Propuestos
almacenarUniversidad: guarda una información de una universidad en BD. almacenarEmparejamiento: guarda el emparejamiento en BD.

5.5.1.3. Subsistema Recolector

Nombre de la Clase
ConectorServiciosWeb
Descripción
Su función es la de conectarse a los distintos servicios web que estén registrados en la aplicación. Una vez conectado, se hacen las peticiones oportunas para obtener la información deseada al modelo de referencia y devolverla al peticionario.
Responsabilidades
Gestionar las conexiones con los servicios web registrados.

Modificar los datos obtenidos para transformarlos a un modelo común.
Atributos Propuestos
<p>WSDLs: listado de ‘urls’ de los servicios web a invocar</p> <p>Emparejamientos: emparejamientos realizados previamente para unificar los resultados</p>
Métodos Propuestos
<p>invocarMetodo: invocar el método correspondiente de forma dinámica sin generar el ‘stub’ típico y con los parámetros indicados.</p>

5.5.1.4. Subsistema Publicador

Nombre de la Clase
PublicadorServiciosWeb
Descripción
Su función consiste en hacer de entrada a las universidades para recolectar la información que desean. Este subsistema es lo suficientemente configurable para abarcar diversas configuraciones.
Responsabilidades
Ofrecer un WSDL con un método para recoger información de los servicios web registrados.
Atributos Propuestos
<p>Categoría: categoría que se emplea para filtrar la información, en el caso de querer recuperar las becas, se puede filtrar por “Vicerrectorado”, “Alumno”, “Curso”...</p> <p>Universidad: si se desea filtrar por universidad, su nombre.</p>

Parámetros: en caso de ser varios, se emplean filtros para gestionar la lista de parámetros.

Métodos Propuestos

obtenerInformacion: obtiene la información llamando al recolector en función de los parámetros que se definan en la llamada.

5.6. Análisis de Casos de Uso y Escenarios

5.6.1. Registrar Universidad

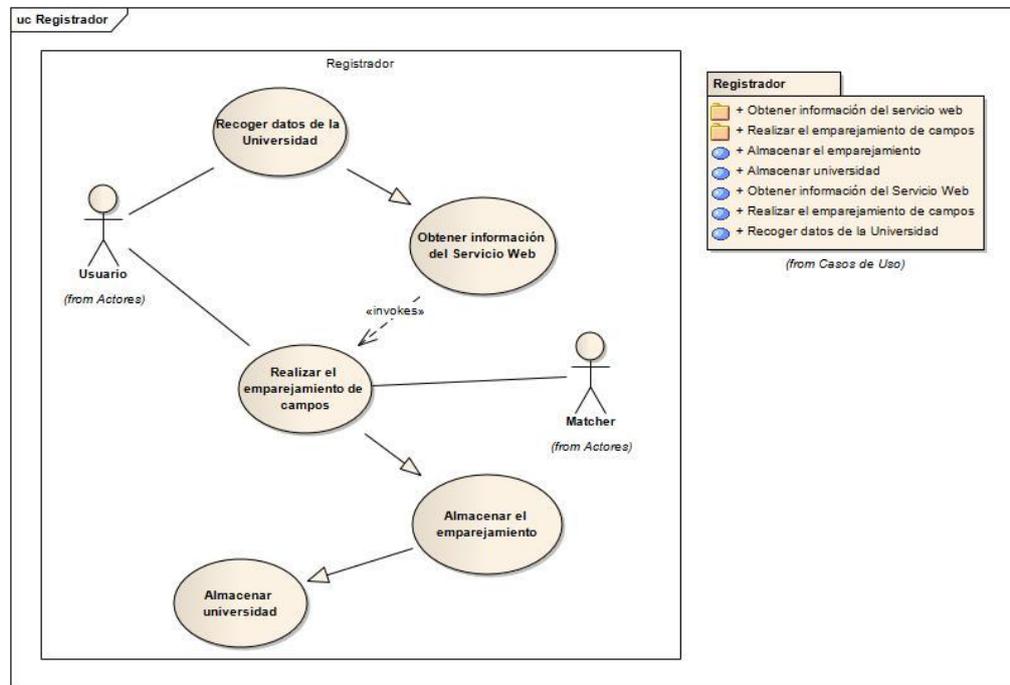


Figura 37: Casos Uso. Registrar una Universidad

Registrar Universidad	
Precondiciones	El servidor de aplicaciones debe estar corriendo la aplicación y el usuario debe estar dentro de la página web.

Registrar Universidad	
Poscondiciones	La Universidad y sus emparejamientos deben estar almacenados en la base de datos.
Actores	Usuario, Matcher
Descripción	<p>Usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario introduce los datos de la universidad en el formulario. 2. El usuario valida los emparejamientos ofrecidos por el sistema. <p>Matcher:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Empareja los campos de forma automática mediante una estimación. <p>Se almacenan los emparejamientos y la Universidad.</p>
Variaciones (escenarios secundarios)	
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario no ha introducido los campos correctos en el formulario. • El servicio web de la universidad no está disponible.
Notas	

5.6.1.1. Obtener información del Servicio Web

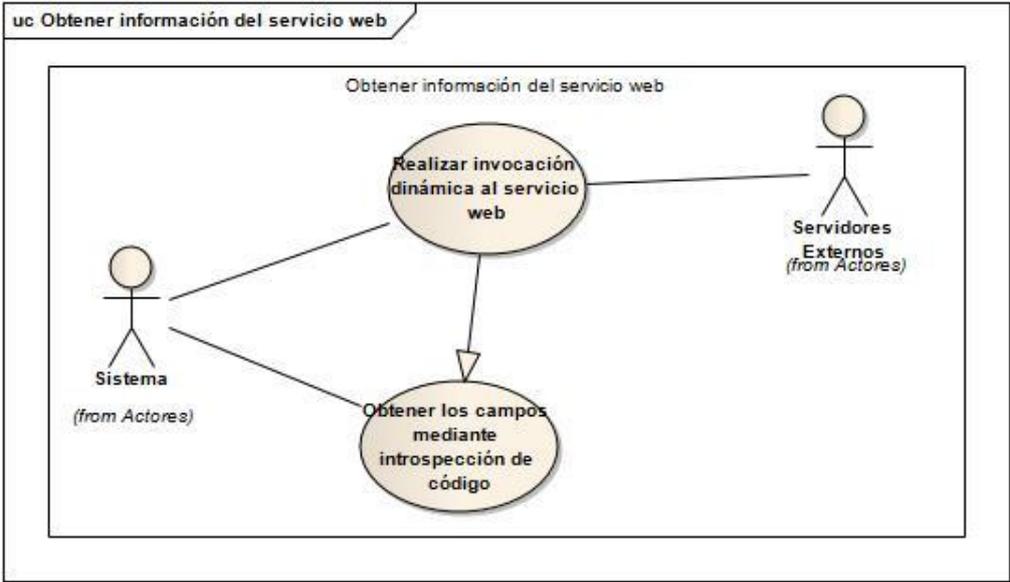


Figura 38: Casos Uso. Obtener información del Servicio Web

Obtener información del Servicio Web	
Precondiciones	El Servicio Web de la universidad a inscribirse ha de estar disponible
Poscondiciones	El sistema debe presentar los emparejamientos
Actores	Sistema, Servidores Externos
Descripción	Sistema: <ol style="list-style-type: none">1. Instancia dinámicamente el Servicio Web.2. Recoge los campos obtenidos mediante reflectividad. Servidores Externos: <ol style="list-style-type: none">1. Responde a la llamada del sistema cuando se solicite el Servicio Web.

Variaciones (escenarios secundarios)	
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> • El Servicio Web de la universidad no está disponible.
Notas	

5.6.1.2. Realizar el emparejamiento de campos

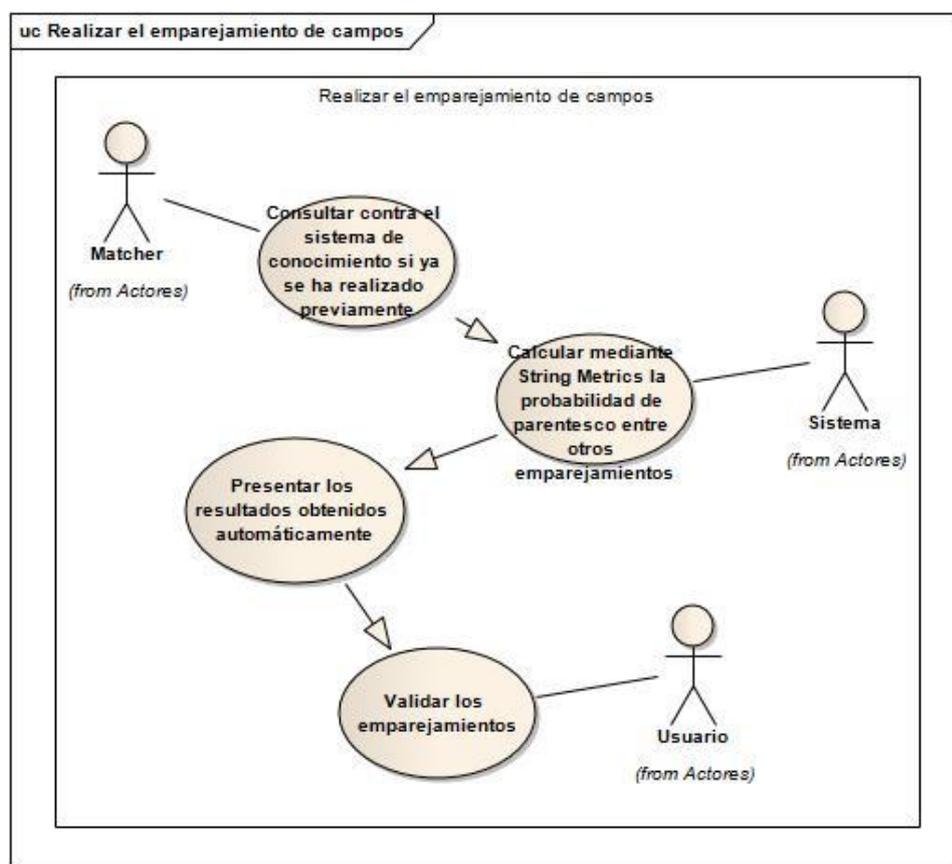


Figura 39: Emparejamiento de campos

Realizar el emparejamiento de campos	
Precondiciones	Se deben haber obtenido los campos del Servicio Web, en concreto del descriptor del servicio

Poscondiciones	El sistema devuelve los emparejamientos realizados automáticamente
Actores	Matcher, Sistema, Usuario
Descripción	<p>Matcher:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Consultar contra el sistema de conocimiento si ya se ha realizado un emparejamiento igual previamente. 2. Aplicar reglas ‘String Metrics’ en comparación con los resultados obtenidos del sistema de conocimiento. 3. Evaluar los resultados en función de un factor, después de aplicar el promedio de las tres funciones de ‘String Metrics’. 4. Presentar los resultados obtenidos autónomamente. <p>Usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Validar los parámetros que se le presentan y rectificarlos si no son correctos.
Variaciones (escenarios secundarios)	-
Excepciones	-
Notas	-

5.7. Análisis de Interfaces de Usuario

El concepto que se diseñó para las interfaces de usuario es simple. Una pantalla con un formulario para el registro de las nuevas universidades, una

pantalla de buscador que muestre los resultados y la visión del detalle de cada una de las universidades registradas.

5.7.1.1. Formulario de registro

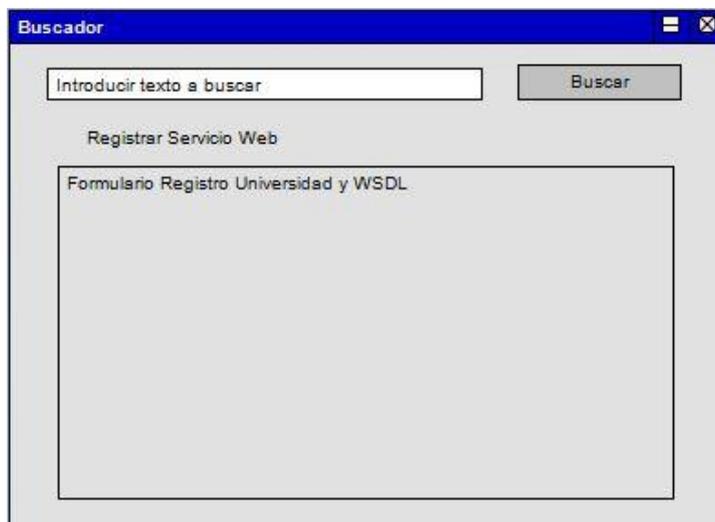


Figura 40: Interfaz de Usuario. Formulario de Registro

Esta pantalla es un prototipo de lo que se buscaría a la hora de registrar las nuevas universidades.

En la parte superior se encuentra un buscador para poder localizar las universidades que ya estén registradas. En la otra parte de la pantalla, hay un formulario que recogerá datos de la universidad como puede ser el nombre, la dirección de sus servicios web, los campos a emparejar e información del solicitante, sus métodos del servicio web, entre otros.

5.7.2. Buscador

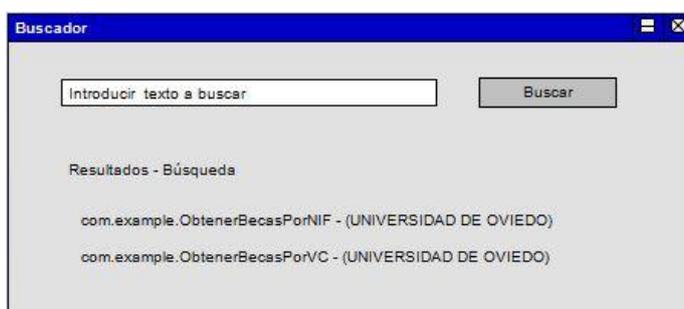


Figura 41: Interfaz de Usuario. Buscador

Esta pantalla es un prototipo del listado de resultados que presentaría el buscador, por ejemplo, al buscar un término que pudiera ser “Universidad de Oviedo”. En el listado se pueden ver todas las operaciones que ofrecería la Universidad y se seleccionará cualquiera del listado para ver el detalle de la misma.

5.7.3. Detalle de Universidad

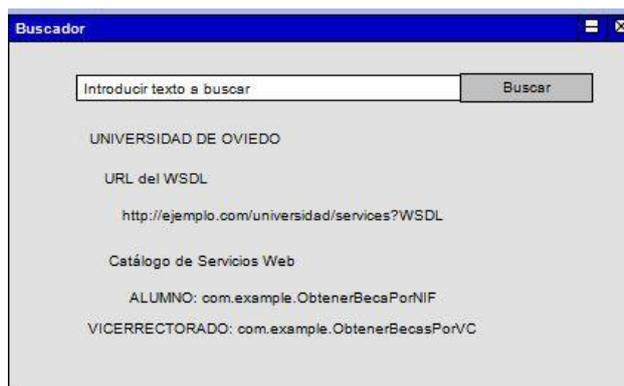


Figura 42: Interfaz de Usuario. Detalle Universidad

En el detalle de la Universidad se muestra el nombre, su URL donde encontrar su servicio web y el catálogo de operaciones que presenta el servicio web, además de indicar la categoría de cada una de las operaciones.

Como en todos los casos, la zona superior se destinada al buscador con el cajetín de texto para introducir las palabras claves y el botón de buscar.

5.7.3.1. Diagrama de Navegabilidad

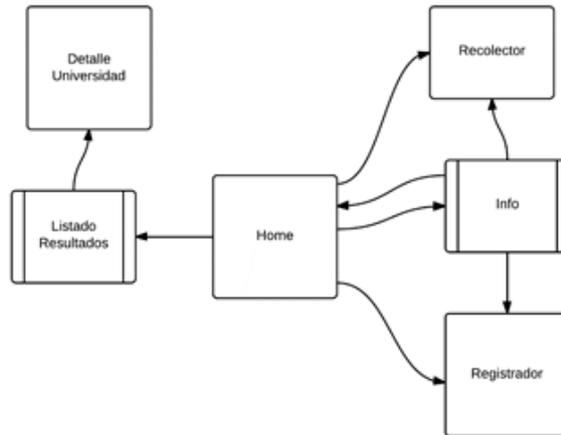


Figura 43: Diagrama de Navegabilidad

5.8. Arquitectura del Sistema

5.8.1. Diagramas de Paquetes

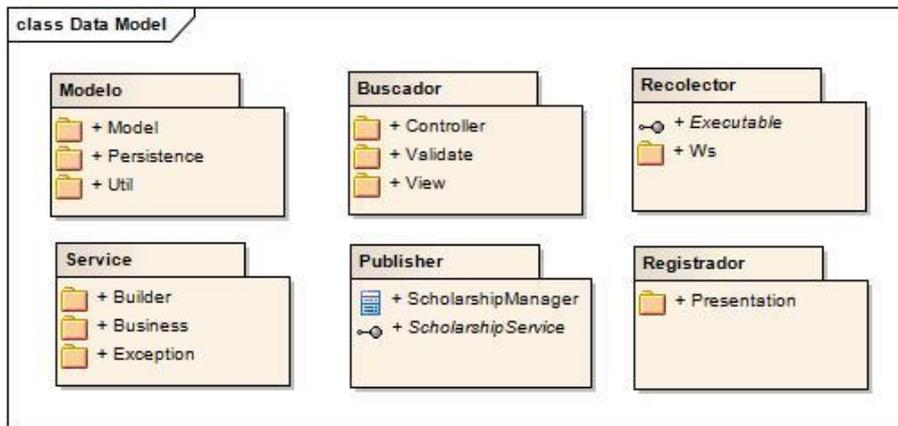


Figura 44: Arquitectura. Diagrama de Paquetes

5.8.1.1. Modelo

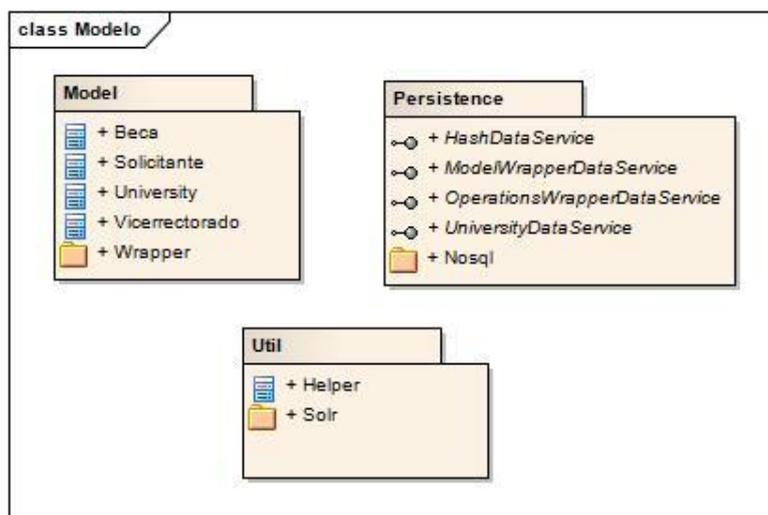


Figura 45: Arquitectura. Paquete Modelo

Este paquete contiene todos los modelos necesarios para utilizar la aplicación. Además también incluye las interfaces de persistencia y las clases de Utilidad.

5.8.1.2. Service

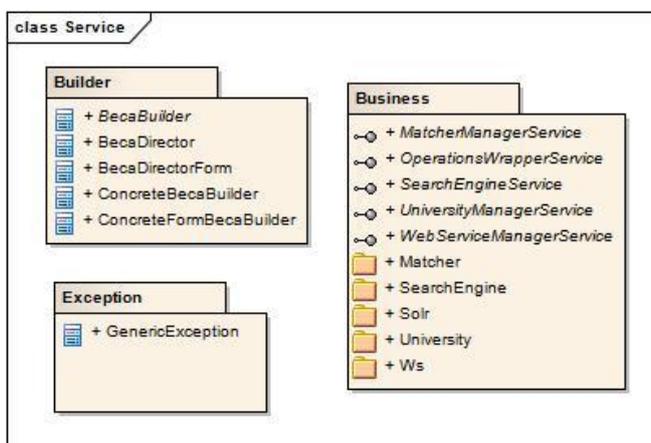


Figura 46: Arquitectura. Paquete Service

Este paquete incluye las interfaces correspondientes a la capa de servicio de la aplicación. Este y el anterior son los que van a interactuar con el resto de paquetes, pues contienen las operaciones de negocio necesarias para el funcionamiento desacoplado de la aplicación.

5.8.1.3. Buscador

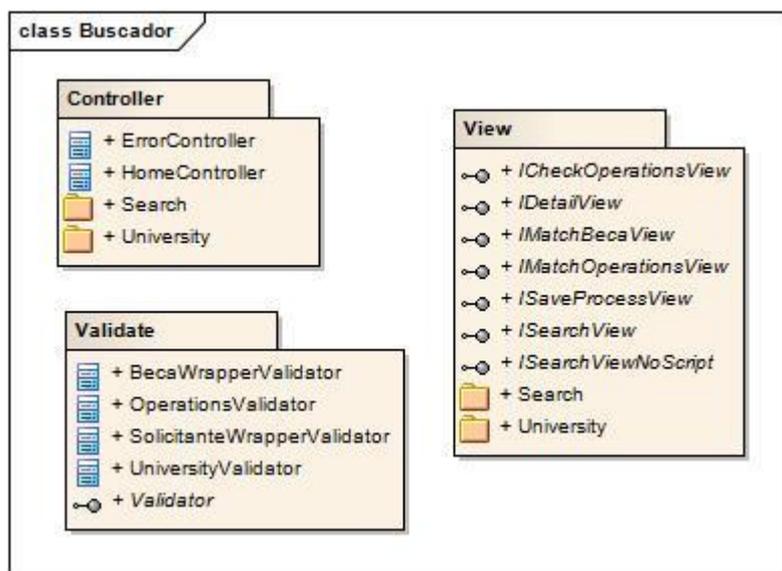


Figura 47: Arquitectura. Paquete Buscador

Incluye todas las clases necesarias para gestionar el controlador de la aplicación y la gestión del registro de nuevos servicios web por formulario, así como las búsquedas de los servicios web registrados.

5.8.1.4. Recolector

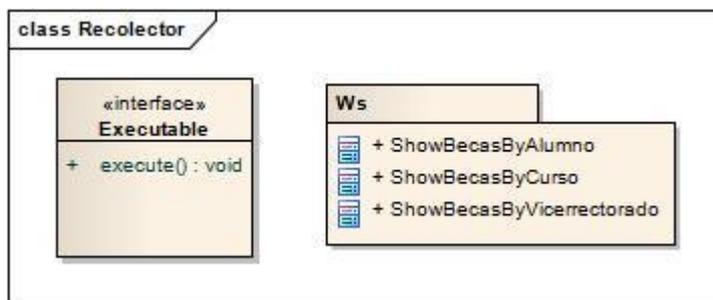


Figura 48: Arquitectura. Paquete Recolector

Es el encargado de obtener la información según la categoría De esta forma ofrecerá una clase por cada una de las categorías disponibles para la búsqueda, que en nuestro prototipo serán becas.

5.8.1.5. Registrador

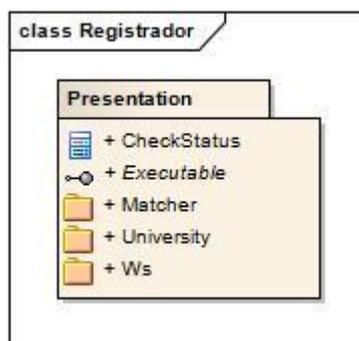


Figura 49: Arquitectura. Paquete Registrador

Es el encargado de llevar a cabo la función del registro de nuevos servicios web. En él se implementan las operaciones necesarias para el emparejador de campos, y el instanciador de servicios web de forma dinámica.

5.8.1.6. Publisher

Se encarga de ofrecer los servicios web para que las aplicaciones puedan acceder a la recolección de la información que ofrezcan los servicios web registrados en el sistema.

5.8.2. Diagramas de Despliegue

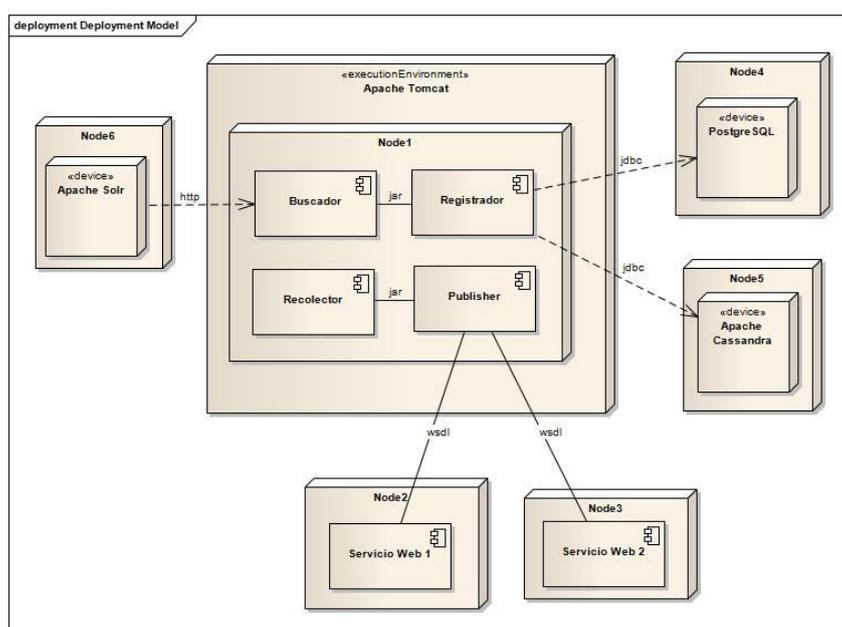


Figura 50: Diagrama Despliegue

5.8.2.1. Nodo 1

Contiene los componentes principales del sistema desarrollado, es el corazón del sistema diseñado para el prototipo de esta tesis. Son los siguientes componentes: Buscador, Registrador, Recolector y Publisher.

El sistema se ejecuta bajo un Servidor de Aplicaciones Apache Tomcat⁵⁰ 7 e interactúa con:

- El servidor buscador Apache Solr⁵¹ (Nodo 6).
- La base de datos relacional PostgreSQL⁵² (Nodo 4).
- La base de datos NoSQL Apache Cassandra⁵³ (Nodo 5).
- Los diferentes servicios web de las diferentes universidades (Nodo 2, Nodo 3).

5.8.2.2. Nodo 2 y Nodo 3

Contiene los servicios web de diferentes universidades. Estos servicios web están expuestos públicamente mediante su correspondiente descriptor del servicio WSDL.

5.8.2.3. Nodo 4

Contiene el servidor de bases de datos relacional PostgreSQL que almacena parte de la persistencia de la aplicación. La conexión con este servidor se realizará mediante un interfaz JDBC⁵⁴. Este nodo puede agregar

⁵⁰ Apache Tomcat, <http://tomcat.apache.org/> revisado 15 de Febrero de 2015.

⁵¹ Apache Solr, <http://lucene.apache.org/solr/> revisado 15 de Febrero de 2015.

⁵² PostgreSQL, <http://www.postgresql.org.es/> revisado 15 de Febrero de 2015.

⁵³ Apache Cassandra, <http://cassandra.apache.org/> revisado 15 de Febrero de 2015.

⁵⁴ Interfaz JDBC para PostgreSQL, <http://www.postgresql.org/docs/7.3/static/jdbc.html> revisado 15 de Febrero de 2015.

nuevos ‘clusters’ en función de la carga que se demande del mismo en un futuro.

5.8.2.4. Nodo 5

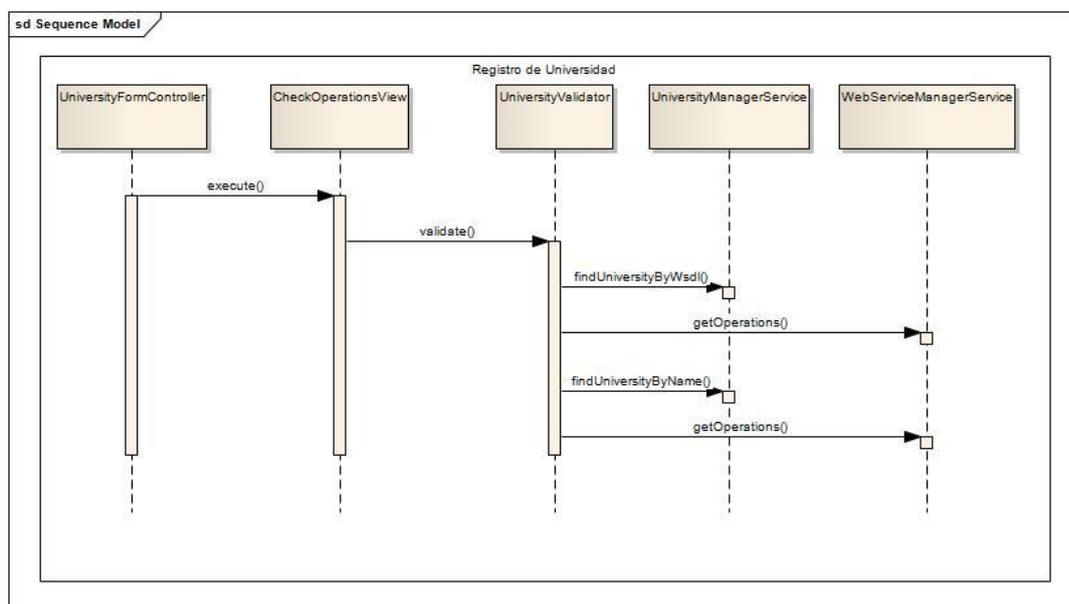
Contiene un servidor Apache Cassandra con una base de datos NoSQL “clusterizable” en modo servidor. Podrá generar replicación “maestro-esclavo” si se requiriera por motivos de rendimiento de la aplicación.

5.8.2.5. Nodo 6

Contiene el servidor Jetty⁵⁵ que se encarga de ejecutar la aplicación Apache Solr. Este servidor se encarga de llevar a cabo la búsqueda de los servicios web registrados, que él mismo se encarga de indexar en sus diccionarios.

5.9. Diagramas de Interacción y Estados

5.9.1. Registro de una nueva Universidad



⁵⁵ Servidor Jetty, <http://eclipse.org/jetty/> revidado 15 Febrero 2015.

Figura 51: Diagrama Secuencia. Registro Universidad: Paso 1

El controlador de la aplicación deriva a la vista representada por CheckOperationsView, los pasos son:

- 1) Validar los campos recibidos del formulario.
- 2) Buscar la universidad en la base de datos.
- 3) Obtienen las operaciones.
- 4) Se puede intentar buscar la universidad por otros parámetros.

Los pasos anteriores, sirven para comprobar que la universidad no se ha registrado previamente. Finalmente se devuelve el control al controlador del sistema para que represente la vista del siguiente paso del formulario.

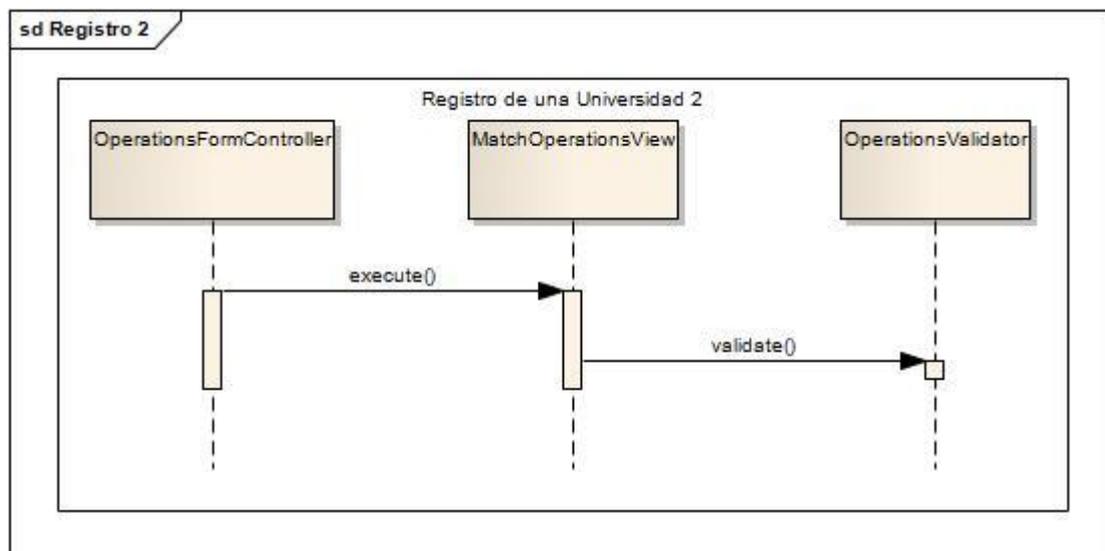


Figura 52: Diagrama Secuencia. Registro Universidad: Paso 2

En esta segunda parte del registro es en la que se seleccionan las operaciones y el nombre del modelo, con lo que se deberán de validar los parámetros de entrada del formulario y se devolverá el control al controlador del sistema a la vista para seleccionar y emparejar los campos del sistema de información que se está gestionando, en nuestro caso, sería con el servicio de Becas.

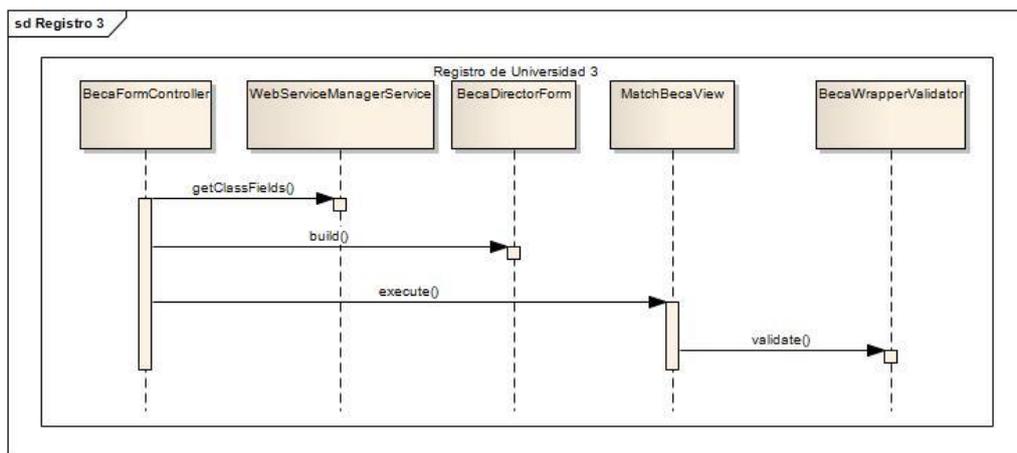


Figura 53: Diagrama Secuencia. Registro Universidad: Paso 3

Antes de presentar el formulario, se obtendrán los campos del servicio web de la universidad que se registran y se intentan emparejar con los del modelo de referencia. Una vez seleccionados los campos por el usuario, se procede a validarlos antes de devolver el control a la vista correspondiente para introducir los datos del Solicitante.

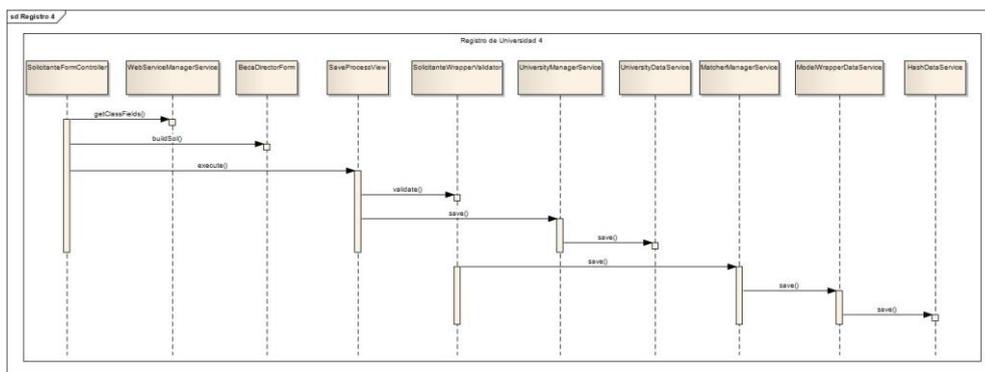


Figura 54: Diagrama Secuencia. Registro Universidad: Paso 4

Como en el caso anterior, antes de presentar el formulario, se obtendrán los emparejamientos que se consideren idóneos entre el Solicitante y el modelo de referencia.

Una vez presentado, se seleccionan los emparejamientos por parte del usuario y se validan los campos que estén introducidos de forma correcta. Cuando se tienen los emparejamientos confirmados se procederá a guardarlos

todos, así como los datos que se han recogido en todo el proceso, de esta forma se evita que el sistema quede en forma inconsistente.

5.9.2. Buscador

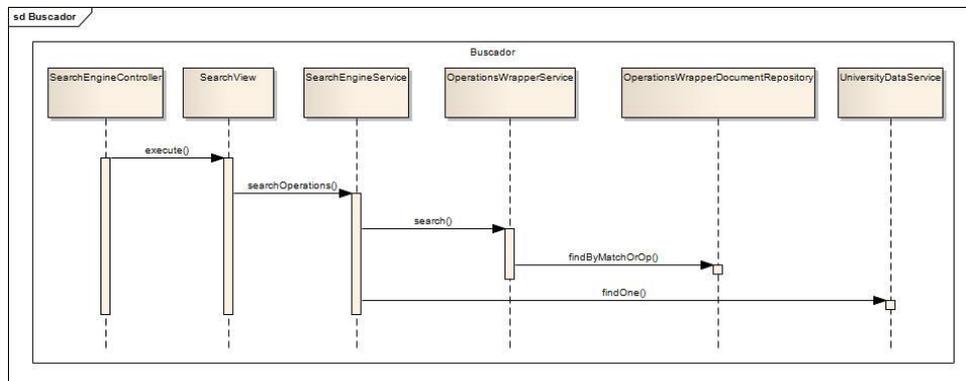


Figura 55: Diagrama Secuencia. Buscador

Una vez el usuario introduce los conceptos de la búsqueda, el controlador derivará en la vista la ejecución, que a través de los ‘managers’ terminará consultando con el servidor de búsqueda los conceptos introducidos por el usuario.

5.9.3. Publicador

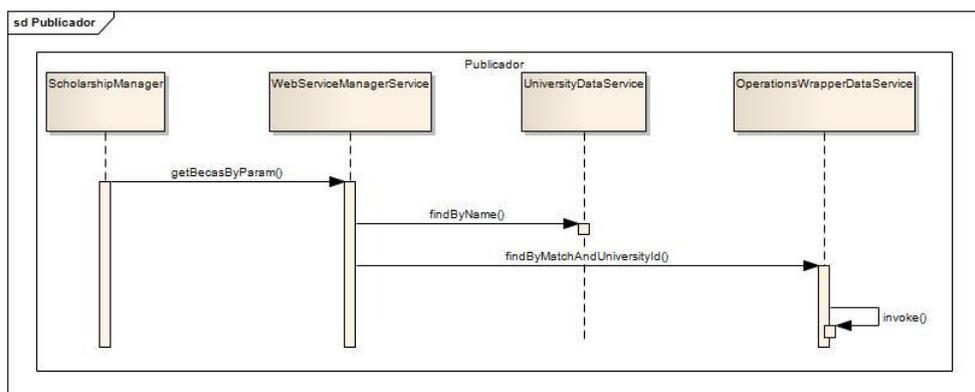


Figura 56: Diagrama Secuencia. Publicador

A la hora de la llamada que realizarán los sistemas de terceros cuando quieran consultar datos del sistema -en este caso de becas- lo tendrán que hacer a través del ScholarshipManager, que configurarán con una serie de parámetros

(categoría, universidad) y se encargará de obtener los mapeos de la universidad concreta entre el modelo de referencia y los modelos de la universidad, para finalmente realizar la invocación dinámica al servicio web de cada institución.

5.10. Diagramas de registro de un servicio

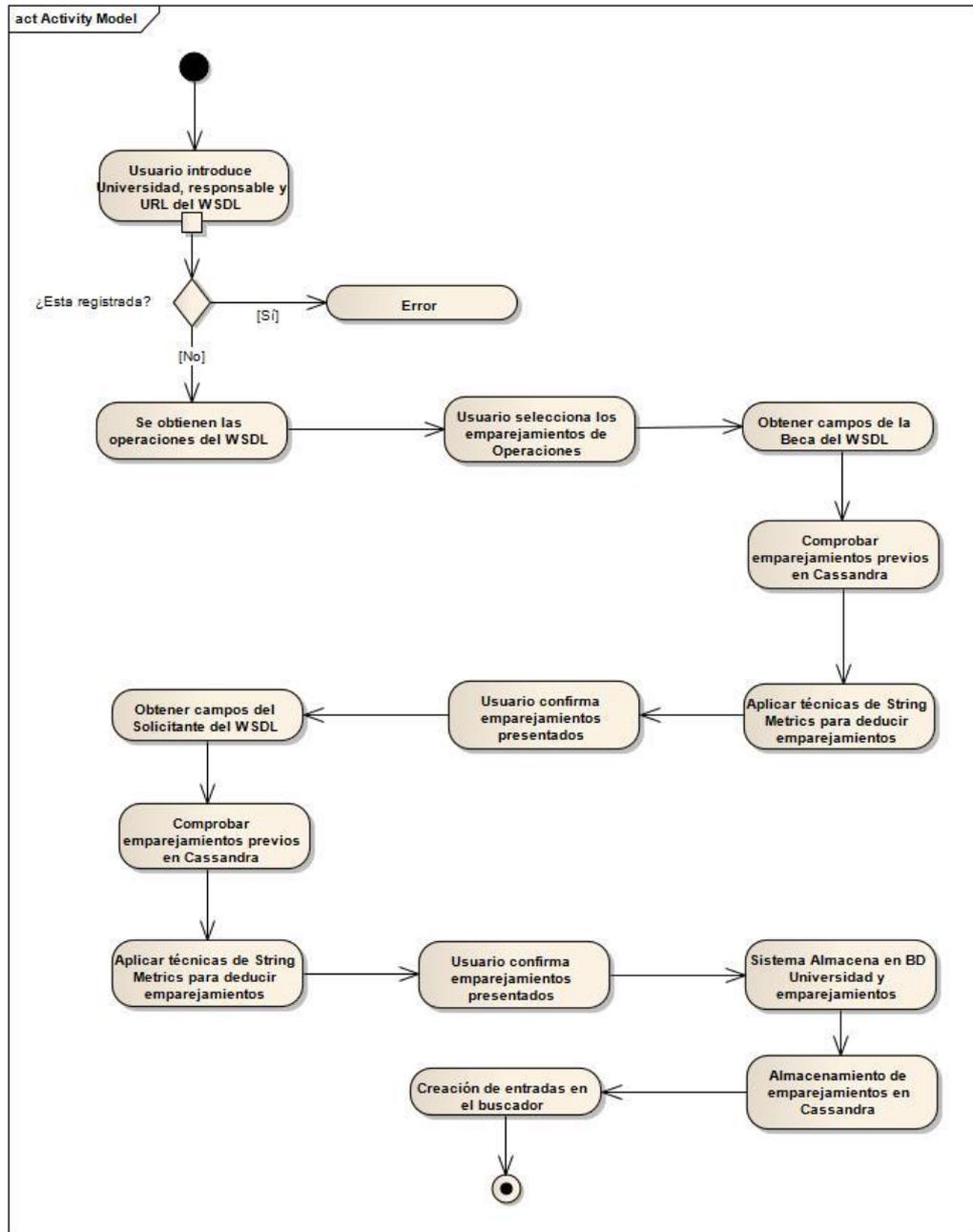


Figura 57: Diagrama de Registro de un servicio de una Universidad

5.11. Diseño de la Base de Datos

5.11.1. Descripción del SGBD

El Sistema Gestor de Bases de Datos empleado en el desarrollo del prototipo de esta tesis es PostgreSQL.

5.11.2. Integración del SGBD en Nuestro Sistema

La función que tiene el sistema gestor de bases de datos en nuestro sistema es la de almacenar las nuevas universidades que se registren en la aplicación y los mapeos entre los campos de cada universidad y sus operaciones.

5.11.3. Diagrama E-R

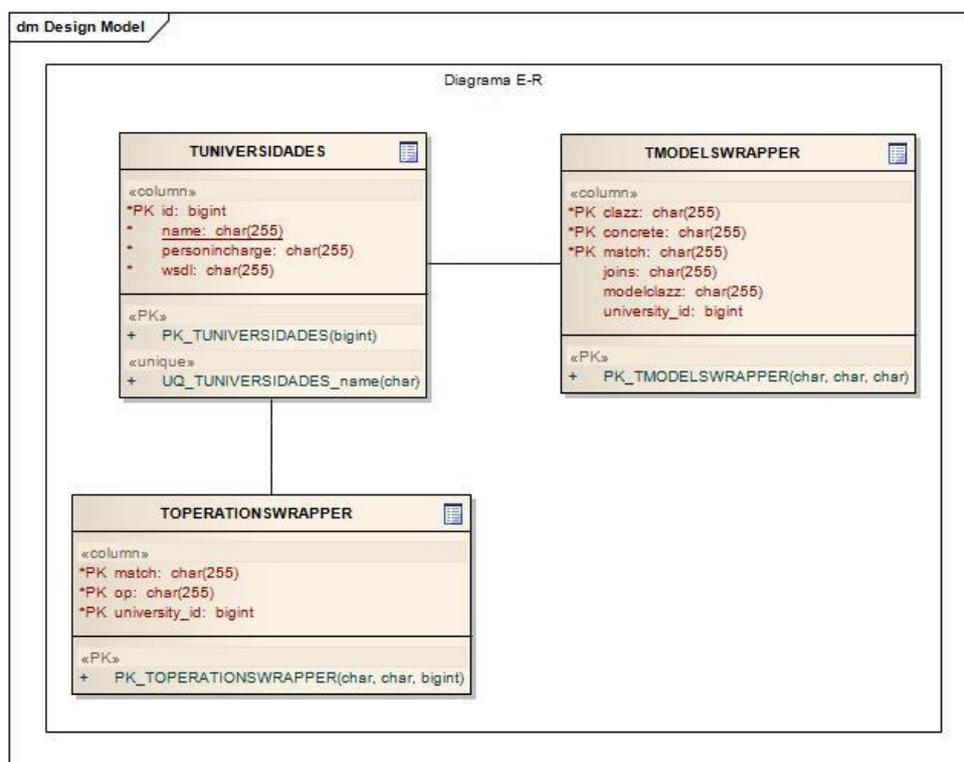


Figura 58: Diagrama E-R

6. Evaluación y validación

6.1. Introducción

Este capítulo describe el proceso de validación que se ha llevado a cabo a partir de las hipótesis planteadas. La validación resulta una fase de gran importancia para los investigadores ya que permite estudiar el alcance del trabajo y demostrar si las hipótesis de las que parte son probadas como verdaderas, falsas o por el contrario no se pueden demostrar.

Tras haberse expuesto la totalidad de los objetivos, las decisiones de diseño tomadas para alcanzarlos y los diferentes conceptos utilizados, este capítulo se encarga de evaluar los resultados alcanzados por el sistema propuesto. Para ello se establece una metodología de validación adaptada a cada hipótesis que permita una demostración más precisa y fiable.

Para finalizar el capítulo se presenta un resumen o discusión final que expone unas conclusiones basadas en los resultados obtenidos y confirman la viabilidad de la solución propuesta.

En el capítulo 3 se han definido y justificado las diferentes decisiones de diseño que permiten afrontar los retos planteados por la investigación. Esta justificación permite asegurar de forma teórica la adecuación de los diseños propuestos en relación a la solución planteada, cuyo objetivo final es la validación de las hipótesis que han guiado la totalidad del proceso de investigación.

En las hipótesis expuestas en la sección 7.1 se plantea la creación de un modelo o arquitectura de interoperabilidad de sistemas de información del mismo ámbito mediante el mapeo de descriptores de servicios Web. Estas hipótesis se han dividido en principales y secundarias de manera que se puedan establecer una serie de objetivos parciales que guíen el proceso y permitan alcanzar adecuadamente las metas de la tesis.

A lo largo de las siguientes secciones se detallan los procesos seguidos para demostrar cada una de las hipótesis, de forma que se proporcione una información objetiva sobre los resultados alcanzados por la investigación, probando así el éxito de la misma.

Además, para poder validar determinados aspectos del sistema, se ha desarrollado un procedimiento que permite mostrar el correcto funcionamiento del conjunto.

6.2. Metodología de validación

La metodología de validación establece los criterios que se seguirán a la hora de evaluar los diferentes aspectos relevantes que permitan demostrar la validez y eficiencia del sistema derivado de la investigación realizada. Para ello y como se comentaba con anterioridad, se tomarán como base las hipótesis planteadas en la sección 1.3.

Debido al carácter multidisciplinar del trabajo y a los conceptos heterogéneos representados en las hipótesis, no se ha podido establecer una metodología general de demostración que permita cubrir de forma objetiva todas las hipótesis y seguir así un mismo patrón de validación. Por esta razón se ha decidido estudiar cada hipótesis de manera aislada e individual y elegir para cada una de ellas el método de demostración más adecuado y adaptado a sus características particulares, de esta manera se podrá proporcionar un mejor estudio de los resultados arrojados por el sistema en cada caso.

A pesar de que no es posible establecer una metodología de validación común para todas las hipótesis, sí que se han seguido una serie de pasos para la demostración de todas ellas que permiten determinar el mejor proceso de validación de cada hipótesis y presentar una serie de resultados que garanticen su correcto enfoque y funcionamiento.

La siguiente figura muestra la secuencia de pasos realizados para conseguir una evaluación objetiva:

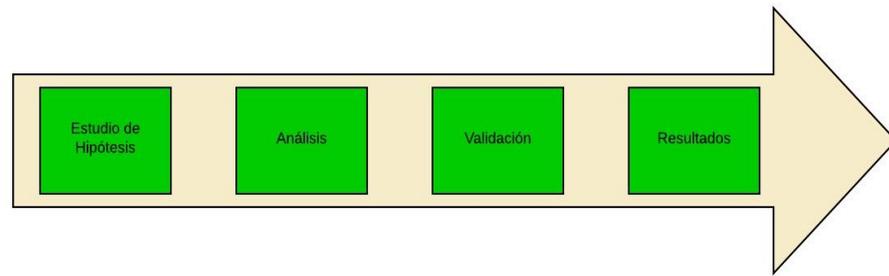


Figura 59: Fases para la validación de las hipótesis

Como se puede comprobar en la figura 59, el proceso a seguir para la demostración de cada hipótesis de forma individual se divide en cuatro fases:

1. **Estudio de la hipótesis:** el estudio preliminar de la hipótesis permitirá conocer la naturaleza de la misma y de esta manera determinar si el enfoque de la validación debe tener carácter teórico o práctico y plantear una serie de alternativas (en caso de que las haya) que permitan una demostración más fiable y adecuada a la hipótesis particular.
2. **Análisis:** una vez conocidas las posibles alternativas, analizar los pros y contras de cada una de ellas y realizar un proceso de toma de decisión que dé como resultado la elección de un método de validación eficaz y objetivo.
3. **Validación:** tras seleccionar el proceso de demostración que mejor se adapte a las características de la hipótesis en particular, se presenta el modelo que permita al lector entender de forma clara las implicaciones del trabajo realizado, así como observar que la hipótesis ha sido demostrada en su totalidad.
4. **Resultados:** como última fase se hace necesario presentar los resultados obtenidos y una explicación razonada de la forma en la que se ha llegado a ellos y lo que supone el avance conseguido (si lo hubiese) para el campo en el que se encuentre.

Siguiendo los pasos previamente mencionados y cubriendo los contenidos de cada una de las fases, el proceso de validación completo permitirá extraer unas conclusiones firmes, objetivas y fundamentadas que

proporcionarán toda la información necesaria para comprender el alcance de la investigación realizada y las aportaciones de la misma.

A continuación se presenta el proceso de validación de cada una de las hipótesis que se han planteado en el desarrollo de esta tesis.

6.3. Validación de hipótesis

En esta sección se presenta el estudio y análisis particular de cada una de las hipótesis, siguiendo las fases detalladas en la sección anterior. Con ello se alcanza el aseguramiento de unos resultados fiables y se permite demostrar las hipótesis expuestas, objetivo principal de la investigación desarrollada.

A continuación, se presenta cada una de las hipótesis del trabajo y su validación correspondiente a través del sistema global desarrollado para ello. Esta validación se dividirá en los bloques presentados en la sección 3.1, descripción de hipótesis. Partiendo de esta organización, se planteará la hipótesis principal de cada bloque y se validará cada una de las hipótesis secundarias en las que se descompone quedando, por consiguiente, validada la hipótesis principal al estar formada por la unión de dichos objetivos parciales.

6.3.1. Hipótesis 1

Esta hipótesis enuncia que un modelo declarativo para normalizar la información contenida en los servicios web, debido a estar contruidos de forma independiente unos de otros, deberá depender de un organismo regulador que proponga un estándar o norma por el cual se tendrán que regir estos servicios web, o al menos, los datos que ofrecen. De esta manera, esta hipótesis se centra en el problema de la creación de un modelo unificador y la aportación de las tecnologías para solucionar el problema de la interoperabilidad.

Para la validación de esta hipótesis se debe demostrar la viabilidad de creación de un modelo para la interoperabilidad de servicios web y el empleo de estándares tecnológicos para resolver el problema planteado. Por esta razón se han creado las siguientes hipótesis secundarias que dividen el problema y permiten estudiar cada aspecto de forma aislada y detallada para proporcionar

un proceso de validación adecuado en cada caso y cuya demostración conjunta permite validar la hipótesis principal planteada en este bloque.

6.3.1.1. Hipótesis 1.1

El enunciado de esta hipótesis nos indica que es posible desarrollar un modelo de interoperabilidad basado en estándares, para ello es obligatorio tener un modelo centralizado que está definido por una entidad u organismo regulador para lograr las siguientes premisas:

- **Servicios Web de nueva creación bajo este mismo estándar:** con la creación de un centro, entidad u organismo responsable y coordinador del modelo, se fija una documentación y estándar oficial, que a su vez expone una capa de Servicios Web para generar el emparejamiento uno a uno con el modelo utilizado en la herramienta. De esta forma, se generan Servicios Web que están preparados para integrarse de forma inmediata en el sistema de explotación de información que plantea la herramienta.
- **Exponer los Servicios Web existentes bajo este modelo:** ofreciendo la posibilidad de explotar la información de los diferentes Servicios Web que están registrados en el sistema propuesto de una forma unificada y prevista por este modelo y siendo capaz de cubrir la necesidad que pueda surgir, a la hora de requerir el consumo de información de diversos puntos de forma transparente, sin importar de dónde provenga la información. Además, esto también facilita la generación de nuevas aplicaciones que exploten este modelo, pues sabrán sobre qué construir y tendrán la seguridad de estar trabajando sobre un modelo oficial que está respaldado.

Por tanto, este trabajo se encarga de solventar los problemas que surgen a nivel de los sistemas de información que desean interoperar, ya que para el

sistema diseñado los procesos y los protocolos no suponen un problema ni constituyen un elemento central. Las incompatibilidades de los datos surgen cuando varias aplicaciones desean intercambiar información para de esta manera poder acceder a datos de los que carecen con la mínima interacción humana posible, consiguiendo un sistema con el mayor grado de automatización. Cada sistema a interoperar o intercambiar información posee un conjunto de campos con sus formatos correspondientes, que tiene que intercambiar con el sistema regulador de información. Estos campos son libres con el fin de que el propietario de la aplicación deba hacer el menor número de modificaciones sobre ella para actuar en el modelo de interoperabilidad. Aún con esto, se debe establecer una relación de concordancia de sus campos con los presentes en el modelo del dominio al introducir su sistema en la plataforma.

Una vez que el propietario ha realizado este paso con su correspondiente mapeado en el sistema, el modelo contiene información suficiente de los sistemas de información a interoperar o interconectar para intercambiar información como para que el modelo haga uso de ella para automatizar el proceso de intercambio de información, momento en el que pueden surgir las incompatibilidades o desacoplamiento entre los sistemas. La libertad a la hora de asignar los formatos genera que un mismo campo de dos sistemas pueda tener distintas representaciones tanto a nivel de nombre como de tipo de datos asignado. Es aquí cuando el sistema, a través de la información capturada por el modelo, se percató de esta incompatibilidad e intenta solventarla.

6.3.1.2. Hipótesis 1.2

El enunciado de esta hipótesis nos indica que es posible desarrollar un modelo de interoperabilidad que permita la heterogeneidad y variedad de servicios web, derivado de la hipótesis 1.1. Al generar un modelo estándar y de referencia se permite crear unos nuevos servicios web que, a su vez, pueden consumir el punto de acceso que proporciona nuestra herramienta de forma unificada, siendo posible de esta forma incluso añadir diferentes maneras de exponer esta información. Si nuestra herramienta proporciona Servicios Web en formato WSDL, se pueden generar nuevos servicios que consuman este

Servicio Web y replicarlos en formato REST para una generación de aplicaciones que exploten esta información de forma más creativa y abriendo mayores oportunidades para interconectar e interoperar sistemas de información.

Para ello, vamos a comprobar que es posible lograr un modelo interoperable, a través del prototipo desarrollado. Para lograrlo, se reflejará el funcionamiento del mismo, a través de su entorno de ejecución.

El prototipo consta de una pantalla principal cuya funcionalidad primordial es la búsqueda de los servicios web del modelo de referencia. En la figura siguiente se visualiza una página web, la cual dispone de un campo de edición, donde se permite teclear el nombre del servicio que se desea buscar entre los ya registrados en el modelo de referencia creado.



Figura 60: Interfaz. Página de inicio

Si se observa la parte superior del formulario anterior, se dispone de una serie de ítems que hacen de menú de navegación: incluye un elemento para volver al inicio de la aplicación, otro para ir al formulario de registro de nuevos servicios web, otro para acceder a la información del recolector y otro para acceder a la información de la aplicación.

A continuación, se describen los pasos que se realizan para registrar un servicio en el modelo. Consta de varios pasos:

1. Identificar el descriptor WSDL del servicio web, mediante una URL, un nombre que identifique la Universidad y el propietario del servicio.

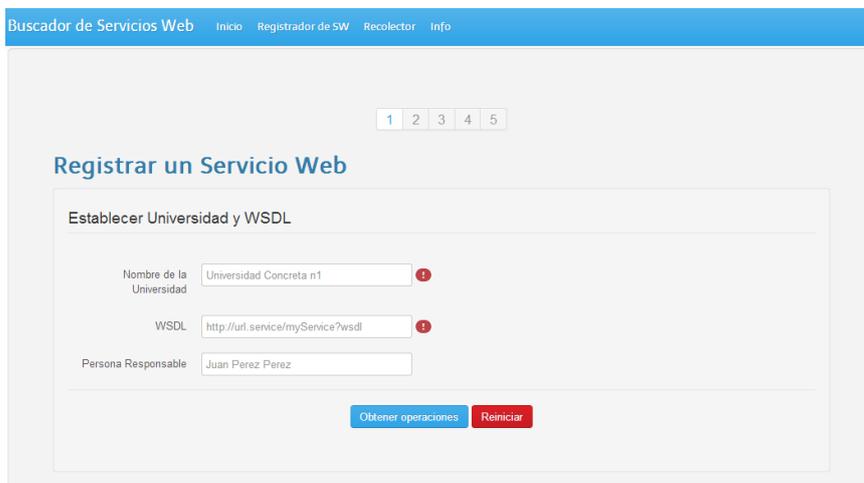


Figura 61: Interfaz. Formulario de registro

2. Seleccionar las operaciones mediante botones de tipo radio y una caja de texto para registrar el nombre del modelo, véase figura siguiente:

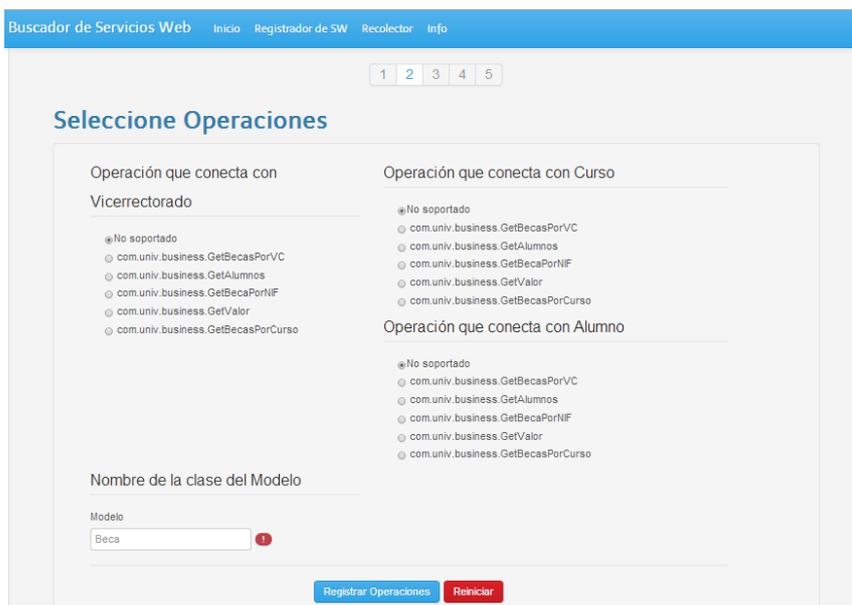


Figura 62: interfaz. Selección de Operaciones

3. Registrar el servicio web, los campos del formulario que representan atributos de la clase del modelo.

The screenshot shows a web application interface titled 'Emparejamiento de campos del Modelo'. At the top, there is a navigation bar with 'Buscador de Servicios Web', 'Inicio', 'Registrador de SW', 'Recolector', and 'Info'. Below the navigation bar is a breadcrumb trail with numbers 1, 2, 3, 4, 5. The main heading is 'Emparejamiento de campos del Modelo'. The sub-heading is 'Emparejamiento del modelo Beca'. The form contains the following fields:

Nombre del Procedimiento	nomb	1
Asunto de la Convocatoria	asunto	
Estado de la solicitud	estudios	
Destino	destino	1
Cuantía otorgada		1
Curso académico	curso	1

At the bottom of the form are two buttons: 'Enlazar campos' (blue) and 'Reiniciar' (red).

Figura 63: Interfaz. Emparejamiento campos Beca

4. Cada campo sigue siendo un atributo de la clase Solicitante del servicio web.

The screenshot shows a web application interface titled 'Emparejamiento de campos del Modelo'. At the top, there is a navigation bar with 'Buscador de Servicios Web', 'Inicio', 'Registrador de SW', 'Recolector', and 'Info'. Below the navigation bar is a breadcrumb trail with numbers 1, 2, 3, 4, 5. The main heading is 'Emparejamiento de campos del Modelo'. The sub-heading is 'Emparejamiento del modelo Solicitante'. The form contains the following fields:

Nombre del Solicitante	nomb	1
Primer apellido del Solicitante	ape1	1
Segundo apellido del Solicitante	ape2	
Documento Identificativo (valor)	doc	1
Tipo del Documento Identificativo	tipo_doc	1
Nacionalidad	nacion	
Sexo	genero	
Fecha de Nacimiento	fecha_nac	
Estudios	estudios	1

At the bottom of the form are two buttons: 'Enlazar campos' (blue) and 'Reiniciar' (red).

Figura 64: Interfaz. Emparejamiento campos solicitante.

En este punto, que es el momento en el que se registra el nuevo servicio en el sistema, se generaran nuevos servicios que consuman este Servicio Web y se replican en formato 'REST' para que las aplicaciones que explotan la información lo puedan hacer de forma más creativa y así se abren mayores

oportunidades para interconectar e interoperar sistemas de información. En este punto se podría definir una ontología y crear servicios semánticos para ser utilizados por terceros, una cuestión que se sale del ámbito de esta tesis.

5. Se ve reflejado en este quinto paso y tras informar de que se ha tenido éxito en la operación, se permite trasladar al usuario al inicio.



Figura 65: Interfaz. Formulario guardado

Una vez se ha registrado el servicio web, se puede utilizar el buscador para localizarlo. Se puede localizar por el nombre de la universidad, por algún nombre del método o por categoría.



Figura 66: Interfaz. Buscador

Tras realizar la búsqueda, se presentan los resultados para poder acceder al que más nos convenga o convenza.

Se selecciona el resultado del buscador que más se ajuste a los criterios, lo que muestra la aplicación es el detalle de la universidad seleccionada, donde

se mostrará el nombre de la universidad, la URL del fichero WSDL y los métodos de cada categoría que se pueden invocar.



Figura 67: Interfaz. Detalle Universidad

En el tercer elemento del menú superior de la figura siguiente, se tiene la opción “Recolector”, que trasladará al usuario a la página donde se informa de la dirección del recolector y de las operaciones invocables por los usuarios además de una explicación.



Figura 68: Interfaz. Pantalla del recolector

La aplicación también dispone de una pantalla de información que es la cuarta opción del menú superior. Cada uno de los párrafos que se presentan en la figura siguiente describe una funcionalidad disponible en la página web y se puede ir a la funcionalidad desde el enlace al final del texto.



Figura 69: Interfaz. Información de la aplicación

Por tanto, se concluye que esta ‘Hipótesis 1.2’ se cumple, al lograr con este prototipo un estándar y un punto central de descripción de los servicios, en el que se permite la heterogeneidad y variedad de servicios web.

6.3.1.3. Hipótesis 1.3

El enunciado de esta hipótesis es que es posible desarrollar un modelo de interoperabilidad que permita aplicar semántica a la interoperabilidad de servicios mediante ontologías.

En un principio se pensaba que la semántica aplicada a la interoperabilidad de servicios iba a ser una buena solución y después de nuestro primer experimento se comprobó que no se consiguió elaborar un modelo semántico sobre el que realizar la aplicación, es decir: dadas las herramientas que proporciona la construcción de ontologías, no fueron suficientes para montar un sistema semántico y similar al que ya existía. Se podría explicar de otra forma: que con la funcionalidad que provee OWL (tecnología definida para ontologías de obligada utilización en la administración pública) no se ha conseguido representar el modelo que existía o las necesidades que se

planteaban, porque había aspectos que sin semántica se podían conseguir y las ontologías no lo permitían.

Además, como ya se comentó una ontología tampoco sirve para obtener el resultado que se busca de traducir los servicios web que ya existen en otro común, pues una ontología no permite realizar traducciones de campos de una clase. Una ontología lo que permite es hacerle preguntas en base a las relaciones que se forman en ella. Un ejemplo, de cómo funciona una ontología sería representar un árbol genealógico, donde definir los conceptos de “padre”, “hijo”, “tío”, “hermano”, etc. y tras realizar un árbol de una familia, poder preguntar qué relación existe entre Juan y Luis, y la respuesta podría ser que son “primos”, por ejemplo.

Es por ello, que se decidió cambiar el modelo en el tema funcional, manteniendo esa esencia semántica pero desde un punto de vista más práctico, mediante el uso de diccionarios. De esta forma, lo que hacemos es crear una base de conocimiento donde vamos recogiendo los casos concretos de cada universidad y que pueden ser aplicados a las siguientes que se vayan a registrar. Es decir, si la “Universidad 1”, dice que sus campos son “ape1” y “ape2” para formar apellidos, cuando venga a registrarse la “Universidad 2”, y por ejemplo su campo para formar apellidos fuera “ape”, nos estaría dando un ‘matching’ válido o podría ser que tuviera “ape1” y “ape2” también definidos con lo que obtendríamos el mismo resultado. Al estar jugando con utilizar el mismo modelo, pero con nombres ligeramente distintos, el uso de diccionarios y de las tecnologías como ‘StringMetrics’ (funciones que evalúan cuánto se parecen dos palabras) parece que son más acertadas para realizar traducciones de unos modelos en otros.

Desde un principio se partió de la idea de que las organizaciones disponen de un gran volumen y variedad de servicios web. El punto crítico no está en lograr recopilar todos esos servicios, sino que se pretende normalizar y regular toda la información que presenta cada uno de los servicios web, ya que al estar contruidos de forma independiente unos de otros, se dependerá de un

organismo regulador que proponga un estándar o norma por el cual se tendrán que regir estos servicios web, o al menos, los datos que ofrecen.

De lo explicado hasta el momento en este punto, no se puede concluir que el uso de la semántica en el sistema no sea válido, aunque sí podemos afirmar que la semántica en el modelo de entrada de información a compartir entre las distintas organizaciones no beneficia en absoluto, pero sí generaría un valor añadido y positivo en el punto de salida de ese organismo regulador hacia las organizaciones. Siguiendo con el hilo de la explicación de la hipótesis 1.2, por el cual se podrían generar servicios web que consumieran el ‘endpoint’ que ofrece la herramienta con toda la información unificada, también -y a partir de lo expuesto en los puntos anteriores- se podrían generar unos nuevos Servicios Web Semánticos donde modelar una ontología, a partir del modelo de referencia que se definiría anteriormente, siendo posible de esta forma la aplicación de razonamientos para obtener conocimiento de la ontología formada. Así también se podrían generar ‘endpoints’ capaces de soportar consultas SPARQL que hiciesen muy viable conseguir una red de datos abiertos que tan en auge están ahora mismo. De esta forma se podría ayudar a tener una mayor transparencia con los datos que se manejan siendo incluso más potente la capacidad que se tendría de generar aplicaciones, alrededor del sistema propuesto en el prototipo.

Una vez mostrados los experimentos realizados, se puede comprobar que el modelo aplica adecuadamente a las incompatibilidades a nivel de datos y sistemas de información y permite solucionarlas de forma adecuada. Por ello, se puede concluir que la hipótesis ha quedado demostrada y un modelo basado en el mapeado de servicios web, a través de un organismo regulador, se presenta como una solución válida para resolver el problema de la heterogeneidad a nivel de modelos de datos.

6.3.2. Hipótesis 2

La hipótesis principal que define el segundo bloque afirma que dotar al modelo de un sistema mapeado y aprendizaje de los sistemas de información a

interconectar confiere propiedades ventajosas para la interrelación entre los sistemas y la localización de información. Con esta hipótesis se desea demostrar el potencial y las posibilidades que añaden las tecnologías de mapeado y aprendizaje al rendimiento del modelo. Con ello se proporciona un valor añadido a la solución ofrecida en cuanto a la interoperabilidad, ya que no sólo permite afrontar el problema sin más, si no que lo hace de una forma eficiente y aportando nuevas herramientas y opciones para aumentar las posibilidades del sistema.

Por estos motivos, la validación de esta hipótesis debe centrarse en demostrar las ventajas que conlleva la utilización de mapeado y aprendizaje de sistemas de información en el problema objeto de estudio a distintos niveles de la interoperabilidad, aunque aquí la veremos desde un punto de vista técnico. Estas ventajas que se obtienen se reflejan en las hipótesis secundarias que guiarán esta parte de la validación y que se descomponen en sus propiedades ventajosas relacionadas con la propia gestión y acceso a la información, con su posibilidad de automatizar los procesos de comunicación necesarios y con la optimización del número de transacciones o transformaciones a realizar durante los procesos de intercambio de información.

A continuación se presenta la validación de las hipótesis secundarias correspondientes a este bloque.

6.3.2.1. Hipótesis 2.1

La hipótesis a demostrar en este apartado es que utilizar un medio de representación del conocimiento y un sistema de mapeado entre los sistemas de información de las organizaciones y el organismo regulador proporciona ventajas a la hora de acceder, modificar y consultar la información relativa al intercambio de datos entre dos o varios sistemas en entornos de un ámbito concreto (educación, sanidad, banca, etc.). Para la validación de esta hipótesis se realizará un enfoque de mapeado de clases de los sistemas de información que benefician su funcionamiento y rendimiento.

Uno de los objetivos planteados en esta tesis desde sus inicios, era lograr un modelo común, por ello, es necesario realizar un mapeado a nivel de modelos de datos entre los sistemas de información a interoperar, mediante los descriptores de los Servicios Web que se registran y el modelo común o de referencia citado en la ‘hipótesis 1’. Como se puede comprobar en la imagen a continuación, en el proceso de registro se puede visualizar cómo se van emparejando los campos del modelo (como etiquetas del formulario) y los campos del modelo a registrar (valores cubiertos del formulario).

Figura 70: Emparejamiento del campos del Modelo

Dentro de la herramienta propuesta, se encuentra un componente que fue diseñado para generar estas relaciones entre los diferentes campos de los modelos expuestos y ser capaz de determinar los emparejamientos campo a campo y modelo a modelo, así como también para buscar la correspondencia entre las operaciones ofrecidas por los Servicios Web y las operaciones predefinidas que expone la herramienta para compartir la información.

6.3.2.2. Hipótesis 2.2

La siguiente hipótesis enuncia lo siguiente: el modelo diseñado tiene que permitir o incorporar un sistema de aprendizaje automático, o al menos semiautomático, con la menor participación del usuario. Para la validación de esta hipótesis se adopta un enfoque teórico que finalizará con la demostración a través de un ejemplo práctico extraído del sistema de validación.

Para la demostración de esta hipótesis, se hace necesario definir qué se considera una interacción automática en el contexto de la investigación. Se entiende que un intercambio de información se realiza de manera automática cuando es posible que un sistema de información o aplicación obtenga un dato que necesita de otro, sin necesidad de intervención humana. En otras palabras esta situación se traduce en que una aplicación debe saber qué dato necesita y proporcionar información para conseguirla para que el sistema realice el conjunto de actividades necesario, con el objetivo de proporcionarle la información deseada.

Para el cumplimiento de esta hipótesis fue necesario el empleo de diferentes funciones matemáticas de la rama ‘String Metrics’ (conjunto de funciones matemáticas que permiten cuantificar cuánto se parecen dos cadenas o qué distancia existe entre ellas en términos de parentesco), como se mencionó anteriormente en la sección 3.3.5.1 Comparación de cadenas, se desarrolló un componente que es capaz de predecir si dos campos son susceptibles de ser el mismo, sintácticamente hablando. Todo esto, apoyado en un sistema gestor de bases de datos de tipo No SQL, donde se almacenan los emparejamientos satisfactorios que se vayan realizando, a modo de diccionario de datos. Cada campo del modelo de referencia tendrá asociados todos los emparejamientos válidos que se han realizado sobre él. Es decir, se toma el campo a estudiar y que es factible emparejar con un campo del modelo de referencia y se intenta procesar de manera secuencial con todas las entradas del diccionario que se ha ido retroalimentando con cada registro; Al aplicar las funciones de ‘String Metrics’ podremos saber si un campo se parece a alguno de los ya emparejados satisfactoriamente, dando como resultado el emparejamiento o no del campo dentro del modelo de referencia.

En caso de no conseguir realizar el emparejamiento con algún campo del modelo de referencia, se permite al usuario que registra el Servicio Web indicar con cuál realmente debe hacer el emparejamiento. De esta forma, el sistema tendrá una unidad de conocimiento más y conseguirá aumentar su porcentaje de acierto en sucesivos intentos.

Además de utilizar este sistema de auto-alimentación, también almacena para cada registro su emparejamiento concreto, siendo entonces instantánea la posibilidad de mapear todos los datos de un modelo al de referencia, como se muestra en la Figura 70.

6.3.2.3. Hipótesis 2.3

Esta hipótesis expresa la utilización de un modelo de representación del conocimiento que permita acceder, modificar y consultar la información relativa al intercambio de datos entre dos o más sistemas de información. Con el modelo planteado se intenta evitar el número de transformaciones entre ellos, es decir: entre un modelo de una organización y el modelo de referencia. Se entiende que el número de conversiones o transformaciones de datos necesarios para realizar el correcto intercambio de información entre sistemas será el mínimo y así se agilizará la arquitectura aquí planteada.

Como se ha indicado en la hipótesis 2.2, cada uno de los registros, además de generar nuevo conocimiento para la herramienta y facilitar los registros venideros, también almacena las relaciones que se han obtenido como proceso del emparejamiento llevado a cabo, siendo posible adaptarse al cambio en caso de que se modifiquen los Servicios Web, pues sólo habría que modificar dichas relaciones.

Al tener la posibilidad de llegar a este nivel de control sobre el estado interno de los modelos, se puede estudiar la forma en la que los Servicios Web se comunican a pesar de que para el usuario final será transparente.

Con este sistema que va aprendiendo de las relaciones previas, se entiende que según se adquiriera más conocimiento el conjunto tiene que realizar menos conversiones o transformaciones de los modelos de datos, por lo que la interoperabilidad de sistemas a medida que aumenta mejorará su rendimiento, porque el número de mapeos entre campos de información y de datos disminuirá, como se visualiza en la Tabla 4: Array de valores para cada campo de la clase Student”

Para probar el funcionamiento de aprendizaje se ha realizado un modelo para determinar cuál sería el nivel de acierto, cómo evolucionaría la curva de aprendizaje y en definitiva para probar el rendimiento de la herramienta frente a una batería de pruebas en labores de registro de Servicios Web.

6.3.2.3.1. Definición del modelo de referencia

Modelo de Referencia - Beca

```
private String nombre_procedimiento_convocatoria;  
private String asunto_convocatoria;  
private String estado_solicitud;  
private String destino;  
private Double cuantia_otorgada;  
private String curso_academico;
```

Modelo de Referencia - Solicitante

```
private String nombre_solicitante;  
private String apellido1_solicitante;  
private String apellido2_solicitante;  
private String documento_identificativo;  
private String tipo_documento_identificativo;  
private String nacionalidad;  
private String sexo;  
private Integer fecha_nacimiento;  
private String estudios;
```

La muestra constará de cuatro servicios Web ficticios que emularán los sistemas de cuatro Universidades diferentes.

Sujeto Primero

Nombre: *Univ1*

Denominación: *Univ1Service*

Desarrollo del modelo:

// Univ1 - Beca

```
private String convocatoria;  
private String descripcionConvocatoria;  
private String situacion;  
private String centro;  
private Double cuantia;  
private String anyo;
```

// Univ1 - Solicitante

```
private String nombre;  
private String apellido1;  
private String apellido2;  
private String numeroDocumento;  
private String tipoDocumento;  
private String lugarNacimiento;  
private String genero;  
private Integer cumpleanos;  
private String estudiosCursados;
```

Sujeto Segundo

Nombre: *Univ2*

Denominación: *Univ2Services*

Desarrollo del modelo:

// Univ2 - Beca

```
private String nomBeca;  
private String asunto;  
private String estado;  
private String destino;  
private Double valor;  
private String curso;
```

```
// Univ2 - Solicitante  
  
    private String nomb;  
    private String ape1;  
    private String ape2;  
    private String doc;  
    private String tipoDoc;  
    private String nacion;  
    private String genero;  
    private Integer fechaNac;  
    private String estudios;
```

Sujeto Tercero

Nombre: *Univ3*

Denominación: *Univ3Services*

Desarrollo del modelo:

```
// Univ3 - Beca  
  
    private String procedimiento;  
    private String asunto;  
    private String curso;  
    private String lugar;  
    private Double valor;  
    private String situacion;
```

```
//Univ3 - Solicitante  
  
    private String nombre;  
    private String ape1;  
    private String ape2;  
    private String dni;  
    private String doc;  
    private String pais;
```

```
private String sexo;  
private Integer fechaNacimiento;  
private String carrera;
```

Sujeto cuarto

Nombre: *Univ4*

Denominación: *Univ4Service*

Desarrollo del modelo:

// Univ4 - Beca

```
private String nombreProcedimiento;  
private String descripcionConvocatoria;  
private String estado;  
private String lugarDestino;  
private Double valorBeca;  
private String curso;
```

// Univ4 - Solicitante

```
private String nombre;  
private String apellido1;  
private String apellido2;  
private String documentoIdentificativo;  
private String tipoDocumento;  
private String lugarNacimiento;  
private String genero;  
private Integer fechaNacimiento;  
private String estudiosCursados;
```

6.3.2.3.2. Resultados de los registros, partiendo del modelo de referencia

Registro 1:

Estado del sistema previo: *Limpio.*

Modelo Beca:

Resultados acertados: (2/6)

estado_solicitud: situacion

cuantia_otorgada: cuantia

Resultados fallados: (4/6)

**nombre_procedimiento_convocatoria: nombre*

**asunto_convocatoria:*

**destino:*

**curso_academico:*

Modelo Solicitante:

Resultados acertados: (6/9)

nombsol: nombre

primer ape: apellido1

segundo ape: apellido2

tipo del doc: tipoDocumento

sexo: genero

estudios: estudiosCursados

Resultados fallados: (3/9)

**documento identificador:*

**nacionalidad:*

**fecha nac: lugarNacimiento*

Registro 2:

Estado del sistema previo: *Registro 1 finalizado.*

Modelo Beca:

Resultados acertados: (3/6)

asunto_convocatoria: asunto

destino: destino

curso_academico: curso

Resultados fallados: (3/6)

**nombre_procedimiento_convocatoria: nomb*

**estado_solicitud: estudios*

**cuantia_otorgada:*

Modelo Solicitante:

Resultados acertados: (8/9)

nombsol: nomb

primer ape: ape1

segundo ape: ape2

documento identificador: doc

tipo del doc: tipoDoc

nacionalidad: nacion

fecha nac: fechaNac

estudios: estudios

Resultados fallados: (1/9)

**sexo: sexo*

Registro 3:

Estado del sistema previo: **Registro 1 y 2 finalizado.**

Modelo Beca:

Resultados acertados: (4/6)

nombre_procedimiento_convocatoria: procedimiento

asunto_convocatoria: asunto

cuantia_otorgada: valor

curso_academico: curso

Resultados fallados: (2/6)

**estado_solicitud:*

*destino:

Modelo Solicitante:

Resultados acertados: (7/9)

nombsol: nombre

primer ape: ape1

segundo ape: ape2

documento identificador: dni

tipo del doc: doc

sexo: sexo

fecha nac: fechaNacimiento

Resultados fallados: (2/9)

*nacionalidad:

*estudios:

Registro 4:

Estado del sistema previo: *Registro 1, 2 y 3 finalizados.*

Modelo Beca:

Resultados acertados: (5/6):

nombre_procedimiento_convocatoria: nombreProcedimiento

asunto_convocatoria: descripcionConvocatoria

estado_solicitud: estado

destino: lugarDestino

curso_academico: curso

Resultados fallados: (1/6)

*cuantia_otorgada:

Modelo Solicitante:

Resultados acertados: (9/9)

nombsol: nombre

primer ape: apellido1

segundo ape: apellido2

documento identificativo: documentoIdentificativo

tipo del doc: tipoDocumento

nacionalidad: lugarNacimiento

sexo: genero

fecha nac: fechaNacimiento

estudios: estudiosCursados

6.3.2.3.3. Estado del diccionario tras la finalización de las pruebas.

Beca:

Clave	Valores
nombre_procedimiento_convocatoria	convocatoria,nomBeca,procedimiento,nombreProcedimiento
asunto_convocatoria	descripcionConvocatoria,asunto
estado_solicitud	situacion,estado
Destino	centro,destino,lugar,lugarDestino
cuantia_otorgada	cuantia,valor,valorBeca
curso_academico	anyo,curso

Tabla 8: Diccionario Beca

Solicitante:

Clave	Valores
nombre_solicitante	nombre,nomb,
apellido1_solicitante	apellido1,ape1,
apellido2_solicitante	apellido2,ape2,
documento_identificativo	numeroDocumento,doc,dni,documentoI dentificativo
tipo_documento_identificativo	tipoDocumento,tipoDoc,doc
Nacionalidad	lugarNacimiento,nacion,pais
Sexo	genero,sexo
fecha_nacimiento	cumpleanos,fechaNac,fechaNacimiento
Estudios	estudiosCursados,estudios,Carrera

Tabla 9: Diccionario Solicitante

6.3.2.3.4. Resultados

Como se puede observar en el recorrido de los registros, se ha conseguido una curva ascendente, siendo posible la demostración del auto-aprendizaje del sistema, en la que a medida que se van uniendo más universidades al esquema, el número de aciertos aumenta.



Figura 71: Evolución de aciertos según el registro de servicios

Con la ‘hipótesis 2’ concluimos que el sistema facilita la labor a la hora de interoperar los sistemas de información entre distintas organizaciones del mismo ámbito, con la implementación de funciones de mapeo, aprendizaje, conversión, y reestructuración del conocimiento a través de modelos de referencia y hacen a la plataforma más atractiva para las organizaciones que deben interoperar sus sistemas de información, aumentando así las posibilidades de que crezca el número de sistemas existentes en la arquitectura planteada en esta tesis.

6.3.3. Hipótesis 3

Esta hipótesis expresa la utilización de un sistema de registro para los servicios que deben de interoperar en el sistema en forma de catálogo. De manera centralizada y gestionada por una oficina reguladora, se dispone de un catálogo de servicios, bien formalizado y respaldado, que será la clave del éxito de esta propuesta.

Como se mencionó con anterioridad, la herramienta aquí planteada también se aprovecha para generar un catálogo de servicios, donde dejar constancia de cada uno de los Servicios Web que se registran, siendo de esta forma posible generar una especie de biblioteca donde se pueden consultar particularidades de cada uno. Entre la información básica se encuentra: la

dirección del Servicio web original, su WSDL y qué operaciones ofrece/aporta a la herramienta. Como se puede comprobar las opciones que se abren son bastante amplias, en nuestro caso para potenciar todavía un poco más esta herramienta también se ha optado por la inclusión de un motor de búsqueda (Apache Solr) para conseguir una experiencia de usuario mucho más gratificante a la hora de obtener los Servicios Web registrados, poder generar filtros para obtener ciertos Servicios Web que se ajusten a ciertas operaciones que interesen al usuario, etc.

6.3.4. Hipótesis 4

Esta hipótesis expresa el método de intercambiar información de forma unificada y mediante puntos intermedios. No es de extrañar que en los tiempos en los que estamos viviendo, conseguir información de fuentes completamente diferentes consumiendo un único y exclusivo ‘endpoint’, donde además se recibe toda la información bajo un mismo modelo de datos referencial es una forma de facilitar el trabajo de manera considerable. Dar la posibilidad de explotar la información de un ámbito común para construir aplicaciones en torno a este punto de acceso es ya todo un éxito. Otra de las posibilidades que ofrece que la herramienta dé como fruto un único flujo de datos es la capacidad de poder registrar estadísticas acerca del consumo de la aplicación, así como permitir la generación de envoltorios alrededor de este ‘endpoint’ donde, como se explicó anteriormente, se pueden realizar múltiples mejoras como generar una ontología y brindar Servicios Web Semánticos, ofrecer otros tipos de Servicios Web como REST, aplicar ‘endpoints’ de SPARQL, etc.

7. Conclusiones y trabajos futuros

7.1. Introducción

En este capítulo se presentan las conclusiones finales de la investigación expuesta en la esta tesis. Junto con el repaso de las principales aportaciones se proponen un conjunto de futuras líneas de investigación como continuación de la misma. Para finalizar se enumeran las publicaciones efectuadas a raíz del trabajo realizado en diferentes ámbitos científicos.

7.2. Conclusiones

En este trabajo se ha hecho un recorrido sobre el estado del arte de la interoperabilidad desde distintos enfoques -legal, organizativo y técnico- que ha servido de punto de partida sobre el que iniciar las aportaciones del trabajo. Sin olvidar, que el eje principal de esta tesis gira alrededor del problema de la interoperabilidad entre aplicaciones, en concreto, cómo los sistemas pueden compartir información entre sí e interoperar de la forma más autónoma posible. Como se ha podido comprobar, el abanico de soluciones es muy elevado y variado, sin embargo, no todos los enfoques permiten afrontar los retos planteados por la investigación y solucionar los complejos problemas que se presentan.

A lo largo de todo el documento se expone la investigación realizada y se ha profundizado en las distintas áreas que abarca para dotar al trabajo de una base sólida y fundamentada. Por ello, se han definido unas hipótesis adecuadas e interesantes que han guiado la totalidad del proceso hacia la obtención de unos resultados relevantes para la comunidad investigadora.

Por tanto, uno de los términos principales que se aborda en esta tesis es el de la interoperabilidad. El problema de la interoperabilidad consiste en la imposibilidad de dos o más sistemas de intercambiar información para utilizarla

posteriormente. Este problema, no es nuevo, se ha estudiado desde hace décadas y desde distintas perspectivas, sin embargo aún hoy no se ha encontrado una solución generalmente aceptada. Esto ha provocado una situación en la que la inexistencia de estándares y el creciente número de sistemas de información han acrecentado la problemática. Este hecho hace que no sea posible aprovechar totalmente el potencial de las aplicaciones y que, en muchos casos, se conviertan en meros repositorios de información sin posibilidad de explotación de forma eficiente y eficaz.

En el estudio del arte se ha observado que existen un gran número de trabajos, iniciativas y proyectos en diferentes ámbitos, en algunas de las cuales se invirtieron enormes cantidades económicas y de recursos con el fin de llegar a soluciones válidas para este problema. Todas ellas fracasaron. Las razones de estos fracasos son variadas, sin embargo, en su mayoría el problema reside en la gran amplitud de los enfoques, que pretenden dar una solución demasiado global o general, lo que reproduce los principales escenarios que en su momento crearon el problema. De esta situación se extrajo la conclusión de que resulta necesario limitar el entorno y establecer una serie de requisitos, de forma que se acote el problema, para poder conseguir la interoperabilidad.

Existen diferentes formas de establecer los límites de acción o el entorno en el que se trabaja. Para los objetivos que se querían alcanzar en la investigación se decidió buscar una propuesta que fuera lo más económica posible para las organizaciones o administraciones, en la que no se requiera un gran esfuerzo, ni técnico ni económico, por parte de las organizaciones o administraciones, debido a que no es necesario que modifiquen sus actuales sistemas de información, pues esta solución siempre estaría una capa por encima de los mismos, manteniéndolos inalterados. La solución propuesta resuelve muchos de los problemas que tiene en la actualidad la Administración Pública a la hora de intercambiar información entre sus sistemas de información. Los módulos descritos con anterioridad, según el ciclo de vida descrito en la Figura 29: Ciclo de Vida del Modelo Metodológico, van desde la tarea inicial de cómo se podría realizar la recolección de las direcciones de los diferentes Servicios Web, hasta cómo se podría difundir la información de esos

Servicios Web, pasando por cómo estudiar estos Servicios Web y conseguir devolver un modelo común de datos para poder ser utilizadas fuentes de ámbito tan diferente de forma unificada y transparente para el sistema cliente que lo utilice. Esta transparencia y uniformidad, se consiguen mediante la ejecución de un sistema de tres pasos, donde se deberán tratar los atributos de cada uno de los modelos que se recojan de los diferentes Servicios Web con los registros previos, aplicando funciones de tipo ‘String Metrics’, algoritmos de clasificación y un sistema de reglas predefinido.

En el enfoque metodológico y prototipo se reflejó cómo pueden interactuar o interoperar dos o más organizaciones del mismo sector, aquí llevado al ámbito universitario, pero podría tratarse de otros sectores, como el bancario, el de la salud, etc. Por tanto, esta solución es susceptible de implementarse en cualquier situación donde exista la necesidad de interoperar diferentes sistemas de información que dispongan de Servicios Web y que, a su vez, posean un universo del discurso (o temática) común. Es por esto que podría ser implementado en entornos como el hospitalario, donde compartir un expediente clínico entre hospitales a nivel nacional (una persona enferma de Madrid puede ir a visitar un hospital de Barcelona por estar disfrutando de sus vacaciones allí, por ejemplo) o en otro entorno, como puede ser entidades bancarias para compartir datos de clientes a la hora de realizar traslados de un banco a otro, o en transferencias bancarias, etc. Por ejemplo, en el reciente caso del SEPA⁵⁶ (significa una única forma de realizar los pagos en euros de manera sencilla, segura y eficaz para consumidores y empresas en Europa.) ha llevado varios años definir el formato único, elaborar normativas europea y nacionales, planes de migración, plazos, ampliaciones, etc. Con un sistema interoperable como el propuesto se podría hacer a distintas velocidades, mantener

⁵⁶ [http://www.paymentscouncil.org.uk/what do we do/european payments/-/page/1141/](http://www.paymentscouncil.org.uk/what_do_we_do/european_payments/-/page/1141/) revisado el 15 de Agosto de 2014.

compatibles distintos sistemas de transacciones, y sobre todo permitiría estar en condiciones de seguir evolucionando en el futuro el sistema de pagos europeo, con los constantes cambios que con total seguridad van a demandar los nuevos retos a los que se van a ver expuestos los sistema de pagos electrónicos.

El proceso de validación de los distintos aspectos del modelo interoperable y sistema propuestos ha demostrado las hipótesis planteadas, probando así la viabilidad y eficacia de la solución. Con este proceso se ha confirmado, entre otras cosas, que un modelo interoperable mediante servicios web es una posible solución al problema de la interoperabilidad; que los entornos de un mismo ámbito sectorial permiten crear sitios cerrados donde establecer prerequisites; y que gracias a las tecnologías de la web y la comparación de cadenas se pueden automatizar los procesos de intercambio de información. Con los resultados obtenidos se puede concluir que la solución propuesta ha cumplido los objetivos de la investigación y que con ella se han realizado aportaciones de interés para el sector y la comunidad investigadora, presentando una solución innovadora y eficaz a los problemas objetos de estudio.

El desarrollo de esta tesis ha supuesto un paso más en las líneas de investigación estudiadas y ha conllevado un trabajo organizado, metódico y exhaustivo. Debido en parte a ello, también han surgido una serie de problemas que deben mencionarse y que, una vez resueltos, han contribuido a incrementar la calidad de la investigación. En primer lugar, el desconocimiento inicial del autor en la materia llevó a realizar un estudio muy amplio de tecnologías y enfoques posibles con los que afrontar los objetivos que se planteaban. Este hecho dificultó las primeras fases de un trabajo ya de por sí complicado por las diferentes áreas de investigación que reúne. Por otro lado, la creación de un modelo interoperable siempre es una tarea difícil debido a la necesaria definición inicial de la funcionalidad y los requisitos que debe cumplir para que los modelos de negocio interoperen entre sí. Todo ello produce una elevada complejidad en la creación de un modelo interoperable que -no se debe olvidar- debe interactuar con otros elementos en un mismo sistema y permitir en un

futuro operaciones de inferencia lógica. Por último, otro de los problemas que surgieron fue la configuración de la metodología de validación. Los objetivos de la investigación se centran en torno a la creación de un modelo interoperable que permita el intercambio de información entre aplicaciones o sistemas, objetivos que son difíciles de cuantificar ya que no se basan en parámetros numéricos. Por ello se decidió diseñar un sistema que permitiese mostrar que las operaciones llevadas a cabo se realizaban correctamente y que los diferentes entornos, tecnologías y conceptos utilizados contribuían a la consecución de esos objetivos. Como se mencionaba anteriormente, estas dificultades encontradas en el proceso han provocado en último término un salto cualitativo que se refleja en los resultados obtenidos por la investigación y han permitido avanzar en una dirección de gran interés para la comunidad investigadora. Además, las conclusiones que se pueden extraer de esta tesis pueden motivar la continuación de trabajos en esta línea, realizando investigaciones paralelas en las mismas áreas.

Como conclusión final se puede afirmar que con esta investigación se han conseguido cumplir los objetivos propuestos y la solución planteada representa una aproximación válida para afrontar el problema de la interoperabilidad entre aplicaciones heterogéneas del mismo sector.

La documentación presentada refleja el resultado de una larga y ardua investigación que ha cubierto un amplio estado del arte en las materias de relevancia para el desarrollo del trabajo, la fijación de unos objetivos y unas hipótesis que han guiado el proceso investigador, aspectos de diseño y una validación de las hipótesis que ha probado cada uno de los axiomas expuestos. Por todo ello se puede decir que la tesis ha concluido con éxito y que se ha realizado una contribución de interés en el ámbito de la investigación desarrollada.

Finalmente y como valoración personal, esta tesis ha resultado más enriquecedora de lo que en un principio podía imaginar. Si bien es cierto que es un trabajo ciertamente complicado y en ocasiones duro, creo que me ha

ayudado a crecer como profesional y como persona. En todas las facetas de mi vida uno de mis objetivos personales es el de sentirme orgulloso de aquello que hago. Una vez concluido este trabajo puedo decir que lo he cumplido. Después de mucho tiempo dedicado a la elaboración de esta investigación, creo que hemos podido aportar nuestro granito de arena en los campos que han sido objeto de estudio. Sin embargo, no es más que eso. Aún queda mucho por hacer y mucho camino por recorrer. Se espera que éste sea el comienzo de una larga carrera investigadora que me permita seguir trabajando para arrojar luz sobre los problemas y acercarme a utopías como las de un mundo completamente interoperable. Esperemos en un futuro muy próximo sea una realidad.

7.3. Líneas futuras

La presente investigación presenta una solución al problema de la interoperabilidad, los resultados obtenidos han sido satisfactorios, pero aún existen determinados aspectos que quedan abiertos en cuanto a soluciones alternativas, posibles mejoras y líneas de investigación relacionadas.

La solución planteada es una de las posibles dentro de un abanico considerable de opciones. Durante el desarrollo de la tesis se han justificado las diferentes decisiones tomadas para llegar a la solución propuesta. Estas decisiones se han tomado en base a aspectos objetivos, pero también en base a una serie de conceptos que se han considerado prioritarios por encima de otros, con lo que cambiando estas preferencias, se abren diferentes caminos que explorar. De cada una de ellas resulta una nueva línea en la que trabajar que puede arrojar resultados similares a los aquí mostrados o, por el contrario, obtener resultados de relevancia en otras direcciones

También se podría buscar un algoritmo de clasificación para llevar a cabo el segundo paso en el sistema de tres etapas que se presenta, pues las alternativas que se abren en este punto son muy dispares. Es posible que los algoritmos que funcionen bien para un entorno como puede ser el académico, no sean realmente funcionales en otro como el hospitalario. Además, otra de las tareas será seguir trabajando en la descripción de la serie de reglas que se

deberían definir para el tercer paso de este sistema propuesto, pues también dependen del universo del discurso que se está estudiando.

Otro tema que preocupa a nivel internacional es la interoperabilidad de los sistemas de información, en materia de la capacidad legal y operativa del intercambio de información, además de establecer las obligaciones y responsabilidades de cada una de las partes implicadas en el sistema a interoperar.

Otra línea futura será establecer un sistema federado de la solución propuesta, bien mediante un sistema centralizado y auditado por un organismo oficial o una solución distribuida en la que habría que reflejar las obligaciones de esta solución, por tanto, sería conveniente un estudio previo de ventajas e inconvenientes de la solución a adoptar.

7.4. Publicaciones Realizadas

Como consecuencia de esta investigación, se ha realizado la siguiente publicación:

- González Pérez, S.J., López Pérez, B., & Machado Fernández, D. (2014). Interoperability between platforms without a defined referential model: A semi-automatic learning system for structural pairing. *Computers in Human Behaviour*, 10. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.011>

Otros artículos relacionados:

- Sergio Sama Villanueva, Secundino González, Benjamín López, Aquilino Adolfo Juan y Miguel Riesco (2014). La Administración Electrónica aplicada a la gestión de los Trabajos Fin de Grado en Ingeniería Informática, Jornadas del JENUI 2014 ISBN 978-84-697-0774-6 (217-212)
- Centro de Innovación de la Universidad de Oviedo (2015). Gestión electrónica de solicitudes al Vicerrectorado de Estudiantes de la Universidad de Oviedo. Taller de buenas prácticas. Aceptado por la

Catedra Unesco de Gestión y Política Universitaria de la Universidad Politécnica de Madrid. “La Universidad digital”

Trabajos de Investigación relacionados:

- Participación en el proyecto “Implantación de una Secretaria Virtual para la Universidad de Oviedo”, Programa Avanza Servicios Públicos 2009 (2009/2011). Colaborador.
- Proyecto de investigación “Modelo basado en sistemas interoperables de información”, financiado por CIENCIA E INGENIERIA ECONÓMICA Y SOCIAL, S.L. (enero-diciembre 2015). IP
- Proyecto “TUI con el Banco Santander” (2015-2018).IP. En el fomento de la modernización tecnológica de la Universidad de Oviedo. IP

Bibliografía

Bibliografía general

ALCTS. (2000, junio 16). Description and Access - Task Force on Metadata: Final Report. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://www.libraries.psu.edu/tas/jca/ccda/tf-meta6.html>

Amanowicz, M., & Gajewski, P. (1996). Military communications and information systems interoperability. En Military Communications Conference, 1996. MILCOM '96, Conference Proceedings, IEEE (Vol. 1, pp. 280-283). McLean, VA: IEEE. <http://doi.org/10.1109/MILCOM.1996.568629>

Australian Government Information Management Office (AGIMO). (2006). Australian Government Information Interoperability Framework. Recuperado a partir de http://www.finance.gov.au/files/2012/04/Information_Interoperability_Framework.pdf

Berners-Lee, T., & Fischetti, M. (1999). Weaving the Web; The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by Its Inventor. (Harper Collins).

Berners-Lee, T., & Hendler, J. (2001). Publishing on the semantic web. Nature, 410, 1023-1024. <http://doi.org/10.1038/35074206>

Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. Scientific American Magazine, 29-37.

Borst, W. N. (1997). Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science (EEMCS), Netherlands. Recuperado a partir de <http://doc.utwente.nl/17864/1/t0000004.pdf>

C4ISR Architecture Working Group (AWG). (1997). C4ISR Architecture Framework Version 2.0. Recuperado a partir de <http://www.afcea.org/education/courses/archfwk2.pdf>

Carney, D., Smith, J., & Place, P. (2005). Topics in Interoperability: Infrastructure Replacement in a System of Systems. Carnegie Mellon University. Recuperado a partir de http://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalNote/2005_004_001_14534.pdf

Cestari, J.M., Rocha Loures, E., Portela Santos, E., & Lezoche, M. (2014). A Research Strategy for Public Administration Interoperability Assessment. Presentado en Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference, Kopaonik, Serbia. Recuperado a partir de <http://www.xcdsystem.com/iie2014/abstract/finalpapers/I1150.pdf>

Chalmeta, R., & Pazos, V. (2014). A step-by-step methodology for enterprise interoperability projects. *Enterprise Information Systems*, 9(4), 436-464. <http://doi.org/10.1080/17517575.2013.879212>

Chen, D., Doumeingts, G., & Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, 59(7), 647-659. <http://doi.org/10.1016/j.compind.2007.12.016>

Christiansson, M.T. (2011). A Common Process Model to Improve eService Solutions: the Municipality Case. (pp. 149-158). Presentado en Proceedings of the 11th European Conference on e-Government, Ljubljana, Slovenia: Academic-conferences. Recuperado a partir de <http://kau.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A494480&dswid=-7271>

Clark, T., & Jones, R. (1999). Organizational Interoperability Maturity Model for C2. En Proceedings of the 1999 Command and Control Research and Technology Symposium. (p. 13). Defence Science and Technology Organisation C3 Research Centre. Recuperado a partir de <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/orginteroper.pdf>

Cohen, W.W., Ravikumar, P., & Fienberg, S. E. (2003). A Comparison of String Distance Metrics for Name-Matching Tasks. En Proceedings of IJCAI-03 Workshop on Information Integration (pp. 73-78). Recuperado a partir de <https://www.cs.cmu.edu/~pradeep/papers/ijcai03.pdf>

Cruanes, J., Romá-Ferri, M. T., & Lloret, E. (2015). Análisis del uso de métodos de similitud léxica con conocimiento semántico superficial para mapear la información de enfermería en español. Procesamiento del lenguaje natural, (49), 75-82. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10045/23922>

Danish eGovernment Digital Strategy. (2014). Digitaliser.dk. Recuperado 13 de mayo de 2015, a partir de <https://digitaliser.dk/>

Department of State Information Systems. (2011). Estonian Interoperability Framework. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://www.riso.ee/en/estonian-interoperability-framework>

DGME. (2005). RGI - Interopérabilité. Références de la modernisation de l'action publique. Recuperado 13 de mayo de 2015, a partir de <https://references.modernisation.gouv.fr/rgi-interoperabilite>

e-Envoy. (2004). e-Government Interoperability Framework (eGIF). Crown. Recuperado a partir de [http://edina.ac.uk/projects/interoperability/e-gif-v6-0 .pdf](http://edina.ac.uk/projects/interoperability/e-gif-v6-0.pdf)

Enterprise DG. (2004). IDA. Architecture Guidelines for Trans-European Telematics Networks For Administrations. Comisión Europea. Recuperado a partir de <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc93bc.pdf?id=19281>

European Commission. (2004). European Interoperability Framework for Pan-European eGovernment Services. Office for Official Publications of the European Communities. Recuperado a partir de <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Docd552.pdf?id=19529>

European Commission. (2007). IDABC - SEMIC.EU. Recuperado 13 de mayo de 2015, a partir de <http://ec.europa.eu/idabc/en/document/7742.html>

European Commission. (2008a). epSOS. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://www.epsos.eu/>

European Commission. (2008b). National Interoperability Framework Observatory. Recuperado 13 de mayo de 2015, a partir de <https://joinup.ec.europa.eu/elibrary/case/national-interoperability-framework-observatory>

European Commission. (2009). ISA. Interoperability Solutions for European Public Administrations. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://ec.europa.eu/isa/>

European Commission. (2009). SPOCS. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://www.eu-spocs.eu/>

European Commission. (2012). PEPPOL. Pan-European Public Procurement Online. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://www.peppol.eu/>

European Commission. (2010). ISA. Interoperability Solutions for European Public Administrations. Recuperado 11 de mayo de 2015, a partir de <http://ec.europa.eu/isa/>

Faruqui, M., Majumder, P., & Padó, S. (2011). Soundex-based Translation Correction in Urdu–English Cross-Language Information Retrieval. En Workshop on Cross Lingual Information Access (CLIA) at IJCNLP (pp. 25-29). Asian Federation of Natural Language Processing. Recuperado a partir de <http://www.aclweb.org/anthology/W11-36#page=41>

Federal Enterprise Architecture, FEA. (2005). The Data Reference Model. Version 2.0. Recuperado a partir de https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/egov_docs/DRM_2_0_Final.pdf

Fernández Breis, J. T. (2003). Un entorno de integración de ontologías para el desarrollo de sistemas de gestión del conocimiento. Universidad de Murcia.

Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones.
Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10803/10921>

Flater, D. (2002). Impact of model-driven standards. En Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2002. HICSS. (pp. 3706-3714). IEEE. <http://doi.org/10.1109/HICSS.2002.994500>

García-Peñalvo, F.J., Alier Forment, M., & Lytras, M. (2012). Some Reflections about Service Oriented Architectures, Cloud Computing Applications, Services and Interoperability. Journal of Universal Computer Science., 18(11), 1405-1409. Recuperado a partir de http://www.jucs.org/jucs_18_11/some_reflections_about_service/jucs_18_11_1405_1409_editorial.pdf

García Rodríguez, M., Álvarez Rodríguez, J.M., Berrueta Muñoz, D., Polo Paredes, L., Labra Gayo, J.E., & Ordóñez de Pablos, P. (2012). Towards a Practical Solution for Data Grounding in a Semantic WebServices Environment. Journal of Universal Computer Science. 18(11), 1576-1597. <http://doi.org/10.3217/jucs-018-11-1576>

Gardner, D. (2003). Interoperability Emerges as New Core Competency for Enterprise Architects - InterSystems. The Yankee Group. Recuperado a partir de <http://www.intersystems.com/assets/yankee.pdf>

Garson, G.D. (2004). The promise of digital government. En Digital government. (pp. 2-15). IGI Publishing Hershey.

Gobierno de España. (2007). Ley de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos. Plan estratégico. Recuperado a partir de

http://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/dms/pae_Home/documentos/Biblioteca/pae_BIBLIOTECA_PLANES ESTRATEGICOS/pae_BIBLIOTECA PE Nacional/2007-diciembre-LAECSP-Plan-Estrategico.pdf

González, I. G., Serradell-López, E., & Castillo-Merino, D. (2012). The Implementation of Process Management: A System to Increase Business Efficiency—Empirical Study of Spanish Companies. *International Journal of Knowledge Society Research*, 3(1), 14-25.

González Pérez, S. J., López Pérez, B., & Machado Fernández, D. (2014). Interoperability between platforms without a defined referential model: A semi-automatic learning system for structural pairing. *Computers in Human Behaviour*, 10. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.011>

Goodchild, M.F., Egenhofer, M. J., & Fegeas, R. (1997). Interoperating GISs: Report of a specialist meeting held under the auspices of the VARENIUS project. Panel on computational implementations of Geographic concepts. (p. 63). Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis. Recuperado a partir de http://www.ncgia.ucsb.edu/Publications/Varenius_Reports/Interop.pdf

Gordon, D. (2003). What is Interoperability and why does it matter? *MapInfo Magazine*, 7(4), 8-9. Recuperado a partir de http://resource.mapinfo.com/static/files/document/1074288321775/mapinfo_mag_summer2003.pdf

Gouvernement Republique Francaise. (2005). Ordonnance n° 2005-1516 du 8 décembre 2005 relative aux échanges électroniques entre les usagers et les autorités administratives et entre les autorités administratives. *Journal Officiel*

de la République Française. Recuperado a partir de www.legifrance.gouv.fr/telecharger_rtf.do?idTexte=LEGITEXT000006052816&dateTexte=20110905

Gruber, T. (2004). Every Ontology is a Treaty. [SIGSEMIS Bulletin]. Recuperado a partir de <http://www.aiai.ed.ac.uk/~jessicac/psfiles/SIGSEMIS/issue3-tom-gruber.pdf>

Gruber, T.R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43 (5-6), 907-928. Recuperado a partir de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.5775&rep=rep1&type=pdf>

Guarino N., & Giaretta, P. (1995). Ontologies and knowledge bases: towards a terminological clarification. En *Towards Very Large Knowledge Bases* (pp. 25-32). IOS Press, Amsterdam. Recuperado a partir de <http://web.unicam.it/matinf/Dispense/ruffino/Dispense/KBKS95%20-%20Terminologia%20ontologie.pdf>

Heeks, R., & Bailur, S. (2007). Analyzing e-government research: Perspectives, philosophies, theories, methods, and practice. *Government Information Quarterly*, 24(2), 243-265. <http://doi.org/10.1016/j.giq.2006.06.005>

Institute of Electrical and Electronics (2000). *The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms*. (7.^a ed.). Los Alamitos, CA, USA: IEEE. Recuperado a partir de <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4116787>

International Organization for Standardization. (1998). ISO 14258:1998. Industrial automation systems. Concepts and rules for enterprise models.

International Organization for Standardization. (2005, octubre 2). ISO 19119:2005 - Geographic information. Services.

International Organization for Standardization. (2008, junio 1). ISO/TS 19101-2:2008-. Geographic information. Reference model. Part 2: Imagery.

International Organization for Standardization. (2011, septiembre 15). ISO 11354-1:2011. Advanced automation technologies and their applications. Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability. Framework for enterprise interoperability.

Interoperability Working Group, Department of Defense. (1998). Levels of Information Systems Interoperability (LISI). Recuperado a partir de <http://www.eng.auburn.edu/~hamilton/security/DODAF/LISI.pdf>

Jaro, M. A. (1989). Advances in Record-Linkage Methodology as Applied to Matching the 1985 Census of Tampa, Florida. *Journal of the American Statistical Association*, 84(406), 414-420. Recuperado a partir de <http://www.jstor.org/stable/2289924>

Jaro, M. A. (1995). Probabilistic linkage of large public health data files. *Statistics in Medicine*, 14(5-7), 491-498. <http://doi.org/10.1002/sim.4780140510>

Joha, A., & Janssen, M. (2012). Design Choices Underlying the Software as a Service (SaaS) Business Model from the User Perspective: Exploring the Fourth Wave of Outsourcing. *Journal of Universal Computer Science*, 18(11), 1501-1522. <http://doi.org/10.3217/jucs-018-11-1501>

Kingston, G., Fewell, S., & Richer, W. (2005). An Organisational Interoperability Agility Model. Defence Science and Technology Organisation (Australian Government). Recuperado a partir de http://www.dodccrp.org/events/10th_ICCRTS/CD/presentations/158.pdf

Kondrak, G. (2005). N-Gram Similarity and Distance. En 12th International Conference, SPIRE 2005. Buenos Aires, Argentina, November 2-4, 2005. Proceedings (Vol. 3772, pp. 115-126). http://doi.org/10.1007/11575832_13

Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet Physics Doklady*, 10(8), 707-710.

Manso Callejo, M.A., Wachowicz, M., Bernabé Poveda, M. A., Sánchez, A.M., & Rodríguez, A.F. (2008). Modelo de Interoperabilidad Basado en Metadatos (MIBM). En V Jornadas Técnicas de la IDE de España JIDEE 2008 IDE. Aplicaciones al Planeamiento y la Gestión del Territorio. Tenerife: Ministerio de Fomento. Recuperado a partir de http://oa.upm.es/3604/1/INVE_MEM_2008_56085.pdf

McIlraith, S.A., Son, T., & Zeng, H. (2001). Semantic Web Services. *IEEE Intelligent Systems*, 16(2), 46-53. <http://doi.org/10.1109/5254.920599>

Miller, P. (2000). Interoperability: What Is It and Why Should I Want It? Ariadne Issue 24. Recuperado a partir de <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>

Monge, E. A., & Elkan, C. P. (1996). The Field Matching Problem: Algorithms and Applications. En Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 267-270). AAAI. Recuperado a partir de <https://www.aaai.org/Papers/KDD/1996/KDD96-044.pdf>

Moreau, E., Yvon, F., & Cappé, O. (2008). Robust Similarity Measures for Named Entities Matching. En Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistic (Vol. 1, pp. 593-600). Recuperado a partir de <http://www.aclweb.org/anthology/C08-1075>

Morris, E., Levine, L., Meyers, C., Place, P., & Plakosh, D. (2004). System of Systems Interoperability (SOSI): Final Report. Carnegie Mellon University. Recuperado a partir de https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/2004_005_001_14375.pdf

Munk, S. (2005). Interoperability in the Infosphere. Challenges, Problems, Solutions. Defence & Strategy Journal, 2005(1), 103-109. Recuperado a partir de <http://www.obranastrategie.cz/filemanager/files/file.php?file=6295>

Naciones Unidas. (2000, septiembre 13). Resolución 55/2 de la Asamblea General «Declaración del Milenio». Recuperado a partir de <http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>

Navarro, G. (2001). A guided tour to approximate string matching. ACM Computing Surveys (CSUR) Surveys Homepage archive, 33(1), 31-88. <http://doi.org/10.1145/375360.375365>

Neches, R., Fikes, R.E., Finin, T., Gruber, T.R., Senator, T., & Swartout, W.R. (1991). Enabling Technology for Knowledge Sharing. AI Magazine, 12(3), 36-56. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1609/aimag.v12i3.902>

Ojo, A., Janowski, T., & Estevez, E. (2009). Semantic Interoperability Architecture for Electronic Government. En Proceedings of the 10th Annual International Conference on Digital Government Research: Social Networks: Making Connections between Citizens, Data and Government (pp. 63-72). Digital Government Society of North America.

Rawat, S. (2003). Interoperable Geo-Spatial data model in the context of the Indian NSD. ITC. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Recuperado a partir de https://www.itc.nl/library/Papers_2003/msc/gfm/sujata.pdf

Robertson, L., Thomson, D., May, L., & Greenlaw, J. (2011). Snap or Point and Click? Realizing the Potencial of a Teacher Education Self-Study. En AICT 2011, The Seventh Advanced International Conference on Telecommunications (pp. 83-86). Recuperado a partir de www.thinkmind.org/download.php?articleid=aict_2011_4_30_10084

Ruggaber, R. (2006). ATHENA - Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications. En Interoperability of Enterprise Software and Applications (pp. 459-460).

Springer London. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-84628-152-0_45

Sheth, A.P. (1999). Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics. En *Interoperating Geographic Information Systems* (Springer US, Vol. 495, pp. 5-29). Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4615-5189-8_2

Software Engineering Institute. (2009). Guide to Interoperability. Carnegie Mellon. Recuperado a partir de http://www.sei.cmu.edu/interoperability/research/guide/upload/GuidetoInteroperability_v1-1_May2009.pdf

Stewart, J., & Walsh, K. (2007). Change in the Management of Public Services. *Public Administration*, 70(4), 499-518. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9299.1992.tb00952.x>

Stork Consortium. (2012). Stork. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <https://www.eid-stork.eu/>

Studer, R., Benjamins, R. V., & Fensel, D. (1998). Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1-2), 161-197. Recuperado a partir de <http://www.it.iitb.ac.in/~palwencha/ES/Knowledge%20engineering%20-%20Principles%20and%20methods.pdf>

Tambouris, E., Tarabanis, K., Peristeras, V., & Liotas, N. (2007). Study on Interoperability at Local and Regional Level. Final Version. Comisión

Europea. Recuperado a partir de <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc53fa.pdf?id=28787>

Taylor, A. G. (2004). *The Organization of Information*. Westport, Conn. : Libraries Unlimited.

The Athena Consortium. (2010). *ATHENA Interoperability Framework (AIF)*. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://athena.modelbased.net/wholesite.html#methodology/eimm.html>

The Open GIS Consortium, Inc. (1996). *OpenGIS (TM) Guide: An Introduction to Interoperable Geoprocessing, Part 1 of the Open Geodata Interoperability Specification (OGIS)*. Wayland, Massachusetts, USA: OGC.

Tolk, A. (2003). *Beyond Technical Interoperability. Introducing a Reference Model for Measures of Merit for Coalition Interoperability*. Virginia Modeling Analysis and Simulation Center. Recuperado a partir de http://www.dodccrp.org/events/8th_ICCRTS/Pres/track_1/2_1530tolk.pdf

Tolk, A., & Turnitsa, C. (2006). *Battle Management Language: A Triangle with Five Sides*. En *Proceedings of the Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) Spring Simulation Interoperability Workshop (SIW)* (pp. 2-7). Huntsville, USA: Virginia Modeling Analysis & Simulation Center (VMASC). Recuperado a partir de http://redgeomatica.rediris.es/Turnitsa-Battle_Management_Language.doc

TopQuadrant. (2003). *oeGOV - Ontologies for e-Government*. Recuperado 13 de mayo de 2015, a partir de <http://www.oegov.us/>

University, UK Sheffield. (2014). SimMetrics. Recuperado 11 de mayo de 2015, a partir de <http://sourceforge.net/projects/simmetrics/>

Vicente, C. (2014). E-Government Information and Public Access: Online electronic government information and the impact of the government shutdown on public access. [Web Journal]. Recuperado 15 de mayo de 2015, a partir de <http://www.llrx.com/features/egovinfoaccess.htm>

W3C, OWL Working Group. (2007). Frequently Asked Questions on W3C's Web Ontology Language (OWL). Recuperado 13 de mayo de 2015, a partir de <http://www.w3.org/2003/08/owlfaq>

Weerakkody, V., Choudrie, J., & Currie, W. (2004). Realising E-Government in the UK: Local and National Challenges. En 10th Americas Conference on Information Systems. (p. 134). AM CIS 2004 Proceedings. Recuperado a partir de <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1710&context=amcis2004>

Winkler, W. E. (1999). The State of Record Linkage and Current Research Problems. En Statistical Society of Canada Proceedings of Survey Methods. Census Bureau Publications. Recuperado a partir de <https://www.census.gov/srd/papers/pdf/rr99-04.pdf>

Woodley, M.S. (2005). DCMI Glossary. Recuperado 12 de mayo de 2015, a partir de <http://dublincore.org/documents/usageguide/glossary.shtml>

Yi, S., Li, Q., & Cheng, J. (1999). An interoperability GIS Model based on the Spatial Information Infrastructure. En Proceedings of Geoinformatics'99 Conference (pp. 1-5). Ann Arbor, Michigan: The Association of Chinese Professionals in GIS. Recuperado a partir de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=53BD210F1DCA1A7AED1ACD2926C813EC?doi=10.1.1.96.2137&rep=rep1&type=pdf>

Youyuan, F., & Tianyang, G. (2010). Research on Web Services Interoperability Testing Framework with Conformance Testing. World Academy of Science, Engineering and Technology, 158-160. Recuperado a partir de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.190.6242&rep=rep1&type=pdf>

Zelkowitz, M.V., & Cuthill, B. (1997). Application of an Information Technology Model to Software Engineering Environments. Journal of Systems and Software, 37(1), 27-40. [http://doi.org/10.1016/S0164-1212\(96\)00045-3](http://doi.org/10.1016/S0164-1212(96)00045-3)

Normativa europea

Comisión Europea. (1999a). Directiva 1999/93/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de noviembre de 1999, por la que se establece un marco comunitario para la firma electrónica. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2000/013/L00012-00020.pdf>

Comisión Europea. (1999b, julio 12). Decisión No 1719/1999/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de julio de 1999 sobre un conjunto de orientaciones, entre las que figura la identificación de los proyectos de interés común, relativo a redes transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre administraciones (IDA). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999D1719&from=ES>

Comisión Europea. (1999c, julio 12). Decisión No 1720/1999/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 1999, por la que se aprueba un conjunto de acciones y medidas al objeto de garantizar la interoperabilidad de las redes telemáticas transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre administraciones (IDA), así como el acceso a las mismas. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999D1720&from=ES>

Comisión Europea. (2000). Directiva 2000/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2000, relativa a determinados aspectos jurídicos de los servicios de la sociedad de la información, en particular el comercio electrónico en el mercado interior (Directiva sobre el comercio electrónico). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0031:Es:HTML

Comisión Europea. (2002a). Directiva 2002/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2002, relativa al tratamiento de los datos personales y a la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas (Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2002/201/L00037-00047.pdf>

Comisión Europea. (2002b, octubre 21). Decisión No 2045/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. de 21 de octubre de 2002, por la que se modifica la Decisión no 1720/1999/CE por la que se aprueba un conjunto de acciones y medidas al objeto de garantizar la interoperabilidad de las redes telemáticas transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre administraciones (IDA), así como el acceso a las mismas. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D2045&from=ES>

Comisión Europea. (2002c, octubre 21). Decisión No 2046/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2002, por la que se modifica la Decisión no 1719/1999/CE sobre un conjunto de orientaciones, entre las que figura la identificación de los proyectos de interés común, relativo a redes transeuropeas destinadas al intercambio electrónico de datos entre administraciones (IDA). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2002/316/L00004-00006.pdf>

Comisión Europea. (2003a). Directiva 2003/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de noviembre de 2003, relativa a la reutilización de la

información del sector público. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2003/345/L00090-00096.pdf>

Comisión Europea. (2003b, septiembre 26). COM (2003) 567 Final. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El papel de la administración electrónica en el futuro de Europa. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0567:FIN:ES:PDF>

Comisión Europea. (2003c, noviembre 17). Decisión No 2256/2003/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de noviembre de 2003, por la que se adopta un programa plurianual (2003-2005) para el seguimiento del plan de acción eEuropa 2005, la difusión de las buenas prácticas y la mejora de la seguridad de las redes y la información (Modinis). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003D2256&from=ES>

Comisión Europea. (2004, abril 21). Decisión 2004/387/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, relativa a la prestación interoperable de servicios paneuropeos de administración electrónica al sector público, las empresas y los ciudadanos (IDABC). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc9d7b.pdf?id=1892>

Comisión Europea. (2005a, septiembre 13). COM (2005) 425 Final. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. La accesibilidad electrónica. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0425:FIN:ES:PDF>

Comisión Europea. (2005b, diciembre 14). Decisión No 2113/2005/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2005, por la que se modifica la Decisión no 2256/2003/CE con el fin de prorrogar el programa en 2006 para la difusión de las buenas prácticas y el seguimiento de la asimilación de las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2005/344/L00034-00037.pdf>

Comisión Europea. (2006a). Directiva 2006/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la conservación de datos generados o tratados en relación con la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de acceso público o de redes públicas de comunicaciones y por la que se modifica la Directiva 2002/58/CE. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2006/105/L00054-00063.pdf>

Comisión Europea. (2006b, febrero 13). COM (2006) 45 Final. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament «Interoperability for Pan-European eGovernment Services». Recuperado a partir de http://www.epsos.eu/uploads/tx_epsosfileshare/Communication-on-Interoperability_01.pdf

Comisión Europea. (2006c, febrero 13). COM (2006) 45 Final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Interoperabilidad de los servicios paneuropeos de administración electrónica. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0045:FIN:ES:PDF>

Comisión Europea. (2006d, abril 25). COM (2006) 173 Final. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions «i2010 eGovernment Action Plan: Accelerating eGoverment in Europe for the Benefit of All». Recuperado a partir de <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc92d2.pdf?id=25286>

Comisión Europea. (2006e, abril 25). COM (2006) 173 Final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan de Acción sobre administración electrónica i2010: Acelerar la administración electrónica en Europa en beneficio de todos. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0173:FIN:ES:PDF>

Comisión Europea. (2006f, diciembre 27). Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los Servicios en el Mercado Interior. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0123&from=ES>

Comisión Europea. (2009, septiembre 16). Decisión No 922/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de septiembre de 2009 relativa a las soluciones de interoperabilidad para las administraciones públicas europeas (ISA). Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de http://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/dms/pae_Home/documentos/Estrategias/Lineas-de-cooperacion/pae_Cooperacion_Internacional/pae_Ambito_Europeo_-_Instrumentos/decision_922_2009.pdf

Comisión Europea. (2010a). COM (2010) 744 Final. Anexo 2. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions «Towards interoperability for European public services». Recuperado a partir de http://ec.europa.eu/isa/documents/isa_annex_ii_eif_en.pdf

Comisión Europea. (2010b, mayo 19). COM (2010) 245 Final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una Agenda Digital para Europa. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245&from=es>

Comisión Europea. (2010c, diciembre 15). COM (2010) 743 Final. Comunicación del Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. Plan de Acción Europeo sobre Administración Electrónica 2011-2015. Aprovechamiento de las TIC para promover una administración pública inteligente, sostenible e innovadora. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0743:FIN:ES:PDF>

Comisión Europea. (2010d, diciembre 16). COM (2010) 744 Final. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions «Towards interoperability for European public services». Recuperado a partir de http://ec.europa.eu/isa/documents/isa_annex_ii_eif_en.pdf

Comisión Europea. (2010e, diciembre 16). COM (2010) 744 Final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Hacia la

interoperabilidad de los servicios públicos europeos. Recuperado a partir de [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0744:FIN:ES:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0744:FIN:ES:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0744:FIN:ES:PDF)

Comisión Europea. (2011, noviembre 13). COM (2011) 808 Final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Horizonte 2020, Programa Marco de Investigación e Innovación. Recuperado a partir de [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0808:FIN:es:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0808:FIN:es:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0808:FIN:es:PDF)

Comisión Europea. (2012a). Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior. Recuperado a partir de [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0238:FIN:ES:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0238:FIN:ES:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0238:FIN:ES:PDF)

Comisión Europea. (2012b, diciembre 18). COM (2012) 784 Final. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions «The Digital Agenda for Europe - Driving European growth digitally». Recuperado a partir de

http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=1381

Comisión Europea. (2013a). Directiva 2013/37/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, por la que se modifica la Directiva 2003/98/CE relativa a la reutilización de la información del sector público. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2013/175/L00001-00008.pdf>

Comisión Europea. (2013b). Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a medidas para garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y de la información en la Unión. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0048:FIN:ES:PDF>

Comisión Europea. (2014a). Directiva 2014/55/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativa a la facturación electrónica en la contratación pública. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/doue/2014/133/L00001-00011.pdf>

Comisión Europea. (2014b, junio 26). COM (2014) 267 Final. Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un programa relativo a las soluciones de interoperabilidad para las administraciones públicas, las empresas y los ciudadanos europeos (ISA2). Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014PC0367&rid=1>

Comisión Europea. (2014c). Reglamento (UE) N 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado a partir de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0910&from=ES>

Normativa nacional

España. (1992, noviembre 27). Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común. Boletín Oficial del Estado, (285). Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/pdf/1992/BOE-A-1992-26318-consolidado.pdf>

España. (1999a, septiembre 18). Real Decreto-Ley 14/1999, de 17 de septiembre, sobre firma electrónica. Boletín Oficial del Estado, (224), 33593-33601. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/1999/09/18/pdfs/A33593-33601.pdf>

España. (1999b, diciembre 13). Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Boletín Oficial del Estado, (298). Recuperado a partir de http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/legislacion/estatal/common/pdfs/2014/Ley_Organica_15-1999_de_13_de_diciembre_de_Proteccion_de_Datos_Consolidado.pdf

España. (2001, diciembre 31). Ley 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social. Boletín Oficial del Estado, (313), 50493-50619. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2001/12/31/pdfs/A50493-50619.pdf>

España. (2002, julio 12). Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico. Boletín Oficial del Estado, (166). Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-13758-consolidado.pdf>

Bibliografía

España. (2003a, diciembre 18). Ley 58/2003, de 17 de diciembre, General Tributaria. Boletín Oficial del Estado, (302). Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-23186-consolidado.pdf>

España. (2003b, diciembre 20). Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica. Boletín Oficial del Estado, (304). Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-23399-consolidado.pdf>

España. (2005, mayo 28). Real Decreto 589/2005, de 20 de mayo, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la Administración electrónica. Boletín Oficial del Estado, (127), 18065-18071. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2005/05/28/pdfs/A18065-18071.pdf>

España. (2007a, junio 23). Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos. Boletín Oficial del Estado, (150), 27150-27166. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2007/06/23/pdfs/A27150-27166.pdf>

España. (2007b, noviembre 17). Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público. Boletín Oficial del Estado, (276), 47160-47165. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2007/11/17/pdfs/A47160-47165.pdf>

España. (2007c, noviembre 21). Real Decreto 1494/2007, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre las condiciones básicas para el acceso de las personas con discapacidad a las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información y medios de comunicación social. Boletín Oficial del Estado, (279), 47567-47572. Recuperado a partir de <http://sid.usal.es/idos/F3/LYN11920/3-11920.pdf>

España. (2007d, diciembre 29). Ley 56/2007, de 28 de diciembre, de Medidas de Impulso de la Sociedad de la Información. Boletín Oficial del Estado, (312), 53701-53719. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/29/pdfs/A53701-53719.pdf>

España. (2009, noviembre 18). Real Decreto 1671/2009, de 6 de noviembre, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos. Boletín Oficial del Estado, (278), 97921-97948. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2009/11/18/pdfs/BOE-A-2009-18358.pdf>

España. (2010a, enero 29). Real Decreto 3/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Seguridad en el ámbito de la Administración Electrónica. Boletín Oficial del Estado, (25), 8089-8138. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2010/01/29/pdfs/BOE-A-2010-1330.pdf>

España. (2010b, enero 29). Real Decreto 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica. Boletín Oficial del Estado, (25), 8139-8156. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2010/01/29/pdfs/BOE-A-2010-1331.pdf>

España. (2012, octubre 6). Real Decreto 1390/2012, de 5 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 589/2005, de 20 de mayo, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la administración electrónica. Boletín Oficial del Estado, (241), 71368-71373. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2012/10/06/pdfs/BOE-A-2012-12483.pdf>

España. (2013a, abril 12). Orden HAP/566/2013, de 8 de abril, por la que se regula el Registro Electrónico Común. Boletín Oficial del Estado, (88), 27278-27286. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/12/pdfs/BOE-A-2013-3862.pdf>

España. (2013b, octubre 10). Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno. Boletín Oficial del Estado, (295), 97922-97952. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12887.pdf>

España. (2014a, julio 5). Real Decreto-Ley 8/2014, de 4 de julio, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia. Boletín Oficial del Estado, (163), 52544-52715. Recuperado a partir de <http://www.boe.es/boe/dias/2014/07/05/pdfs/BOE-A-2014-7064.pdf>

España. (2014b, septiembre 26). Real Decreto 806/2014, de 19 de septiembre, sobre organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos. Boletín Oficial del Estado, (234), 75263-75278. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2014/09/26/pdfs/BOE-A-2014-9741.pdf>

España. (2014c, octubre 9). Orden PRE/1838/2014, de 8 de octubre, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros, de 19 de septiembre de 2014, por el que se aprueba Cl@ve, la plataforma común del Sector Público Administrativo Estatal para la identificación, autenticación y firma electrónica mediante el uso de claves concertadas. Boletín Oficial del Estado, (245), 82203-82209. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2014/10/09/pdfs/BOE-A-2014-10264.pdf>

España. (2014d, octubre 27). Orden HAP/1949/2014, de 13 de octubre, por la que se regula el Punto de Acceso General de la Administración General de Estado y se crea su sede electrónica. Boletín Oficial del Estado, (260), 87164-87171. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/boe/dias/2014/10/27/pdfs/BOE-A-2014-10908.pdf>

España. (2015). Anteproyecto de Ley del procedimiento administrativo común de las administraciones públicas. Recuperado a partir de <http://www.minhap.gob.es/Documentacion/Publico/NormativaDoctrina/Proyectos/MVB14A01%20%20Texto%20Ley%20de%20Procedimiento%20Consejo%20de%20Ministros%2009%2001%2015.pdf>