

Universidad de Málaga. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación. Programa de Doctorado en Tecnologías Informáticas

Doctorando
Carlos Roberto Brys

Especificación de una Ontología para el Gobierno Electrónico en el contexto de la Administración Pública Latinoamericana

**Tesis presentada para obtener el título de
“Doctor en Tecnologías Informáticas”**

“Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899”.

Director
Dr. José Francisco Aldana Montes
Co-Director
Dr. Ismael Navas Delgado

Año 2023



Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA




Programa de Doctorado en Tecnologías Informáticas

Tesis Doctoral

Especificación de una Ontología
para el Gobierno Electrónico
en el Contexto de la
Administración Pública
Latinoamericana

Presentada al
Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación
de la Universidad de Málaga
Para la obtención del grado de

Doctor en Tecnologías Informáticas

Por
Carlos Roberto Brys 

Directores de Tesis:
Dr. José Francisco Aldana-Montes 
Dr. Ismael Navas-Delgado 

2023



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Doctorado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña CARLOS ROBERTO BRYs

Estudiante del programa de doctorado TECNOLOGÍAS INFORMÁTICAS de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: ESPECIFICACIÓN DE UNA ONTOLOGÍA PARA EL GOBIERNO ELECTRÓNICO EN EL CONTEXTO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA LATINOAMERICANA

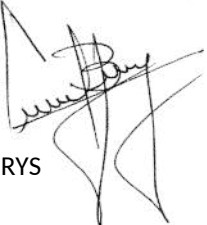
Realizada bajo la tutorización de JOSÉ FRANCISCO ALDANA MONTES y dirección de JOSÉ FRANCISCO ALDANA MONTES E ISMAEL NAVAS DELGADO (si tuviera varios directores deberá hacer constar el nombre de todos)

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 13 de OCTUBRE de 2023

 Fdo.: CARLOS ROBERTO BRYs Doctorando/a	 Fdo.: JOSÉ FRANCISCO ALDANA MONTES Tutor/a
Fdo.: JOSÉ FRANCISCO ALDANA MONTES Director/es de tesis	
ISMAEL NAVAS DELGADO	



EFQM AENOR



Edificio Pabellón de Gobierno. Campus El Ejido.

29071

Tel.: 952 13 10 28 / 952 13 14 61 / 952 13 71 10

E-mail: doctorado@uma.es



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Doctorado

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

Dr. D. José F. Aldana-Montes y Dr. D. Ismael Navas-Delgado, profesores doctores del Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación de la Universidad de Málaga, certifican que el doctorando Carlos Roberto Brys, ha realizado bajo su dirección y tutorización en el Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación de la Universidad de Málaga, el trabajo de investigación correspondiente a su TESIS DOCTORAL titulada:

*Especificación de una Ontología para el Gobierno Electrónico
en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana*

En dicho trabajo se han hecho aportaciones originales que han dado lugar a las publicaciones en coautoría en revistas y comunicaciones a congresos que avalan la tesis, las que no han sido utilizadas en tesis anteriores.

En Málaga, a 13 de OCTUBRE de 2023

Fdo.: JOSÉ FRANCISCO ALDANA MONTES Director/es de tesis	ISMAEL NAVAS DELGADO Director/es de tesis
------------------------------------------------------------	----------------------------------------------



EFQM AENOR



Edificio Pabellón de Gobierno. Campus El Ejido.
29071

Tel.: 952 13 10 28 / 952 13 14 61 / 952 13 71 10

E-mail: doctorado@uma.es



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

ESPECIFICACIÓN DE UNA ONTOLOÍA PARA EL GOBIERNO ELECTRÓNICO

en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana

Por Carlos Roberto Brys

Este material está publicado bajo la licencia  **creative commons**
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) de Creative Commons.

Usted es libre de: Copiar, Distribuir, Exhibir públicamente la obra y Hacer obras derivadas

Bajo las siguientes condiciones:



Atribución — Debe reconocer y citar la obra de la forma especificada por el autor o el licenciente.



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir Igual — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Puede obtener una copia de la Licencia en :

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.

Visite [Creative Commons](#) para conocer el lenguaje específico que rige los permisos y limitaciones bajo la Licencia.

Puede descargar este documento de la siguiente dirección de Internet:

[Tesis Doctoral Carlos Brys UMA.](#)

Este libro fue escrito en [L^AT_EX](#), un sistema de preparación de documentos libre, usando el editor [Overleaf](#).

Agradecimientos

El momento en el que esté leyendo este documento es la conclusión de un viaje hacia el conocimiento cuyo primer paso ocurrió casi 20 años atrás en el tiempo. Un arduo camino que tuvo tanto logros como fracasos, alegrías y decepciones.

En el transitar de este camino, muchas personas que lo compartieron aportaron sus saberes que enriquecieron mi crecimiento para llegar a destino. Y a todas ellas les debo mi más profundo agradecimiento.

Pero hay personas que merecen una especial dedicación por lo trascendental de su aporte:

En primer lugar, agradezco a mi familia, a quienes les he restado el tiempo de dedicarles presencia. En especial a mi esposa Sonia por su acompañamiento, apoyo y correcciones. Y a mis hijos Gustavo, Alejandro y Marianela.

A mis mentores, Enrique y David, por mostrarme el camino de la academia y despertarme la pasión por la investigación.

A mis directores José e Ismael, por sus enseñanzas y por mantener la fe de llegar al final, aún cuando la motivación por continuar flaqueaba.

A los profesores que me compartieron su conocimiento abriendo un abanico de caminos futuros en los cuales investigar.

Resumen

El Gobierno Electrónico es el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (NTIC) por parte de las instituciones del Estado, para crear un Nuevo Modelo de Administración Pública, para mejorar cualitativamente la provisión de los servicios e información a los ciudadanos, aumentar la eficiencia, la eficacia y la transparencia del sector público, y con la plena participación ciudadana, avanzar hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento (Brys 2005).

Hoy en día, los ciudadanos hacen un uso intensivo de la tecnología de comunicación móvil y exigen a los proveedores de servicios públicos información compleja y sofisticada. Esperan recibir respuestas en formato de datos ricos que les ofrezcan diversas alternativas antes de tomar una decisión.

Para satisfacer estas demandas, las agencias de servicios gubernamentales deben orquestar una gran cantidad de información proveniente de diversas fuentes y formatos, y proporcionarla a través de los dispositivos de datos que la gente comúnmente utiliza, como computadoras, netbooks, tablets y smartphones.

Para lograr esta orquestación de servicios públicos, los gobiernos necesitan una plataforma que garantice la accesibilidad, interoperabilidad y compatibilidad de los datos y los servicios basados en la web.

Para abordar estos desafíos, se propone un modelo para la representación conceptual de las unidades de organización del Estado, vistas como entidades del Gobierno Electrónico. Este modelo se basa en expresar formalmente la información bajo los principios de los Datos Abiertos Vinculados [DAV](#), lo que permite la extracción automática de información de utilidad para las inteligencias artificiales. De esta manera, se apoya el proceso de toma de decisiones gubernamentales y se brinda a los ciudadanos un acceso integral para encontrar información y realizar trámites a través de las tecnologías móviles.

Los servicios de la administración electrónica están sujetos a un creciente nivel de complejidad, lo que requiere un enfoque disruptivo que respalde mejor las necesidades de los ciudadanos en relación con la administración pública. Hoy en día, las tecnologías de la información disponibles facilitan la descripción y ejecución en línea de tareas administrativas, ahorrando tiempo y reduciendo posibles errores.

Estas tecnologías reducen los costos administrativos, pero requieren un complejo sistema de administración electrónica.

Proponemos utilizar tecnologías semánticas para describir las unidades organizativas y los servicios de la administración electrónica en el contexto de los Datos y Servicios de la Administración Abierta. El uso de la semántica mejora la gestión gubernamental, la prestación de servicios y los procesos de toma de decisiones.

En esta tesis se propone una evolución del modelo actual de la estructura de gobierno a un nivel semántico, de acuerdo con las necesidades de la Sociedad de la Información. El objetivo principal es mejorar el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno, lo que se convierte en un ahorro de tiempo y dinero para la sociedad.

La investigación se enfoca en el problema de la falta de capacidad de las herramientas informáticas de búsqueda para responder adecuadamente a consultas relacionadas con los trámites que ofrecen las administraciones públicas. La propuesta que ofrece la bibliografía para abordar este problema es enriquecer los datos disponibles en la Internet agregándoles [metadatos](#) para describir el contenido, el significado y la relación de los datos, de una manera formal, para que las máquinas sean capaces de evaluarlos automáticamente.

Para abordar este problema, se realizó una investigación exhaustiva de la literatura existente sobre el tema. Se revisaron artículos, libros y otros documentos relacionados con la ontología de servicios de gobierno electrónico y la semántica web. La revisión de la literatura permitió identificar las principales tendencias y enfoques en el campo de la ontología de servicios de gobierno electrónico y la semántica web.

El uso en el dominio del gobierno electrónico en un contexto provincial es una prueba de concepto de que este enfoque es lo suficientemente general como para expandirse a dominios superiores de países que adoptan el sistema republicano de gobierno con la división del gobierno en los poderes ejecutivo, legislativo y judicial.

Además, se realizó un estudio de casos para evaluar la efectividad de la propuesta enriquecer los datos disponibles en la web agregándoles [metadatos](#). El estudio de casos se centró en la implementación de una ontología de servicios de gobierno electrónico en una oficina administrativa del gobierno. Los resultados del estudio mostraron que la implementación de la ontología de servicios de gobierno electrónico mejoró significativamente el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno, lo que se convierte en un ahorro de tiempo y dinero para la sociedad.

Los hallazgos de la investigación sugieren que la incorporación de [metadatos](#) en los datos disponibles en la web es una solución efectiva para mejorar el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno. La ontología de servicios de gobierno electrónico permite integrar los diferentes servicios del gobierno que son relevantes para los destinatarios del e-gobierno. Además, la ontología de servicios de gobierno electrónico puede utilizarse para crear nuevas soluciones innovadoras.

Un caso práctico de la aplicación de este modelo es una ontología que ahora forma parte del Portal de Datos Abiertos del gobierno de la Provincia de Misiones. Esta ontología se desarrolló como resultado de un proyecto de investigación en la Universidad Nacional de Misiones, en beneficio del gobierno provincial.

En conclusión, los servicios de gobierno electrónico enfrentan un creciente nivel de complejidad, lo que requiere un enfoque disruptivo que respalde mejor las necesidades de los ciudadanos en relación con

la administración gubernamental. Las tecnologías de información disponibles en la actualidad facilitan la descripción y ejecución en línea de tareas administrativas, lo que ahorra tiempo y reduce posibles errores. Sin embargo, para lograr una implementación exitosa de gobierno electrónico, es fundamental el uso de tecnologías semánticas para describir las unidades organizativas y servicios gubernamentales, mejorando la gestión gubernamental, la prestación de servicios y los procesos de toma de decisiones.

Abstract

Electronic Government is the use of New Information and Communication Technologies (NICT) by State institutions to create a New Public Administration Model, to qualitatively improve the provision of services and information to citizens, increase the efficiency, effectiveness and transparency of the public sector, and with full citizen participation, move towards the Information and Knowledge Society (Brys 2005).

Today, citizens use mobile communication technology intensively and demand complex and sophisticated information from public service providers. They expect to receive answers in a data-rich format that offers them a variety of alternatives before making a decision.

To meet these demands, government service agencies must orchestrate a wealth of information from various sources and formats and deliver it through the data devices that people commonly use, such as computers, netbooks, tablets, and smartphones.

To achieve this orchestration of public services, governments need a platform that ensures accessibility, interoperability, and compatibility of web-based data and services.

This thesis proposes a model for the conceptual representation of the organizational units of the State, viewed as E-Government entities, to address these challenges. This model is based on ontologies designed under the principles of Linked Open Data, which allows the automatic extraction of helpful information for artificial intelligence. In this way, it supports the governmental decision-making process, provides citizens with comprehensive access to information, and carries out procedures through mobile technologies.

E-government services are subject to increasing complexity, which requires a disruptive approach to better support citizens' needs concerning public administration. Today, available information technologies facilitate the online description and execution of administrative tasks, saving time and reducing potential errors. These technologies reduce administrative costs but require a complex e-government system.

We propose to use semantic technologies to describe organizational units and e-government services in the context of Open Government Data and Services. The use of semantics improves government management, service delivery, and decision-making processes.

This thesis proposes an evolution of the current model of government structure to a semantic level, according to the needs of the Information Society. The main objective is to improve the access and management of government administrative processes, saving society time and money.

The research focuses on the problem of the lack of capacity of computer search tools to adequately respond to queries related to the procedures offered by public administrations. The proposal offered by the literature to address this problem is to enrich the data available on the web by adding metadata to describe the content, meaning, and relationship of the data formally so that machines can evaluate them automatically.

To address this problem, a thorough investigation of the existing literature on the subject was conducted. Articles, books, and other papers related to e-government service ontology and web semantics were reviewed. The literature review allowed the identification of the main trends and approaches in the e-government service ontology and web semantics field.

The use of the e-government domain in a provincial context is also proof that this approach is general enough to expand to higher domains of countries adopting the republican system of government with the division of government into executive, legislative, and judicial branches.

In addition, a case study was conducted to evaluate the proposal's effectiveness in enriching the web data by adding metadata to it. The case study focused on implementing an e-government services ontology in a government administrative office. The case study results showed that implementing the e-government services ontology significantly improved the access and management of government administrative processes, which converts into time and money savings for society.

The research findings suggest that incorporating metadata into data available on the web is an effective solution to improve access and management of government administrative processes. The e-government service ontology enables the integration of different government services that are relevant to e-government recipients. In addition, the e-government service ontology can be used to create new innovative solutions by accessing, processing, and managing the information in a way that is relevant to the e-government target audience.

A practical case of applying this model is an ontology that is now part of the Open Data Portal of the government of the Province of Misiones. This ontology was developed as a result of a research project at the National University of Misiones for the benefit of the provincial government.

In conclusion, e-government services are facing increasing complexity, which requires a disruptive approach to better support citizens' needs in government administration. Currently, available information technologies facilitate the online description and execution of administrative tasks, which saves time and reduces potential errors. However, for a successful implementation of e-government, it is essential to use semantic technologies to describe organizational units and government services, improving government management, service delivery, and decision-making processes.

Índice general

I Contextualización	1
1 Introducción	7
1.1 Contextualización	8
1.2 Motivación	11
1.2.1 Retos	11
1.2.2 Relevancia para el Interés Público	11
1.3 Objetivos	12
1.4 Aportaciones	12
1.4.1 Problemas a Resolver	13
1.4.2 Desarrollo de Competencias	13
1.5 Publicaciones de Aval de la Tesis	14
1.6 Organización de la Memoria	15
2 Marco Teórico	17
2.1 Introducción	18
2.2 La Web Semántica	18
2.3 Las Ontologías	19
2.3.1 Tipos de Ontologías	19
2.3.2 Aplicaciones de las Ontologías	19
2.4 Lenguajes Ontológicos	20
2.5 Acerca del Estado y del Gobierno	21
2.5.1 El Gobierno Electrónico	22
El Gobierno Electrónico 2.0	23
El Gobierno Electrónico 3.0	23
Un Nuevo Paradigma de Servicios: El Gobierno Móvil	23
2.5.2 Los Datos Abiertos	24
Datos Abiertos del Gobierno	24
Datos Vinculados	25
Datos Abiertos Vinculados del Gobierno	26
Datos Abiertos Espaciales	27
2.5.3 El Gobierno Abierto	27
3 Estado del Arte	29
3.1 Introducción	29
3.2 Ontologías de Gobierno Electrónico	30
3.3 El Gobierno Abierto	33
3.4 Los Datos Vinculados	35
3.5 Información a Nivel de Calle	35

3.6	Discusión Acerca de los Trabajos Relacionados	37
II	Investigación	40
4	Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico	41
4.1	Diseño de Ontologías	42
4.1.1	La Metodología Methontology	43
4.1.2	Proceso de Desarrollo de Ontologías 101	44
4.2	Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico	44
4.3	Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico	49
4.3.1	Extensión a Nivel de Calle: La Ontología Mapillary	51
4.4	Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico	52
4.4.1	Datos Vinculados en el Gobierno de Misiones	54
4.5	Evaluación de la Ontología	57
4.6	Herramientas Utilizadas	58
4.7	Ambiente de Hardware y Software:	58
5	Escenario de Uso para la Oferta de Servicios	61
5.1	La Arquitectura Propuesta	63
5.2	Método para la Construcción de la URI	64
5.3	Búsqueda de Datos Vinculados	69
5.3.1	Caso de Uso 1: Obtención de un Documento de Identidad.	69
5.3.2	Caso de Uso 2: Matricular a un Niño en una Escuela.	70
5.3.3	Caso de Uso 3: Permiso para Transportar Madera	72
5.3.4	Caso de Uso 4: Hacer una Denuncia en la Policía	72
5.4	Ejemplo de Uso de los Datos	74
6	Escenario de Soporte a la Toma de Decisiones	77
6.1	Introducción	78
6.2	Contexto	78
6.3	Literatura de Base	80
6.3.1	Predicción y Toma de Decisiones	80
6.3.2	Soluciones Basadas en el Conocimiento	81
6.4	Ontología de Incendios Forestales	83
6.4.1	Gestión del Riesgo con Soporte Ontológico	84
6.5	Caso de Uso de la Ontología de Incendios Forestales y los Datos Abiertos Geoespaciales	88
6.5.1	Clasificación Semántica del Peligro de un Incendio	88
6.5.2	Predicción del Desplazamiento del Fuego	90
III	Resultados	92
7	Discusión	93
7.1	Introducción	93
7.2	Relevancia para la Administración Pública	94
7.3	Relevancia para el Interés Público	95
7.4	Desafíos y Oportunidades	96
7.5	Facilidad de Reproducción	96
7.6	Resultados	96

8 Conclusiones	99
8.1 Conclusiones Generales	99
8.1.1 Actualización	101
9 Trabajo Futuro	103
9.1 Escenarios Futuros para las Ontologías	104
9.1.1 La evolución de las Ontologías a Grafos de Conocimiento	104
Bibliografía de Base	105
9.1.2 Redes de Conocimiento	106
9.1.3 Validación de Datos	106
9.1.4 Transformación de la Web Semántica a Bases de Grafos	107
9.1.5 Transformación de Ontologías a Grafos de Conocimiento	108
9.1.6 Transformación de Ontologías a Neo4J	109
9.2 El Gobierno Electrónico Inteligente	110
IV Anexos	112
Anexos	113
Investigación y Publicaciones	117
.1 Anexo .1 Proyecto de Investigación	117
.2 Anexo .2 Artículos Publicados en Revistas y Congresos	117
.2.1 Proyecto de Investigación: Gobierno Electrónico 3.0: Un Modelo para los Servicios Web Semánticos en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana.	120
.2.2 Artículo: Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico.	121
.2.3 Artículo: Knowledge Representation of Intelligent Public Services through a Semantic Model.	131
.2.4 Artículo: Gobierno Electrónico 3.0: Aplicaciones de la Web Semántica a la Administración Pública.	139
.2.5 A Semantic Model for Electronic Government and its Enforcement in the Province of Misiones, Argentina.	155
.2.6 Artículo: LEGO: Linked Electronic Government Ontology.	176
.2.7 Artículo: Wildfire Risk Weighting and Behavior Prediction Using Open Geospatial Data and Ontologies.	197
V Referencias	218
Bibliografía	219

Índice de figuras

2.1 Sujeto-Predicado-Objeto	25
4.1 Modelo de la Ontología de Gobierno Electrónico (OGE)	45
4.2 Ontología del Gobierno Electrónico Diseñada en Protégé	47
4.3 Mapeo entre de la Ontología de Gobierno Electrónico y Datos Abiertos Vinculados	48
4.4 Contexto de la Ontología del Gobierno Electrónico Ampliada	49
4.5 Modelo de la Ontología Vinculada de Gobierno Electrónico Diseñada en Protégé	50
4.6 Relaciones Ontológicas	51
4.7 Ontología de Mapillary	52
4.8 Árbol de Clases de la Ontología Mapillary	53
4.9 Ontología Ampliada del Gobierno Electrónico	54
4.10 Extensión de MapillaryOnto	57
5.1 Arquitectura del Modelo de Gobierno Electrónico Vinculado	62
5.2 Arquitectura del Modelo de Gobierno Electrónico Basado en Ontologías	63
5.3 Método para la Construcción de la URI de las Ontologías	65
5.4 Navegación on-line de la Ontología de Gobierno Electrónico	65
5.5 Esquema de la Estructura Administrativa del Poder Ejecutivo Provincial	67
5.6 Instancias Interconectadas para Nuevo_DNI en Posadas	70
5.7 Instancias Interconectadas para Matricular a un Niño en una Escuela	71
5.8 Instancias Interconectadas para Obtener un Permiso de Transporte de Madera	73
5.9 Instancias Interconectadas para Denunciar un Delito	74
5.10 Arquitectura para el Escenario de Uso del Modelo	75
6.1 Sequía en la Cuenca del Paraná/La Plata. 09-2021/08-2022	79
6.2 Mapa Interactivo de Recursos para la Gestión de Emergencias Ambientales	80
6.3 Ontología de Incendios Forestales	85
6.4 Conceptos Relacionados con la Ontología	86
6.5 Fuentes de Información del Mapa Interactivo de Gestión de Riesgos Ambientales	87
6.6 Clasificación Semántica del Riesgo Basada en Reglas	90

Índice de tablas

3.1 Comparación de Ontologías Desarrolladas para el Gobierno Electrónico	38
4.1 Propiedades de los Datos de la Clase de Image de Mapillary	52
4.2 Datos para el Alta Masiva a OSM	56
4.3 Arquitectura de Software y Hardware	59
5.1 Preguntas de Competencia Básicas	66
6.1 Comparación de la Literatura de Base	82
6.2 Valores del Factor de Riesgo	89
6.3 Reglas para el Cálculo del Factor de Riesgo	90



Parte I

Contextualización

Acrónimos

- CSV** : Un archivo CSV, que significa "Valores Separados por Comas", es un formato de archivo de texto plano que se utiliza para almacenar datos en forma de tabla. [55](#), [113](#)
- DAG** : Los Datos Abiertos del Gobierno (Open Government Data) son datos gubernamentales que se hacen públicos y que están disponibles para que cualquier persona los acceda, use, procese y redistribuya. Los OGD pueden ser de una variedad de fuentes, incluyendo registros gubernamentales, sitios web gubernamentales y aplicaciones gubernamentales. [24](#), [30](#), [113](#)
- DAV** : Datos Abiertos Vinculados (Linked Open Data). Define una visión de datos mundialmente accesibles y vinculados globalmente en Internet basados en los estándares RDF de la web semántica. Es una nube de datos virtual en la que cualquier persona puede acceder a cualquier información que esté autorizada a ver y también puede agregar datos sin alterar la fuente de datos original. Esto proporciona un entorno abierto donde los datos se pueden crear, conectar y consumir a escala de Internet. Una teoría básica de LOD es que los datos tienen más valor si se pueden conectar a otros datos. Los datos, en este contexto, son cualquier información estructurada basada en la web. Se ha propuesto LOD como la base para un gobierno abierto y para resolver muchos de los problemas de integración de datos. [10–12](#), [35](#), [53](#), [54](#), [62](#), [68](#), [99](#), [101](#), [113](#)
- DAVG** : Los Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (Linked Open Government Data) son un tipo de datos abiertos que están vinculados a otros conjuntos de datos a través de identificadores únicos. Esto permite a los usuarios combinar y analizar los datos de diferentes fuentes, lo que puede conducir a nuevos descubrimientos y una comprensión profunda de temas, problemas o situaciones. [26](#), [27](#), [35](#), [45](#), [99](#), [113](#)
- DV** : Los Datos Vinculados (Linked Data) son un modelo de datos que permite a las computadoras entender el significado de los datos y establecer relaciones entre ellos. Los datos vinculados se basan en la idea de que los datos se pueden representar como triplas, que son conjuntos de tres elementos: un sujeto, un predicado y un objeto. El sujeto es una entidad, el predicado es una relación entre el sujeto y el objeto, y el objeto es otra entidad. Los datos vinculados se pueden almacenar y publicar en la web usando el lenguaje de marcado RDF (Resource Description Framework). RDF es un lenguaje formal que se utiliza para describir recursos en la web. Los datos RDF se pueden almacenar en diferentes formatos, como archivos XML, JSON o Turtle. [25](#), [113](#)

- EGO** : Electronic Government Ontology. Un modelo para la representación conceptual de las unidades de organización del Estado. Son tecnologías semánticas para describir las unidades organizativas y los servicios de la administración electrónica en el contexto de los Datos y Servicios de la Administración Abierta. [113](#)
- FIPA** : Fundación para Agentes Físicos Inteligentes (Foundation for Intelligent Physical Agents) es una organización internacional que se dedica a la promoción de la industria de agentes inteligentes abiertamente apoyando el desarrollo de especificaciones de interoperabilidad entre los agentes y las aplicaciones basadas en agentes. [113](#)
- FOAF** : Significa Friend of a Friend, es una ontología legible para las máquinas que describe a las personas, sus actividades y sus relaciones con otras personas y objetos. Para hacer estas descripciones utiliza el Marco de Descripción y el lenguaje OWL. [48](#), [50](#), [54](#), [68](#), [75](#), [113](#)
- GEI** : Un Gobierno Electrónico Inteligente es un gobierno que utiliza la inteligencia artificial (IA) para mejorar sus servicios y procesos. La IA puede utilizarse para automatizar tareas, mejorar la toma de decisiones, personalizar los servicios y proporcionar a los ciudadanos una experiencia más fluida. [111](#), [113](#)
- GPT** : Transformador Generativo Pre-entrenado (Generative Pre-trained Transformer), es un modelo de lenguaje grande desarrollado por la empresa OpenAI en 2018. Es un modelo de aprendizaje automático que ha sido entrenado en una gran cantidad de datos de texto, lo que le permite generar texto, traducir idiomas, escribir diferentes tipos de contenido creativo y responder a sus preguntas de una manera informativa. [9](#), [113](#)
- HTTP** : Hypertext Transfer Protocol. El Protocolo de Transferencia de Hipertexto es el protocolo de comunicación que permite las transferencias de información en la World Wide Web. [11](#), [25](#), [113](#)
- LLM** : Modelo de Grande de Lenguaje (Large Language Model). Es un tipo de modelo de aprendizaje automático que está entrenado en una gran cantidad de datos de texto. Estos modelos pueden generar texto, traducir idiomas, escribir diferentes tipos de contenido creativo y responder a sus preguntas de una manera informativa. [9](#), [110](#), [113](#)
- LOD** : Datos Abiertos Vinculados (Linked Open Data). Define una visión de datos mundialmente accesibles y vinculados globalmente en Internet basados en los estándares RDF de la web semántica. Es una nube de datos virtual en la que cualquier persona puede acceder a cualquier información que esté autorizada a ver y también puede agregar datos sin alterar la fuente de datos original. Esto proporciona un entorno abierto donde los datos se pueden crear, conectar y consumir a escala de Internet. Una teoría básica de LOD es que los datos tienen más valor si se pueden conectar a otros datos. Los datos, en este contexto, son cualquier información estructurada basada en la web. Se ha propuesto LOD como la base para un gobierno abierto y para resolver muchos de los problemas de integración de datos. [113](#)
- LOGD** : Los Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (Linked Open Government Data) son un tipo de datos abiertos que están vinculados a otros conjuntos de datos a través de identificadores únicos. Esto permite a los usuarios combinar y analizar los datos de diferentes fuentes, lo que puede conducir a nuevos descubrimientos y una comprensión profunda de temas, problemas o situaciones. [113](#)
- NoSQL** : (Not Only SQL) Es un término general que se utiliza para referirse a una amplia gama de sistemas de gestión de bases de datos que no siguen el modelo relacional tradicional. Las bases de datos NoSQL suelen ser más escalables y flexibles que las bases de datos relacionales, y se utilizan a menudo para aplicaciones que requieren el almacenamiento de grandes cantidades de datos o que tienen requisitos de rendimiento específicos. [105](#), [107](#), [109](#), [113](#)

- OGD** : Los Datos Abiertos del Gobierno (Open Government Data) son datos gubernamentales que se hacen públicos y que están disponibles para que cualquier persona los acceda, use, procese y redistribuya. Los OGD pueden ser de una variedad de fuentes, incluyendo registros gubernamentales, sitios web gubernamentales y aplicaciones gubernamentales. [113](#)
- OGE** : Ontología del Gobierno Electrónico. Un modelo para la representación conceptual de las unidades de organización del Estado. Son tecnologías semánticas para describir las unidades organizativas y los servicios de la administración electrónica en el contexto de los Datos y Servicios de la Administración Abierta. [10](#), [13](#), [45](#), [47](#), [49](#), [53](#), [61](#), [62](#), [68](#), [75](#), [83](#), [113](#)
- OGP** : La Alianza para el Gobierno Abierto (Open Government Partnership) es una asociación entre gobiernos, sociedad civil y el sector privado que trabaja para hacer que los gobiernos sean más abiertos, responsables y receptivos a los ciudadanos. OGP se fundó en 2011 por los gobiernos de Estados Unidos, México, Reino Unido, Brasil y Filipinas. OGP tiene tres objetivos principales: Aumentar la transparencia y el acceso a la información gubernamental, Fortalecer la participación ciudadana en el proceso de toma de decisiones y Combatir la corrupción. [34](#), [113](#)
- OSM** : Un archivo OpenStreetMap es un archivo de datos que contiene información geográfica sobre una zona determinada. Estos archivos se utilizan para crear mapas, aplicaciones de navegación y otros servicios basados en mapas. [48](#), [55](#), [113](#)
- OVGE** : Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico. Son un conjunto de conceptos y relaciones que representan el conocimiento sobre el gobierno electrónico de forma explícita y formal. Se basa en el modelo de ontologías enlazadas, que permite que las ontologías se compartan y se enlacen entre sí. [49](#), [50](#), [53](#), [54](#), [57](#), [61](#), [69–73](#), [78](#), [84](#), [89](#), [99](#), [100](#), [110](#), [113](#)
- OWL** : El Lenguaje para Ontologías en la Web (Web Ontology Language) es un lenguaje de la web semántica diseñado para representar conocimientos ricos y complejos sobre cosas, grupos de cosas y relaciones entre cosas. Se basa en el marco de descripción de recursos (RDF), que es un estándar para representar datos en la Web. OWL proporciona una serie de características que lo hacen adecuado para representar conocimientos. [12](#), [20](#), [21](#), [55](#), [58](#), [64](#), [105–107](#), [109](#), [110](#), [113](#)
- P2P** : Peer-to-peer. Red de pares, red entre iguales o red entre pares es una red de computadoras en la que todos o algunos aspectos funcionan sin clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí. [113](#)
- RDF** : El Marco de Descripción de Recursos (Resource Description Framework) es un modelo de datos para representar información sobre recursos en la Web. RDF se basa en el concepto de tripletas, que consiste en un sujeto, un predicado y un objeto. El sujeto es el recurso que se está describiendo, el predicado es la relación entre el sujeto y el objeto, y el objeto es el valor de la relación. RDF se puede utilizar para representar una amplia variedad de información, incluyendo personas, lugares, cosas, eventos y relaciones entre recursos. [20](#), [25–27](#), [50](#), [54](#), [58](#), [59](#), [106](#), [109](#), [110](#), [113](#)
- RDFS** : El Esquema del Marco de Descripción de Recursos (Resource Description Framework Schema) es una extensión semántica de RDF que proporciona un conjunto de propiedades y relaciones para describir la estructura y el contenido de los recursos RDF. RDFS se utiliza para crear ontologías, que son modelos formales del conocimiento que definen conceptos, relaciones y propiedades. [105](#), [107](#), [109](#), [110](#), [113](#)
- SHACL** : El Lenguaje de Restricciones de Formas (Shapes Constraint Language) es un lenguaje de restricciones para ontologías RDF. SHACL se utiliza para especificar restricciones en los datos RDF, que se pueden utilizar para validar la integridad de los datos y garantizar que cumplan con los requisitos de un dominio específico. [107](#), [109](#), [113](#)

- SKOS** : Los Sistemas Simples de Organización del Conocimiento (Simple Knowledge Organization Systems), es una familia de lenguajes formales diseñados para la representación de vocabularios controlados estructurados. SKOS se basa en RDF y RDF(S) y su principal objetivo es permitir la publicación de manera sencilla de vocabularios estructurados controlados para la Web Semántica. [109](#), [110](#), [113](#)
- SPARQL** : El Protocolo y Lenguaje de Consulta RDF SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) es un lenguaje de consulta para recuperar y manipular datos almacenados en el formato Resource Description Framework (RDF). Las consultas SPARQL se utilizan para extraer información de los gráficos RDF. Una consulta SPARQL consiste en un conjunto de patrones triples. Un patrón triple es una declaración que especifica un sujeto, predicado y objeto. El sujeto es el recurso del que se trata la declaración. El predicado es la relación entre el sujeto y el objeto. El objeto es el valor de la relación. [25](#), [26](#), [32](#), [38](#), [53](#), [59](#), [68–70](#), [72](#), [75](#), [101](#), [106](#), [107](#), [109](#), [110](#), [113](#)
- URI** : Uniform Resource Identifier. Identificador de Recursos Uniforme, es una cadena de caracteres que identifica un recurso en la World Wide Web. Los URI se utilizan para identificar recursos de forma única, independientemente de su ubicación o protocolo. Los URI se componen de varios componentes, incluyendo el esquema, el nombre de dominio, el directorio y el nombre de archivo. El esquema identifica el tipo de recurso, como HTTP, FTP o HTTPS. El nombre de dominio identifica el servidor en el que se encuentra el recurso. [11](#), [18](#), [25](#), [26](#), [64](#), [69](#), [113](#)
- URL** : Uniform Resource Locator. Localizador Uniforme de Recursos es un identificador de recursos referidos a objetos en la Internet. [52](#), [113](#)
- W3C** : El Consorcio World Wide Web (World Wide Web Consortium) es una organización internacional sin fines de lucro que desarrolla estándares técnicos para la World Wide Web. Fue fundado en 1994 por Tim Berners-Lee, tiene su sede en Ginebra, Suiza, y cuenta con miembros de más de 400 organizaciones de todo el mundo. El W3C está dirigido por un consejo de administración, que está formado por representantes de las organizaciones miembros. El W3C desarrolla estándares para una amplia variedad de tecnologías web, incluyendo HTML, CSS, XML, JavaScript y los lenguajes de la Web semántica. Los estándares del W3C son adoptados por los navegadores web, los servidores web y otras aplicaciones web. [12](#), [18](#), [20](#), [26](#), [35](#), [37](#), [45](#), [49](#), [66](#), [113](#)
- WSML** : El Lenguaje para el Modelado de Servicios Web Semánticos (Web Service Modeling Language) se utiliza para describir los aspectos semánticos de los servicios web, como los tipos de datos, las operaciones que pueden realizar los servicios y los resultados que producen. WSML se puede utilizar para una variedad de propósitos, incluyendo la publicación de servicios web, la búsqueda de servicios web y la integración de servicios web. WSML es un lenguaje estándar, y es admitido por una variedad de herramientas y plataformas.. [32](#), [113](#)
- WWW** : World Wide Web o Red Informática Mundial es un sistema de distribución de documentos de hipertexto o hipermedios interconectados y accesibles vía Internet. [113](#)

CAPÍTULO *1*

Introducción

El conocimiento es la base de la sabiduría.

— Sócrates

Índice

1.1	Contextualización	8
1.2	Motivación	11
1.2.1	Retos	11
1.2.2	Relevancia para el Interés Público	11
1.3	Objetivos	12
1.4	Aportaciones	12
1.4.1	Problemas a Resolver	13
1.4.2	Desarrollo de Competencias	13
1.5	Publicaciones de Aval de la Tesis	14
1.6	Organización de la Memoria	15

1.1. Contextualización

En la actualidad, cuando los ciudadanos necesitan encontrar e informarse acerca de los trámites que ofrecen las administraciones públicas, las herramientas informáticas de búsqueda no tienen la capacidad de responder adecuadamente a consultas tales como:

- “Estoy en la ciudad de Posadas. ¿Cómo puedo obtener mi pasaporte?”,
- “Quiero iniciar un negocio: ¿Qué trámites debo hacer?”,
- “¿Cómo puedo obtener mi licencia de conducir?”.

Las respuestas que ofrecen los motores de búsqueda a estas preguntas, son abundantes, pero muchas veces irrelevantes y descontextualizadas.

La propuesta que ofrece la bibliografía para abordar este problema, es enriquecer los datos disponibles en la web agregándoles **metadatos** para describir el contenido, el significado y la relación de los datos, de una manera formal, para que las máquinas sean capaces de evaluarlos automáticamente. Esta idea fue introducida por (Berners-Lee et al. 2006) en un concepto que hoy se conoce como la **Web Semántica**.

Pero los ejemplos disponibles para explicar la funcionalidad de la Web Semántica, se refieren a los resultados de las consultas pertinentes a los motores de búsqueda, tales como: “Hoteles en Buenos Aires”, “Viajar de Nueva York a Madrid”. Si bien los resultados obtenidos sirven para explicar el razonamiento semántico, en la práctica la poca disponibilidad de datos semánticos, hacen que los resultados de esas búsquedas carezcan de utilidad.

Con el advenimiento de las inteligencias artificiales generativas, las respuestas a las preguntas iniciales son mucho más ricas, pero a la vez son respuestas generales e imprecisas. Por ejemplo, la misma pregunta: “Estoy en la ciudad de Posadas. ¿Cómo puedo obtener mi pasaporte?” realizada a ChatGPT¹ retorna la siguiente respuesta:

Para obtener tu pasaporte en la ciudad de Posadas, sigue estos pasos:

- *Reúne los documentos necesarios: Asegúrate de tener tu identificación oficial vigente, como tu cédula de identidad o documento de identificación nacional, acta de nacimiento, comprobante de domicilio y fotografías recientes que cumplan con los requisitos establecidos por la entidad emisora del pasaporte.*
- *Localiza la oficina de emisión de pasaportes en Posadas: Busca la entidad gubernamental o dependencia encargada de emitir pasaportes en la ciudad. En Argentina, los pasaportes son emitidos por el Ministerio del Interior, y puedes obtener más información en su sitio web oficial o contactando a la delegación local correspondiente.*
- *Programa una cita (si es necesario): Verifica si es necesario programar una cita previa para tramitar el pasaporte en Posadas. Algunas oficinas pueden requerir que agendes una cita antes de presentar la solicitud.*
- *Completa el formulario de solicitud: Obtén el formulario de solicitud de pasaporte y completa todos los campos requeridos con la información correcta y actualizada.*
- *Paga las tarifas correspondientes: Infórmate sobre el costo del pasaporte y las formas de pago aceptadas. Realiza el pago de las tarifas al momento de presentar la solicitud.*

¹ChatGPT: <https://chat.openai.com/> Versión 3.5 accedida en 01/07/2023

- *Presenta los documentos y realiza el trámite: Acude a la oficina de emisión de pasaportes en Posadas con todos los documentos requeridos, el formulario de solicitud y el comprobante de pago. Los funcionarios te guiarán a través del proceso de obtención de tu pasaporte.*
- *Espera el tiempo de procesamiento: El tiempo para obtener el pasaporte puede variar, pero en general, se emite en un plazo de semanas. Es posible que te proporcionen un comprobante o recibo que deberás presentar para recoger tu pasaporte una vez que esté listo.*
- *Recoge tu pasaporte: Cuando el pasaporte esté listo, acude nuevamente a la oficina de emisión para recogerlo. Verifica que todos los datos sean correctos antes de salir de la oficina.*

Recuerda que los requisitos y procedimientos pueden estar sujetos a cambios, por lo que te recomiendo verificar los detalles específicos y los horarios de atención de la oficina de emisión de pasaportes en Posadas antes de iniciar el trámite. Si tienes alguna duda, puedes comunicarte con la entidad correspondiente para obtener información actualizada sobre el proceso de obtención de tu pasaporte en la ciudad.

Esta respuesta no indica claramente cuál es el nombre del organismo público responsable del trámite, la dirección a dónde dirigirse, su teléfono, cómo llegar, qué costo tiene, o cómo se ve la fachada del edificio. Esto es debido a que las inteligencias generativas se entrenaron con modelos de lenguaje que no tienen acceso a los [metadatos](#) almacenados en los archivos de la web profunda.

Una forma para la representación formal de un dominio de conocimiento es el uso de una [Ontología](#). Una ontología (Sowa 1984) es una forma de organizar y estructurar el conocimiento de una manera que sea comprensible para las computadoras. Se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo la inteligencia artificial, la búsqueda de información, y la gestión del conocimiento.

Las ontologías son importantes para la inteligencia artificial ya que proporcionan un marco para organizar y estructurar el conocimiento. Esto ayuda a las inteligencias a aprender y comprender mejor el lenguaje, lo que puede optimizar su capacidad para realizar tareas como la traducción automática, la generación de texto y la respuesta a preguntas.

Un modelo grande de lenguaje ([LLM](#)) es un tipo de modelo de aprendizaje automático de inteligencia artificial que está entrenado en base a una gran cantidad de datos textuales. Estos modelos pueden generar texto, traducir idiomas, escribir diferentes tipos de contenido creativo y responder de una manera coloquial a las preguntas de una manera más completa y precisa.

Las inteligencias artificiales generativas se volvieron populares a partir del 18 de Noviembre de 2022 con la aparición del ChatGPT, una interfaz web para interactuar con el Transformador Generativo Pre-entrenado (Generative Pre-trained Transformer [GPT](#)), un modelo grande de lenguaje desarrollado por la empresa OpenAI en 2018. Estos modelos aún se hallan en su etapa de desarrollo, pero tienen el potencial de revolucionar la forma en que interrogamos a las computadoras.

Uno de los campos donde las ontologías desempeñan un rol fundamental para los modelos [LLM](#) es en la obtención de respuestas a preguntas. Las ontologías proporcionan un marco para responder preguntas sobre un conjunto dado de datos. Esto ayuda a los modelos a responder preguntas de manera más completa y se puede utilizar para ayudar a las personas a obtener información sobre productos y servicios.

Las ontologías contribuyen a que las inteligencias artificiales sean más eficientes. Al proporcionar un marco para organizar el conocimiento, facilitan el hallazgo de información que los modelos necesitan. Esto reduce el tiempo que tarda el modelo en aprender y comprender el lenguaje, y mejora su capacidad para realizar tareas de manera eficiente.

Los sistemas de información tienen que alimentarse de una variedad de fuentes de datos en tiempo real, para que el proceso de toma de decisiones sea más eficiente y exitosa. La información existente se distribuye sobre una amplia área geográfica, proporcionada por muchas fuentes diferentes y en diferentes formatos.

Para obtener la mejor información posible que apoye el proceso de descubrir y conducir la concreción de un trámite, los gobiernos deben encontrar, recopilar y procesar los datos usando la extracción automática de datos, y presentar la información en los terminales de datos que los usuarios suelen utilizar: computadoras, netbooks, teléfonos inteligentes y otros dispositivos.

Los ciudadanos son usuarios intensivos de tecnologías de comunicación móvil y demandan información y servicios complejos y sofisticados de los proveedores de servicios públicos. Para satisfacer estas demandas, las agencias de servicios gubernamentales deben orquestar mucha información de fuentes de datos heterogéneas (en formatos y semánticas), y entregarla a los terminales que los ciudadanos utilizan comúnmente: computadoras y teléfonos inteligentes. Esta información por lo general se encuentra confinada en silos de datos, dependiendo del servicio gubernamental que lo proporcione. Sin embargo, estos sistemas generalmente no interactúan entre sí, proporcionando a los ciudadanos datos en formatos diferentes e incompatibles. Por lo tanto, los ciudadanos deben reconstruir un rompecabezas de lugares, personas y procesos para consumir un servicio gubernamental. Para lograr esta orquestación de las fuentes de datos, los gobiernos necesitan una plataforma que proporcione accesibilidad, interoperabilidad y compatibilidad de los datos y los servicios basados en la web.

Para asegurar la calidad e integridad de la información que los gobiernos deben encontrar, filtrar y procesar, es necesario el uso de estándares que definen en detalle las entidades de datos y sus relaciones, para enriquecer su significado.

El uso de ontologías y Datos Abiertos Vinculados (DAV) (*Linked Open Data*) en áreas estratégicas del Estado como educación, salud y seguridad mejorará sustancialmente el acceso y la provisión de servicios gubernamentales (Cretton et al. 2015).

Así, la representación de la estructura organizativa del Estado como una **Ontología de Gobierno Electrónico (OGE)** no sólo proporcionará una forma de gestionar los datos, sino que también permitirá que las máquinas realicen razonamiento automatizado, búsqueda semántica y conceptual, y proporcionen sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

La ventaja de expresar la estructura organizativa gubernamental como una ontología de gobierno electrónico es que se puede construir un modelo de información que permita una exploración significativa de los datos en términos de las semánticas explícitas declaradas en la ontología. La definición de una ontología formal permitirá el razonamiento automatizado, búsquedas semánticas y conceptuales, y sistemas de apoyo a decisiones, facilitando así que las máquinas puedan realizar estas tareas. Además, al expresar la estructura organizativa del Estado como una ontología de gobierno electrónico, se permite la exploración de datos en función de los elementos que representan las asociaciones entre los objetos, las propiedades de los elementos y formalmente describe la semántica de las clases y propiedades utilizadas en relación de dependencia, temporal y espacial.

1.2. Motivación

La motivación principal de esta investigación se basó en que no hay un modelo ontológico que se ajuste a toda la representación del Estado y su conocimiento asociado. Los modelos estudiados se centran en un enfoque parcial o algunos tipos de servicios específicos que no cubren la complejidad necesaria para el modelado, o son difíciles de adaptar. Tampoco toman en cuenta las tecnologías móviles emergentes y la ubicuidad de los ciudadanos y sólo unos pocos relacionan el modelo a otras ontologías externas.

1.2.1. Retos

Las demandas de los ciudadanos hacia los proveedores de los servicios públicos son cada vez más sofisticadas y complejas. Los ciudadanos ya no se conforman con la recepción de los datos que cumplen con su requerimiento, sino que esperan recibir información enriquecida que les permitan analizar las diferentes alternativas antes de tomar una decisión.

Para satisfacer estas demandas, las agencias de servicios de los gobiernos deben orquestar una gran cantidad de información de diversas fuentes y formatos, y presentarlas en las terminales de datos que usan los usuarios: computadoras, netbooks, teléfonos inteligentes, etc.

Para que esto sea posible, los organismos administrativos y la información necesaria para la toma de decisiones, se pueden representar utilizando ontologías en diferentes niveles, y éstas pueden estar vinculadas a fuentes heterogéneas a través de los Datos Abiertos Vinculados (DAV). Entonces, las fuentes de datos se pueden obtener de forma incremental siguiendo los Identificadores Uniformes de Recursos (URI) a través del protocolo HTTP (Heath y Bizer 2011).

1.2.2. Relevancia para el Interés Público

Este proyecto propone la evolución del modelo actual de gobierno electrónico a un nivel semántico, acorde a las necesidades de la Sociedad de la Información. El modelo, como marco conceptual, definirá nuevas directrices para el desarrollo de aplicaciones informáticas en el ámbito estatal, revalorizando a la información como insumo esencial de la gobernabilidad. Se optimizará el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno, lo que deviene en un beneficio económico y ahorro de tiempo para la sociedad.

El cambio de paradigma resultante transformará la forma en que el Estado gestiona los datos que produce, y los ofrecerá a la sociedad para que ella misma proponga y resuelva problemas accediendo, procesando, mezclando y relacionando los Datos Abiertos Vinculados (DAV) para crear nuevas soluciones innovadoras.

Con el modelo experimental propuesto, una ontología de servicios de gobierno electrónico se podría utilizar para integrar los diferentes servicios del gobierno que son relevantes para los destinatarios del e-gobierno. Se infiere que el actual modelo es adecuado como marco de apoyo para la integración y la interoperabilidad de los servicios públicos prestados por las oficinas administrativas distribuidas geográficamente.

En conclusión, el modelo que se propone supone un paso exitoso en la evolución del gobierno electrónico en la Provincia de Misiones a un nivel semántico, que permita la integración y la interoperabilidad de los procesos, así como la creación de flujos de trabajo que van más allá de límites geográficos y administrativos del Estado, llegando a una de las metas más importante del gobierno electrónico: dar servicios más eficientes a los ciudadanos, ahorrando su tiempo y dinero.

1.3. Objetivos

El principal objetivo de esta tesis es desarrollar un Nuevo Modelo de Servicios de la Administración Pública, sostenida por una arquitectura de Servicios Web Semánticos, fundada en una [Ontología de Gobierno Electrónico](#), una [Ontología de los Servicios Públicos](#) y unas bases de datos abiertos y geolocalizados, dando a los ciudadanos un acceso completo para encontrar y hacer trámites a través de las tecnologías que ellos prefieran (Brys, J. Aldana-Montes y La Red Martinez 2015). Este objetivo se divide en los siguientes subobjetivos:

- Objetivo 1: Estudiar el estado del arte sobre ontologías en el contexto del gobierno electrónico y desarrollar una primera aproximación al problema.
- Objetivo 2: Completar un modelo semántico, desarrollado usando el lenguaje [OWL](#), de un gobierno de tipo republicano, para dar soporte a la entrega de información a los ciudadanos.
- Objetivo 3: Aplicar el modelo semántico en un caso real en el Gobierno de Misiones.
- Objetivo 4: Extender el modelo semántico para contemplar otros servicios del gobierno, que apoyen la toma de decisiones por parte de la administración.

1.4. Aportaciones

A partir de la obra de (Hodgson y Allemang 2006) en el proyecto oeGOV, y el modelo de tres capas que propusieron (Lacasta Miguel et al. 2006), se desarrolló una representación conceptual de la estructura administrativa y los servicios públicos del gobierno de la Provincia de Misiones, basado en ontologías diseñadas bajo los principios de los Datos Abiertos Vinculados (Linked Open Data) [DAV](#), añadiendo los estándares de [W3C](#) y las definiciones de la Organización Internacional para la Normalización y la Comisión Electrotécnica Internacional (ISO/IEC) para la organización política y la información geoespacial, para lograr un modelo reutilizable e interoperable. Este modelo es un conjunto amplio y heterogéneo de ontologías, con una gran gran cantidad de instancias relacionadas entre sí.

El modelo presentado, incluye el diseño de una ontología para el gobierno electrónico de la Provincia de Misiones en Argentina, utilizando el *Lenguaje de Ontologías Web* [OWL](#) (Harmelen 2008; van Harmelen et al. 2008) como resultado de un proyecto de investigación en la Universidad Nacional de Misiones conjuntamente con el gobierno provincial.

Esto tendrá un impacto positivo que transformará la manera en que el Estado administra sus datos, y ofrecerá a la sociedad misma la forma de proponer y resolver problemas para acceder, procesar, mezclar y relacionar los Datos Abiertos Vinculados al crear soluciones innovadoras.

El proyecto propone una evolución del modelo actual de la estructura de gobierno a un nivel semántico, de acuerdo con las necesidades de la Sociedad de la Información. Con el modelo propuesto se

va a mejorar el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno, lo que se convierte en una reducción de tiempos y recursos económicos para la sociedad.

En la propuesta se representa a la administración pública como una gran organización virtual (O'Leary et al. 1997). La solución que se presenta para orquestar la diversidad de servicios públicos electrónicos propone expandir las prestaciones de la administración pública, respaldados por una arquitectura de Servicios Web Semánticos, basada en la Ontología de Gobierno Electrónico (OGE), imágenes de nivel de calle de las oficinas y bases de datos abiertos geolocalizados. Este modelo brinda a los ciudadanos nuevas características, como la búsqueda inteligente de servicios, la búsqueda basada en la ubicación geográfica de las oficinas para utilizar estos servicios y la información sobre la documentación requerida para utilizar estos servicios.

La creciente disponibilidad de aplicaciones de Gobierno 3.0 permite interacciones inteligentes entre los ciudadanos y los recursos en línea de la Administración (Hassan y Ojo 2014). Resolver este problema requiere que las agencias administrativas cooperen y utilicen representaciones normalizadas y estándar de la información y los servicios que proporcionan. El uso de tecnologías semánticas representando la información con ontologías y siguiendo los principios de los Datos Vinculados (Heath y Bizer 2011) apoyará estos procesos de integración, permitiendo enlazar a otras fuentes de datos por medio de repositorios de Datos Abierto Vinculados.

1.4.1. Problemas a Resolver

El problema actual es que no existe una ontología de gobierno electrónico para el entorno latino, como así también no existen aplicaciones que utilicen la semántica para el descubrimiento de servicios electrónicos (e-servicios) de la administración pública.

El resultado del proyecto brindará respuestas más significativas a las búsquedas que realizan los ciudadanos, respecto a los trámites que deben realizar con las administraciones públicas.

El objetivo es reemplazar las consultas propias que ofrecen las guías de trámites por un buscador semántico que permita consultas en lenguaje natural de las bases de conocimiento. Es decir, explotar el conocimiento que se tiene sobre la realización de los trámites ante la administración pública (Brys y J. Aldana-Montes 2015).

1.4.2. Desarrollo de Competencias

Este proyecto se desarrolló en el ámbito del [Grupo Khaos](#), que investiga sobre la [Web Semántica](#) en [Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación](#) de la Universidad de Málaga (España), en conjunto con el Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones (Argentina) y en el ámbito de la [Dirección de Modernización de la Gestión y Gobierno Electrónico](#) de la Provincia de Misiones (Argentina). Pudiendo además integrarse otros organismos como ser: [La Oficina Nacional de Tecnologías de la Información](#) (ONTI) de la Argentina.

La Ontología para el Gobierno Electrónico desarrollada en esta tesis se publica abiertamente en el repositorio GitLab de la Dirección de Modernización de la Gestión y Gobierno Electrónico de Misiones².

²<https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/ontologia>

1.5. Publicaciones de Aval de la Tesis

Las aportaciones científicas de esta tesis han sido publicadas en diferentes artículos científicos:

1. Comunicación a Congreso: *Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico* (Anexo A.2.2), (2015). Carlos Roberto Brys, José F. Aldana Montes y David Luis La Red Martínez. Proceedings of the 1st Argentine Symposium on Ontologies and their Applications co-located with 44 Jornadas Argentinas de Informática (44 JAIIO). ISSN: 2451-7518 - Páginas 81-90.
(Véase la Pág.: 121)
<https://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/saoa81-90.pdf>
2. Comunicación a Congreso: *Knowledge Representation of Intelligent Public Services through a Semantic Model*, (2015). (Anexo A.2.3). Carlos Roberto Brys, José F. Aldana Montes. 44 Jornadas Argentinas de Informática. Argentine Symposium on Artificial Intelligence (ASAI 2015). ISSN 2451-7585 - Páginas 9-16.
(Véase la Pág.: 131)
<http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/asai9-16.pdf>
3. Artículo en Revista: *A semantic model for electronic government and its enforcement in the Province of Misiones, Argentina*, (2016) (Anexo A.2.5). (2016). Carlos Roberto Brys, José F. Aldana Montes. Electronic Government, an International Journal. Inderscience Publishers. vol.12 n°4. ISSN Impreso: 1740-7494, ISSN en línea: 1740-7508. Páginas 337-356. DOI: 10.1504/EG.2016.080438, CiteScore 2.7 (2022)
(Véase la Pág.: 155)
<http://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=80438>
4. Artículo en Revista: *LEGO: Linked Electronic Government Ontology*, (2023) (Anexo A.2.6). Brys Carlos, Navas-Delgado Ismael, Aldana-Montes José Francisco, Roldán-García Mariía del Mar. Journal of Information Science. online. DOI: 10.1177/01655515231161562, Impact Factor: 2.4, Cuartil JCR (COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS): Q3
(Véase la Pág.: 176)
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/01655515231161562>
5. Artículo en Revista: *Wildfire Risk Weighting and Behavior Prediction Using Open Geospatial Data and Ontologies*, (2023) (Anexo A.2.7). Brys Carlos, Navas-Delgado Ismael, Aldana-Montes José Francisco. Journal of Information Science. online. DOI: 10.1177/, Impact Factor: 2.4, Cuartil JCR (COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS): Q3 [ACEPTADO PENDIENTE DE PUBLICACIÓN]
(Véase la Pág.: 197)

Además, esta tesis se enmarca en el contexto del proyecto de investigación *16/E126 - Gobierno Electrónico 3.0: Un modelo para los Servicios Web Semánticos en el contexto de la Administración Pública Latinoamericana* (2.1) de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones, dirigido por el Dr. José Francisco Aldana-Montes de la Universidad de Málaga, para aplicarlo en el ámbito del Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones.

Las conclusiones y resultados de este proyecto de investigación fueron publicados en el trabajo (Brys y J. Aldana-Montes 2011) en oportunidad de la realización del 5° Simposio de Informática en el Estado, el cual se desarrolló en el marco de la Las 40° Jornadas Argentinas de Informática, evento organizado por la Sociedad Argentina de Informática (SADIO) Córdoba – República Argentina, obteniendo el **Premio Nacional de Gobierno Electrónico 2011**³, en la modalidad Mención Proyectos.

³Premio Nacional de Gobierno Electrónico: https://40jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/Premios_por_Categoria.pdf

1.6. Organización de la Memoria

La memoria de esta tesis se organiza de la siguiente forma:

En el Capítulo 1 : [Introducción](#), se presenta el contexto del desarrollo de esta tesis, incluyendo la motivación, objetivos y aportaciones realizadas (desde la página 7).

En el Capítulo 2 : [Marco Teórico](#), se presentan tanto las tecnologías relacionadas con la Web Semántica como de los aspectos relacionados con el gobierno electrónico (desde la página 17).

En el Capítulo 3 : [Estado del Arte](#), se presentan aproximaciones similares a las desarrolladas en esta tesis (desde la página 29).

En el Capítulo 4 : [Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico](#), se desarrolla la implementación del modelo semántico. Se evalúa la efectividad del modelo en la entrega de información a los ciudadanos y en la mejora de la eficiencia de los procesos gubernamentales. Se describen las herramientas y tecnologías utilizadas en la implementación y se presentan los resultados obtenidos. (desde la página 41).

En el Capítulo 5 : [Escenario de Uso para la Oferta de Servicios](#), se describe un escenario de uso para la oferta de servicios gubernamentales basado en el modelo semántico desarrollado. El objetivo principal es demostrar cómo el modelo puede mejorar la experiencia del usuario al buscar y acceder a los servicios públicos. Se presentan ejemplos de casos de uso y se discuten los beneficios y desafíos de la implementación. (desde la página 61).

En el Capítulo 6 : [Escenario de Soporte a la Toma de Decisiones](#), se plantea un escenario de soporte a la toma de decisiones basado en el modelo semántico. Se muestra cómo el modelo puede mejorar la eficiencia y efectividad de la toma de decisiones en el gobierno. Se presentan ejemplos y se discuten los beneficios del modelo. (desde la página 77).

En el Capítulo 7 : [Discusión](#), se analizan y evalúan los resultados obtenidos en la investigación, se discute su relevancia y posibles aplicaciones prácticas. (desde la página 93).

En el Capítulo 8 : [Conclusiones](#), se resumen los principales hallazgos y conclusiones de la investigación realizada, así como en discutir su relevancia y posibles aplicaciones prácticas. En este capítulo se destaca la importancia de la información, y se presenta una arquitectura propuesta para la implementación de la Web Semántica en la búsqueda de trámites. (desde la página 99).

En el Capítulo 9 : [Trabajo Futuro](#), se plantean las posibles direcciones de investigación y desarrollo que podrían seguirse a partir de los hallazgos y conclusiones presentados en la tesis. Se discute la posibilidad de utilizar ontologías convertidas a grafos de conocimiento para descubrir más relaciones entre objetos y mejorar el propósito de las ontologías, así como de aplicar métodos y técnicas de grafos para reflejar el enfoque específico en grandes cantidades de instancias de datos. (desde la página 103).

En el Anexo A : [Investigación y Publicaciones](#), se incluyen las publicaciones académicas que avalan la presentación de la tesis. (desde la página 117).

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

La Red Semántica tiene el potencial de transformar la forma en que interactuamos con el gobierno.

— Tim O'Reilly

Índice

2.1	Introducción	18
2.2	La Web Semántica	18
2.3	Las Ontologías	19
2.3.1	Tipos de Ontologías	19
2.3.2	Aplicaciones de las Ontologías	19
2.4	Lenguajes Ontológicos	20
2.5	Acerca del Estado y del Gobierno	21
2.5.1	El Gobierno Electrónico	22
2.5.2	Los Datos Abiertos	24
2.5.3	El Gobierno Abierto	27

2.1. Introducción

El término “**ontología**” fue acuñado por (Sowa 1984). A partir del proyecto Knowledge-Sharing Effort, centrado en corregir problemas relacionados con la interoperabilidad entre Bases de Conocimiento. La solución que propuso consistió en poder compartir y reutilizar el conocimiento almacenado en estos sistemas y su aplicación en redes.

Una ontología permite a las máquinas y sistemas de información comprender conceptos y dominios mediante un vocabulario común que representa las relaciones entre ellos. La estructura de las ontologías representa el conocimiento sobre el mundo y permite a los sistemas razonar como lo hace la mente humana a través de la interacción de elementos de datos dentro de un sistema de categorías.

2.2. La Web Semántica

El World Wide Web Consortium (W3C) define la **Web Semántica** como “*una Web de Datos*”. Su razón de ser radica en la escasa cognición que ofrece la Red en la actualidad, donde la mayoría de la información está contenida en documentos, los cuales son gestionados por aplicaciones. La Red, funciona simplemente visualizando los documentos y datos almacenados en ella, pero requiere de la intervención humana para su interpretación y conexión.

Según Mika (Mika 2017), la **Web Semántica** surgió hace más de 20 años, y este ámbito ha sido uno de los principales focos de investigación académica y normalización durante casi el mismo tiempo. Hace una retrospectiva y analiza cuáles eran las aspiraciones originales de sus creadores y qué se ha conseguido en la práctica en estas dos décadas. Se pregunta dónde triunfó y dónde fracasó la **Web Semántica**, ilustrada por su uso en la búsqueda web, el comercio electrónico y los medios de comunicación en línea. Y si tiene sentido perseguir al menos algunas de estas ideas en una época diferente, con las nuevas oportunidades generadas por los recientes avances en los Grandes Datos (Big Data), la computación en la nube (cloud computing) y el aprendizaje profundo (deep learning).

“La Red” actual está enfocada en las personas, mientras que la **Web Semántica** se enfoca en las máquinas. En el momento que surgió La Red Semántica era muy complicado que una máquina pueda por sí misma buscar, encontrar, interpretar y agregar información en la Red, por el simple hecho que todas las páginas web están diseñadas para ser leídas por humanos.

La visión de la **Web Semántica** es extender los principios de La Red de los documentos a los Datos. Esto implica añadir **metadatos** semánticos y ontológicos al contenido existente en la Red. Esta información adicional que debe describir el contenido, el significado y la relación de los datos, se debe proporcionar de una manera formal para que sea posible evaluarlos automáticamente por máquinas de procesamiento.

Los datos, al igual que los documentos deben estar relacionados entre sí y éstos deben ser accedidos utilizando la arquitectura Web general usando por ejemplo, un identificador de recursos uniforme (**URI**). Una URI es una secuencia corta de caracteres que identifica *inequívocamente* a un recurso (servicio, página, documento, dirección de correo electrónico, enciclopedia, etc.). Normalmente estos recursos son

accesibles en una red o sistema. Esto significa la creación de un marco referencial común que permita que los datos sean procesados automáticamente por las máquinas, compartidos y reutilizados, para revelar posibles nuevas relaciones entre las piezas de datos.

Desde un punto de vista simplificado, se podría definir a la [Web Semántica](#) como la conjunción de estos tres elementos: Un Conjunto de Estándares, Mejores Prácticas para el Intercambio de Datos y La semántica de los Datos (DuCharme 2013).

2.3. Las Ontologías

Según la literatura, las ontologías son: “*una manera formal y explícita para definir una conceptualización para compartir conocimientos*” (Gruber 1993). La idea que subyace detrás de estas tecnologías es hacer que las computadoras sean capaces de comprender los datos con poca o ninguna intervención humana. Las ontologías son una herramienta que describen y representan formalmente el conocimiento de un [dominio](#) particular. Además definen los conceptos, las relaciones y las propiedades de un [dominio](#), y proporciona un vocabulario común para que las personas y las máquinas puedan comunicarse sobre el [dominio](#) (Selma et al. 2012). Se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo la inteligencia artificial, la gestión del conocimiento y la ingeniería de software.

Se pueden utilizar en una variedad de contextos, incluyendo la administración pública. En este contexto particular, pueden ayudar a modelar, estructurar y gestionar la información de manera semántica y coherente para facilitar el intercambio de información entre diferentes sistemas gubernamentales, mejorar la toma de decisiones y proporcionar una mejor comprensión de los procesos. En el contexto del gobierno, las ontologías se pueden utilizar para describir las entidades gubernamentales, incluyendo las personas, sus cargos, organizaciones, lugares, hechos, trámites, servicios y documentos. Además, ayudan a mejorar la interoperabilidad entre los sistemas gubernamentales, facilitar el intercambio de datos y mejorar la prestación de servicios (Gruber 1993).

2.3.1. Tipos de Ontologías

Las ontologías se dividen en dos categorías principales: ontologías *conceptuales* y ontologías *lingüísticas*. Las ontologías conceptuales representan categorías y propiedades de objetos en un [dominio](#), mientras que las ontologías lingüísticas representan términos utilizados en un [dominio](#), a menudo en diferentes idiomas naturales. Además, las ontologías conceptuales se pueden dividir en dos subcategorías: conceptos primitivos y conceptos definidos. Los conceptos primitivos definen los límites del [dominio](#) conceptualizado por la ontología, mientras que los conceptos definidos se derivan de los conceptos primitivos y se utilizan para representar relaciones más complejas entre los objetos en el [dominio](#) (Gruber 1993).

2.3.2. Aplicaciones de las Ontologías

Las ontologías se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo la creación de bases de datos, la integración de sistemas y la búsqueda semántica en La Red. En la creación de bases de datos, se utilizan para definir la estructura y las relaciones entre los datos. En la integración de sistemas, se

utilizan para facilitar la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos al proporcionar un lenguaje común para la comunicación. En la búsqueda semántica en La Red, se utilizan para mejorar la precisión de los resultados de búsqueda al comprender el significado detrás de las consultas de búsqueda.

2.4. Lenguajes Ontológicos

El Lenguaje de Ontologías Web (**OWL**) es un estándar para representar y compartir conocimientos en La Red (W3c 2012). Fue desarrollado en 2004 por el Consorcio World Wide Web (**W3C**) y desde entonces se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada para crear y publicar ontologías en Internet. Esta sección proporciona una visión general de los diferentes tipos de **OWL**, incluyendo **OWL Lite**, **OWL DL** y **OWL Full**, así como sus respectivas características y aplicaciones. **OWL** es un lenguaje poderoso que puede utilizarse para representar un amplio espectro de conocimiento. Sin embargo, también es un lenguaje complejo, y puede ser difícil de aprender y utilizar.

OWL es un lenguaje de marcado basado en **RDF** diseñado para representar conocimiento semántico en la Red. Se basa en el lenguaje de marcado de ontologías de **DAML+OIL** (DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer) un lenguaje de etiquetas que proporciona semántica a los recursos de la Red, pero es más expresivo y está diseñado para ser compatible con una gama más amplia de aplicaciones (W3c 2012).

Hay tres tipos principales de **OWL** dependiendo de la complejidad que ofrecen en base a diferentes subconjuntos de la Lógica de Descripciones (Description Logics - DL):

- **OWL Lite** es el tipo más simple de **OWL**. Es adecuado para aplicaciones que requieren un nivel básico de expresividad.
- **OWL DL** es un tipo más expresivo de **OWL**. Es adecuado para aplicaciones que requieren razonamiento automático.
- **OWL Full** es el tipo más expresivo de **OWL**. Es adecuado para aplicaciones que requieren la máxima expresividad, pero también es el más complejo y difícil de utilizar.

OWL Lite es una versión ligera de **OWL** diseñada para casos de uso en los que la simplicidad y la facilidad de aplicación son primordiales. Ofrece una sintaxis simplificada y un conjunto reducido de características en comparación con otras versiones de **OWL**. **OWL Lite** es ideal para ontologías pequeñas y aplicaciones sencillas, como páginas web personales o blogs.

OWL DL (Description Logics) es una versión más potente de **OWL** que ofrece soporte para las lógicas de descripción, que son una familia de lenguajes basados en la lógica para representar ontologías y razonar con ellas. **OWL DL** permite ontologías más complejas y ofrece características adicionales como subclases, instancias y roles. Es adecuado para ontologías de tamaño medio y aplicaciones que requieran un alto grado de expresividad y flexibilidad.

OWL Full es la versión más completa de **OWL**, ya que ofrece todas las características de **OWL DL** y otras adicionales, como capacidades de inferencia y razonamiento. Está diseñada para ontologías a gran escala y aplicaciones que requieren funcionalidad y rendimiento avanzados. **OWL Full** admite una amplia gama de tareas de razonamiento, como la clasificación, la consulta y la deducción.

De acuerdo a (W3c 2012), (Corcho et al. 2006) y (Suresh y Srinivasan 2006), además de sus tres tipos principales, **OWL** también incluye varios constructores y **axiomas** que pueden utilizarse para crear ontologías y razonar sobre ellas. Entre ellos se incluyen:

- **Clase y Propiedad:** Las clases y propiedades son los componentes básicos de las ontologías **OWL**. Pueden utilizarse para definir categorías y relaciones entre entidades.
- **Individuos:** Los individuos son instancias de clases y pueden tener valores asignados a propiedades.
- **Propiedades de objeto:** Las propiedades de objeto describen relaciones entre **individuos**, como “*hasPart*” o “*isLocatedIn*”.
- **Propiedades de datos:** Las propiedades de datos describen atributos de los **individuos**, como “*nombre*” o “*dirección*”.
- **Axiomas:** Pueden utilizarse para afirmar hechos sobre el **dominio** de interés o para definir restricciones sobre la ontología. Los **axiomas** se utilizan para especificar las relaciones entre las clases, las propiedades y los **individuos**. Los **axiomas** pueden utilizarse para representar una variedad de conocimiento, incluyendo:
 - Relaciones de subclase
 - Relaciones de propiedad
 - Restricciones sobre **individuos**
 - Restricciones sobre propiedades

OWL proporciona varios servicios de razonamiento que permiten a los desarrolladores extraer conclusiones de la ontología. Entre ellos se encuentran:

- **Clasificación:** La clasificación consiste en asignar **individuos** a clases en función de sus propiedades y relaciones.
- **Consulta:** La consulta consiste en formular preguntas sobre la ontología y recibir respuestas basadas en la información proporcionada.
- **Deducción:** La deducción consiste en extraer conclusiones de la ontología utilizando reglas lógicas y **axiomas**.

Además **OWL** utiliza una serie de constructores para crear ontologías. Los constructores más comunes son:

- **Clases:** Las clases son conjuntos de **individuos**.
- **Propiedades:** Las propiedades son relaciones entre **individuos**.
- **Subclases:** Una subclase es una clase que es subconjunto de otra clase.
- **Superclases:** Una superclase es una clase que es superconjunto de otra clase.
- **Axiomas:** Son declaraciones sobre el conocimiento representado en una ontología.

2.5. Acerca del Estado y del Gobierno

El **Estado** es una organización legal y política de los miembros de la sociedad, que consiste en tres elementos básicos: las personas, el territorio y el poder político (su forma de organización colectiva

para lograr sus objetivos) (Isuani 2020). El ejercicio del poder requiere la existencia de una infraestructura y sistemas de información administrativa, que dé soporte al proceso de toma de decisiones de los gobernantes.

Se utilizará el término “Estado” como la definición de un concepto político que se refiere a una forma de organización social y políticamente soberana, formada por un grupo de instituciones. Estas instituciones se estructuran funcionalmente en unidades administrativas, que son los elementos básicos de las estructuras organizativas. En general, la organización de un Estado se distingue por: Funciones, Instituciones y Autoridades. Las unidades administrativas no son estables y ni tampoco una colección de tipos e instancias. Su alto grado de diversidad y especialización demandan un modelo coherente para facilitar su gestión (Lacasta Miguel et al. 2006).

El término “Gobierno” significa el ejercicio del poder del Estado o de la conducción política. El Gobierno es la organización que monopoliza la fuerza legítima en una sociedad y representa al órgano que ejerce el poder ejecutivo (O'Donnell 1993). El Gobierno provincial de Misiones adopta el sistema representativo, que consta de tres poderes independientes. Los Poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial. Del Poder Ejecutivo Provincial dependen los organismos que componen lo que se denomina “la Administración Pública Provincial”. El gobernador es el responsable político de la administración, según lo establecido por la Constitución Provincial.

El propósito de la Administración Pública es satisfacer los intereses colectivos, y como miembro del Estado, promover el bien común proveyendo servicios a la comunidad, satisfacer las demandas y expectativas, cumpliendo con la premisa de dar calidad, rapidez, oportunidad y confianza.

La Administración Pública Provincial comprende al gobierno central (Ministerios, Secretarías y Subsecretarías) y la administración descentralizada (agencias descentralizadas, autárquicas y autónomas). La administración central está formada por distintos Ministerios cuya función es la de llevar adelante las políticas establecidas por ley y/o decretos específicos que le competen al desempeño de cada área específica como ser salud, seguridad, economía, educación, etc. El gobernador de la provincia nombra a los ministros que respaldan su labor. Cada ministro tiene varias instancias inferiores inmediatas llamadas Subsecretarías.

En la actualidad, la dirección política del Gobierno cubre hasta el nivel de las Secretarías. De ellas dependen las Direcciones Generales, que son niveles de conducción y apoyo o instrumental para el cumplimiento de la misión y la gestión específica de cada uno de los ministerios. Ellas se consideran la más alta autoridad del nivel administrativo o burocrático. Según esta organización jerárquica, de los Directores Generales dependen las Direcciones, o unidades más pequeñas, como los Departamentos, Divisiones y Secciones (Zeller 2000).

2.5.1. El Gobierno Electrónico

Cuando un Gobierno hace un uso intensivo de las tecnologías para la gestión de la administración pública, se dice que se trata de un “Gobierno Electrónico” (eGov). El concepto principal de Gobierno Electrónico se puede describir como: *“El uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones por parte de las instituciones del Estado, para crear un Nuevo Modelo de Administración Pública, para mejorar cualitativamente la provisión de los servicios e información a los ciudadanos, aumentar la eficiencia, la eficacia y la transparencia del sector público, y con la plena Participación Ciudadana, avanzar hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento”* (Brys 2005).

El Gobierno Electrónico 2.0

Si se analiza cómo ha evolucionado la Internet, se puede ver que la Red se ha convertido en interactiva y centrada en la participación del usuario, en un concepto introducido por (O'Reilly 2005) llamado *Web 2.0*, y donde las conexiones son cada vez más móviles e inalámbricas.

En la sociedad de la información, las personas con capacidad de participar en la toma de decisiones se han vuelto más participativas, están mejor informadas, son más analíticas, menos sumisas y son mucho más exigentes en cuanto a su administraciones políticas.

El Gobierno Electrónico 2.0 es en muchos aspectos, un descendiente conceptual de la Red 2.0. No es sólo una plataforma de computación, sino una nueva forma de dirigir las actividades del gobierno. El Gobierno Electrónico 2.0 apunta a que la interactividad de la Internet sea mediada por la Red 2.0 y la colaboración. La infraestructura de las TIC es el soporte fundamental, pero el éxito de Gobierno Electrónico 2.0 depende de otros elementos críticos más allá de las TIC: requiere de las personas, las políticas y los procedimientos. Los enfoques de la Red 2.0 serán de utilidad para: mejorar la prestación de servicios, la elaboración de políticas públicas, transformar los procedimientos, optimizar el rendimiento, habilitar nuevos servicios, etc. (Grimes 2009).

El Gobierno Electrónico 3.0

El Gobierno Electrónico 3.0 (eGov 3.0) es un enfoque de gobierno que utiliza las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para crear una relación más directa y colaborativa entre los gobiernos y los ciudadanos. Se basa en el concepto de gobierno abierto, que implica la transparencia, la participación y la colaboración (Nam 2013; Organisation for Economic Co-operation and Development 2014).

El eGov 3.0 tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos proporcionando un mejor acceso a los servicios gubernamentales usando las nuevas tecnologías, facilitando la participación en el proceso político y creando un gobierno más eficiente y transparente (Brys y J. Aldana-Montes 2011; Ojo y Millard 2017).

Un Nuevo Paradigma de Servicios: El Gobierno Móvil

La convergencia de las comunicaciones móviles y las tecnologías de computación móvil abren nuevos horizontes para la interacción. El uso de esta tecnología en el sector público no sólo proporciona un canal alternativo de comunicación para brindar servicios públicos, lo más importante es que se puede abordar la movilidad del propio gobierno y por lo tanto trascender más allá del modelo tradicional de prestación de servicios de Gobierno Electrónico (Song y Cornford 2006).

Muchos de los servicios que fueron diseñados para cumplir los objetivos del gobierno electrónico, hoy en día se pueden entregar por nuevos canales alternativos que ofrecen las TIC. Los servicios móviles se están convirtiendo en la nueva frontera en la transformación del gobierno, lo que hace aún más accesible la entrega de información a distancia y servicios a aquellos ciudadanos que no pueden o no quieren acceder a los servicios públicos en forma presencial través de Internet, o simplemente prefieren usar sus teléfonos celulares.

La tecnología móvil toma los servicios electrónicos y los pone a disposición a través de dispositivos de comunicación móviles, como teléfonos celulares y PDA (Personal Digital Assistants), sin la necesidad de las redes físicas tradicionales. El Gobierno Móvil es una herramienta que complementa el Gobierno Electrónico en el modelo de relación Gobierno a Ciudadano (G2C) / Ciudadano a Gobierno (C2G) y se sirve canales alternativos de comunicación.

El m-Gobierno puede ser definido como “una estrategia que implica el uso de todo tipo de tecnologías inalámbricas y móviles, servicios, aplicaciones y dispositivos para mejorar los beneficios para todas las partes involucradas en el gobierno electrónico, incluyendo los ciudadanos, las empresas y todos los organismos de gobierno” (Kushchu et al. 2007).

El m-Gobierno es una nueva disciplina en relación con el crecimiento de servicios avanzados de comunicaciones móviles e inalámbricas, para mejorar la calidad de los servicios ofrecidos por la administración pública a los ciudadanos (Arazyan 2002).

A pesar de estar en sus primeras etapas de madurez, el m-Gobierno tiene una influencia considerable en la generación de estrategias y herramientas para el gobierno electrónico, por lo tanto: *el m-Gobierno es una consecuencia inevitable*.

La extensión de las actividades hacia los dispositivos inalámbricos puede hacer que los gobiernos sean más proactivos en sus operaciones, proporcionando servicios en tiempo real y dar a los ciudadanos una gama más amplia de opciones para la interacción.

Las implementaciones de m-Gobierno están surgiendo como una de las nuevas características de valor agregado para la atención integrada y flexible de comunicación de datos. El mundo y nuestra sociedad es cada vez más reconocida como nómada o sociedad móvil (Goldstuck 2003).

2.5.2. Los Datos Abiertos

Se define como Datos Abiertos a todos aquellos datos que: *pueden ser utilizados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, y que se encuentren sujetos como máximo a un requerimiento de dar reconocimiento al autor y que éstos puedan compartirse de la misma manera en que aparecen* (Okfn 2012). Son la base de la práctica que se conoce como la Reutilización de la Información del Sector Público (RISP).

Datos Abiertos del Gobierno

Los Datos Abiertos del Gobierno (DAG) son los conjuntos de datos de interés público que el gobierno libera y los hace públicos. Su uso se debe dar sin restricciones, con el derecho de volver a compartirlos y reutilizarlos sin previo aviso.

(DAG) es una filosofía y práctica acerca de cómo obtener acceso a la información que posee el gobierno, que cualquiera puede utilizar para cualquier propósito. Para calificar a los datos del gobierno como “abierto”, se deben cumplir con algunos principios como ser: Los datos deben estar completos, ser primarios, estar actualizados, ser procesables por máquinas, ser susceptibles de tratamiento, no ser discriminatorios, no ser propietarios, estar libres de licencias, no estar sujetos a derechos de autor, patentes, marcas comerciales o regulación de secretos comerciales (Oguk 2007).

Datos Vinculados

Un problema que tienen los enlaces en la Red (web links) es que, si bien se pueden relacionar dos elementos en la Red, no describen la naturaleza de esa relación. Al menos, no de la manera en que las computadoras puedan entender. Se puede considerar como si fueran *enlaces mudos*. Por otro lado, lo único que pueden hacer es enlazar una página a otra página o una página con archivo, pero no pueden vincular cualquier cosa en el mundo real con cualquier otra cosa en el mundo real (Burlison 2015).

Una solución a esta situación es enlazar los datos a través de un concepto denominado **Datos Vinculados (DV)**. Este término propuesto por (Berners-Lee 2009), hace referencia al método con el que se pueden visualizar, intercambiar y conectar datos en el contexto de la **Web Semántica** utilizando Identificadores de Recursos Uniforme (**URI**). Un enlace entre dos cosas usando **Datos Vinculados**, sigue siendo algo tan simple como un hipervínculo, pero mucho más potente. Cuando se relaciona una cosa con otra, se describe explícitamente la naturaleza de esa relación. Al proporcionar *contexto* a la conexión, se crea el conocimiento, por ende el vínculo en sí mismo es conocimiento.

Como consecuencia de que los **Datos Vinculados** pueden conectar **URIs** que identifican a las cosas del mundo real, no sólo a los documentos y archivos de medios. Los (**DV**) pueden ayudar a aprender cosas nuevas más allá del conocimiento programado explícitamente en las aplicaciones.

Un enlace de **Datos Vinculados** es una *sentencia* dada en el Marco de Descripción de Recursos (Resource Description Framework - **RDF**) que tiene el poder en sí mismo, para hacer una afirmación (indicar un hecho). Esta sentencia se hace en una manera análoga a la forma en que los humanos hacen una declaración acerca de algo: Se conecta a un *sujeto* con un *objeto* por medio de un *predicado*. Esta construcción semántica, se denomina una *tripleta RDF* (ver Figura 2.1):

- El **sujeto** es un **URI**, lo que podría resolver en cierta representación de un recurso.
- El **predicado**, es una propiedad, que expresa la naturaleza de la relación.
- El **objeto**, es la parte que está vinculada a otro recurso con su propio **URI**, o alguna otra cosa en el mundo real con una representación en la Red.



Figura 2.1: Sujeto-Predicado-Objeto

Fuente: Elaboración propia

(Berners-Lee et al. 2006) sugirió cuatro reglas para describir a la **Web Semántica**, haciendo énfasis en que no se trata sólo de poner los datos en la Red, sino que se trata de crear enlaces, por lo que una persona o una máquina puedan explorar la “Red de Datos”. Estas reglas son conocidas como los “*Principios de los Datos Vinculados*”:

- a). Usar **URIs** como nombres para las cosas.
- b). Usar **URIs HTTP** para que las personas puedan buscar esos nombres.
- c). Cuando alguien busque una **URI**, proveerle información útil, utilizando los estándares (**RDF**, **SPARQL**).
- d). Incluir enlaces a otros **URIs**, para que se puedan descubrir más cosas.

Datos Abiertos Vinculados del Gobierno

Un gobierno electrónico con Datos Abiertos Vinculados (DAVG) implica el uso de tecnologías semánticas para crear un nuevo nivel de transparencia y participación de los ciudadanos en los asuntos del gobierno, por lo que los datos del gobierno deben estar disponibles en formatos abiertos y universalmente accesibles como [URI](#) y [RDF](#).

Con los Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (DAVG), los ciudadanos utilizan la Red para conectar y utilizar los datos relacionados que no estaban vinculados con anterioridad, creando nuevas aplicaciones para sus propias necesidades (Egw3c 2008).

Para desplegar los Datos Abiertos Vinculados, (Berners-Lee 2009) sugirió el “*Esquema de Rangos de 5 Estrellas para los Datos Abiertos Vinculados*”, especialmente para los datos bajo propiedad de los gobiernos, de forma que todos los datos publicados se conviertan en parte de un espacio único de datos globales. Para implementar una estrategia de Datos Abiertos Vinculados en el Gobierno, éstos deben cumplir con las siguientes condiciones:

- ★: Los datos deben estar disponibles en la Red (en cualquier formato), pero con una licencia abierta.
- ★★: Deben estar disponibles como datos estructurados legibles por máquinas.
- ★★★: Como (2), pero además en formato no propietario.
- ★★★★: Todas las anteriores, más, utilizando los estándares abiertos de [W3C \(RDF y SPARQL\)](#) para identificar las cosas, para que las personas puedan apuntar a los datos.
- ★★★★★: Todo lo anterior, más, enlazando los datos a los datos de otras personas, para proporcionar un contexto.

Para desarrollar el proyecto de investigación de esta tesis se utilizó exclusivamente Software Libre con el propósito de cumplir el esquema de cinco estrellas para la publicación de los datos.

Los [Datos Vinculados](#) son un modelo estándar para el intercambio de datos en la Red. Este término se utiliza para describir una práctica recomendada para exponer, compartir y conectar porciones de datos, información y conocimiento en la [Web Semántica](#) utilizando [URI](#) y [RDF](#). No se debe asumir que sólo son conjuntos de datos. Los [Datos Vinculados](#) son parte del movimiento de la [Web Semántica](#) que busca estandarizar los formatos de datos y crear datos significativos y relaciones de datos en la Red (Brys 2015).

Actualmente Los [Datos Vinculados](#) son una filosofía y práctica acerca de cómo obtener acceso a la información en poder del gobierno, que cualquiera puede utilizar para cualquier propósito. Para calificar los datos del gobierno como “abiertos”, es necesario cumplir con algunos principios (Ogwk 2007) como:

- Tener una licencia de uso con el derecho a ser reutilizados y compartidos sin más aviso,
- ser completos,
- primarios,
- oportunos,
- accesibles,
- procesables por una máquina,
- no discriminatorios,

- no propietarios, y
- no estar sujetos a derechos de autor, patentes, marcas o regulados por secretos comerciales.

Los Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (**DAVG**) son una herramienta útil para recuperar el conocimiento de diversos campos, como ontologías, información gubernamental, datos geospaciales, publicaciones, etcétera (Jain et al. 2010). Un Gobierno Electrónico con **DAVG** implica el uso de las tecnologías semánticas para crear un nuevo nivel de transparencia y participación de los ciudadanos en los asuntos del gobierno, haciendo que los datos del gobierno estén disponibles en formatos accesibles universalmente. Con los **DAVG**, los ciudadanos usan la Red para conectar y utilizar datos relacionados que no estaban vinculados con anterioridad, creando nuevas aplicaciones para sus propias necesidades (Egw3c 2008).

Datos Abiertos Espaciales

Según la Plataforma de Información Geográfica de la Confederación Suiza (Gpsw 2011), entre el 60 % y el 80 % de todas las decisiones que afectan a los ciudadanos están vinculados a la información geográfica. La información geográfica es cada vez más importante en todos los aspectos de la vida, como el transporte, la energía, la protección del medio ambiente, la agricultura y la silvicultura, la planificación del desarrollo, las regulaciones de la tierra, la tecnología de la información y las telecomunicaciones, la educación y la cultura, los seguros, la atención sanitaria, la defensa nacional, la seguridad interna, la defensa civil y la prevención de desastres, provisión de servicios públicos y la eliminación de residuos.

En este sentido, **GeoNames** ofrece conjuntos de datos de localidades que sirven de eje para otros conjuntos de datos que tienen un componente geográfico. **GeoNames** es una base de datos geográfica que tiene **Datos Vinculados** con licencia abierta de cerca de 10 millones de lugares y nombres geográficos.

Estos conjuntos de datos están vinculados a los datos del proyecto **OpenStreetMap**. **OpenStreetMap** es un proyecto de colaboración para crear un mapa libre y editable, que ofrece información de más de 5600 millones de características geospaciales y describe unos 1200 millones de kilómetros de rutas y caminos.

Siempre que sea posible, los lugares en **GeoNames** están vinculados a los lugares correspondientes en **DBpedia**, asegurando que hay una serie de datos relacionados entre sí en las ubicaciones geográficas.

LinkedGeoData permite levantar datos de **OpenStreetMap** en la infraestructura de la **Web Semántica**, y los hace accesibles como una base de conocimiento **RDF** según los Principios de los **Datos Vinculados**. Esto simplifica las tareas de integración de información y de agregación que requieren un amplio conocimiento de fondo relacionado con el ámbito espacial (Stadler et al. 2012).

Desde el punto de vista del Gobierno Electrónico, se debe prestar especial atención a la semántica aplicada a las descripciones de los servicios, porque la semántica nos permitirá definir y recuperar su reutilización en diferentes plataformas (Álvarez Sabucedo y Anido-Rifón 2006).

2.5.3. El Gobierno Abierto

Un Gobierno Abierto (*Open Government, o-Gov*) es la doctrina que sostiene que los temas que rigen la actividad de la administración pública y el Estado deben ser abiertos en todos los niveles a la supervisión y al escrutinio público efectivo.

Se basa en la premisa de que todos los datos que produce el gobierno son públicos. (Decreto Nacional 1172/2003 (Mjdh 2003)), (Decreto Nacional 117/016 (Mjdh 2016a)), (Ley 27275 (Mjdh 2016b)).

Según (Calderón y Lorenzo 2010) el Gobierno Abierto es la forma de relación entre la administración pública y los ciudadanos que se caracteriza por el establecimiento de canales de comunicación y el contacto directo entre ellos. Un Gobierno Abierto es el que se involucra en una conversación constante con los ciudadanos para preguntar y escuchar lo que ellos dicen y en consecuencia tomar decisiones sobre la base de sus necesidades y preferencias, lo que facilita la cooperación de los ciudadanos y funcionarios en el desarrollo de la prestación de servicios; además de comunicar todo lo que la administración pública decide y hace de forma abierta y transparente. En este contexto, el Gobierno Abierto se sustenta en tres pilares básicos e interdependientes: la *transparencia* a través de los datos abiertos, la *participación* mediada por las plataformas virtuales especializadas y la *colaboración* por medio de convocatorias como los hackatones¹.

¹Hackathon: Es un término usado en las comunidades hacker para referirse a un encuentro de programadores cuyo objetivo es el desarrollo colaborativo de software

Estado del Arte

Las ontologías son la base de la inteligencia artificial y la web semántica.

— Tim Berners-Lee

Índice

3.1	Introducción	29
3.2	Ontologías de Gobierno Electrónico	30
3.3	El Gobierno Abierto	33
3.4	Los Datos Vinculados	35
3.5	Información a Nivel de Calle	35
3.6	Discusión Acerca de los Trabajos Relacionados	37

3.1. Introducción

El papel del gobierno en la sociedad ha cambiado significativamente en la Era de la Información y el Conocimiento. La digitalización y la interconexión global han dado lugar a nuevas formas de gobernanza y participación ciudadana, incluida la emergencia del gobierno electrónico, el gobierno abierto y los datos abiertos del gobierno.

El gobierno electrónico es el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para mejorar la eficiencia administrativa, fomentar la transparencia y fomentar la participación ciudadana en el proceso de toma de decisiones. El gobierno electrónico no sólo redefine la relación entre el gobierno y los ciudadanos, sino que también tiene como objetivo transformar la manera en que se prestan los servicios públicos y se gestionan los asuntos estatales.

El gobierno abierto es una filosofía que promueve la transparencia, la participación ciudadana y la colaboración en la gestión gubernamental. Se basa en la creencia de que los ciudadanos tienen el derecho de acceder a la información gubernamental, participar activamente en el proceso de toma de decisiones y colaborar con el gobierno para mejorar la calidad de las políticas públicas. Los principios fundamentales del gobierno abierto incluyen la transparencia activa, la participación ciudadana, la rendición de cuentas y la colaboración entre el gobierno, la sociedad civil y el sector privado.

Los Datos Abiertos del Gobierno (DAG) son un componente esencial del gobierno electrónico y el gobierno abierto. Estos datos son conjuntos de información generados y mantenidos por las instituciones gubernamentales que se ponen a disposición del público en formatos accesibles y reutilizables. Los DAG no sólo impulsan la transparencia al permitir que los ciudadanos puedan acceder a información gubernamental, sino que también fomentan la innovación, el desarrollo económico y la creación de servicios y aplicaciones útiles para la sociedad.

El gobierno electrónico, el gobierno abierto y los datos abiertos del gobierno están estrechamente interconectados y se refuerzan mutuamente. El uso de la tecnología en el gobierno electrónico facilita la creación, publicación y acceso a los DAG. A su vez, los DAG son un componente fundamental para la transparencia y la participación ciudadana, dos pilares del gobierno abierto. Estos tres conceptos forman un ecosistema que impulsa la modernización gubernamental, la rendición de cuentas y la creación de un entorno propicio para la colaboración entre el gobierno y la sociedad.

Se analizó en profundidad el entrelazamiento entre el gobierno electrónico, el gobierno abierto y los datos abiertos del gobierno. Se examinaron las motivaciones detrás de su implementación, los desafíos que enfrentan y los beneficios que ofrecen a la sociedad en general. Además, se exploran ejemplos de iniciativas exitosas a nivel nacional e internacional que hayan logrado una sinergia efectiva entre estos tres conceptos. A través de este análisis, se pretende brindar una visión comprehensiva de cómo el gobierno electrónico, el gobierno abierto y los datos abiertos pueden trabajar en conjunto para promover una gobernanza más transparente, participativa e innovadora.

Siguiendo la línea evolutiva del gobierno electrónico hacia el gobierno abierto, se analizó la bibliografía disponible de los distintos autores en un orden de complejidad y cronológico ascendente.

3.2. Ontologías de Gobierno Electrónico

(Klischewski 2003) identificó los problemas semánticos de la administración electrónica, como requisito previo para debatir los requerimientos de aplicación de las tecnologías de la Web Semántica en este ámbito.

Uno de los primeros enfoques bien documentados para describir la administración electrónica utilizando ontologías como forma natural de representar la estructura de los conceptos y las relaciones en esta área de conocimiento fue el Proyecto [OntoGov](#) (Tambouris et al. 2004).

Este proyecto creó una plataforma ontológica destinada a facilitar la composición, reconfiguración y evolución coherentes de los servicios de administración electrónica. El proyecto OntoGov se especificó y desarrolló para su despliegue como un marco holístico y una plataforma de apoyo para mejorar la prestación de servicios públicos permitiendo representaciones semánticamente ricas y el refinamiento de los procesos y servicios públicos a ciudadanos y empresas.

En 2004 el proyecto OntoGov desarrolló una plataforma enriquecida semánticamente que facilitaría la composición consistente, y la reconfiguración y evolución de los servicios del gobierno electrónico. El objetivo del proyecto OntoGov fue definir una ontología genérica de alto nivel para el ciclo de vida de los servicios de Gobierno Electrónico, que sirva de base para el diseño de ontologías de dominio específicas de nivel inferior para los servicios públicos; para desarrollar una plataforma enriquecida semánticamente que permita a las administraciones públicas modelar la semántica y los procesos de sus servicios de gobierno electrónico. (Tambouris et al. 2004).

El proyecto Ontologías para OGEvernment (oeGOV) desarrollado por TopQuadrant y liderado por (Hodgson y Allemang 2006), fue un trabajo pionero en la creación de una ontología para el gobierno electrónico. El punto de partida del proyecto fue un modelado de las agencias de Estados Unidos y su estructura administrativa.

Como resultado de ese trabajo, se crearon una serie de ontologías fundacionales para el gobierno de Estados Unidos que se publicaron en el sitio web <https://www.oegov.org>. Aquí, cada agencia del gobierno y el organismo rector se relacionan a través de un modelo de estructura de gobierno. Sobre esta base, las ontologías oeGOV están diseñadas para proporcionar un esquema para describir la estructura administrativa del gobierno, y donde encontrar esta información.

Pero oeGOV fue diseñado para representar sólo la estructura administrativa de agencias gubernamentales estadounidenses, y no tiene la flexibilidad para adaptarse y ser reutilizados por otras administraciones. Después de haber sentado las bases para la creación de una ontología para el gobierno electrónico, este proyecto no se actualiza desde 2010.

Al mismo tiempo, (Vassilakis y Lepouras 2004) propusieron una ontología para los Servicios Públicos de Gobierno Electrónico donde introducen un primer enfoque de modelización para una ontología eGov, basado en la Organización, Legislación, Responsabilidad Administrativa, Servicios, Formularios, Documentos y Hechos vitales.

Mientras que antes de 2005 solo unos pocos investigadores consideran un escenario omnipresente donde los servicios son los que buscan los usuarios, ninguno tuvo en cuenta la importancia de la geolocalización y el empleo intensivo de Internet en los teléfonos inteligentes. A partir de esta fecha se puede apreciar el uso más frecuente de ontologías para representar a los servicios gubernamentales. Proyectos como OntoGov (Andreas et al. 2003) son una intención de llegar a armonizar y dar una semántica común en la definición y configuración de los servicios del gobierno.

En (Gómez-Pérez et al. 2005) presentaron un conjunto de ontologías jurídicas para transacciones inmobiliarias en el ámbito de la administración española, como parte de su modelo EGO Ontology, para dar soporte a aplicaciones semánticas de recuperación de documentos jurídicos y prestación de servicios de la administración pública a los ciudadanos.

Con el fin de estructurar el campo de la gobierno electrónico, los términos y la vinculación de los proyectos a través del uso de las tecnologías semánticas, en el Instituto de Informática en la Empresa y

Gobierno (IWW) en la Universidad de Linz, se creó proyecto del [Portal de Gobierno Electrónico Inteligente](#). El resultado de este trabajo es una ontología y una mapa de conocimiento del gobierno electrónico (Orthofer y Wimmer 2006).

El Modelo Ontológico EGO propuesto por (Ortiz-Rodríguez y Villazón-Terrazas 2006) se presentó sólo en su estado inicial como soporte para aplicaciones semánticas de recuperación de documentos legales y prestación de servicios de la administración pública a los ciudadanos. Las ontologías que presentan están orientadas al ámbito legal de las transacciones inmobiliarias dentro del dominio de la administración española. Para construir las ontologías, utilizaron la metodología [Methontology](#) y el banco de trabajo [WebODE](#), independientemente de la aplicación. Sin embargo, coinciden en que el dominio e-Gov no ha sido modelizado en absoluto.

Para resolver los problemas de representación, (Lacasta Miguel et al. 2006) propuso un modelo de ontología en tres niveles:

- Una ontología de nivel superior que define tipos de datos y relaciones generales (independientes del contexto).
- Una ontología de dominio con conceptos y relaciones reutilizables definidos en el contexto de modelos administrativos de distintos países.
- Una aplicación ontológica donde se representan tipos específicos de unidades administrativas de cada país, junto con instancias específicas de las unidades existentes.

En (Moulin et al. 2007) propusieron un método para clasificar automáticamente instancias de conceptos en bases de conocimiento y un módulo que permitía obtener toda la información necesaria sobre la categorización de los ciudadanos. La categorización de los elementos de la base de conocimiento se aplicó en el proyecto [Terregov](#), que utiliza tecnologías semánticas para lograr la integración entre sistemas de administración electrónica. En lugar de proporcionar ontologías, implementaron herramientas de creación y almacenamiento de ontologías para permitir a los expertos del dominio crear las ontologías.

Con otro enfoque al tema, (Bednar et al. 2008) presentaron un modelo conceptual de los servicios de gobierno electrónico, formalizado en el lenguaje de ontologías [WSML](#) y utilizado para la anotación semántica de los servicios como base para la integración.

Más recientemente, (Vilches-Blázquez y Sánchez 2013) presentaron un caso de uso y una aplicación de servicios geoespaciales con interfaz al Sistema Nacional de Información Geográfica, y publica los datos de acuerdo con los principios de Linked Data. Usaron [GeoSPARQL](#) que es un estándar para la representación y consulta de [Datos Vinculados](#) geoespaciales en el contexto de la [Web Semántica](#).

(Zhao y Ichise 2014) introdujeron el Marco de Integración de Ontologías, que puede reducir la heterogeneidad de las ontologías y recuperar las propiedades básicas de uso frecuente para cada clase. Este marco construye una ontología integrada, que es efectiva en la adquisición de conocimientos de diversos conjuntos de datos mediante simples consultas en [SPARQL](#). La ontología integrada contiene las clases de nivel superior y las propiedades básicas frecuentes recuperados del enfoque basado en aprendizaje automático.

Más enfocados en los servicios de gobierno electrónico, (Hreño et al. 2011; Ouchetto et al. 2012) plantearon el acceso, la recuperación y la integración de servicios utilizando ontologías. Considerando que

la terminología relacionada con el campo de la administración electrónica es variada, proponen dividir la ontología en las sub-ontologías (ontologías sectoriales).

Para resolver la complejidad de la modelización conceptual en escenarios complejos basados en la interoperabilidad semántica, (Brusa et al. 2013) propusieron un método mediante el uso de ontologías de dominio y donde las fuentes de información son bases de datos, documentos legales y las personas.

3.3. El Gobierno Abierto

En las últimas décadas, hubo un resurgimiento de prácticas de gobierno alineadas con la filosofía del movimiento de Software Libre y respaldadas por las tecnologías de la información. En este nuevo paradigma, el Gobierno Abierto tiene como objetivo fortalecer la transparencia y la responsabilidad, la participación ciudadana y la colaboración ciudadana en la creación e innovación de servicios públicos.

Resurgido en Inglaterra en la década de 1970, el objetivo principal era exigir la apertura del gobierno y la participación ciudadana frente al secretismo con el que actuaban. El concepto se convirtió en el término “Gobierno Abierto”, que significa acceso libre a la información pública, conocimiento de las actividades planeadas por el gobierno y la participación ciudadana en la construcción y ejecución de servicios.

Inicialmente, la atención se centró en el valor público en el contexto de las reformas del sector público basadas en las TIC. Se consideraba una contribución para que los procesos gubernamentales fueran más eficientes, eficaces, transparentes y responsables a través de la reingeniería transformacional de los gobiernos y sus procesos empresariales.

En las últimas décadas se ha producido un resurgimiento de las prácticas de oGov, alineadas con la filosofía del movimiento del Software Libre y apoyadas en las tecnologías de la información. En este nuevo paradigma, el Gobierno Abierto pretende reforzar la transparencia y la rendición de cuentas, la participación ciudadana y la colaboración de los ciudadanos en la creación e innovación de los servicios públicos.

En 2009, durante la presidencia de Barack Obama en los Estados Unidos, se publicó la “Directiva de Gobierno Abierto” y el sitio web [DataGov](#) para aumentar la capacidad del público para encontrar, descargar y utilizar conjuntos de datos generados por el gobierno federal. Este sitio es un ejemplo de cómo un sitio web gubernamental puede relacionarse con la [Web Semántica](#) utilizando ontologías (L. Yu 2014). La Directiva se basa en tres principios que forman la piedra angular del gobierno abierto:

- **La transparencia** promueve la responsabilidad al proporcionar al público información sobre lo que hace el gobierno. Es el primer paso hacia el Gobierno Abierto, representado pragmáticamente por iniciativas y portales de Datos Abiertos que publican datos relevantes en línea y los comparten con las personas para aumentar la responsabilidad, promover la participación pública y crear oportunidades económicas.
- **La participación** permite a los ciudadanos contribuir con ideas y conocimientos para que el gobierno pueda formular políticas con el beneficio de la información dispersa en toda la sociedad.
- **La colaboración** mejora la eficacia del gobierno fomentando asociaciones y cooperación dentro del gobierno federal, entre diferentes niveles de gobierno y entre el gobierno y las instituciones privadas.

(McDermott 2010) analizó la “Directiva de Gobierno Abierto” del presidente Obama y el lanzamiento del Open Government Partnership (OGP), que tenía como objetivo establecer un sistema de transparencia, participación pública, colaboración y rendición de cuentas. Cada agencia gubernamental estaría obligada a tomar medidas inmediatas para garantizar el acceso a la información haciéndola disponible en línea en formatos abiertos. La presunción favorecería la apertura (en la medida permitida por la ley y sujeta a restricciones válidas de privacidad, confidencialidad, seguridad u otras).

Según (Calderón y Lorenzo 2010), el Gobierno Abierto es la forma de relación entre la administración pública y los ciudadanos, caracterizada por establecer canales de comunicación y contacto directo entre ellos. Un Gobierno Abierto se involucra en una conversación constante con los ciudadanos para escuchar lo que dicen y preguntar quién toma decisiones basadas en sus necesidades y preferencias, lo que facilita la cooperación de los ciudadanos y los funcionarios en el desarrollo de los servicios que brindan y la comunicación de todo lo que deciden, convirtiéndolo en un sistema abierto y transparente.

El Gobierno Abierto ha sido adoptado a nivel mundial como un conjunto de principios que son la base para la acción, respaldados por una filosofía abierta y una mentalidad hacia la apertura, como lo demuestra la creación en 2011 de la “Alianza para el Gobierno Abierto” (OGP). El OGP fue fundado por ocho gobiernos: Brasil, Indonesia, México, Noruega, Filipinas, Sudáfrica, Reino Unido y Estados Unidos, que actualmente representan a 75 países y 104 jurisdicciones locales.

El Gobierno Abierto (oGov) es una doctrina política que reconoce el derecho de los ciudadanos a acceder a la información pública y facilita la participación ciudadana para supervisar eficazmente las acciones públicas. Wallace Parks introdujo el término en su artículo de 1957 “El principio del gobierno abierto: aplicando el derecho a saber bajo la Constitución”, luego utilizado como sinónimo de transparencia gubernamental (H. Yu y Robinson 2012).

Mientras que (Lee y Kwak 2012) propusieron un modelo de madurez de Gobierno Abierto de cinco niveles para la participación pública basada en redes sociales, en respuesta a la directiva de Obama. Este modelo propone cinco niveles de madurez:

- a). Condiciones Iniciales,
- b). Transparencia de Datos,
- c). Participación Abierta,
- d). Colaboración Abierta y
- e). Compromiso Generalizado.

El modelo de madurez identifica enfoques, capacidades clave, procesos, resultados y métricas para cada nivel de madurez. Las agencias gubernamentales deberían centrarse en alcanzar un nivel de madurez a la vez y abordar los desafíos relacionados con la implementación, el liderazgo, la gobernanza y la cultura.

(Harrison et al. 2012) analizaron el concepto de Gobierno Abierto desde una perspectiva de ecosistema, como sistemas de actores sociales interdependientes, organizaciones, infraestructuras y recursos simbólicos, y propusieron que los responsables políticos adopten ese pensamiento estratégico de ecosistema.

En 2013, el Gobierno coreano adoptó la agenda “Government 3.0” (Gov3.0) con la visión de crear un gobierno “transparente, competente y orientado al servicio”. El fenómeno Gov3.0 se ha asociado

a atributos deseables en las instituciones gubernamentales, como una mayor dinámica y capacidad de innovación. Esta conceptualización define la innovación en el gobierno como un gobierno habilitado para la [Web Semántica](#) (Nam 2013).

(Gascó-Hernández 2014) publicó una amplia colección de trabajos sobre el Gobierno Abierto y las oportunidades y desafíos para la gobernanza pública. Estos artículos proponen modelos de Gobierno Abierto, sus fundamentos contextuales y culturales y el desarrollo y dinámica de los datos abiertos y big data para la gobernanza pública.

3.4. Los Datos Vinculados

Para fomentar la publicación de datos gubernamentales, haciendo hincapié en las normas y metodologías, permitiendo al público utilizar estos datos de formas nuevas e innovadoras, el Grupo de Interés eGov del W3C ha publicado una recomendación para la [Publicación de Datos Gubernamentales Abiertos](#) (Publishing Open Government Data).

Para recuperar conocimiento de diversos dominios como ontologías, información gubernamental, datos geoespaciales y publicaciones, entre otra información (Jain et al. 2010), promovido por [Data.gov](#) y [Data.gov.ok](#), proponen un ecosistema abierto basado en la web que interconecta orgánicamente a los propietarios originales de los datos (como las agencias gubernamentales), los proveedores de servicios de procesamiento de datos (como los servicios de resolución de entidades) y los consumidores de datos (empresas y ciudadanos). Es una forma de facilitar la apertura, vinculación y reutilización de los datos gubernamentales abiertos. Es lo que se conoce como Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (DAVG).

Existe una creciente presión para que las infraestructuras de datos espaciales (IDE) abran el acceso a la información geoespacial en el sector público. Esta presión implica la adopción de estrategias de Datos Abiertos y la necesidad de integrar los datos espaciales a través de los Datos Abiertos Vinculados (DAV). Estos esfuerzos para aprovechar los Datos Abiertos Vinculados (DAV) y la [Web Semántica](#) para permitir el acceso global a los datos espaciales gestionados dentro de las IDE nacionales y regionales están surgiendo (Abbas y Ojo 2013).

La [Ontología de la Organización](#) (The Organization Ontology) es una recomendación del W3C publicada en 2014 para apoyar la publicación de [Datos Vinculados](#) organizativos en varios dominios. Esta recomendación permite extensiones específicas de dominio para añadir otros elementos y soportar información adicional como actividades organizativas.

Para ampliar el alcance del modelo, se incorporaron fuentes externas de Datos Abiertos a la ontología, siguiendo la propuesta [Ontology Integration Framework](#) (Zhao y Ichise 2014), obteniendo un modelo enriquecido con las posibilidades que ofrece los Datos Abiertos Vinculados (DAV). Estas fuentes externas son sistemas colaborativos con licencias abiertas.

3.5. Información a Nivel de Calle

Los datos geoespaciales, que describen información vinculada a algunos lugares de la Tierra, constituyen una categoría esencial de activos de datos gubernamentales. Este tipo de datos es fundamental

para la planificación, la formulación de políticas y la prestación de servicios innovadores basados en la localización en ámbitos como la mitigación de catástrofes, la salud pública, la geología, la protección civil y la agricultura (Abbas y Ojo 2013).

(Goodchild 2007) acuñó el término Información Geográfica Voluntaria (Voluntary Geographical Information VGI) para describir un caso particular del fenómeno web de los contenidos generados por los usuarios para aprovechar las herramientas de creación, ensamblaje y difusión de datos geográficos proporcionados voluntariamente por particulares. El resultado es un conjunto de sitios que a menudo proporcionan la fuente más barata de información geográfica y a veces la única, sobre todo en lugares donde es difícil obtener información geográfica.

En los últimos años se han desarrollado numerosos proyectos para captar imágenes a nivel de calle de las principales ciudades del mundo. [Google Street View](#) y [Bing Map Streetside](#) son los productos que lideran esta iniciativa y son los servicios más utilizados. Sin embargo, estas empresas indican en sus acuerdos de licencia que las imágenes son de su propiedad, no se pueden compartir y no están destinadas a su uso en aplicaciones críticas. Tampoco proporcionan los [metadatos](#) de estas imágenes.

Las aplicaciones colaborativas desarrolladas por los usuarios para la planificación, el transporte, la seguridad o las emergencias necesitan imágenes georreferenciadas con licencia abierta para compartirlas sin restricciones legales. En este contexto es donde aparecen servicios originados en el crowd-sourcing, como [Mapillary](#), [KartaView](#) o [Mapilio](#), basados en el trabajo colaborativo de usuarios voluntarios de todo el mundo para crear un mapa mundial de imágenes libres. Esta nueva forma de integrar fuentes compartidas y Datos Abiertos Vinculados y sistemas de imágenes públicas a nivel de calle ofrece una experiencia inmersiva cercana a la realidad aumentada:

- [Mapillary](#): es un servicio de imágenes fotográficas a nivel de calle bajo el modelo de colaboración abierta distribuida o externalización abierta de tareas (crowd-sourcing). Desde abril de 2014, [Mapillary](#) utiliza la licencia Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional (“CC-BY-SA License”)¹, que permite compartir y reutilizar abiertamente las imágenes. Actualmente, [Mapillary](#) es una comunidad mundial que pretende hacer el mundo accesible a todos creando una representación global con imágenes. Conectando imágenes a lo largo del tiempo y usuarios se crea una visión inmersiva de imágenes a nivel de calle para que la gente explore virtualmente diferentes lugares. En julio de 2023, la base de datos [Mapillary](#) contaba con más de 1800 millones de imágenes de 190 países, que cubrían más de 10 millones de kilómetros de vías.
- [KartaView](#): (Antes OpenStreetCam) es una plataforma abierta y gratuita de imágenes a nivel de calle para aportar imágenes con un smartphone. KartaView detectará las características más destacadas de las imágenes subidas, como señales, carriles y curvatura de la carretera.
- [Mapilio](#): es una plataforma que permite disponer de imágenes y datos cartográficos de las calles a escala y automatiza la cartografía.
- [Wikidata](#): es una wiki semántica de la Fundación Wikimedia que sirve como base de datos para proporcionar una fuente común para ciertos tipos de datos. Un wiki semántico es un wiki que tiene un modelo de conocimiento subyacente descrito en sus páginas. Los wikis semánticos ofrecen la posibilidad de capturar o identificar información sobre los datos que contienen las páginas y las relaciones entre ellas. Así, esta información puede consultarse o exportarse como base de datos. Los wikis semánticos se propusieron a principios de la década de 2000 y empezaron a utilizarse seriamente

¹Licencia Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

hacia 2005. Hasta la fecha, el software wiki semántico más conocido puede ser Semantic MediaWiki (Krötzsch et al. 2006)².

- La Ontología vCard del W3C es una especificación desarrollada por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF)³ para la descripción de personas y organizaciones. Las vCards son un estándar en otras áreas de dominio y se han implementado utilizando otras tecnologías, como aplicaciones de gestión de contactos que admiten vCards como tipo de contenido personalizado. Este estándar puede mantener información de contacto de personas que tienen tanto formas variantes de su nombre como parte de una identidad y, en algunos casos, múltiples identidades distintas.

3.6. Discusión Acerca de los Trabajos Relacionados

En la bibliografía analizada, las ontologías vistas son modeladas asumiendo un enfoque de base de datos centralizada, en la que todos los datos residen en el mismo lugar y donde las consultas tienen acceso total a la base de conocimiento. Se percibe como se abordan por separado la semantificación y la geolocalización, pero no se enfocan en otras cuestiones como el territorio y la geolocalización de los servicios públicos.

En el nuevo paradigma de los Datos Vinculados, los datos están muy distribuidos y granularizados, y no hay nuevos modelos para hacer frente a esta diversidad de ontologías a gran escala altamente distribuidas.

Basado en el hecho de que llevaron a cabo una serie de proyectos de investigación intensiva en el campo de la administración electrónica, se percibe que éstas se centraron principalmente en la integración de back-office⁴, pero no se utilizó un enfoque estructurado para el desarrollo de un entendimiento común de los términos utilizados para formar el método de campo, y las diferentes disciplinas crearon sus propias definiciones.

El principal problema de los modelos vistos es la falta de una representación semántica adecuada a las unidades administrativas y las relaciones espaciales, temporales y de dependencia. Además, los datos que contienen o no son exhaustivos, presentando sólo las partes del modelo de las unidades administrativas en uno o más países, o no garantizan que los nombres que se utilizaron para identificar las unidades sean reconocidos universalmente.

La falta de armonización y semántica comunes en la definición y configuración de los servicios de gobierno electrónico provoca problemas tales como la desintegración funcional de las estructuras gubernamentales, que afectan la calidad de los servicios prestados.

En los trabajos relacionados se destacan algunas características comunes. La mayoría de las propuestas se centran en el desarrollo local y en aspectos específicos de ontologías: Las tecnologías de la Web Semántica, el gobierno electrónico, los datos públicos, los servicios, pero todos considerados como entidades separadas. Las ontologías son modeladas asumiendo un enfoque de base de datos centralizada, en la que todos los datos residen en el mismo lugar y donde los guiones de las consultas a las bases tienen un acceso total.

²Semantic MediaWiki: https://www.semantic-mediawiki.org/wiki/Semantic_MediaWiki

³vCard Format Specification: <https://tools.ietf.org/html/rfc6350>

⁴Back-office es el conjunto de actividades de apoyo al negocio, es la parte de las empresas o unidad de ella que lleva a cabo las tareas destinadas a gestionar la propia empresa, pero que no tienen contacto directo con los clientes

No se evidencia una propuesta de una ontología de propósito general que pueda adaptarse fácilmente a cualquier país o región. Además, la mayoría de los desarrollos de ontologías para servicios de gobierno electrónico han sido diseñados por expertos para un propósito específico, y se basan en la premisa de que serán consumidos desde una página web, no se consideran los estándares web y la interoperabilidad y pocos han considerado la tecnología móvil y la ubicuidad de los usuarios.

La Tabla 3.1 muestra una comparación de los diferentes enfoques, el alcance y el estado actual de las diferentes iniciativas halladas en la bibliografía para desarrollar una ontología para el gobierno electrónico. La primera impresión que se desprende es que se han producido pocos avances significativos en esta línea de investigación en la última década. Estos proyectos están orientados a describir la estructura administrativa, sus servicios y a los ciudadanos, centrándose en el poder ejecutivo. Algunos de ellos son operativos, y la mayoría no dispone de un endpoint⁵ SPARQL para realizar consultas. Teniendo en cuenta la antigüedad de los proyectos, no suelen proporcionar acceso para descargar las ontologías. En general, no están alineados con el nuevo paradigma de los Datos Vinculados ni con el concepto de Gobierno Abierto.

Ontología	Orientación	Ámbito	Año	Estado	Datos Espaciales	Datos Enlazados
<i>OntoGov</i>	Servicio	Ejecutivo	2004	Activo No funcional	No	No
<i>oeGOV</i>	Servicio	Agencias de EE. UU.	2004	Activo No funcional	No	No
<i>EGO</i>	Servicio	Documentos legales	2006	Activo No funcional	No	No
<i>Terregov</i>	Servicio	Documentos legales	2007	Inactivo	No	No
<i>cgov</i>	Descriptivo	Ejecutivo	2013	Activo Funcional	No	No
<i>orges</i>	Descriptivo	Ejecutivo	2015	Inactivo	No	No

Tabla 3.1: Comparación de Ontologías Desarrolladas para el Gobierno Electrónico

Analizando estos enfoques, se observó la falta de una adecuada representación semántica de las estructuras administrativas, en los servicios públicos y sus relaciones espaciales, temporales y de dependencia. La mayoría asume que la información está centralizada, y sólo algunos incorporan los nuevos paradigmas de datos enlazados o gobierno abierto.

Además, los datos que contienen no son exhaustivos, presentando sólo un enfoque parcial del modelo de servicios públicos desde la perspectiva del poder ejecutivo. También asumen que los usuarios buscarán y utilizarán los servicios desde sus computadoras personales utilizando una página web, por lo que estos modelos no consideran la variable de movilidad y no garantizan que los nombres utilizados para identificar las dependencias sean reconocidos oficialmente.

La ausencia de armonización y de semántica estándar en la definición y configuración de los servicios de administración electrónica provoca problemas como la desintegración funcional de las estructuras gubernamentales, que afectan a la calidad de los servicios prestados. Los trabajos relacionados destacan algunas características comunes: la mayoría de las propuestas se centran en desarrollos locales y aspectos específicos de las ontologías (las tecnologías de la Web Semántica, la administración electrónica, los datos públicos, los servicios, considerados como entidades separadas). Faltan propuestas de ontologías de propósito general que puedan adaptarse fácilmente a la región latinoamericana.

Además, la mayoría de los desarrollos de ontologías para servicios de gobierno electrónico han sido diseñados por expertos para un propósito específico y basados en la premisa de que serán consumidos

⁵Un endpoint SPARQL es un punto de acceso a una base de datos RDF que permite realizar consultas SPARQL

desde un sitio web, no consideran estándares web e interoperabilidad y pocos han considerado la tecnología móvil y la ubicuidad de los usuarios.

Los modelos revisados se centran en un enfoque parcial o en algunos tipos de servicios específicos que no cubren la complejidad necesaria o son difíciles de adaptar. Además, no tienen en cuenta las nuevas tecnologías emergentes y la ubicuidad del ciudadano y sólo unos pocos se relacionan con otras ontologías externas.

Parte II

Investigación

Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico

El gobierno electrónico bien implementado es la llave maestra que abre las puertas de servicios públicos de calidad.

— Bill Gates

Índice

4.1	Diseño de Ontologías	42
4.1.1	La Metodología Methontology	43
4.1.2	Proceso de Desarrollo de Ontologías 101	44
4.2	Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico	44
4.3	Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico	49
4.3.1	Extensión a Nivel de Calle: La Ontología Mapillary	51
4.4	Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico	52
4.4.1	Datos Vinculados en el Gobierno de Misiones	54
4.5	Evaluación de la Ontología	57
4.6	Herramientas Utilizadas	58
4.7	Ambiente de Hardware y Software:	58

4.1. Diseño de Ontologías

La creación de ontologías es un proceso cuidadoso que requiere consideración de varios aspectos importantes. Los pasos para diseñar ontologías efectivas se pueden resumir en:

- **Definir el propósito y objetivos:**
Antes de comenzar a diseñar una ontología, se debe tener claro qué problema se está tratando de resolver y qué objetivos se espera alcanzar. Esto ayudará a mantener el enfoque y a garantizar que la ontología sea útil y relevante para el dominio de aplicación.
- **Identificar los actores y sus necesidades:**
Es importante comprender quiénes son los actores involucrados en el dominio de conocimiento y qué necesidades tienen. Esto ayudará a crear una ontología que se adapte a la necesidades y permita encontrar información de manera más fácil.
- **Establecer una estructura clara:**
La estructura de la ontología debe ser clara y consistente. Debe incluir una jerarquía de categorías y subtareas que permitan organizar y clasificar los conceptos de manera lógica.
- **Utilizar términos precisos y descriptivos:**
Los términos utilizados en la ontología deben ser precisos y descriptivos. Se debe evitar usar términos ambiguos o engorrosos que puedan confundir a los usuarios.
- **Proporcionar explicaciones y ejemplos:**
Para facilitar la comprensión de los conceptos, se deben proporcionar explicaciones y ejemplos relevantes. Esto ayudará a los usuarios a entender mejor los términos y a aplicarlos de manera efectiva.
- **Considerar la escalabilidad:**
La ontología debe ser lo suficientemente flexible como para adaptarse a cambios futuros y a nuevos datos. Debe ser escalable y capaz de manejar información adicional sin perder su integridad.
- **Intercambiar ideas con expertos:**
Es importante intercambiar ideas con expertos en el dominio para obtener retroalimentación y asegurarse de que la ontología cubre todos los aspectos relevantes.
- **Utilizar herramientas de diseño:**
Existen diversas herramientas de diseño que pueden ayudar a crear ontologías, como Protègè, Graphviz, PlantUML, y TopBraid. Estas herramientas permiten visualizar y editar la estructura de la ontología de manera más sencilla.
- **Documentar la ontología:**
Es importante documentar la ontología de manera clara y concisa. La documentación debe incluir una descripción de los conceptos clave, las relaciones entre ellos, y cualquier restricción o limitación.
- **Mantener la ontología actualizada:**
La ontología debe ser actualizada regularmente para reflejar los cambios en el dominio de conocimiento y para incorporar nueva información. Esto garantizará que la ontología siga siendo útil y relevante para los usuarios.

Se consideraron dos propuestas diferentes para el diseño de la ontología: [Methontology](#) (Fernández et al. 1997) y [Proceso de Desarrollo de Ontologías 101](#) (Noy y McGuinness 2001).

4.1.1. La Metodología Methontology

Methontology es una metodología iterativa y cíclica que se basa en los siguientes principios:

- **Orientación al dominio:**
La ontología debe estar orientada al dominio de aplicación, es decir, debe reflejar el conocimiento que los expertos del dominio tienen sobre el mundo.
- **Usabilidad:**
La ontología debe ser fácil de usar por los expertos del dominio y por los desarrolladores de software.
- **Extensión:**
La ontología debe ser extensible, es decir, debe poder ser ampliada para reflejar cambios en el dominio de aplicación.
- **Interoperabilidad:**
La ontología debe ser interoperable con otras ontologías, es decir, debe poder ser compartida y reutilizada por diferentes aplicaciones.

La especificación, diseño e implementación se divide en cinco fases:

- **Fase de análisis:**
En esta fase se identifica el dominio de aplicación y se recopila información sobre el conocimiento que los expertos del dominio tienen sobre el mundo.
- **Fase de diseño:**
En esta fase se define la estructura de la ontología, es decir, se definen los conceptos, las relaciones entre conceptos y los axiomas que rigen la ontología.
- **Fase de implementación:**
En esta fase se implementa la ontología en un lenguaje formal, como RDF o OWL.
- **Fase de evaluación:**
En esta fase se evalúa la ontología para comprobar que cumple con los requisitos de usabilidad, extensión e interoperabilidad.
- **Fase de mantenimiento:**
En esta fase se mantiene la ontología para reflejar los cambios en el dominio de aplicación.

Las que se implementan siguiendo varias tareas:

- **Tarea 1. Construir un glosario de términos.**
Esta tarea tiene por objeto enumerar los principales términos que se tendrán en cuenta en la ontología.
- **Tarea 2. Construir la taxonomía de conceptos.**
Esta tarea tiene como objetivo estructurar los términos definidos como una taxonomía. Así, estos términos se clasifican en una jerarquía.
- **Tarea 3: Construir diagramas de relaciones binarias ad-hoc.**
Esta tarea tiene como objetivo descubrir las relaciones entre los términos de la ontología.
- **Tarea 4: Construir un diccionario de conceptos.**
Los términos principales se traducen como clases ontológicas en esta tarea.
- **Tarea 5: Describir relaciones binarias ad-hoc.**
Las relaciones definidas en la Tarea 3 se traducen a propiedades ontológicas.

- Tarea 6: Describir atributos de instancia.
En esta fase se definen varias propiedades de datos para las clases de la ontología.
- Tarea 7: Describir los atributos de clase.
Los atributos de instancia descritos en la Tarea 6 se traducen a las clases correspondientes (dominio de estas propiedades de datos).
- Tarea 8: Describir constantes.
Esta tarea descubrirá elementos constantes en la ontología.
- Tarea 9: Describir axiomas formales.
Esta tarea definirá cualquier axioma identificado por los expertos del dominio.
- Tarea 10: Describir reglas.
En esta tarea de la metodología se definirán las reglas de producción.
- Tarea 11: Describir instancias.
En esta tarea se define el conjunto de instancias.

4.1.2. Proceso de Desarrollo de Ontologías 101

Por otro lado, el proceso estándar de desarrollo de Ontology 101 se divide en siete pasos:

1. Determinar el dominio y el alcance de la ontología.
2. Considerar la reutilización de ontologías existentes.
3. Enumerar los términos importantes de la ontología.
4. Definir las clases y la jerarquía de clases.
5. Definir las propiedades de las clases y las ranuras.
6. Definir las facetas de las ranuras.
7. Crear instancias.

4.2. Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico

La ventaja de expresar la estructura organizativa del Estado como una ontología de gobierno electrónico, es que se puede construir un modelo de información que permita la exploración de datos en función de los elementos que representan las asociaciones entre los objetos, las propiedades de los elementos y formalmente describir la semántica de las clases y propiedades utilizadas en relación de dependencia, temporal y espacial; facilitando así que se pueda realizar un razonamiento automatizado, la búsqueda semántica y conceptual, y proporcionar servicios a los sistemas de apoyo a las decisiones.

El primer modelo desarrollado, incluyó el diseño de una ontología para el Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones en Argentina, utilizando el Lenguaje de Ontologías Web (OWL) como resultado de un proyecto de investigación en la Universidad Nacional de Misiones con el gobierno provincial.

Esta propuesta se basaba en la necesidad de una representación formal que pudiera ajustarse a todo el Estado en sus tres poderes, incluyendo el conocimiento de dominio y los trámites administrativos. Esta aproximación pretendió proporcionar un modelo ontológico general del Estado para luego avanzar hacia la descripción semántica de los organismos y los servicios que presta a los ciudadanos.

Partiendo del trabajo de (Hodgson y Allemang 2006) en el proyecto o EGOV, y del modelo de tres capas propuesto por (Lacasta Miguel et al. 2006) se desarrolló una representación conceptual de todo el Estado, basada en ontologías diseñadas bajo los principios de los Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (DAVG) y el Gobierno Abierto, añadiendo las definiciones estándar W3C e ISO/IEC para organización política e información geoespacial, para conseguir un modelo reutilizable e interoperable. Este modelo es un conjunto de datos amplio y heterogéneo basado en ontologías, con grandes cantidades de instancias interrelacionadas. El modelo de ontología extendido se compone de:

- Una ontología de alto nivel, que define los conceptos de Estado, los Poderes, el marco legal, los conceptos básicos, tipos de datos y las relaciones generales, independiente del contexto.
- Una ontología de dominio, que define la estructura organizativa y describe en detalle las unidades administrativas específicas, sus jerarquías, dependencias y relaciones.
- Otras ontologías externas y sus relaciones de vinculación a través de los Datos Abiertos Vinculados que enriquecen los datos de los individuos instanciados y provee la información geoespacial.
- Varias ontologías de aplicación de los trámites, servicios, y sus instancias.

Tal como se muestra en la Figura 4.1

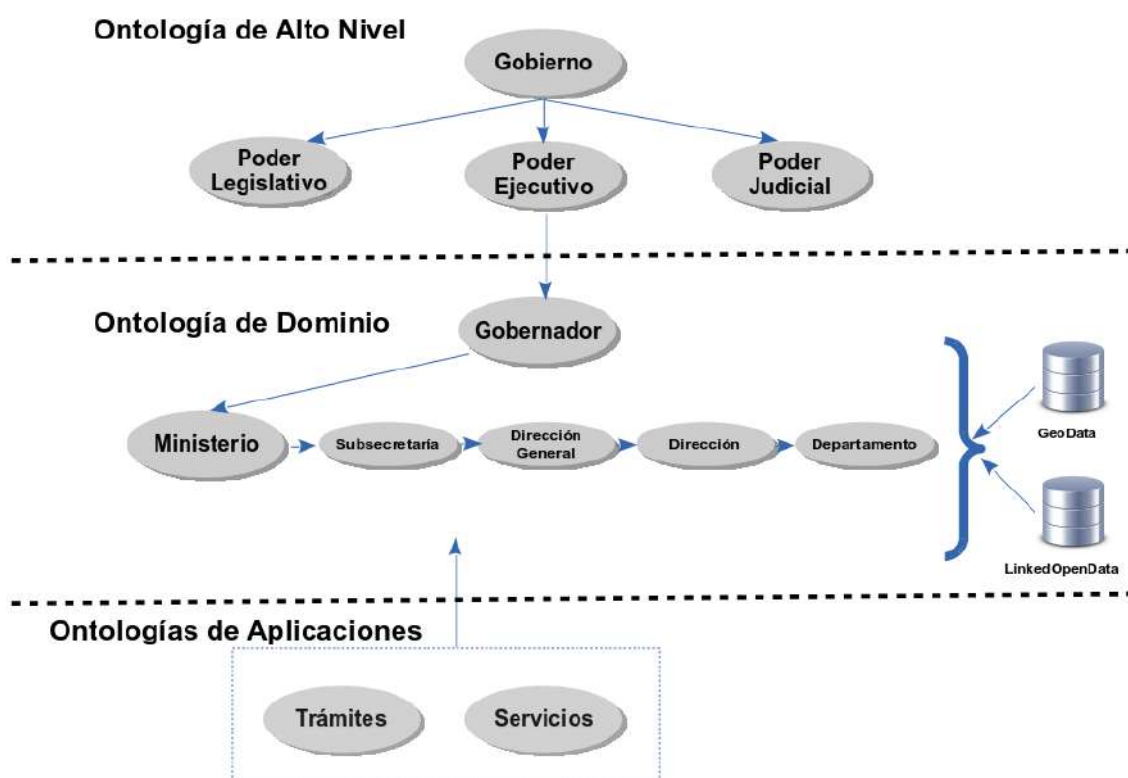


Figura 4.1: Modelo de la Ontología de Gobierno Electrónico (OGE)

Fuente: Adaptado de Lacasta-Miguel, 2006

La conceptualización que produjo el primer lanzamiento de la OGE utilizando [Methontology](#) incluía varias tareas:

- Tarea 1. Construir un glosario de términos.

Para modelar una ontología general compatible con la organización política de distintos países, se utilizaron los dominios jurisdiccionales básicos: “Estado”, “División”, “Organización” y “Suborganizaciones”, tal y como se definen en la norma ISO/IEC 15944-5:2008.

El “Estado” es una entidad con naturaleza jurídica propia que puede ser de ámbito nacional (país), o subnacional (región).

Las “Divisiones” son diferentes particiones de organizaciones de nivel superior (ministerios) que se convierten en entidades más pequeñas: subsecretarías, y departamentos que son las entidades básicas de las divisiones. Y para garantizar la internacionalización de la denominación de las ontologías se adoptó la norma ISO/IEC 3166-2, que permite identificar de forma unívoca una subdivisión del país en un contexto global. (Lacasta Miguel et al. 2006).

- Tarea 2: Construir taxonomías de conceptos.

Estos conceptos no se organizaron en una jerarquía, ya que se relacionaban mediante propiedades.

- Tarea 3: Construir diagramas de relación binaria ad hoc.

Los principales términos se relacionaron de forma binaria de la siguiente manera:

- Gobierno:
 - Government *HasSuborganisation* Ministry
 - Ministry *IsPartOf* Government
- Ministerios:
 - Ministry *HasSuborganisation* UnderSecretariat
 - UnderSecretariat *IsPartOf* Ministry
- Subsecretarías:
 - UnderSecretariat *HasSuborganisation* GeneralDirections
 - GeneralDirections *IsPartOf* UnderSecretariat
- Direcciones Generales:
 - GeneralDirections *HasSuborganisation* Directions
 - Directions *IsPartOf* GeneralDirections
- Direcciones:
 - Directions *HasSuborganisation* Departments
 - Departments *IsPartOf* Directions

- Tarea 4: Construir el diccionario de conceptos.

Los términos principales se tradujeron como clases ontológicas utilizando el editor Protégé como se muestra en la Figura 4.2.

- Tarea 5: Describir relaciones binarias ad hoc.

Las relaciones definidas en la Tarea 3 se tradujeron también con Protégé.

- Tarea 6: Describir atributos de instancia.

Para estas clases se definieron varias propiedades de datos OWL: *ProcedureID*, *denomination*, *Province*, *Department*, *Address*, *PostalCode*, *Place*, *BuildingName*, *phone*, *OSM.node*, *Coordinates*, *email*, *ResponsiblePerson*, *url*.

- Tarea 7: Describir atributos de clase.

Los atributos de instancia descritos en la Tarea 6 se vincularon a las clases correspondientes (dominio de estas propiedades de datos).

- Tarea 8: Describir constantes.

Esta ontología no incluía constantes.

- Tarea 9: Describir axiomas formales.

Esta relación entre el estado, el gobierno y sus divisiones puede representarse en Lógica Descriptiva

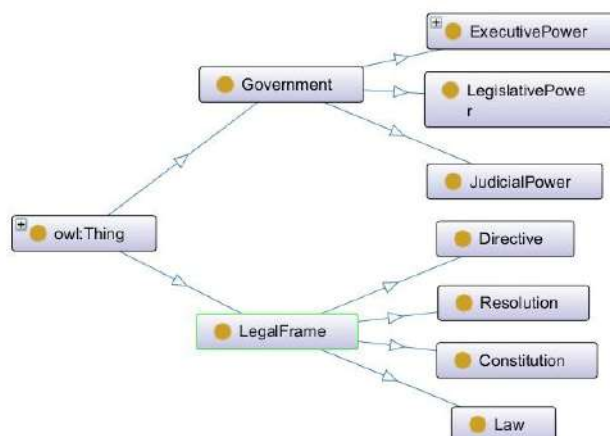


Figura 4.2: Ontología del Gobierno Electrónico Diseñada en Protégé

con una propiedad *has*, el subconjunto, la cuantificación existencial y los símbolos de unión como sigue:

- $State \subseteq \exists hasPower.(Executive \cup Legislative \cup Judiciary)$
- $Executive \subseteq \exists hasDivision.(Governor \cup (Ministry_i \cup \dots \cup Ministry_n))$
- $Ministry \subseteq Undersecretariats \subseteq$
 $GeneralDirections \subseteq Directions \subseteq Departments$

■ Tarea 10: Describir reglas.

Esta ontología no define reglas.

■ Tarea 11: Describir instancias.

Conjunto inicial de instancias definidas para los casos de uso de (OGE) donde:

- Trámites (Procedures): Nuevo_DNI
- Infraestructura (Infrastructure): CDR-POS-DEL1
- Territorio (Territory): Posadas
- LinkedGeoData: 143320491
- OSMNode: 3661832864

Desde un punto de vista global, se utilizó un desarrollo del esquema ontológico incremental-recursivo siguiendo el enfoque de las tres capas, añadiendo clases, relaciones y creando instancias específicas de clases según fuera necesario. En lugar de desarrollar una única gran ontología, en el modelo propuesto se desarrollaron varias ontologías que contienen conceptos específicos, para posteriormente establecer relaciones y dependencias entre ellas como se muestra en (Brys y J. Aldana-Montes 2016). Estas ontologías surgen a partir de la definición de Estado, que tiene conceptos como: organizaciones políticas y administrativas, instituciones, territorio, marco legal, procedimientos y servicios. La ontología global se creó estableciendo relaciones entre estas diferentes fuentes más específicas que mantienen su propia parte de la ontología.

Un modelo de ontología taxonómica no puede representar satisfactoriamente la complejidad del Estado, por tanto es necesario ampliar el dominio de la OGE vinculándola con otras fuentes de información externa y abierta. Para esto, son reutilizadas otras ontologías por ejemplo OSMonto: una ontología de las etiquetas de OpenStreetMap, donde cada organización administrativa individual en la OGE está representada en OpenStreetMap por un “nodo” o una “via”. Estos nodos tienen las “etiquetas” definidas en la ontología OSMonto que coinciden con algunos atributos de los individuos en la OGE. También se relacionó la OGE

con otras fuentes de datos como FOAF, DBpedia, GeoNames y LinkedGeoData, como se muestra en la Figura 4.3.

En una primera instancia, se puso el foco sólo en las oficinas administrativas que están abiertas al público y ofrecen un servicio del gobierno. Cada individuo está vinculado a su nodo geolocalizado en OpenStreetMap, y GeoNames. Esto permite la integración con un amplio espectro de fuentes de datos abiertos locales y externas.

Como un caso de uso, se planteó una situación donde un ciudadano desea obtener un nuevo DNI. La consulta a la ontología se puede representar en un grafo, tal como se muestra la Figura 5.6, que representa gráficamente un ejemplo de las instancias interrelacionadas de “Nuevo_DNI” y “Posadas”.

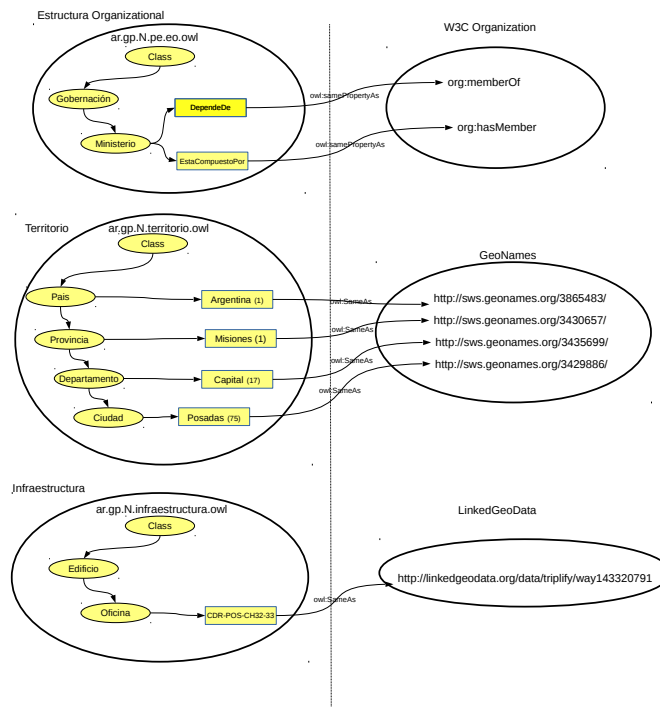


Figura 4.3: Mapeo entre de la Ontología de Gobierno Electrónico y Datos Abiertos Vinculados

Definiciones: V es un conjunto de vértices que son las etiquetas de los conjuntos de datos que tienen las instancias **SameAs** enlazados, $E \subseteq V * V$ es un conjunto de aristas **SameAs**, e I es un conjunto de URIs de las instancias **SameAs** interrelacionadas.

$$GDNI = (V, E, I),$$

donde: $V = \{S, T, O, L, I, G, F\}$,

$$E = \{(S, T), (S, I), (I, F), (I, L), (L, O), (T, G)\},$$

$$I = \{TYS : Nuevo_DNI, ter : Posadas, osm : 143320791, lgd : 143320791, infra : CDRPOS - CH - 32 - 33, gn : 3429886, foaf : 12345678\}$$

S, T, O, L, I, G y F representan las etiquetas de los conjuntos de datos de Trámites y Servicios, Territorio, OSM, LinkedGeoData, Infraestructura, GeoNames y Personas respectivamente.

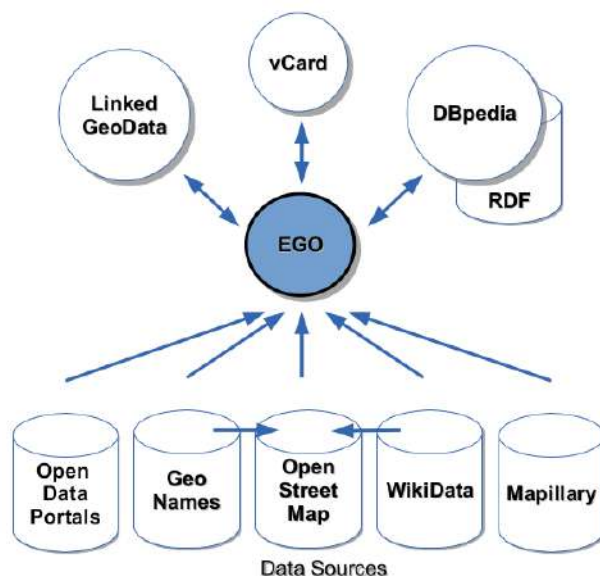


Figura 4.4: Contexto de la Ontología del Gobierno Electrónico Ampliada

4.3. Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico

La Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico (**OVGE**) (Brys y J. Aldana-Montes 2016) es un modelo semántico para la estructura administrativa del Estado, expresado como una extensión de la Ontología del Gobierno Electrónico (**OGE**). Así, la **OGE** proporciona un modelo ontológico general del Estado relacionado con los organismos y sus servicios a los ciudadanos. Una ontología taxonómica no podría responder satisfactoriamente a las preguntas de competencia de una ontología útil: *Qué, Quién, Cuándo, Cómo y Dónde*. En el nuevo modelo propuesto, se incorporan elementos y principios de Gobierno Abierto, así como fuentes públicas de Datos Abiertos (Figura 4.4). Se propone la (**OVGE**) alineando la (**OGE**) con otras ontologías geoespaciales y relacionadas con las personas, e integrando datos de otros recursos para aportar al ciudadano información enriquecida sobre cómo, dónde y con quién utilizar los servicios de la administración pública.

En el nivel superior (véase la Figura 4.9), se definieron las superclases relacionadas con conceptos generales como Estado, Gobierno, ramas del Poder, marco jurídico y territorio. A continuación, para el nivel específico del dominio, se definieron las clases de la estructura administrativa y los cargos, el jefe de Estado y la estructura ministerial, la infraestructura, las oficinas y los agentes. En esta etapa, se modeló la organización administrativa según la recomendación del **W3C** bajo las pautas de las Ontologías de la Organización (W3c 2013). Por último, en el nivel de aplicación, se definieron las clases de trámites y servicios para los ciudadanos. Para cada clase, se buscaron sus instancias, para incorporarlas a la ontología específica y mapearlas a otras si fuera necesario.

El trabajo se centró en *poblar*⁽¹⁾ la ontología de la rama del Poder Ejecutivo. Esta ontología representa la gobernación, 10 ministerios, 37 subsecretarías, 68 direcciones generales, 114 direcciones y 326 departamentos. Las clases por sí solas no proporcionan información suficiente para responder a las preguntas de competencia más básicas. Por lo tanto, fue necesario determinar algunas propiedades de las clases y restricciones sobre ellas. Los atributos que relacionan las clases con las propiedades de los tipos de datos se definieron en las clases y subclases.

¹En el contexto de las ontologías, poblar (populate) significa agregar instancias a una ontología existente.

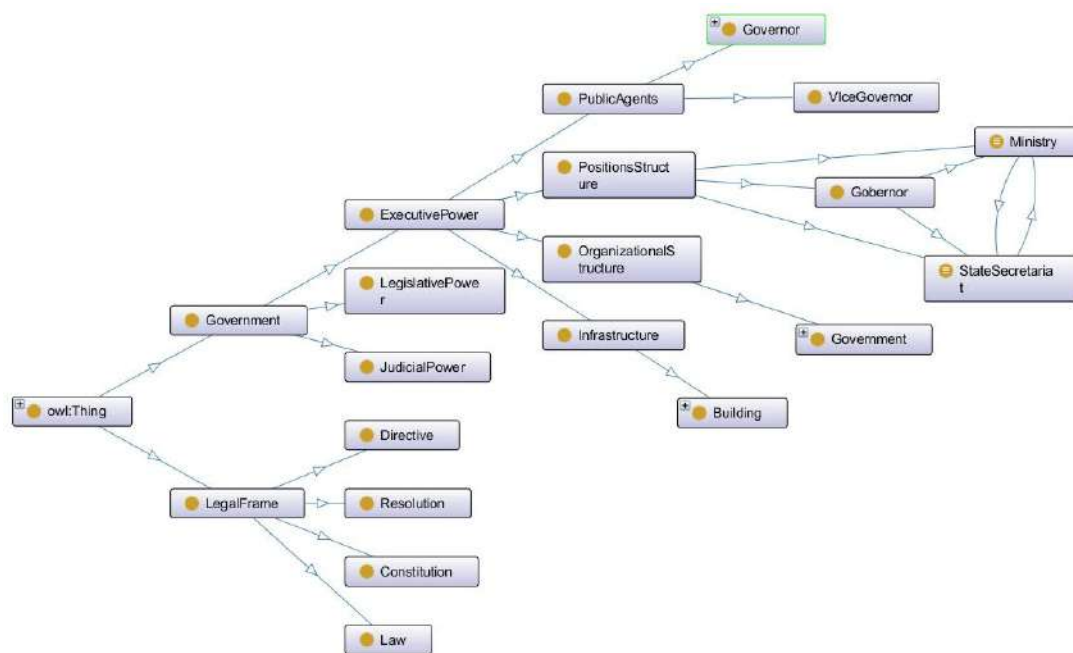


Figura 4.5: Modelo de la Ontología Vinculada de Gobierno Electrónico Diseñada en Protégé

Desde el punto de vista del mapeo, se tuvieron en cuenta otras ontologías para ampliar el dominio de la (OVGE):

- **OSMonto**: una ontología de etiquetas de [OpenStreetMap](#), en la que cada organización administrativa de la ontología general está representada en [OpenStreetMap](#) por un “nodo”. Estos nodos tienen las “etiquetas” definidas en [OSMonto](#) que coinciden con los atributos de los individuos en la ontología.
- **LinkedGeoData**: vocabularios utilizados por [LinkedGeoData](#) para publicar datos de [OpenStreetMap](#) como base de conocimientos [RDF](#) (Stadler et al. 2012).
- **DBpedia**: vocabularios y ontologías utilizados por [DBpedia](#) para publicar datos de Wikipedia como fuente de datos [RDF](#).

Como se muestra en la Figura 4.6, desde el punto de vista de la integración de datos, esta ontología mantiene una fuerte adhesión a las normas siguiendo las directrices del Grupo de Interés eGov del W3C(W3c 2009) para publicar datos abiertos del gobierno, enlazando datos con:

- **LinkedGeoData**: un esfuerzo por añadir una dimensión espacial a la [Web Semántica](#). [LinkedGeoData](#) utiliza la información recogida por el proyecto [OpenStreetMap](#) y la pone a disposición como base de conocimiento [RDF](#) según los principios de [Linked Data](#). Interconecta estos datos con otras bases de conocimiento en la iniciativa [Linking Open Data](#).
- **DBpedia**: proyecto cuyo objetivo es publicar los datos de Wikipedia como fuente de datos [RDF](#).
- **vCard FOAF** (para identificar agentes públicos): (acrónimo de [Friend of a Friend](#)) es una ontología legible por máquina que describe personas, sus actividades y sus relaciones con otras personas y objetos.
- **GeoNames**: una base de datos geográficos disponible y accesible a través de varios servicios web, bajo una licencia de atribución [Creative Commons](#).
- **OpenStreetMap** (por los topónimos que describen las ciudades y lugares): un proyecto colaborativo para crear un mapa editable y gratuito del mundo.

- **Mapillary** (para imágenes a nivel de calle): un servicio para compartir fotos georreferenciadas.

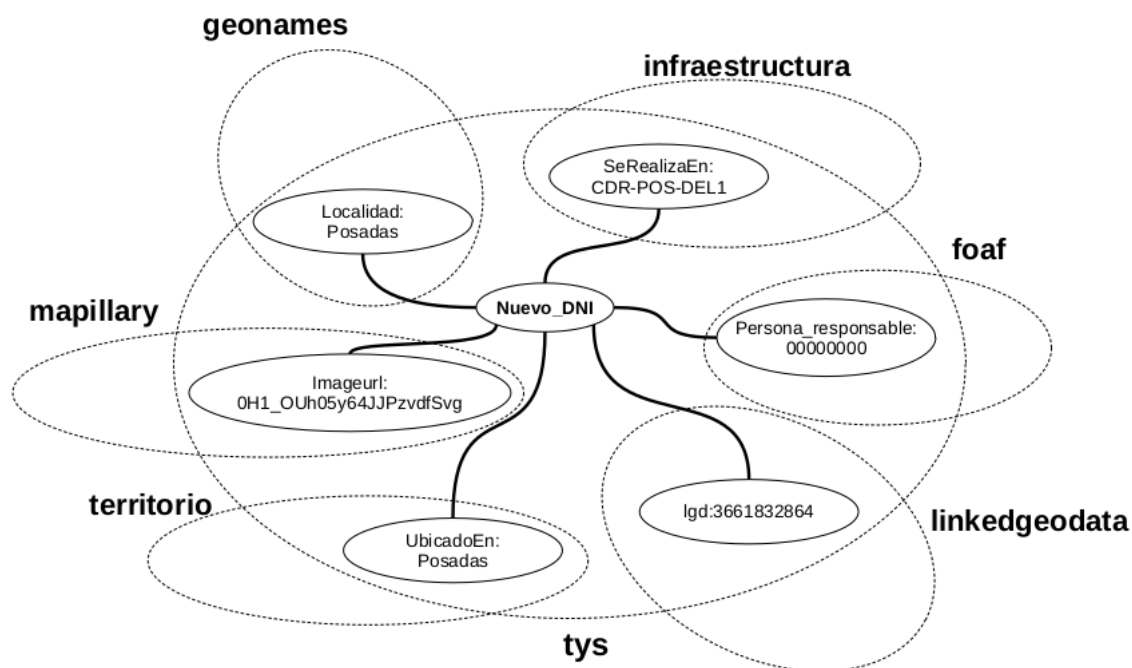


Figura 4.6: Relaciones Ontológicas

4.3.1. Extensión a Nivel de Calle: La Ontología Mapillary

Con el fin de integrar los datos gubernamentales con imágenes a nivel de calle, se decidió usar **Mapillary** como fuente de Datos Abiertos. **Mapillary** ofrece la visión por computadora para conectar imágenes a través del tiempo y el espacio y crear vistas inmersivas a nivel de calle. Sin embargo, **Mapillary** no proporcionaba una ontología o vocabulario semántico. Por lo tanto, en base a (Juhász y Hochmair 2016), se creó la ontología *MapillaryOnto* para enlazar y acceder a las imágenes del servicio **Mapillary** con los nodos OpenStreetMap descritos en **OSMonto**.

La ontología *MapillaryOnto*² se desarrolló utilizando el lenguaje OWL2. Se compone de dos clases principales: Recursos (*Resources*) y Capas (*Layers*) (Ver Figura 4.7). La clase *Resources* tiene seis subclases: *Images*, *Sequences*, *Changesets*, *MapFeatures*, *ObjectDetections* y *Users*; y la clase *Layers* tiene cuatro subclases: *Lines*, *Points*, *Segments* y *TrafficSigns*. El principal interés se centró en la clase *key* de la imagen a nivel de calle, por lo que se definieron también once Propiedades de Datos para la clase *Images*: *ca*, *camera_make*, *camera_model*, *captured_at*, *key*, *organization_key*, *pano*, *private*, *sequence_key*, *user_key* y *username*. Para mantener una fuerte compatibilidad con las imágenes proporcionadas por el servicio **Mapillary**, se definió la ontología de acuerdo con las especificaciones de la API **Mapillary V3**: <https://www.mapillary.com/developer/api-documentation/>, que permite leer los recursos proporcionados por el servicio.

De la ontología **Mapillary** sólo se tomaron para este proyecto la clase *Images* que define las imágenes de las calles, y se instanciaron a las fotografías que se tomaron de los edificios con la clave de

²MapillaryOnto: <https://www.datos.misiones.gob.ar/ontologias/mapillary.owl>

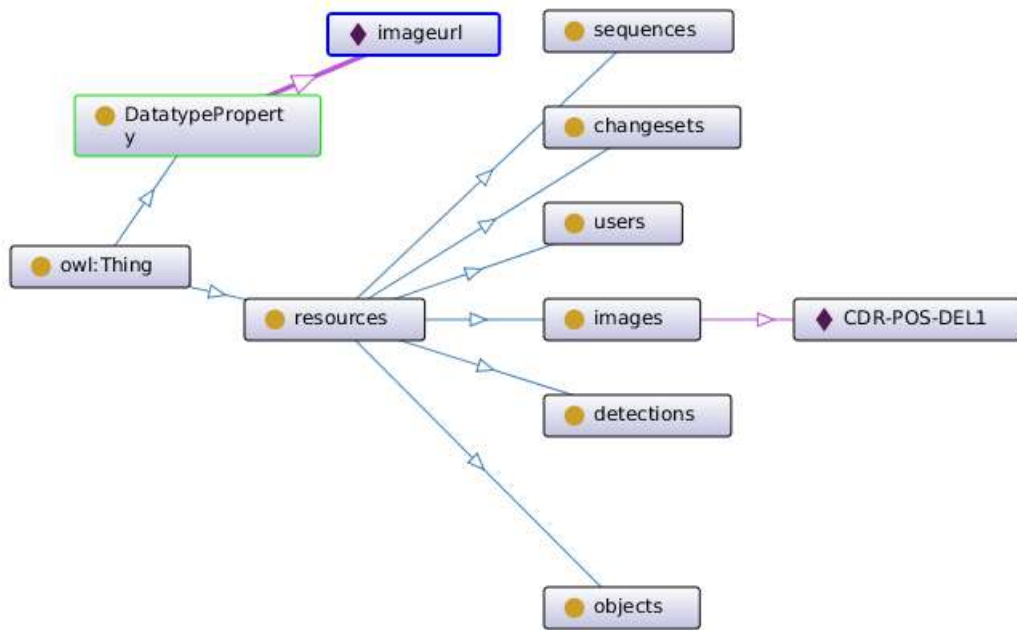


Figura 4.7: Ontología de Mapillary

identificación que proporciona la plataforma [Mapillary](#). Estas instancias están vinculadas a la Ontología de Infraestructuras que se creó para identificar los edificios públicos.

La tabla 4.1 detalla las propiedades de los datos de la clase *Image*, según las especificaciones de la API Mapillary.

Property	Type	Description
<i>ca</i>	number	ángulo de cámara de la imagen en [0, 360) grados
<i>camera.make</i>	string	Marca de cámara
<i>camera.model</i>	string	Modelo de cámara
<i>captured.at</i>	datetime	Cuándo se capturó la imagen
<i>key</i>	string	Identificador único de la imagen
<i>organization.key</i>	string	A qué organización pertenece la imagen
<i>pano</i>	boolean	Si la imagen es panorámica (verdadero) o no (falso)
<i>private</i>	boolean	Si la imagen es privada (verdadero) o pública (falso)
<i>sequence.key</i>	string	A qué secuencia pertenece la imagen
<i>user.key</i>	string	ID del usuario que capturó o subió la imagen
<i>username</i>	string	Nombre del usuario de quien capturó o subió la imagen.

Tabla 4.1: Propiedades de los Datos de la Clase de Image de Mapillary

Se centró la atención en la propiedad “key” de la clase “Images” ya que esa clave es la que identifica al archivo que contiene la imagen. Esa clave es una cadena de 22 caracteres y es la que se utilizó para construir la URL y relacionar la ontología de infraestructuras con la imagen a nivel de calle almacenada en el servidor [Mapillary](#).

4.4. Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico

La definición de los distintos servicios prestados por la Administración se realizó mediante la definición de instancias para cada servicio. Así, el desarrollo de nuevos casos en el futuro sólo requerirá

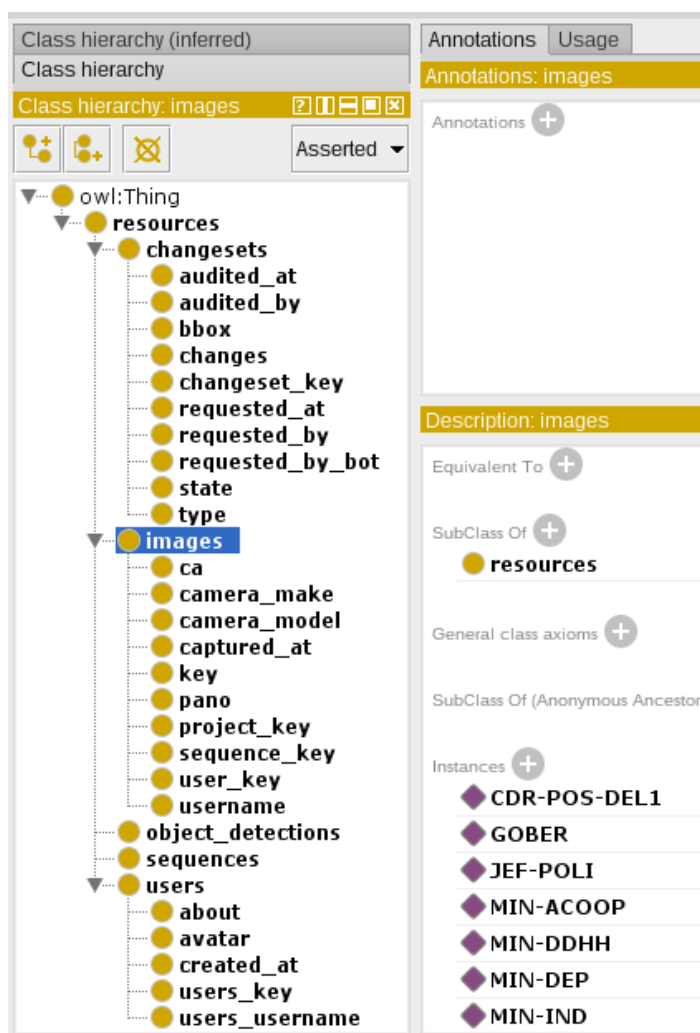


Figura 4.8: Árbol de Clases de la Ontología Mapillary

el diseño de instancias de la ontología, pero la estructura de la ontología inicial no cambiará. Por lo tanto, el desarrollo de servicios de apoyo sólo necesitará definir la extracción de la información utilizando las consultas requeridas.

El objetivo de la Ontología Vinculada del Gobierno Electrónico (**OVGE**) es proporcionar servicios a los ciudadanos con datos altamente enriquecidos sobre los trámites gubernamentales. La **OVGE** se utilizará como núcleo para orquestar la interconexión con otras fuentes de los Datos Abiertos Vinculados (**DAV**) para responder a las consultas de los ciudadanos, como se muestra en la Figura 4.6. Cada fuente de datos tiene su propia ontología o vocabulario vinculado a la ontología extendida. Los datos recopilados se integran mediante **SPARQL** para proporcionar a los usuarios información relevante con el objetivo de resolver sus necesidades. En el caso de los servicios web existentes de trámites con el Estado, se proporcionará al usuario la información básica, los requisitos, la persona de contacto, la ubicación espacial y las imágenes a nivel de calle de la fachada de la oficina, creando una experiencia inmersiva donde concertar la cita.

En el trabajo (Brys y J. Aldana-Montes 2016), se propuso un modelo semántico para la estructura administrativa del Estado, expresado como una Ontología del Gobierno Electrónico (**OGE**). En el modelo extendido, se lo amplió incorporando elementos y principios de Gobierno Abierto, como así también fuentes públicas de Datos Abiertos (ver Figura 4.9). En el nuevo modelo, se vinculó la (**OGE**) a otras ontologías

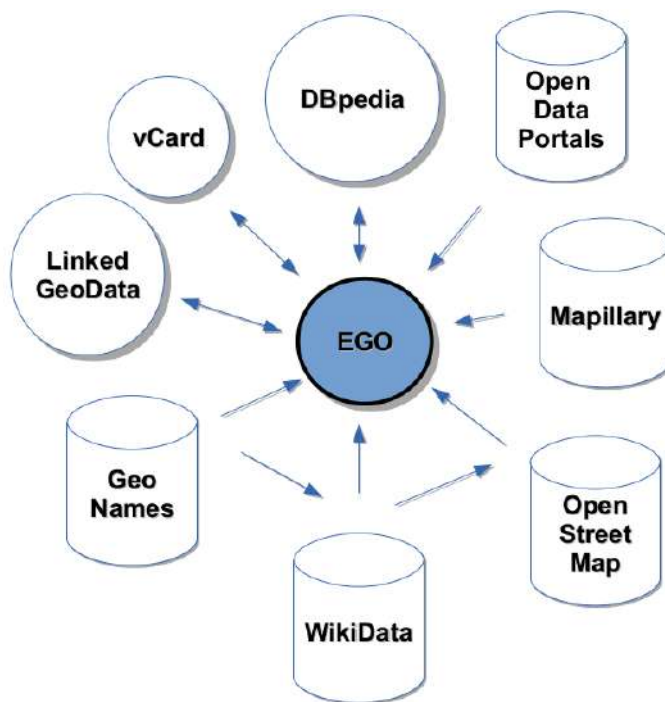


Figura 4.9: Ontología Ampliada del Gobierno Electrónico

geoespaciales y relacionadas con las personas para aportar al ciudadano información enriquecida sobre cómo, dónde y con quién realizar los trámites o utilizar los servicios de la Administración.

4.4.1. Datos Vinculados en el Gobierno de Misiones

Se pobló la **OVGE** con información procedente de fuentes los Datos Abiertos Vinculados (**DAV**) como: **FOAF** (para identificar a los agentes públicos), **DBpedia**, **GeoNames** y **LinkedGeoData** (para los topónimos que describen las ciudades y lugares). En esta extensión hacia los datos vinculados se tuvo en cuenta:

- **OSMonto**: una ontología de etiquetas de **OpenStreetMap**, en la que cada organización administrativa individual de la ontología general está representada en **OpenStreetMap** por un “nodo”. Estos nodos tienen las “etiquetas” definidas en **OSMonto** que coinciden con los atributos de los individuos en la ontología.
- **LinkedGeoData**: es un esfuerzo por añadir una dimensión espacial a la **Web Semántica**. **LinkedGeoData** utiliza la información recogida por el proyecto **OpenStreetMap** y la pone a disposición como base de conocimiento **RDF** según los principios de los Datos Vinculados. Interconecta estos datos con otras bases de conocimiento en la iniciativa *Linking Open Data*.

En un primer paso, se puso el foco sólo en las oficinas administrativas que están abiertas al público y ofrecen un servicio del gobierno. Por esa razón el enlace de los **Individuos** en las clases con los conjuntos de datos externos se hizo manualmente. Cada individuo está vinculado a su nodo geolocalizado en **OpenStreetMap**, y **GeoNames**. Esto permite la integración con un amplio espectro de fuentes de datos abiertos locales y externos.

Para construir los *mapeos*⁽³⁾ entre ontologías, en el período de descubrimiento, se partió de la lista oficial de ciudades pobladas proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), que es un archivo en formato ESRI Shapefile (.shp). Se convirtió el archivo al formato Keyhole Markup Language (.kml), y se aplicó un filtro para extraer sólo las ciudades de la provincia de Misiones. A través de un script⁴, se construyó una consulta para [GeoNames](#) obteniendo un identificador de nombre (por ejemplo 3429886⁵). Esta identificación se utilizó más tarde para hacer asignaciones entre los individuos utilizando la propiedad *owl:SameAs* del lenguaje [OWL](#) para poblar la ontología del territorio de la provincia de la Misiones.

Para el mapeo entre la ontología de Infraestructura y [OpenStreetMap](#), primero se comenzó por dibujar y agregar los edificios públicos en la base de datos de esta plataforma. Algunas referencias son nodos y otras son polígonos (vías).

Para los casos donde los organismos proveyeron la lista de sus oficinas y delegaciones abiertas al público, se utilizó un proceso de alta masiva de nodos en [OpenStreetMap](#). En estos casos el proceso de preparación de los datos se realizó en varios pasos:

- a). Obtención de los listados de las ubicaciones de las oficinas y delegaciones en cualquier formato (procesador de textos, hojas de cálculo, páginas e Internet, etc) y soporte (papel, digital, web).
- b). Adecuación de los datos recolectados en una hoja de cálculos determinando: Nombre de la oficina, Calle, Número y Localidad.
- c). Depurado de los datos: Reemplazo de abreviaturas (Ej: Av., Avda., Dr.),
- d). Normalización de los nombres (Ej: L.N.Alem, Dos de Mayo, etc).
- e). Si el organismo no proveyó las coordenadas geográficas de las oficinas, se las georreferencia. Para los casos en que no se contaron con las coordenadas, se utilizó el sitio de Internet *LatLong.Net*⁶.
- f). Exportación de la planilla al formato [CSV](#). Como se muestra en la tabla 4.2
- g). Verificación de la posición correcta de los nodos en el mapa. Para este caso, se utilizó el sitio en Internet *GeoJSON.io*⁷, cargando el archivo en formato [CSV](#) al mapa para controlar el correcto posicionamiento de los nodos.
- h). Conversión del archivo en formato [CSV](#) al formato [OSM](#). Para este caso se utilizó el script en lenguaje Python *csv2osm.py*⁸.
- i). Carga de los nodos a la base de datos de [OpenStreetMap](#) desde el archivo en formato [OSM](#) usando la aplicación *Level0 OpenStreetMap Editor*⁹

Además, se incluyó el uso de la ontología *MapillaryOnto*¹⁰ previamente desarrollada. Esta ontología ha sido extendida con clases adicionales, además de incluir instancias usadas en los diferentes casos de uso desarrollados en el gobierno de Misiones (Figura 4.10).

³El mapeo (mapping) de ontologías es el proceso de relacionar dos ontologías diferentes entre sí. Esto puede hacerse para facilitar la comunicación entre sistemas que utilizan diferentes ontologías, o para integrar datos de diferentes fuentes.

⁴Script: Secuencias de órdenes en algún lenguaje de programación de computadoras

⁵<https://api.geonames.org/search?name=POSADAS&country=AR&featureCode=PPLA&maxRows=10&username=demo>

⁶[LatLong.Net: Get Latitude Longitude https://www.latlong.net/](https://www.latlong.net/)

⁷[GeoJSON.io https://geojson.io/](https://geojson.io/)

⁸[csv2osm: Convierte una tabla CSV con la información geográfica al formato OSM. https://github.com/astoff/csv2osm/](https://github.com/astoff/csv2osm/)

⁹[Level0: OpenStreetMap Editor es un editor en línea de datos de OpenStreetMap https://level0.osmz.ru/](https://level0.osmz.ru/)

¹⁰<https://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/mapillary.owl>

lat	lon	name	office	addr: street	addr: housenumber	building	addr: city	addr: province	is:in: country	is:in: state
-27.37	-55.89	CDR Avenida Uruguay	government	Avenida Uruguay		office	Posadas	Misiones	AR	Argentina
-27.46	-55.74	CDR Candelaria	government	Avenida Mitre		office	Candelaria	Misiones	AR	Argentina
-27.04	-55.24	CDR SAMIC Jardin América	government	Aconcagua	575	office	Jardin América	Misiones	AR	Argentina
-27.46	-55.74	CDR Candelaria	government	Avenida Mitre		office	Candelaria	Misiones	AR	Argentina
-27.91	-55.75	CDR Apóstoles	government	Avenida Belgrano	1083	office	Apóstoles	Misiones	AR	Argentina
-27.60	-55.32	CDR Leandro N. Alem	government	Avenida 25 de Mayo	445	office	Leandro N. Alem	Misiones	AR	Argentina
-27.630	-55.4	CDR Cerro Azul	government	Maipú		office	Cerro Azul	Misiones	AR	Argentina
-27.87	-55.13	CDR San Javier	government	Teófilo García	540	office	San Javier	Misiones	AR	Argentina
-27.48	-55.12	CDR Oberá	government	Córdoba	14	office	Oberá	Misiones	AR	Argentina

Tabla 4.2: Datos para el Alta Masiva a OSM

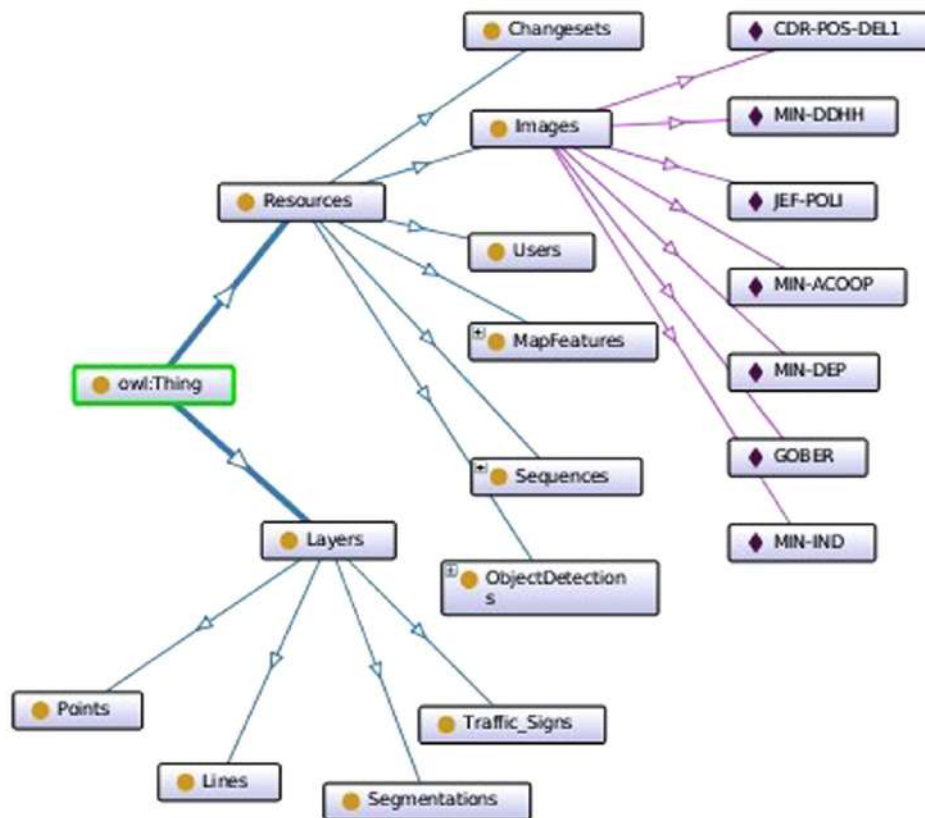


Figura 4.10: Extensión de MapillaryOnto

4.5. Evaluación de la Ontología

Se analizaron los resultados de la evaluación de la ontología usando *Ontology Pitfall Scanner*¹¹ (Poveda-Villalón et al. 2014). Esta herramienta proporciona una lista de problemas clasificados en función de su importancia:

1. Críticos: Son los más relevantes ya que pueden afectar a la consistencia, razonamiento y aplicabilidad de la ontología.
2. Importantes: Son relevantes pero no críticos para el funcionamiento de la ontología.
3. Menores: No son realmente un problema, pero corrigiéndolos la ontología sería más agradable.

La primera evaluación realizada arrojó un total de 15 casos críticos (de dos tipos), 91 casos importantes (de cinco tipos) y 255 casos menores (de seis tipos). La mayoría de estos casos se produjeron por la evolución en el diseño de la ontología, produciendo algunos problemas de denominación en los URI. Tras corregir los problemas más relevantes, la versión final de la ontología sólo contenía un problema menor.

Como resultado de este proceso de evaluación, la **OVGE** está mejor preparada para su reutilización en diferentes contextos por otros investigadores en este dominio.

¹¹Ontology Pitfall Scanner: <https://oops.linkeddata.es/>

4.6. Herramientas Utilizadas

En el proceso de generación de la ontología se analizaron y usaron varias herramientas de autoría que produzcan resultados integrables al modelo. Estas aplicaciones se enuncian a continuación:

- IHMC CmapTools COE
- IsaViz: Una herramienta de autoría visual para [RDF](#)
- jOWL es un plugin jQuery para navegar y visualizar [OWL-RDFS](#)
- MindRaider: Es un delineador de la [Web Semántica](#). MindRaider tiene como objetivo ayudarle en la organización de su base cognitiva y los documentos y recursos asociados de una manera que permite la navegación rápida, la representación concisa y la inferencia.
- NeOn Toolkit: Es el entorno de ingeniería ontológica desarrollado originalmente como parte del proyecto NeOn.
- nor2o: Es una biblioteca para transformar recursos no ontológicos en ontologías
- Web OntoStudio: Es una versión reducida de OntoStudio que puede utilizarse fácilmente a través de cualquier navegador y es, por tanto, muy flexible.
- OWL2XHTML: Es una hoja de estilo para la representación de ontologías OWL en el lado del client
- OWLGrEd-1.6.0: Protégé Plugin
- OWLPrefuse-1.2
- OWLViewer
- pellet-2.2.2
- prefuse-beta
- Protégé 5.0
- ProtégéVOWL: VOWL Plugin de Protégé para la visualización orientada al usuario de ontologías.
- radialnet
- RDF Author
- silk 2.6.0
- Snoogle
- Swoop
- TripleGeo
- VisualBrowser
- welkin
- workspace
- yEd

4.7. Ambiente de Hardware y Software:

De acuerdo a las políticas para las TIC que se derivan de la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico (Clad 2007), el Acuerdo Federal para la Gestión Pública (Inap 2009) y el Plan Estratégico de Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones (Brys 2005), para la creación de la infraestructura informática y de comunicaciones, en este proyecto se utilizó exclusivamente Software Libre y Estándares Abiertos, tal como se sintetiza en la Tabla 4.3.

Tecnologías	Componentes propuestos
Hardware:	Plataforma x86-x64 Intel/AMD
Sistema operativo:	GNU/Linux
Servidor web:	Apache Tomcat
Servidor de BD Relacionales	PostgreSQL / MySQL
Servidor de BD RDF	Virtuoso Universal Server
Publicación de BD Relacionales	Servidor D2R
Tecnologías Web:	Servlet / JSP / JSF / AJAX / XML
Metodología	Methontology
Lenguaje de Ontologías:	OWL
Marco de Descripción de Recursos:	RDF
Lenguajes de Consultas para RDF :	SPARQL
Protocolo de servicio SPARQL	SPARQL endpoint
Marco para Servicios Móviles:	W3C MWI
Editor de Ontologías:	Protégé / CmapTools COE
Georeferenciación:	OpenStreetMap / LinkedGeoData

Tabla 4.3: Arquitectura de Software y Hardware

Escenario de Uso para la Oferta de Servicios

La información de calidad es el mejor aliado en la búsqueda y acceso a servicios que realmente importan.

— Phil Simon

Índice

5.1	La Arquitectura Propuesta	63
5.2	Método para la Construcción de la URI	64
5.3	Búsqueda de Datos Vinculados	69
5.3.1	Caso de Uso 1: Obtención de un Documento de Identidad.	69
5.3.2	Caso de Uso 2: Matricular a un Niño en una Escuela.	70
5.3.3	Caso de Uso 3: Permiso para Transportar Madera	72
5.3.4	Caso de Uso 4: Hacer una Denuncia en la Policía	72
5.4	Ejemplo de Uso de los Datos	74

La arquitectura propuesta para utilizar el modelo (OGE) Extendido se representa en la Figura 5.1. El sistema central en el front-end¹ consiste en un orquestador que toma los requisitos del ciudadano y consulta a la ontología (OVGE) Extendida para resolver las preguntas de competencia: *Qué, Cómo, Dónde*,

¹En informática, el front-end es la parte de una aplicación que interactúa directamente con el usuario. Es la parte que se ve, es decir, la interfaz de usuario

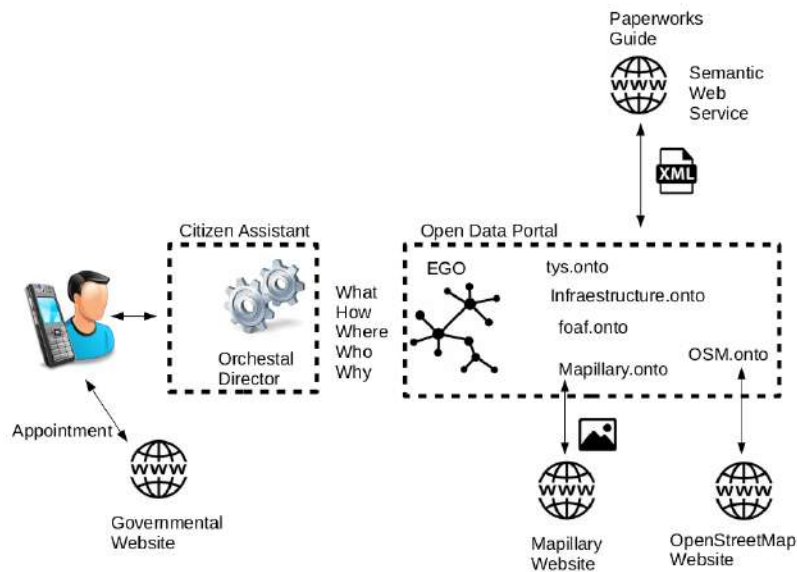


Figura 5.1: Arquitectura del Modelo de Gobierno Electrónico Vinculado

Por qué y Quién. El primer nivel del back-end² es la (OGE) Extendida que reside en el Portal de Datos Abiertos del Gobierno con las demás ontologías de segundo nivel. Las ontologías de segundo nivel tienen sus propios sistemas corporativos autónomos (La Guía de Trámites) que se ejecutan en el centro de procesamiento de datos del gobierno. El último nivel son los servicios y sitios web externos (OpenStreetMap.org, Mapillary.com) que proporcionan la información de base (imágenes) para el front-end.

El objetivo de la ontología ampliada es ofrecer a los ciudadanos servicios con datos enriquecidos sobre los trámites gubernamentales. (OGE) se utiliza como núcleo para orquestar la interconexión con otras ontologías y fuentes de los Datos Abiertos Vinculados (DAV) (como OpenStreetMap, GeoNames, LinkedGeoData y DBpedia). Los datos recopilados se integran para proporcionar a los usuarios información pertinente para sus necesidades. En el caso de los servicios web existentes para parte de los trámites con el Estado, se dirige al usuario al sitio web para que solicite una cita.

Se diseñaron varios casos de uso con el objetivo de proporcionar servicios al ciudadano basados en los Datos Vinculados generados para el gobierno de Misiones:

- Caso 1: Obtención del DNI: En este caso de uso, se consideró un servicio en el que un ciudadano requiere obtener su DNI. El ciudadano debe acudir al centro de documentación más cercano para iniciar el trámite. Para ello, el ciudadano proporciona una palabra asociada al nombre del trámite que desea realizar y el lugar donde quiere realizarlo (o se lo ubica por las coordenadas que se obtienen de su teléfono móvil); por ejemplo *DNI, Posadas*. Esta búsqueda de datos proporcionará al ciudadano un listado de centros de documentación en la ciudad de Posadas y otra información útil (incluyendo fotos de los lugares).
- Caso 2: Matricular a un niño en una escuela: se consideró un servicio en el que el ciudadano debe matricular a su hijo en una escuela de nivel inicial. El ciudadano debe dirigirse a la escuela más cercana para iniciar el proceso. Para ello, los ciudadanos indican el nivel del escuela y su ubicación (o se la toma de su teléfono móvil); por ejemplo, *Escuela Inicial, Posadas*. Esta búsqueda de datos proporcionará

²En informática, el back-end es la parte de un sistema informático que no es visible para el usuario final. Se encarga de procesar los datos y generar la respuesta que se mostrará al usuario. En el contexto del desarrollo web, el back-end es la parte del sitio web que se ejecuta en el servidor. Se encarga de almacenar los datos, procesar las peticiones de los usuarios y generar las páginas web.

al ciudadano una lista de las escuelas de la ciudad de Posadas, y otra información útil (incluyendo fotografías de las escuelas).

Caso 3: Obtener permiso para transportar madera: se consideró un servicio en el que un gestor de una plantación forestal debe transportar los troncos a un aserradero. El ciudadano debe dirigirse al Ministerio de Ecología en Posadas. Para ello, los gestores proporcionan el nombre del Ministerio y su ubicación (o se la toma de su teléfono móvil); por ejemplo, *Ministerio de Ecología, Posadas*. Esta búsqueda de datos proporcionará al ciudadano la ubicación del Ministerio, y otra información útil (incluyendo fotos de los lugares).

Caso 4: Realizar una denuncia policial: se consideró un servicio en el que un ciudadano debe denunciar un incidente a la policía. El ciudadano debe acudir a la comisaría más cercana al hecho. Para ello, el ciudadano proporciona la palabra clave para la policía y su ubicación (o se la toma de su teléfono móvil); por ejemplo, *Policía, Posadas*. Esta búsqueda de datos proporcionará al ciudadano la ubicación de la comisaría más cercana y otra información útil (incluidas fotos de las comisarías).

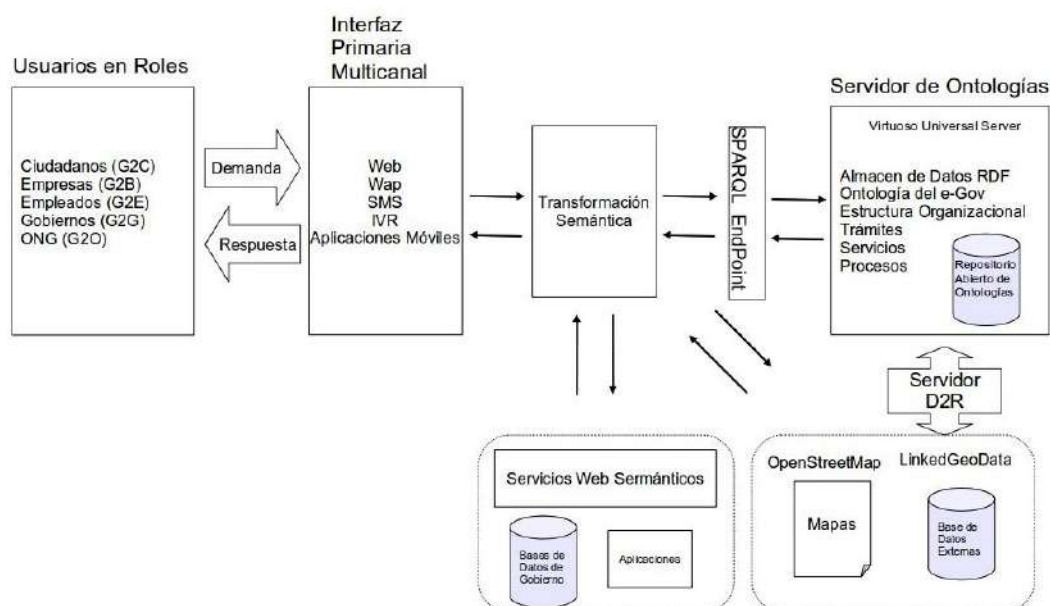


Figura 5.2: Arquitectura del Modelo de Gobierno Electrónico Basado en Ontologías

5.1. La Arquitectura Propuesta

En esta sección se presenta la arquitectura conceptual que se diseñó para la introducción de la semántica en los servicios de la administración pública, como se muestra en la Figura 5.2. A continuación se describen los componentes del modelo, con énfasis en la ontología y la transformación semántica:

- **Los Usuarios en Roles:** Los usuarios interactúan con el modelo asumiendo un rol de acuerdo a sus necesidades, en uno de los distintos modelos de interacción del gobierno electrónico.
- **Interfaz Primaria Multicanal:** El gobierno recibe la demanda de los usuarios en uno de los distintos canales de puntos de contacto.

- *Transformación Semántica*: En este punto, las demandas de los usuarios son transformadas por el proceso interno para recuperar los datos almacenados en el servidor de ontologías, vincularlos con las bases de datos externas y consultar a otros servicios web. Una vez que los datos se hayan procesado, interpretados y organizados, se los presenta al usuario en el canal correspondiente.
- *EndPoint SPARQL*: El servicio permite que las demandas de los usuarios consulten una base de conocimientos en repositorio de la ontología a través del lenguaje SPARQL, devolviendo una representación de los resultados legible por humanos.
- *Servidor de Ontologías*: El espacio donde se almacenan los datos abiertos en una representación ontológica.
- *Servidor D2R*: Es una herramienta para la publicación de bases de datos relacionales en la Web Semántica. Permite a los navegadores HTML y OWL navegar por el contenido de las bases de datos, y a las aplicaciones consultar las bases de datos utilizando el lenguaje de consulta SPARQL.
- *Bases de datos externas y Servicios Web*: Representan las bases de datos del gobierno y los sistemas en funcionamiento, como así también otros servicios web relacionados con el suministro de información, y servicios no gubernamentales para la localización de los datos en los mapas (*OpenStretMap*, *LinkedGeoData*, y otros)

5.2. Método para la Construcción de la URI

Para construir el URI de la ontología de gobierno electrónico, se utilizó un método jerárquico de la forma: *Pais* \supset *Nivel* \supset *Provincia* \supset *Poder* \supset *Organismo*

Esto permite utilizar la ontología en diferentes países, integrando los códigos ISO 3166-1 alfa-2, el nivel de la estructura política, el código ISO 3166-2:AR para identificar la provincia, la división política de poderes, y una autocodificación de las organismos asociadas con las instancias de las clases (Brys y J. Aldana-Montes 2011).

Por ejemplo, para construir el URI del *Ministerio de Coordinación de Gabinete del Gobierno de la Provincia de Misiones, en la República Argentina*, como se muestra en la Figura 5.3 se utilizaron los siguientes criterios: *ar.gp.N.pe.mcg.owl*, donde:

“*ar*” corresponde al código ISO 3166-1-alfa-2 correspondiente a la Argentina,

“*gp*” se refiere al gobierno a nivel subnacional (provincial),

“*N*” es el código ISO 3166-2:AR de la Provincia de Misiones,

“*pe*” se refiere al Poder Ejecutivo,

“*mcg*” se refiere a la autocodificación del Ministerio de Coordinación de Gabinete y

“*owl*” especifica que la ontología está descrita en el Lenguaje de Ontologías Web (OWL).

Todas estas ontologías están alojadas en el servidor de datos abiertos del Gobierno de la Provincia de Misiones, y puede ser accedida en línea por medio del visualizador de ontologías, como se muestra en la Figura 5.4. La URI completa debe leerse de la siguiente manera:

<http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ar.gp.N.pe.mcg.owl>

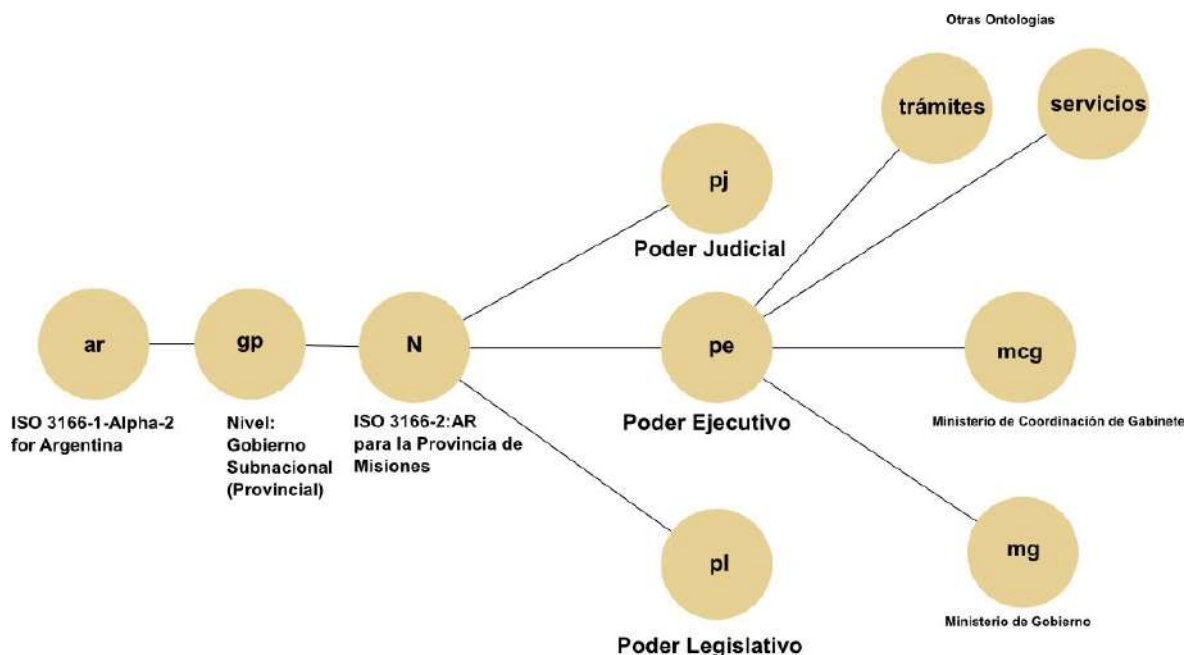


Figura 5.3: Método para la Construcción de la URI de las Ontologías

ar.gp.N.eo.owl#

Ontología de la Estructura Organizativa del Gobierno de la Provincia de Misiones

Powered by [jOWL](#), semantic javascript library.
Created by [David Decraene](#).

[OntologyOnline.org](#)

Figura 5.4: Navegación on-line de la Ontología de Gobierno Electrónico

Fuente: Elaboración Propia

En esta ontología, las unidades administrativas están representados por un modelo general basado en la ontología de dominio reutilizable, que define las características básicas de las unidades, sus relaciones, y una serie de ontologías de aplicación que describen los tipos de trámites y servicios ofrecidos por la administración pública a través del Gobierno Electrónico.

Desde un punto de vista global, se utilizó un esquema de desarrollo de ontologías incremental recursivo siguiendo el enfoque de tres capas, añadiendo las clases, las relaciones y la creación de instancias específicas de clases, según fuera necesario. En lugar de desarrollar una única gran ontología, en el modelo propuesto se desarrollaron varias ontologías que contienen conceptos específicos, y posteriormente se establecieron relaciones y dependencias entre ellas.

Estas ontologías emergen de la definición de “El Estado”, que tiene conceptos como: la organización política y administrativa, las instituciones, el territorio, el marco jurídico, los trámites y los servicios. La ontología global se creó estableciendo relaciones entre estas diferentes fuentes más específicas que mantienen su propia parte de la ontología. Al mismo tiempo que la ontología se fue poblando, se creó el mapeo a ontologías externas utilizando los Principios de Datos Abiertos Vinculados.

En el nivel superior, se definieron las super-clases relacionadas con conceptos generales como ser: los Poderes, el Estado, el Gobierno, el marco legal y el territorio. Luego, para el nivel de dominio específico, se definieron las clases de gobierno electrónico para la estructura administrativa y de los puestos de trabajo, la gobernación y su estructura ministerial, la infraestructura, las oficinas y los agentes. En esta etapa se modeló la organización administrativa de acuerdo con la recomendación de la W3C para Ontologías de la Organización (W3c 2013).

En el nivel de aplicación se definieron las clases para los trámites y servicios para los ciudadanos. Para cada clase, se buscaron sus instancias, se incorporaron a la ontología específica y se mapearon con otras si fuera necesario.

El trabajo de investigación se centró principalmente en el Poder Ejecutivo, que es el Poder que tiene bajo su órbita a la mayoría de las oficinas con atención al público. Esta rama de la ontología describe a la gobernación, la vicegobernación, 10 ministerios, 37 subsecretarías, 68 direcciones generales, 114 direcciones, y 326 departamentos. El resultado de la relación funcional de todos estos organismos puede verse en la Figura 5.5.

Para responder a estas preguntas de competencia, además de la organización administrativa, se necesitan representar a los otros elementos del Estado. Para ello, se desarrollaron las ontologías que describen el marco jurídico, el territorio (para los lugares geolocalizados), la infraestructura (para las oficinas administrativas) y la estructura de los puestos administrativos (para las personas).

Las clases por sí solas no proporcionan suficiente información para responder a las preguntas básicas de competencia. Entonces fue necesario determinar algunas propiedades de las clases y las restricciones en ellas.

En las clases y subclases se definieron los atributos que relacionan las clases por las propiedades de los tipos de datos. Estos atributos están destinados a responder a las preguntas de competencia básica, tal como se resume en la siguiente tabla:

Pregunta de Competencia	Clase genérica	Atributo
¿Qué?	Trámite/ Servicio	Descripción del servicio
¿Por qué?	Trámite/ Servicio	Servicio
¿Quién?	Unidad Administrativa	Persona Responsable
¿Dónde?	Unidad Administrativa	Ubicación / Geolocalización
¿Cómo?	Servicio	Instrucciones del servicio

Tabla 5.1: Preguntas de Competencia Básicas

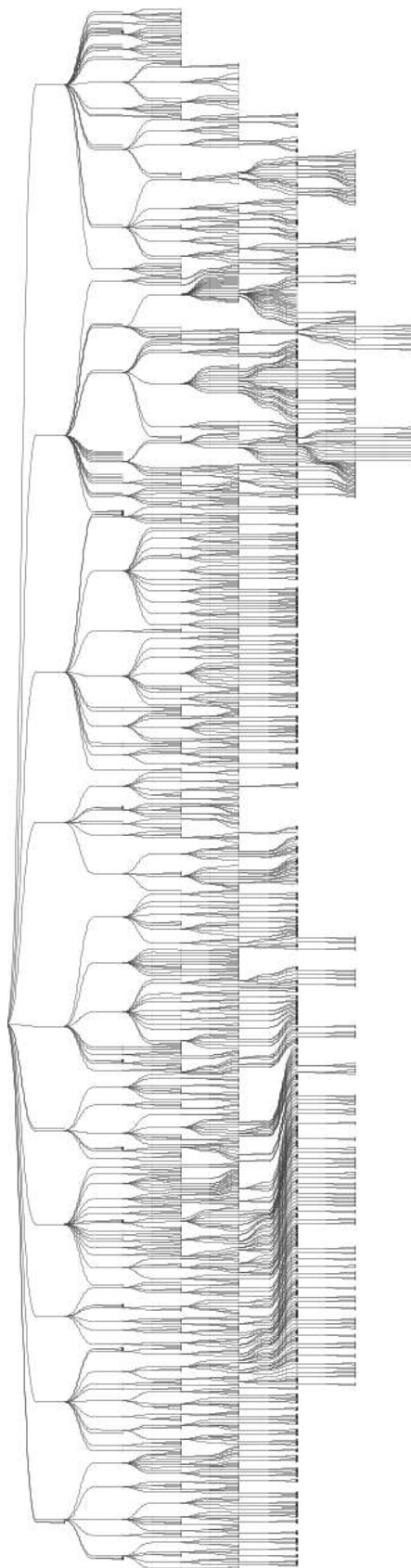


Figura 5.5: Esquema de la Estructura Administrativa del Poder Ejecutivo Provincial

Fuente: Elaboración Propia

Un modelo de ontología taxonómica no puede responder satisfactoriamente a estas preguntas, entonces fue necesario ampliar el dominio para la (OGE) vinculándola con otras fuentes de información externa y abierta. Para esto se reutilizaron otras ontologías, por ejemplo [OSMonto](#): una ontología de las etiquetas de [OpenStreetMap](#), donde cada organización administrativa individual en la (OGE) está representada en [OpenStreetMap](#) por un “nodo”. Estos nodos tienen las “etiquetas” definidas en la ontología [OSMonto](#) que coinciden con algunos atributos de los individuos en la ontología [OGE](#). También relacionamos manualmente la (OGE) con otras fuentes de datos utilizando Datos Abiertos Vinculados como ([FOAF](#)) para identificar agentes públicos, [DBpedia](#), [GeoNames](#) y [LinkedGeoData](#) para los topónimos que describen las ciudades y lugares.

Los datos geospaciales, que describen información vinculada a ubicaciones en la Tierra, constituyen una categoría esencial de los activos de datos gubernamentales. Este tipo de datos es crucial para la planificación, la toma de decisiones políticas y la prestación de servicios innovadores basados en la ubicación en dominios que incluyen la mitigación de desastres, la salud pública, la geología, la protección civil y la agricultura (Abbas y Ojo 2013).

(Goodchild 2007) acuñó el término Información Geográfica Voluntaria (Voluntary Geographic Information. VGI, por sus siglas en inglés) para describir un caso particular del fenómeno web de contenido generado por el usuario, que utiliza herramientas para crear, ensamblar y difundir datos geográficos proporcionados voluntariamente por individuos. El resultado es un conjunto de sitios que a menudo proporcionan la fuente más económica de información geográfica y a veces la única fuente, especialmente en lugares donde es difícil obtener información geográfica (Zook y Breen 2017).

En el trabajo realizado no se alinearon completamente las ontologías desarrolladas con las ya existentes, sino que se fue construyendo la ontología del gobierno electrónico desde la perspectiva de los [Datos Vinculados](#). En este sentido se buscó responder a las preguntas de competencia poblando la (OGE) con el mapeo a otras ontologías y conjuntos de datos. Por lo tanto, se alinearon sólo algunas clases e instancias que se responden las preguntas de competencia. Para ello, sólo se tuvo en cuenta mapeos uno a uno entre las entidades individuales e instancias en diferentes ontologías y no se consideraron las propiedades funcionales inversas.

La definición de los diferentes servicios prestados por la Administración se realizó mediante la definición de instancias para cada servicio. Así, el desarrollo de nuevos casos sólo requirió el diseño de instancias de la ontología, pero la estructura no cambia. Por lo tanto, el desarrollo de servicios de apoyo sólo necesitó definir la extracción de la información utilizando las consultas requeridas.

El objetivo de la ontología propuesta es proporcionar servicios a los ciudadanos con datos altamente enriquecidos sobre trámites gubernamentales. La ontología se utiliza como núcleo para orquestar la interconexión con otras fuentes [DAV](#) para responder a las consultas de los ciudadanos, como se muestra en la Figura 4.6. Cada fuente de datos tendrá su propia ontología o vocabulario vinculado a [OGE](#).

Los datos recopilados se integran mediante [SPARQL](#) para proporcionar a los usuarios información relevante para sus necesidades. En el caso de los servicios web existentes de trámites con la Administración Pública, se proporciona al usuario la información básica, los requisitos, la persona de contacto, la ubicación espacial y las imágenes a pie de calle de la oficina mostrada, creando una experiencia inmersiva donde concertar la cita.

5.3. Búsqueda de Datos Vinculados

La búsqueda de **Datos Vinculados** es un proceso esencial en el ámbito de la gestión de la información y la toma de decisiones. En este contexto, se utilizarán casos de uso específicos para identificar y relacionar datos dispersos en diferentes fuentes y sistemas. Estos casos de uso actúan como guías que delimitan las circunstancias y los objetivos en los que se requiere encontrar datos interconectados para obtener información valiosa. Al aplicar metodologías y herramientas de búsqueda de **Datos Vinculados**, se logra una comprensión más completa y precisa de la información disponible.

5.3.1. Caso de Uso 1: Obtención de un Documento de Identidad.

Este caso de uso tiene como objetivo orientar a los ciudadanos en la obtención del DNI. Se utiliza **SPARQL** para consultar el conjunto de datos **OVGE** y obtener la lista de centros de documentación de Posadas donde se puede realizar el trámite (obtención del DNI), y datos relacionados como quién es la persona responsable, horario de atención y costes, entre otros. El listado 5.3.1 muestra un ejemplo de recuperación de la ubicación, teléfono y foto de los lugares para utilizar este servicio.

Listing 5.1: Ejemplo de consulta SPARQL para recuperar la ubicación, el teléfono y las fotos de los lugares donde obtener el DNI

```
PREFIX tys: <http://bit.ly/EGO-formalities#>
PREFIX mapy: <http://bit.ly/EGO-mapillary#>
PREFIX infra: <http://bit.ly/EGO-infrastructure#>
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE {
  ?Service tys:ID "Nuevo\DNI" .
  ?Service tys:IsMadeIn ?Place .
  ?Place mapy:key ?Image .
  ?Image infra:CDR-POS-DEL1 ?file .
  ?Image mapy:Photo ?imageurl.
  ?Place infra:Place ter:Posadas .
  ?Place infra:Address ?address .
  ?Place infra:Phone ?phone .
}
```

Resultado de la consulta SPARQL:

```
address: Trincheras de San José 2385
phone: (376) 4-421-285
image: https://images.mapillary.com/
0H1.OUh05y64JJPzvdjSvg/thumb-2048.jpg
```

En la Figura 5.6 se muestran los enlaces de *Nuevo.DNI* y *Posadas* con instancias de conjuntos de datos externos. *Nuevo.DNI* y *Posadas* son particulares de **OVGE** clase DNI y Ciudad, respectivamente.

Definiciones: V es un conjunto de vértices que representan las etiquetas de conjuntos de **Datos Vinculados** con otras instancias usando el predicado *SameAs*, $E \subseteq V \times V$ es un conjunto de predicados *SameAs* (bordes), e I es un conjunto de **URI** de las instancias vinculadas con el predicado *sameAs*.

S, T, O, L, I, G, F y M representan las etiquetas de conjuntos de datos Trámites y Servicios, Territorio, OSM, **LinkedGeoData**, Infraestructura, **GeoNames**, Personal y **Mapillary** respectivamente.

Para el caso de uso se asume $GDNI = (V, E, I)$, donde:

- $V = S, T, O, L, I, G, F, M,$

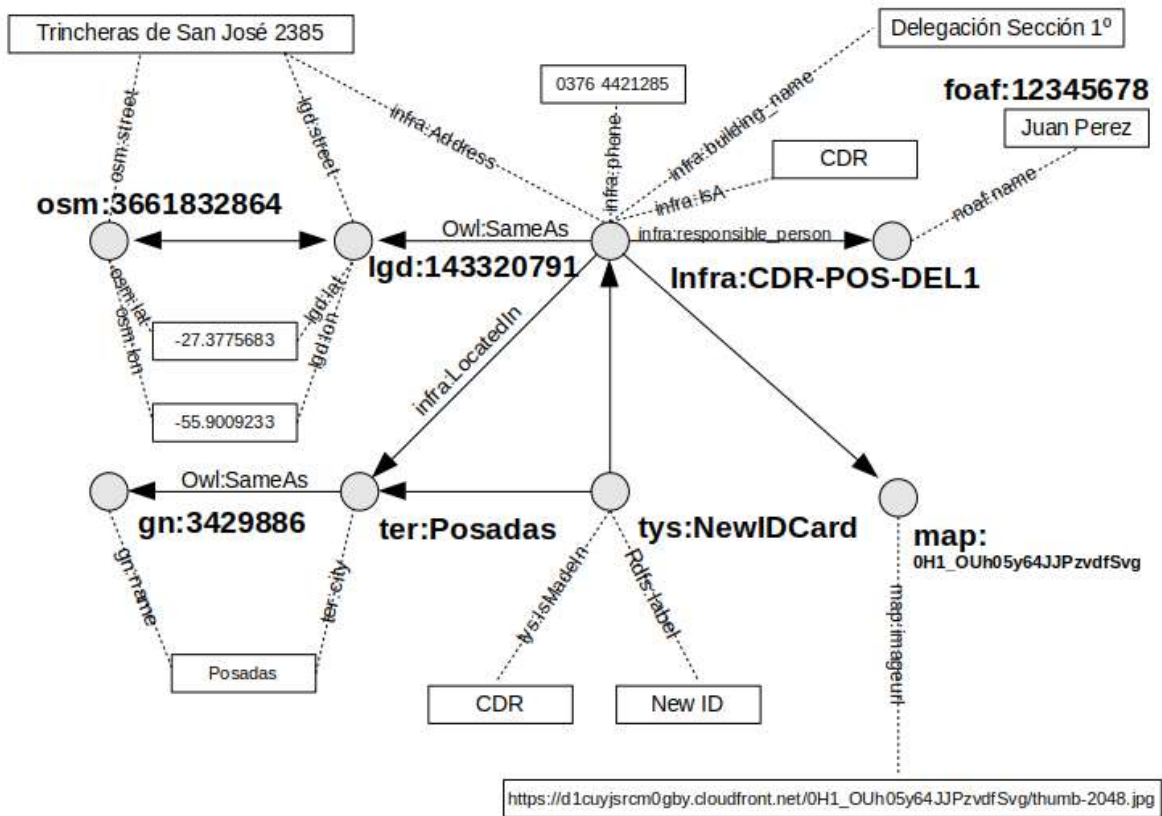


Figura 5.6: Instancias Interconectadas para Nuevo_DNI en Posadas

- $E = (S, T), (S, I), (I, F), (I, L), (L, O), (T, G),$
- $I = \text{tys:Nuevo_DNI}^3, \text{ter:Posadas}^4, \text{osm:3661832864}^5, \text{lgd:303625172}^6, \text{infra:CDR-POS-DEL1}^7, \text{gn:3429886}^8, \text{foaf:12345678}^9, \text{map:0H1_OUh05y64JJPzvdvSvg}^{10}.$

5.3.2. Caso de Uso 2: Matricular a un Niño en una Escuela.

Este servicio tiene como objetivo ayudar a los ciudadanos a matricular a sus hijos en una escuela de nivel inicial. Se utiliza **SPARQL** para consultar el conjunto de datos **OVGE** y obtener la lista de los centros preescolares más cercanos a su domicilio en Posadas en los que se puede matricular a su hijo (matrícula preescolar). También recupera datos relacionados, como quién es el responsable de la asistencia, el horario de atención y la documentación necesaria. El listado 5.3.2 muestra un ejemplo de recuperación de la ubicación, teléfono y foto de los lugares para utilizar este servicio.

³<http://bit.ly/EGO-formalities>

⁴<http://bit.ly/EGO-territory>

⁵<http://www.openstreetmap.org>

⁶<http://linkedgedata.org/data/triplify/>

⁷<http://bit.ly/EGO-infrastructure>

⁸<http://sws.geonames.org/>

⁹<http://bit.ly/EGO-Personnel>

¹⁰<http://bit.ly/EGO-mapillary>

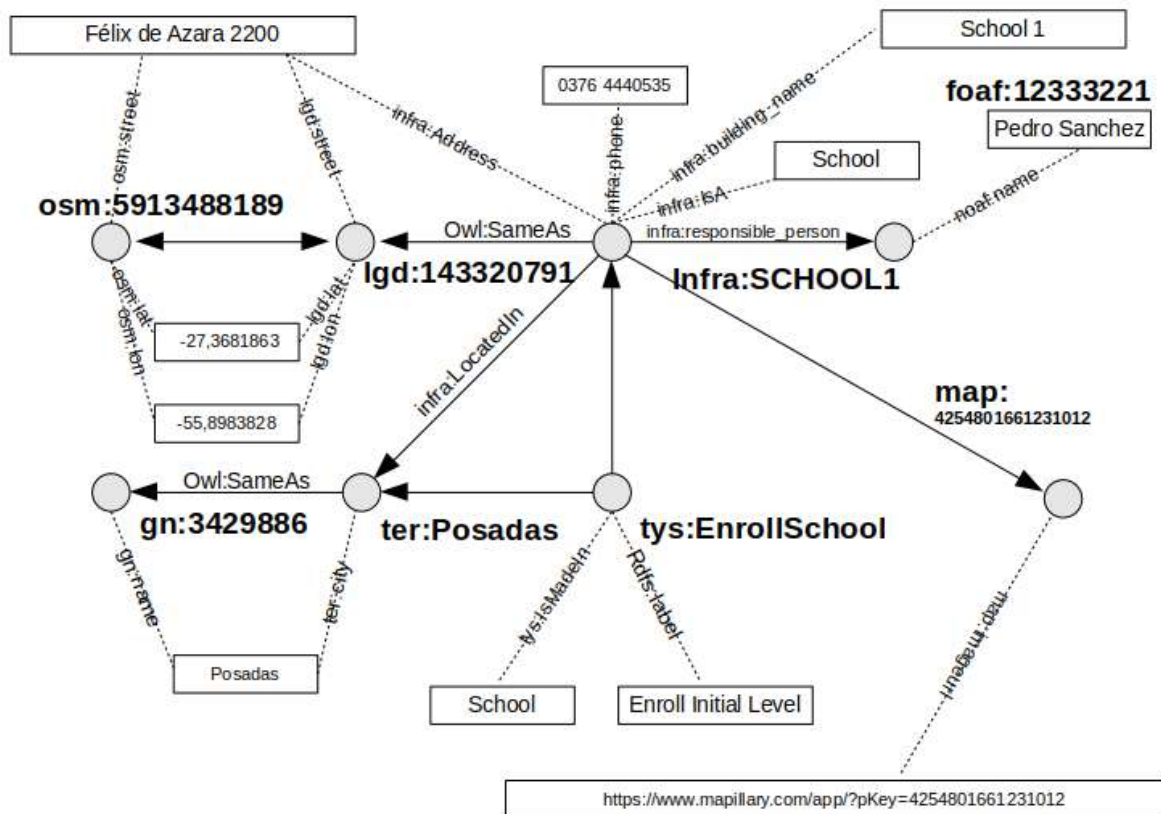


Figura 5.7: Instancias Interconectadas para Matricular a un Niño en una Escuela

Listing 5.2: Ejemplo de consulta SPARQL para recuperar la ubicación, el teléfono y las fotos de los niños matriculados en un colegio

```

PREFIX tys: <http://bit.ly/EGO-formalities#>
PREFIX mapy: <http://bit.ly/EGO-mapillary#>
PREFIX infra: <http://bit.ly/EGO-infrastructure#>
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE {
  ?Service tys:ID "InscripcionEscuelaPrimaria" .
  ?Service tys:IsMadeIn ?Place .
  ?Place mapy:key ?Image .
  ?Image infra:SCHOOL1 ?file .
  ?Image mapy:Photo ?imageurl .
  ?Place infra:Place ter:Posadas .
  ?Place infra:Address ?address .
  ?Place infra:Phone ?phone .
}

```

Resultado de la consulta SPARQL:

address: Félix de Azara 2200

phone: (376) 4440535

image: <https://www.mapillary.com/app/?pKey=4254801661231012>

En la Figura 5.7 se muestran los enlaces de *InscripcionEscuelaPrimaria* y *Posadas* con instancias de conjuntos de datos externos. *InscripcionEscuelaPrimaria* y *Posadas* son individuos de la clase *OVGE*, Escuela y Ciudad, respectivamente.

5.3.3. Caso de Uso 3: Permiso para Transportar Madera

Este servicio pretende ayudar a los empresarios en el trámite de transportar los troncos a un aserradero. Se utiliza **SPARQL** para consultar el conjunto de datos **OVGE** y obtener la ubicación del ministerio de Posadas donde gestionar su permiso de transporte (permiso para transportar madera). También recupera datos relacionados, como quién es el responsable de atenderle, el horario de atención y la documentación necesaria. El listado 3 muestra un ejemplo de recuperación de la ubicación, número de teléfono y foto de los lugares para utilizar este servicio.

Listing 5.3: Ejemplo de consulta SPARQL para recuperar la ubicación, el teléfono y las fotos del permiso de transporte de madera

```
PREFIX tys: <http://bit.ly/EGO-formalities#>
PREFIX mapy: <http://bit.ly/EGO-mapillary#>
PREFIX infra: <http://bit.ly/EGO-infrastructure#>
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE {
  ?Service tys:ID "WoodTransportationPermission" .
  ?Service tys:IsMadeIn ?Place .
  ?Place mapy:key ?Image .
  ?Image infra:MERNR ?file .
  ?Image mapy:Photo ?imageurl .
  ?Place infra:Place ter:Posadas .
  ?Place infra:Address ?address .
  ?Place infra:Phone ?phone .
}
```

Resultado de la consulta SPARQL:

```
address: San Lorenzo 1538
phone: (376) 4447590
image: https://www.mapillary.com/app/?pKey=374766063871014
```

En la Figura 5.8 se muestran los enlaces de *PermisoTransporteDeMadera* y *Posadas* con instancias de conjuntos de datos externos. *PermisoTransporteDeMadera* y *Posadas* son individuos de la clase **OVGE** Permisos y Ciudad, respectivamente.

5.3.4. Caso de Uso 4: Hacer una Denuncia en la Policía

Este servicio pretende ayudar al ciudadano a exponer un delito a la policía. Se utiliza **SPARQL** para consultar el conjunto de datos **OVGE** y obtener la localización de la comisaría en Posadas donde puede exponer su denuncia y los datos relacionados como quién es la persona responsable de atenderle, horario de atención, y documentación necesaria, entre otros. El listado 5.3.4 muestra un ejemplo de recuperación de la ubicación, número de teléfono y foto de los lugares para utilizar este servicio.

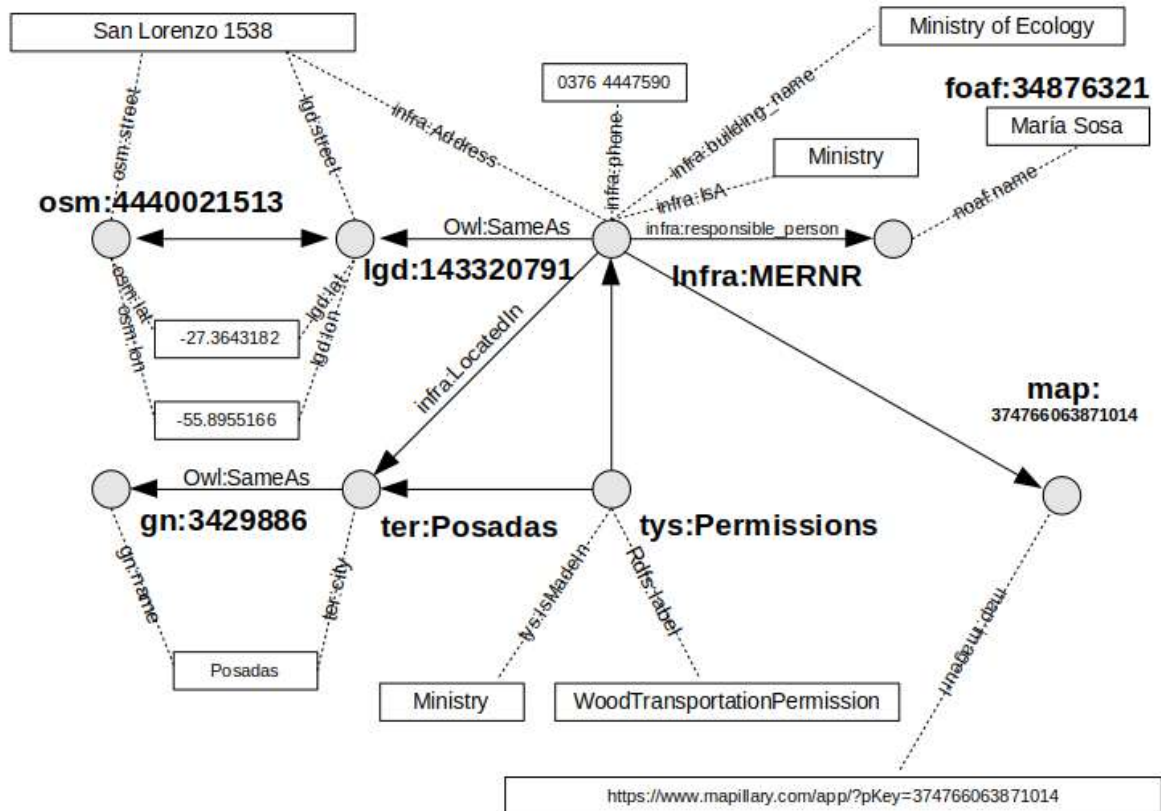


Figura 5.8: Instancias Interconectadas para Obtener un Permiso de Transporte de Madera

Listing 5.4: Ejemplo de consulta SPARQL para recuperar la ubicación, el teléfono y las fotos de las comisarías de policía

```

PREFIX tys: <http://bit.ly/EGO-formalities#>
PREFIX mapy: <http://bit.ly/EGO-mapillary#>
PREFIX infra: <http://bit.ly/EGO-infrastructure#>
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE {
  ?Service tys:ID "CrimeReport" .
  ?Service tys:IsMadeIn ?Place .
  ?Place mapy:key ?Image .
  ?Image infra:POLICE-HEAD ?file .
  ?Image mapy:Photo ?imageurl .
  ?Place infra:Place ter:Posadas .
  ?Place infra:Address ?address .
  ?Place infra:Phone ?phone .
}

```

Resultado de la consulta SPARQL:

address: *Félix de Azara 2417*

phone: *911*

image: <https://images.mapillary.com/eUcANaqFy9bJAOagjQdW2A/thumb-2048.jpg>

En la Figura 5.9 se muestran los enlaces de *InformeDelito* y *Posadas* con instancias de conjuntos de datos externos. *InformeDelito* y *Posadas* son individuos de la clase *OVGE* Informes y Ciudad, respectivamente.

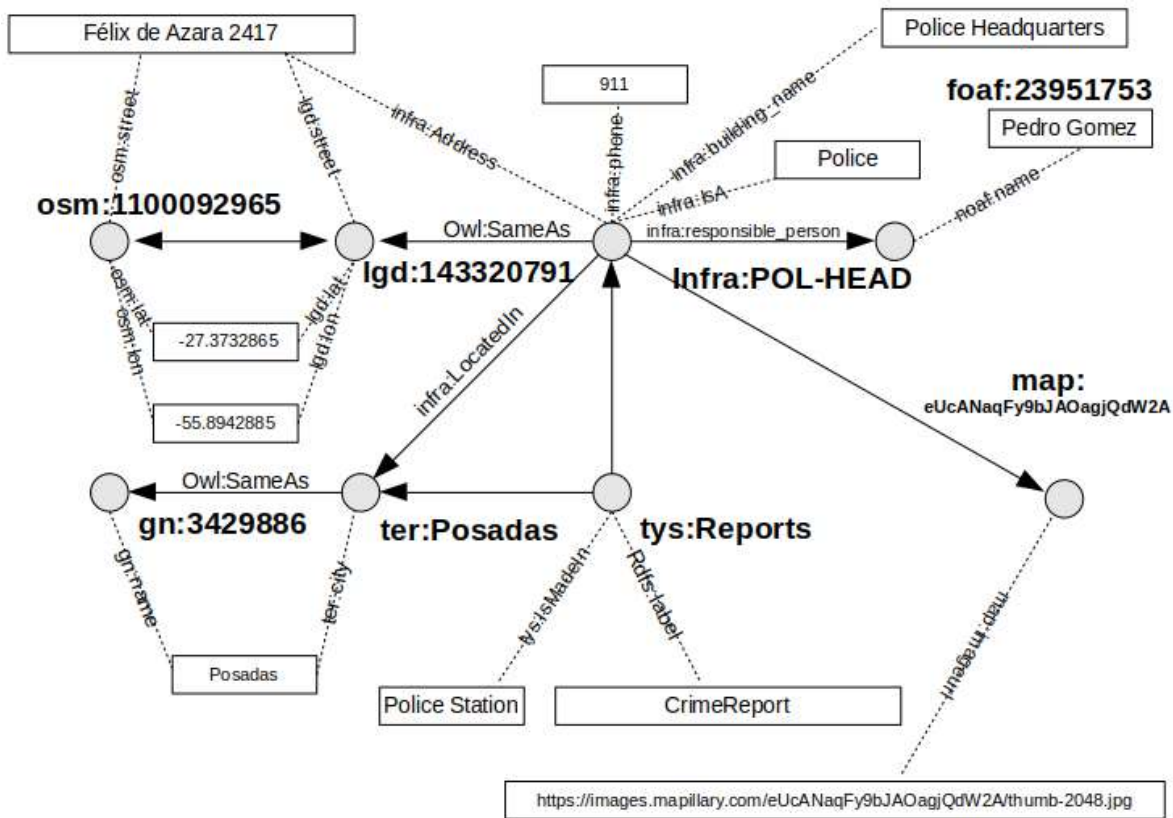


Figura 5.9: Instancias Interconectadas para Denunciar un Delito

5.4. Ejemplo de Uso de los Datos

Tomando el enfoque de los **Datos Vinculados**, es posible desarrollar una interfaz de usuario para proporcionar a los usuarios esta información (Figura 5.10). En esta sección, se ilustra *Caso de Uso 1: Obtención de un Documento de Identidad* como se muestra en los siguientes pasos:

Paso 1: Los usuarios con un cliente ligero preguntan por una oficina de gobierno utilizando la clave 'DNI'. El usuario proporciona su ubicación, o la App la obtiene por la geoposición:



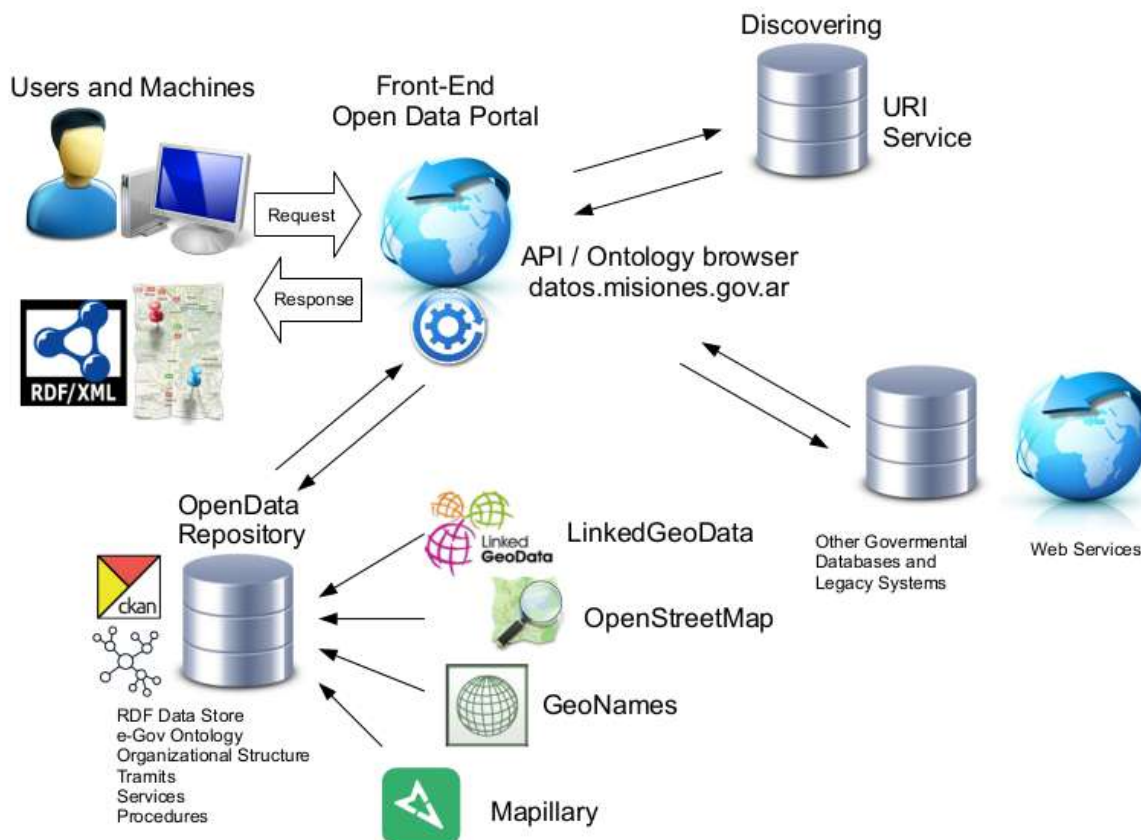


Figura 5.10: Arquitectura para el Escenario de Uso del Modelo

Paso 2: El Asistente del Ciudadano recibe la solicitud del usuario e interroga a la OGE mediante una consulta SPARQL en busca de trabajos relacionados con la clave proporcionada (ontología de servicios).

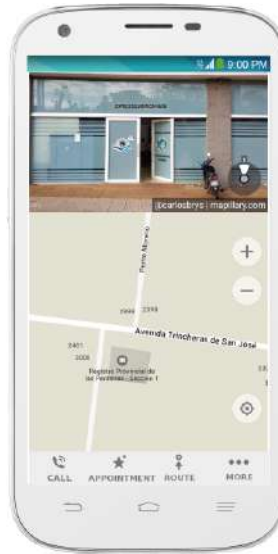
Paso 3: El sistema muestra una lista de trámites disponibles y dónde se pueden realizar.



Paso 4: El usuario elige una opción, por ejemplo, seleccionar la oficina más cercana.

Paso 5: El sistema orquesta una consulta e indaga en las ontologías de segundo nivel y en las ontologías vinculadas: *territorio* para las ubicaciones, *infraestructura* para los datos detallados de las oficinas, (*FOAF*) para la persona responsable, *osm* para la información cartográfica, *mapillary* para una imagen de la oficina, como se describe en la Figura 5.6.

Paso 6: El sistema muestra al usuario dónde puede realizar los trámites y le ofrece la posibilidad de concertar una cita.



Escenario de Soporte a la Toma de Decisiones

La clave para tomar decisiones sabias es tener acceso a la información correcta en el momento adecuado.

— Peter Drucker

Índice

6.1	Introducción	78
6.2	Contexto	78
6.3	Literatura de Base	80
6.3.1	Predicción y Toma de Decisiones	80
6.3.2	Soluciones Basadas en el Conocimiento	81
6.4	Ontología de Incendios Forestales	83
6.4.1	Gestión del Riesgo con Soporte Ontológico	84
6.5	Caso de Uso de la Ontología de Incendios Forestales y los Datos Abiertos Geoespaciales	88
6.5.1	Clasificación Semántica del Peligro de un Incendio	88
6.5.2	Predicción del Desplazamiento del Fuego	90

6.1. Introducción

En este capítulo se presenta la extensión de la “Ontología Vinculada de Gobierno Electrónico” (OVGE) incorporando una “Ontología de Incendios Forestales” (OIF), lo que marcó un hito significativo en la gestión de emergencias y el combate de incendios forestales en la provincia de Misiones. Esta ampliación de la ontología brinda una plataforma unificada para la recopilación, el análisis y la distribución de datos críticos relacionados con incendios forestales, permitiendo a los distintos actores involucrados en la respuesta a emergencias contar con una **taxonomía** y un lenguaje común. Esto mejora sustancialmente la toma de decisiones al eliminar las barreras de comunicación que a menudo obstaculizan la coordinación entre diferentes organismos y equipos de combate de incendios.

Uno de los aspectos más destacados de esta ontología y su aplicación práctica es el uso de Datos Abiertos Geoespaciales para predecir el comportamiento del fuego. La combinación de estos datos detallados, como la topografía, la vegetación, las condiciones meteorológicas y la propagación histórica de incendios, permite a las brigadas de combate de incendios anticipar con mayor precisión la evolución de un incendio forestal. Esta capacidad predictiva mejorada conduce a una respuesta más eficiente y oportuna, ayudando a salvaguardar vidas, propiedades y recursos naturales. La incorporación de una ontología específica de incendios forestales y el uso de datos geoespaciales fortalecieron enormemente la capacidad de respuesta ante incendios, al proporcionar un marco de trabajo común y herramientas avanzadas para la gestión de emergencias.

6.2. Contexto

Hasta tiempos recientes, el fuego se consideraba una fuerza destructiva que debía excluirse de los bosques y la forestación. Hoy en día, el uso de la quema prescrita se reconoce como un método beneficioso, ya que reduce el volumen de los combustibles de biomasa para disminuir el impacto que podría resultar si se produce un incendio forestal (Martell 2011).

El uso del fuego en las zonas rurales para preparación del suelo para los cultivos es una práctica habitual arraigada. Siempre que la quema se realice en condiciones controladas, se reconocen los beneficios de su uso. Sin embargo, el uso irresponsable del fuego sin las medidas de seguridad adecuadas puede provocar daños de gran magnitud. Este uso irresponsable del fuego puede dar lugar a incendios forestales que causarán importantes perjuicios a los ecosistemas forestales con los consiguientes impactos sociales, económicos y ecológicos, amenazando significativamente la seguridad de la población, y las infraestructuras. Cuando un foco de incendio adquiere dimensiones que superan las medidas de contención, los organismos responsables de mitigar el impacto y combatir el fuego deben coordinar las tareas del ataque de extinción, desplegar los cuerpos de bomberos, la policía, y planificar los vuelos de los aviones y helicópteros hidrantes.

En las épocas de escasez de precipitaciones, es habitual que los satélites de observación y control de incendios detecten varios focos de calor simultáneamente en zonas forestales. Ante esta situación, es esencial determinar si el foco de calor observado podría convertirse en un incendio forestal importante y quedar fuera de control. Los organismos responsables deben disponer de información casi en tiempo real

para clasificar y dimensionar el potencial y dirigir la atención a los sucesos de mayor riesgo. Este trabajo pretende aportar información para la toma de decisiones estratégicas.

El área de experimentación se limita a proteger una parte de la última reserva remanente de los “bosques atlánticos del Alto Paraná” en la provincia de Misiones en la República Argentina, denominada “Ecorregión de la Selva Misionera”. La provincia de Misiones alberga actualmente el 50 % del total del bosque de pino paranaense (*Araucaria angustifolia*) que queda en Argentina. La biodiversidad de esta zona tiene un altísimo valor socioeconómico y cultural por estar habitada por varias comunidades aborígenes de la etnia “Nación Mbya Guaraní”. Para proteger estos bienes, el gobierno de la provincia de Misiones creó el Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables y el Ministerio de Cambio Climático. Hacia fines de 2019, los modelos climáticos desarrollados por los organismos gubernamentales pronosticaron una sequía extrema en la región de la cuenca del río Paraná/Río de la Plata, como se muestra en la Figura 6.1. El proceso comenzó a principios de 2020 y continuó hasta los primeros meses de 2022. Este fenómeno se denominó más tarde como el “Episodio del Triple Fenómeno de La Niña”.

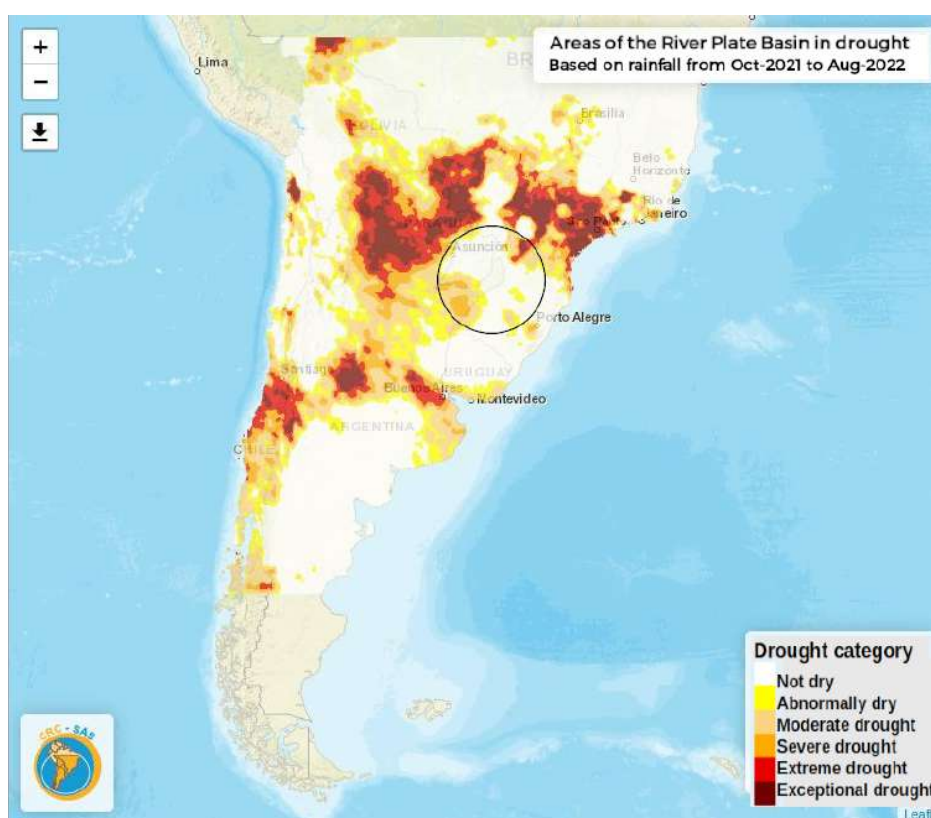


Figura 6.1: Sequía en la Cuenca del Paraná/La Plata. 09-2021/08-2022
Fuente: Centro Regional del Clima para América del Sur (CRC-SAS).

El objetivo es proporcionar a las agencias gubernamentales e instituciones implicadas en la gestión de incendios una herramienta de soporte una sala de crisis virtual, donde puedan tomar las mejores decisiones estratégicas para el abordaje temprano y la extinción de incendios apoyado en una ontología que proporciona un conocimiento global de los escenarios a partir de la terminología propia de cada actor.

La gestión de las emergencias provocadas por los incendios forestales implica la coordinación de equipos multidisciplinarios que se rigen por diferentes procedimientos para hacer frente al ataque del fuego. Esta coordinación genera una situación de gran complejidad con diferentes metodologías de trabajo y vocabularios específicos. Cada organización implicada tiene sus conocimientos sobre cómo gestionar sus recursos y las acciones a realizar. Por ello, se desarrolló una ontología que representa tanto la descripción de

los incidentes, los recursos para la lucha contra el fuego, la interrelación de los actores y sus conocimientos para una actuación eficaz. Mediante la ontología se pueden descubrir relaciones entre datos que no serían evidentes con las técnicas de consulta convencionales. Se pretende mejorar el descubrimiento de información valiosa para determinar las prioridades en las estrategias de mitigación y prevención de incendios forestales. Con una **taxonomía** integrada en la semántica de la ontología, se reduce el tiempo de comprensión de los distintos escenarios y se eliminan los errores de interpretación de los distintos conceptos.

Tras los incendios forestales ocurridos en la provincia de Córdoba (Argentina) en julio de 2020 que afectaron a más de 190.000 hectáreas, la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial y Plan Provincial de Manejo del Fuego (dependiente del Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables) y la Dirección de Modernización de la Gestión y Gobierno Electrónico (dependiente de la Subsecretaría de Coordinación del Ministerio de Coordinación de Gabinete) desarrollaron un sistema de información que sirve de apoyo para la toma de decisiones ante posibles focos de incendios forestales en la provincia de Misiones como se muestra en la Figura 6.2.

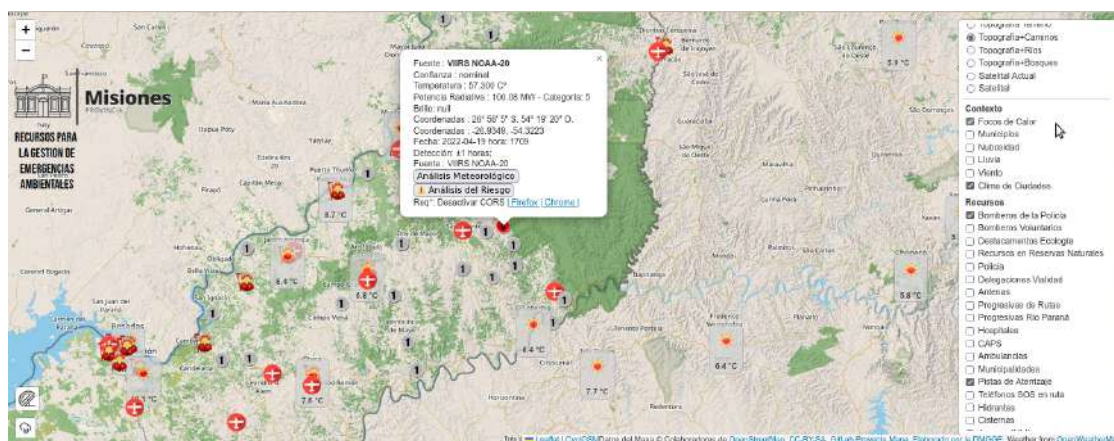


Figura 6.2: Mapa Interactivo de Recursos para la Gestión de Emergencias Ambientales

La herramienta se basa en cuatro dimensiones: mapas base para visualizar la geografía, capas de contexto que complementan y enriquecen la información de los mapas base, capas de recursos disponibles para mitigar o enfrentar la emergencia, y capas de elementos críticos que podrían afectar la magnitud del riesgo.

El proyecto del mapa y los recursos se publican abiertamente en el repositorio GitLab de la Dirección de Modernización de la Gestión y Gobierno Electrónico de Misiones¹.

6.3. Literatura de Base

6.3.1. Predicción y Toma de Decisiones

(Martell 2011) propone un sistema de gestión de incendios forestales y plantea los problemas de toma de decisiones a los que se enfrentan los gestores de incendios. Aplica la investigación operativa a los problemas de toma de decisiones relacionados con la prevención de incendios forestales, la detección, el despliegue y el envío de ataques iniciales, la gestión de grandes incendios y la planificación estratégica y la gestión del combustible.

¹Repositorio GitLab: <https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/mapa-emergencia>

(Keramitsoglou et al. 2004) desarrollaron un sistema multidisciplinar que proporciona información racional y cuantitativa basada en las características específicas del lugar y las posibles consecuencias de los incendios para apoyar a los responsables de la toma de decisiones durante los incidentes de incendios forestales a gran escala. Utiliza el seguimiento por satélite en tiempo casi real y la previsión utilizando un marco integrado de tecnologías de teledetección por satélite, SIG y bases de datos relacionales. El sistema se basa en un método difuso/neural para estimar la propagación del fuego y en un modelo de propagación para estimar las consecuencias del incendio en función de factores influyentes como la topografía del terreno, el tipo y la densidad de la vegetación y las condiciones meteorológicas.

(Kostas Kalabokidis et al. 2011) presentan OntoFire, un geoportal sobre incendios forestales basado en ontologías. A diferencia de los geoportales convencionales, que se basan en la introducción de palabras clave para buscar datos de interés, OntoFire aprovecha las relaciones semánticas y espaciales entre los recursos proporcionando mecanismos de navegación basados en ontologías y en el espacio. OntoFire es el primer geoportal especializado en incendios forestales que utiliza la ontología correspondiente para enriquecer los datos semántica y significativamente. Aprovechando los mecanismos de navegación semántica y espacial, los usuarios pueden utilizar la interfaz de navegación de OntoFire para encontrar recursos de interés.

(Apostolakis et al. 2021) proponen un prototipo de base de datos de características para comprender el régimen de incendios y predecir las clases “incendio”/“no incendio” y alimentar un modelo de aprendizaje automático que implementa un algoritmo RF, para distinguir entre las dos categorías. Para crear la base de datos, utilizaron diferentes fuentes como FIRMS de la NASA, el Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS/JRC), el sistema operativo FireHub del Centro de Investigación para la Observación de la Tierra y Teledetección por Satélite BEYOND del NOA, que ofrece el servicio de cartografía diacrónica de cicatrices de quemaduras que proporciona polígonos de áreas quemadas a alta resolución espacial, datos meteorológicos derivados de ERA5-Land, el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NVDI) del conjunto de datos MODIS del POT, y un modelo topográfico y de elevación digital derivado de Copernicus EU-DEM.

6.3.2. Soluciones Basadas en el Conocimiento

(Jafrin 2015) nos dice que las aplicaciones semánticas son muy relevantes, ya que proporcionan conocimiento de la situación a los usuarios finales. Su incorporación a las redes inalámbricas de sensores (WSN) virtualizadas puede desempeñar un papel crucial a la hora de proporcionar información contextual para el conocimiento de la situación, el aumento de la usabilidad y la interoperabilidad.

(Santos et al. 2011) afirman que la gestión de emergencias o catástrofes requiere modelos complejos que integren los eventos adversos con representaciones del conocimiento sobre los recursos y las acciones más adecuadas para gestionar la situación en desarrollo. En las ontologías diseñadas explícitamente para el tipo de evaluación de riesgos ambientales, las consecuencias de un evento adverso se convierten en el compromiso central de representación. En su trabajo, describen un enfoque basado en los efectos para crear tipologías de sucesos adversos y cómo pueden relacionarse con los recursos. Los vínculos entre los sucesos y estas categorías constituyen un valioso conocimiento experto para el conocimiento de la situación en la fase de respuesta temprana. La gestión de emergencias implica la coordinación de organismos en una situación compleja que afecta a diversas zonas e infraestructuras. Esta coordinación requiere modelos complejos que representen un conocimiento detallado de los sucesos adversos, su impacto potencial y los medios y recursos más adecuados para la respuesta. Los modelos existentes para la gestión de emergencias

no abordan adecuadamente una tipología detallada de incidentes que abarque sus relaciones y la forma de gestionarlos.

(Kyzirakos et al. 2014) presentan un servicio de vigilancia de incendios forestales desarrollado en el proyecto europeo TELEIOS y el proyecto griego SWeFS, destacando las aportaciones de las ontologías y los datos geoespaciales enlazados. El servicio utiliza diferentes fuentes de información sobre la variación de las propiedades y el control del fuego. El núcleo del conjunto de datos contiene elementos relacionados con los incendios inferidos a partir de imágenes de satélite propiedad de NOAA, enriquecidos con datos publicados por la Agencia Europea de Medio Ambiente y el gobierno griego, y con datos publicados en LODC.

Se utilizaron datos de fuentes abiertas que se obtuvieron por medio de consultas con APIs bajo demanda, lo que permite obtener un escenario en tiempo real.

En la Tabla 6.1 se comparan las propuestas de los autores estudiados con las técnicas, recursos y soluciones innovadoras que se proponen en esta tesis.

Tabla 6.1: Comparación de la Literatura de Base

Martell 2011	Sistema de gestión de incendios forestales	Análisis individual de focos de calor en tiempo real basado en la web.
Keramitsoglou et al. 2004	Seguimiento por satélite, SIG y bases de datos relacionales. El sistema se basa en un método difuso/neural	Focos de calor comunicados por FIRMS-NASA. Lógica difusa para clasificar el riesgo. Un modelo multivariante que incluye la meteorología para predecir la propagación.
K. Kalabokidis et al. 2011	OntoFire, un geoportal sobre incendios forestales basado en ontologías. Sistema de apoyo a la toma de decisiones y uso del AHP, datos SIG	Uso de una ontología específica para incendios forestales.
Apostolakis et al. 2021	Prototipo de base de datos de características, un modelo de aprendizaje automático que implementa un algoritmo RF	Clasificación semántica de riesgos mediante lógica difusa.
Jafrin 2015	Redes de sensores inalámbricos (WSN)	Datos de focos de calor abiertos de FIRMS-NASA. Clasificación semántica de riesgos mediante lógica difusa.
Santos et al. 2011	Ontologías diseñadas explícitamente que requieren modelos complejos que representen conocimiento detallado	Diseño de una ontología específica para incendios forestales que relacione la completitud de acciones y actores.
Kyzirakos et al. 2014	Servicio de vigilancia de incendios forestales con ontologías y datos geoespaciales enlazados e imágenes de satélite enriquecidas con datos publicados por el gobierno y LODC.	Datos de fuentes abiertas en formatos abiertos.

6.4. Ontología de Incendios Forestales

La gestión de las emergencias provocadas por los incendios forestales implica la coordinación de equipos multidisciplinares que se rigen por diferentes procedimientos para hacer frente al ataque del fuego. Esta coordinación genera una situación de gran complejidad con diferentes metodologías de trabajo y vocabularios específicos.

Cada organización implicada tiene sus conocimientos sobre cómo gestionar sus recursos y las acciones a llevar a cabo. Sin embargo, esta información no se comparte con los demás actores implicados. Sin embargo, éstos deben interactuar entre sí, lo que dificulta una intervención eficaz en caso de incendio.

Resolver este problema requiere que las agencias administrativas cooperen y utilicen representaciones estandarizadas y normalizadas para su información y servicios. El uso de tecnologías semánticas y ontologías de pensamiento apoyará estos procesos de integración.

Así, la representación de la gestión de incendios como una ontología no sólo proporcionará una forma de gestionar información específica, sino que también permitirá a las máquinas realizar razonamientos automatizados, búsquedas semánticas y conceptuales y proporcionará sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

La ventaja de expresar la gestión de incendios como una ontología es que puede construir un modelo de información que permita una exploración de datos significativa en relación con la semántica explícita declarada en la ontología. La ontología contendrá elementos que representen las asociaciones entre los objetos y las propiedades de los elementos. Describirá formalmente la semántica de las clases y propiedades utilizadas en las relaciones de dependencia, incluidas las relaciones temporales y espaciales. La definición de una ontología formal permitirá el uso de razonamientos automatizados, búsquedas semánticas y conceptuales y sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

Las ontologías más avanzadas que abordan el problema de los incendios están orientadas a evaluar los efectos y las consecuencias. Sin embargo, no reescriben adecuadamente las relaciones entre los actores. En este capítulo se propone una ontología que representa tanto la descripción de los incidentes y los recursos para luchar contra el fuego como la interrelación de los actores y sus conocimientos para una actuación eficaz.

Utilizando una ontología, se pueden descubrir relaciones entre datos que no serían evidentes con las técnicas de consulta convencionales. Se pretende mejorar el descubrimiento de información valiosa para determinar las prioridades en las estrategias de mitigación y prevención de incendios forestales.

Aprovechando las relaciones semánticas y espaciales entre recursos en el campo de los incendios forestales, la ontología enriquece semánticamente los datos de forma significativa. En (Brys, Navas-Delgado, J. Aldana-Montes y Roldán-García 2023) se presentó la Ontología para el Gobierno Electrónico (OGE), integrando otras ontologías existentes, incorporando nuevas características para describir servicios de gobierno electrónico, y ampliando los escenarios de uso. Así, en un paso más para asegurar la interoperabilidad de este trabajo previo con la solución propuesta en este capítulo, se desarrolló la Ontología de Incendios Forestales (OIF). Para construir la OIF, hemos utilizado la metodología *Methontology* (Fernández-López et al. 1997), creada en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Madrid. El motivo de esta elección es el excelente soporte con herramientas software, independencia de una plataforma, y

recomendada por FIPA² para el desarrollo de ontologías. Se ha probado en varios proyectos a gran escala y se ha aplicado con éxito en el desarrollo de ontologías para la gestión del conocimiento. Esta metodología comenzó con la conceptualización que produjo la primera versión de OIF, que incluía varias tareas:

- Tarea 1: Construir un glosario de términos.
- Tarea 2: Construir taxonomías de conceptos. Estos conceptos no se organizaron en una jerarquía, ya que se relacionaban mediante propiedades.
- Tarea 3: Construir diagramas de relaciones binarias ad-hoc.
- Tarea 4: Construir un diccionario de conceptos. Los principales términos se tradujeron como clases ontológicas utilizando el editor ontológico Protégè como se muestra en la Figura 6.3.
- Tarea 5: Describir relaciones binarias ad-hoc. Las relaciones definidas en la Tarea 3 también se tradujeron con Protégè.
- Tarea 6: Describir atributos de instancia.
- Tarea 7: Describir atributos de clase. Los atributos de instancia descritos en la Tarea 6 se vincularon con las clases correspondientes (dominio de estas propiedades de datos).
- Tarea 8: Describir axiomas formales.
- Tarea 9: Describir instancias. Se define el conjunto inicial de instancias para los casos de uso de OIF.

En la Figura 6.3, se muestra la construcción de la ontología de gestión de incendios, que representa la integración de los conceptos de todos los agentes implicados en el proceso de mitigación de incendios. La relación entre los conceptos de la ontología se muestra en la Figura 6.4.

La Ontología de Incendios Forestales (OIF) es una ontología ligera, que se incorporó a la “Ontología Vinculada de Gobierno Electrónico” (OVGE) (Brys, Navas-Delgado, J. Aldana-Montes y Roldán-García 2023). La OIF mejora la OVGE al representar incidentes y recursos de extinción de incendios y la interrelación de actores y sus conocimientos para una actuación eficaz en la gestión de incendios forestales. Al utilizar la ontología OVGE, se puede descubrir mejor la información valiosa y representar los aspectos únicos de la gestión de los incendios forestales. Esto proporciona a las autoridades una valiosa herramienta para tomar decisiones informadas y prevenir los efectos nocivos de los incendios forestales. Además, la OIF enriquece significativamente los datos al aprovechar las relaciones semánticas y espaciales entre los recursos en el ámbito de los incendios forestales.

La limitación del análisis experimental es que para obtener valores empíricos se necesita un evento altamente destructivo y no repetible, lo que dificulta la recreación del experimento en condiciones similares. Por otro lado, el uso de la taxonomía y ontología de incendios conduce a que la comunicación interinstitucional mejore la respuesta a la rápida extinción de los focos de incendio, limitando su impacto

El proyecto y los recursos de la Ontología de Incendios Forestales (WildFire Ontology - OIF) se publican abiertamente en el repositorio GitLab de la Dirección de Modernización de la Gestión y Gobierno Electrónico de Misiones <https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/ontologia>. Específicamente, la OIF se publica en <https://bit.ly/WFOnto>.

6.4.1. Gestión del Riesgo con Soporte Ontológico

Para hacer frente a posibles futuros incendios en la región de la Provincia de Misiones, se trabajó en el desarrollo de modelos de identificación y clasificación de riesgos basados en la información provis-

²FIPA: Fundación para Agentes Físicos Inteligentes

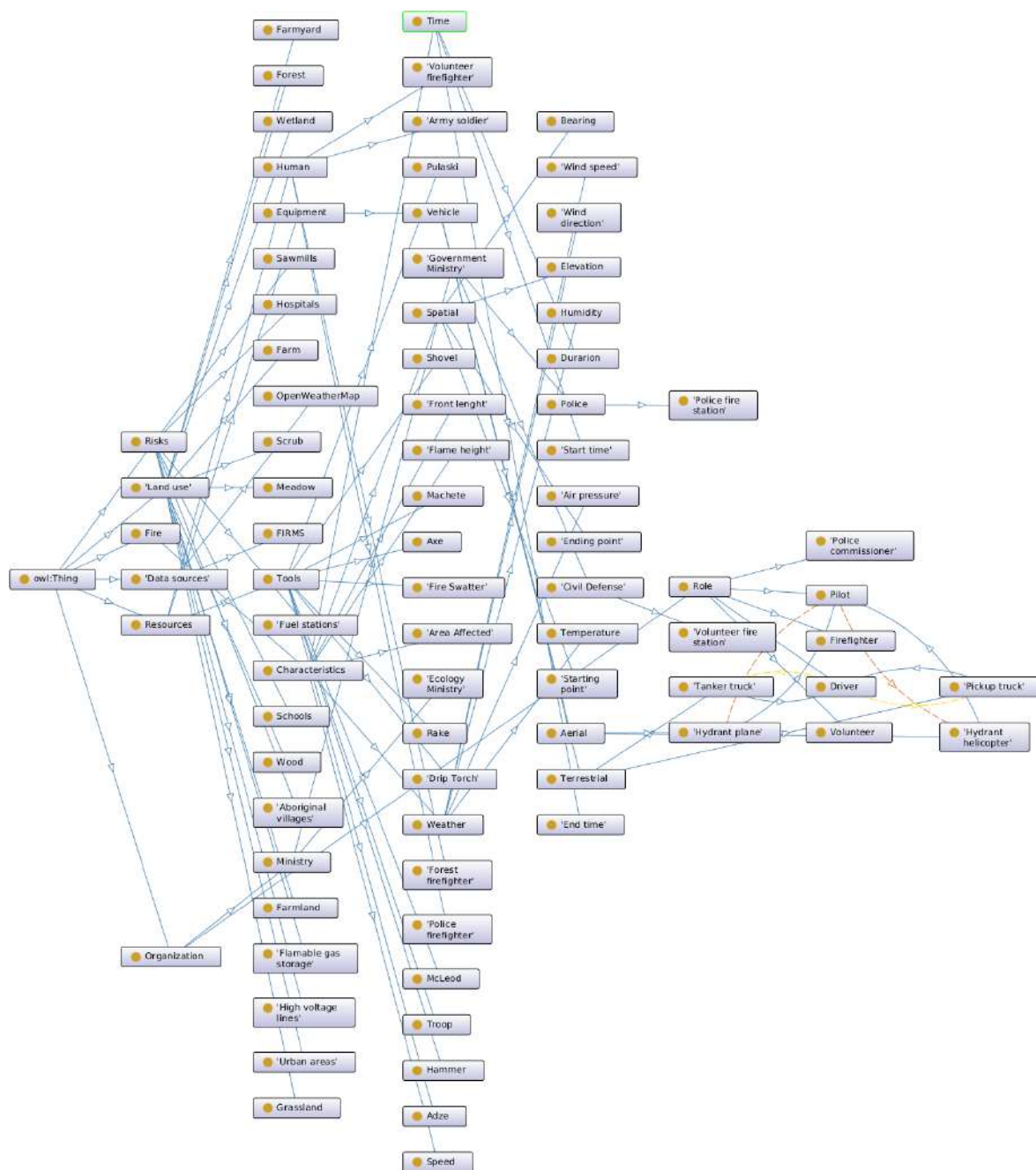


Figura 6.3: Ontología de Incendios Forestales

Esta imagen se puede ver en alta resolución en

<https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/img/Ontology.png>

ta por NASA-FIRMS³. Esta información se combina con datos de fuentes abiertas como OpenStreetMap⁴, Open Topo Data⁵ y OpenWeatherMap⁶. Nuestro objetivo es proporcionar a las agencias gubernamentales e instituciones implicadas en la gestión de incendios una herramienta que cumpla las funciones de una sala de crisis virtual, donde puedan tomar las mejores decisiones estratégicas para el abordaje temprano y la extinción de incendios como se muestra en la Figura 6.5.

³Fire Information for Resource Management System (FIRMS): <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

⁴OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/>

⁵Open Topo Data: <https://www.opentopodata.org/>

⁶OpenWeatherMap: <https://openweathermap.org/>

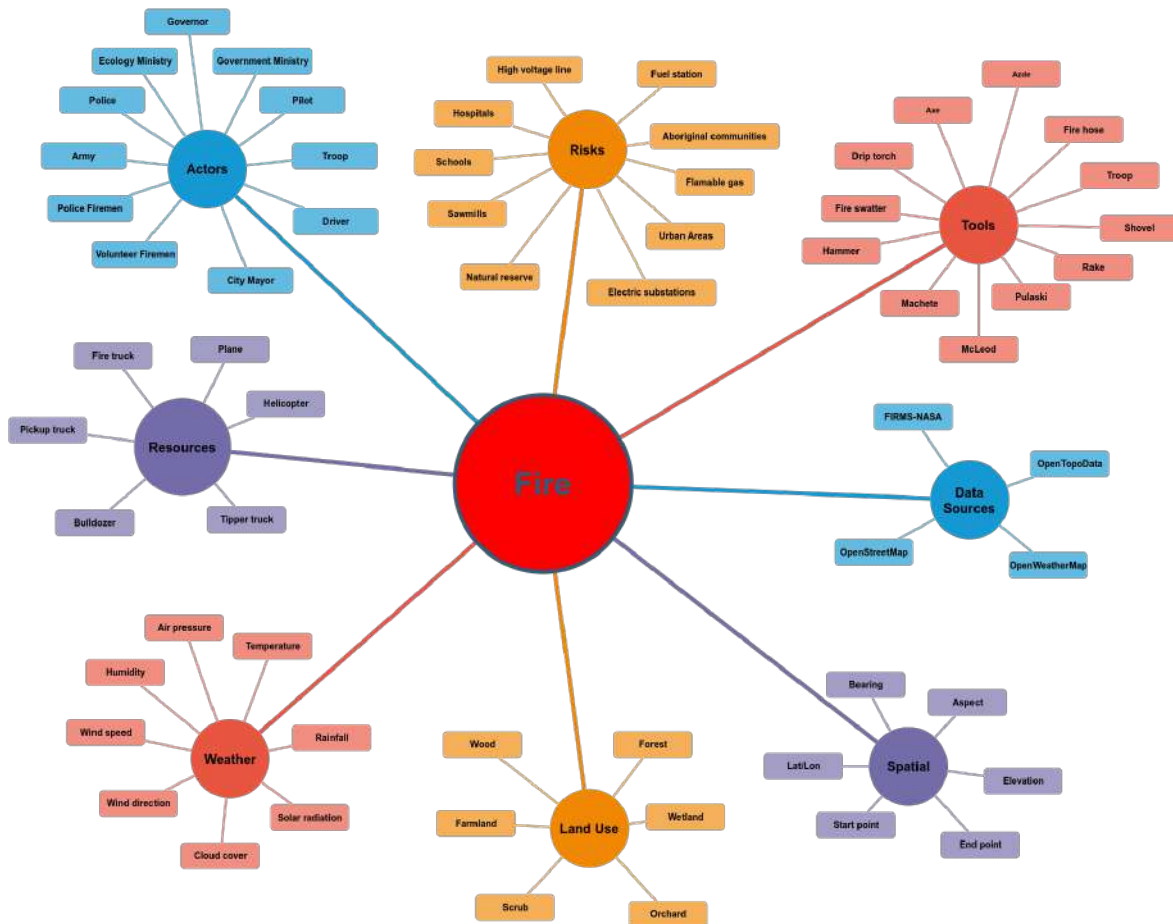


Figura 6.4: Conceptos Relacionados con la Ontología
 Esta imagen puede verse en alta resolución en
<https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/img/ontology-concepts.png>

El modelo de clasificación de riesgos incorpora un modelo de comportamiento del fuego basado en información climática y condiciones de uso del suelo, apoyado en una ontología que proporciona un conocimiento global de los escenarios a partir de la terminología propia de cada actor.

La aportación de este trabajo es un novedoso modelo expresado en un mapa interactivo con actualizaciones periódicas que cumple las funciones de una sala de crisis virtual, donde se pueden consultar en tiempo real las características de los focos detectados. La predicción del comportamiento futuro del fuego y su potencial de destrucción se basa en la combinación de la meteorología, la topografía, el uso del suelo y la proximidad a elementos críticos como se muestra en la Figura 6.2.

En el contexto de la gestión del riesgo se hicieron un conjunto de preguntas de investigación que pueden abordarse en este ámbito:

- ¿De qué forma el uso de la OIF podría aportar a un método unificado para la evaluación del riesgo de incendios forestales? ¿Qué elementos se podrían utilizar para medir el riesgo de una zona de estudio determinada?
- ¿Cómo se pueden utilizar los Datos Geoespaciales Abiertos en este problema?
- ¿Cómo se puede evaluar el riesgo de un incendio basándose en los elementos seleccionados?
- ¿Se puede predecir el comportamiento del fuego una vez detectado el incendio?
- ¿Qué métodos de vanguardia se pueden utilizar para predecir el comportamiento del fuego en determinadas circunstancias?

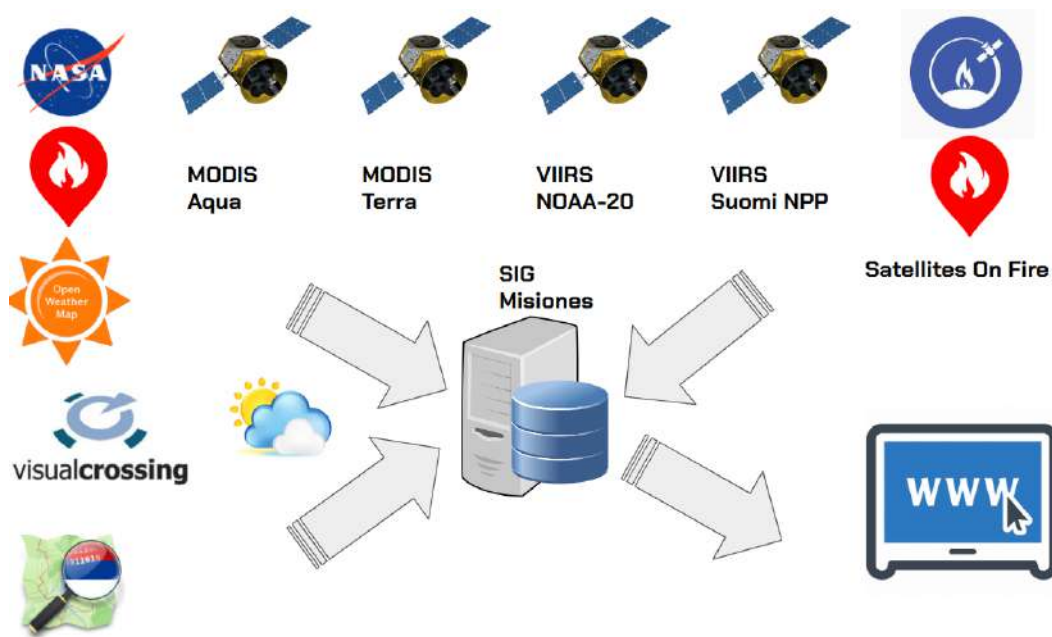


Figura 6.5: Fuentes de Información del Mapa Interactivo de Gestión de Riesgos Ambientales

- ¿Cómo se podrían producir los resultados para integrarlos fácilmente con otras soluciones de toma de decisiones?

Estas preguntas de investigación llevaron a conducir la investigación en tres bloques principales:

- Clasificación del nivel de riesgo potencial en función de diversos elementos del entorno y variables de contexto.
- Predicción bajo demanda del comportamiento en las próximas 6 horas del fuego a partir de la selección online de un foco de calor en un mapa interactivo.
- Diseño de una ontología de dominio que permita compartir e integrar los resultados.

En la metodología propuesta, se utilizaron diferentes capas de Datos Geoespaciales Abiertos para evaluar el riesgo potencial de un incendio forestal y predecir su comportamiento. Estos datos son generados desde diferentes áreas gubernamentales y desarrollados de forma interdisciplinar para asegurar la calidad de la información proporcionada. Entre las capas de datos utilizadas se encuentran:

- Fuentes de calor descargadas de NASA-FIRMS cada 4 horas.
- Límites municipales proporcionados por la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial.
- Datos históricos de variables meteorológicas para cada localidad, obtenidos de con la API de Visual Crossing ⁷.
- Datos meteorológicos de la ciudad proporcionado por OpenWeatherMap.
- Los recursos de atención a la emergencia, como bomberos, comisarías, hospitales y ambulancias, se obtuvieron consultando Overpass turbo, la API de OpenStreetMap.

Todos los datos se almacenan en formatos abiertos *csv* y *geojson* en una carpeta pública del sitio web del mapa interactivo ⁸. Estos datos se combinan en un modelo de índice espacial ponderado y un análisis

⁷Visual Crossing: <https://www.visualcrossing.com/>

⁸<https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/datos/>

multicriterio para representar el riesgo de incendios forestales en la zona afectada. Además, se utilizan datos históricos de variables meteorológicas para cada lugar, obtenidos de sitios web OpenWeatherMap. Todos los cálculos con los datos abiertos se integran como scripts *javascript* en el código HTML del sitio web interactivo⁹, al que se puede acceder en el repositorio del proyecto en GitLab¹⁰, donde se publican abiertamente la fuente del proyecto y los recursos utilizados.

En cuanto a las recomendaciones prácticas para la gestión de incendios forestales, los datos geoespaciales abiertos se combinan con los resultados de la evaluación del riesgo potencial y la predicción del comportamiento de los incendios forestales para proporcionar recomendaciones prácticas para la gestión de incendios forestales. Estos datos se expresan en la ontología como elementos que representan asociaciones entre objetos y propiedades de elementos, y se utilizan para proporcionar recomendaciones prácticas para la gestión de incendios forestales.

6.5. Caso de Uso de la Ontología de Incendios Forestales y los Datos Abiertos Geoespaciales

En (Brys, Navas-Delgado y J. F. Aldana-Montes 2023) se presentó un modelo computacional utilizando los Datos Abiertos Geoespaciales en el marco de la Ontología de Incendios Forestales. El modelo tiene un clasificador del peligro de los incendios y un componente predictivo de la velocidad de propagación del fuego. Este algoritmo propone un índice ponderado espacialmente y un análisis multicriterio para representar el riesgo de incendios forestales en la zona afectada. Esta solución salva las distancias entre la teoría y la práctica, ofreciendo una solución integral para evaluar el riesgo potencial de incendio forestal casi en tiempo real, predecir el comportamiento del fuego y dilucidar la semántica de la gestión de incendios.

6.5.1. Clasificación Semántica del Peligro de un Incendio

El nivel de peligrosidad de un incendio se calculó en base a la proximidad de elementos vulnerables que pueden incrementar el desarrollo de incendios. El valor del peligro potencial se obtuvo agregando los factores resultantes del análisis de las variables externas que condicionan cada foco de incendio basadas en la proximidad a:

- una aldea aborígen,
- un hospital,
- una zona urbana,
- una escuela,
- una reserva forestal protegida,
- una planta de recolección de gas,
- una estación de servicios,
- un aserradero,
- cables de alta tensión.

⁹<https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/mapa-emergencia/-/blob/master/index.html>

¹⁰<https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/mapa-emergencia>

También se tuvieron en cuenta otros factores que afectan al potencial de peligro, como el uso del suelo (tipos de vegetación combustible), la topografía (pendiente del terreno) y las variables meteorológicas (temperatura, humedad del aire y velocidad del viento).

De acuerdo con los criterios determinados por la autoridad del Plan Provincial de Manejo del Fuego, se definió un factor de corrección para clasificar preliminarmente los focos de incendio en función de su nivel de criticidad, la proximidad a elementos vulnerables, el uso del suelo, las condiciones climáticas, la topografía del terreno y el momento del análisis, como se muestra en la Tabla 6.2. Las características del incendio se describen utilizando la ontología OIF. Algunos elementos son estáticos (Recursos, Actores, Herramientas, Fuentes de Datos, Uso del Terreno, Riesgos), y otros dependen de cada incendio (Meteorológico, Espacial).

Tabla 6.2: Valores del Factor de Riesgo

Condición	Factor
Proximidad	5
Uso del Suelo	4
Meteorología	3
Topografía	2
Hora del día	1

Para la clasificación del peligro de un incendio, se utilizaron las etiquetas lingüísticas (*bajo, moderado, alto, muy alto, extremo*) para identificar por aproximación los diferentes niveles de peligro.

Para cuantificar el peligro del incendio se consideró una distancia mínima desde el foco de calor hasta los puntos críticos. Los expertos en manejo del fuego identificaron previamente estos puntos críticos como instancias de la ontología OVGE. Éstos se alinean con la clase *Risks* de la OIF, describiendo el tipo de riesgo y sus características. Los aspectos espaciales del incendio se representan como instancias de la clase *Spatial* relacionadas con el incendio específico. Utilizando los Datos Geospaciales Abiertos accesibles a través de la API de OpenStreetMap llamada OverPass-turbo¹¹, se determinó la proximidad de estos puntos con la función *around*. Un operador de agregación transforma un conjunto de ponderaciones que indican los expertos en un conjunto de factores.

Sea F el vector de factores de riesgo, V el vector de variables de contexto, W el vector de ponderaciones, S el vector de utilidad, donde: $F \in \{1, 5\}$, $W \in \{1, 10\}$, $S = V * W$.

Durante el proceso de agregación, los valores de utilidad w_j de cada factor f_i expresados por los expertos se agregan en un vector de factores.

$$S_i = F_n + \frac{W_i - 1}{9} - 0,5 \quad (6.1)$$

$$R = \max(F_i W_i) \quad (6.2)$$

El conjunto $S\{..\}$ formado por los s_i que han sido ponderados por el valor de utilidad asociado a la etiqueta lingüística según la siguiente clasificación (Tabla 6.3): Bajo (L), Moderado (M), Alto (H), Muy Alto (VH) y Extremo (E) como se muestra en la Figura 6.6.

¹¹Overpass-turbo una herramienta web de filtrado de datos para OpenStreetMap: <https://overpass-turbo.eu/>

Tabla 6.3: Reglas para el Cálculo del Factor de Riesgo

R	Clase	Descripción	Color
$\geq 0.0, < 1,5$	F1	Bajo (L)	Gris
$\geq 1.5, < 2,5$	F2	Moderado (M)	Verde
$\geq 2,5, < 3,5$	F3	Alto (H)	Amarillo
$\geq 3.5, < 4,5$	F4	Muy alto (VH)	Naranja
≥ 4.5	F5	Extremo (E)	Rojo

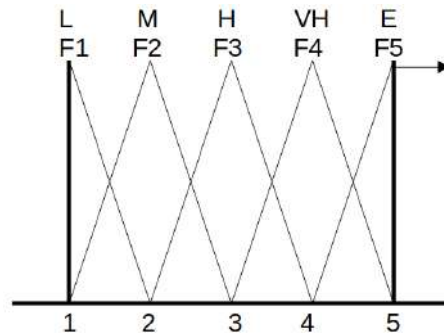


Figura 6.6: Clasificación Semántica del Riesgo Basada en Reglas

6.5.2. Predicción del Desplazamiento del Fuego

La predicción del desplazamiento del fuego requiere un análisis multivariado ya que intervienen varios factores que, combinados, afectan y determinan directamente su comportamiento. El principal elemento a considerar es el tipo de combustible existente se está quemando. Esta variable se combina con la dirección y velocidad del viento, la inclinación y el aspecto del terreno. La interacción de la topografía y la meteorología en la propagación del fuego implica nociones de pendiente topográfica, aspecto topográfico y vector viento.

- Velocidad del viento: Valor expresado en Km/h del desplazamiento horizontal del viento a nivel del suelo, que se representa como ws .
- Vector viento: El valor expresado en grados, que se representa como el ángulo wv . La dirección del viento se indica en función de su procedencia y no de su dirección. Por lo tanto, la dirección de propagación del incendio es opuesta a la dirección del viento indicada. (por ejemplo, un viento del norte propagará el incendio hacia el sur).
- Pendiente topográfica: La pendiente topográfica es la inclinación de la superficie del terreno en un punto. Se describe mediante el ángulo de inclinación topográfica contando desde el plano horizontal, que se representa como b .
- Aspecto: La orientación de la pendiente topográfica se denomina aspecto topográfico del rumbo. Este valor se mide en ángulos y viene determinado por la dirección del vector que une el punto más bajo con el punto más alto de la ladera, contando desde cero (norte), que se representa como a .

El Coeficiente de Propagación (ROS) se obtiene multiplicando el factor de viento/aspecto/pendiente por la velocidad nominal de propagación del fuego fps , el factor de velocidad del viento wsf y el factor de tiempo tf según lo que propone (Sun et al. 2013). Combinando las distintas variables, se creó un modelo multidimensional para calcular el ROS y predecir el flujo del fuego.

$$ros = fps \cdot was \cdot wsf \cdot dtf \tag{6.3}$$

donde:

fps es la velocidad inicial de propagación del fuego

was es la relación entre la dirección del viento y el aspecto del terreno

wsf es el factor de la velocidad del viento

dtf es el factor de la hora del día en que se hace la observación

El modelo del algoritmo supone un avance significativo en la evolución de los sistemas de predicción del comportamiento de incendios forestales. La propuesta permite a todos los implicados en una emergencia conocer los posibles escenarios futuros y poder comunicarse eficientemente utilizando una semántica estándar proporcionada por una ontología para la gestión de incendios.

Parte III

Resultados

CAPÍTULO 7

Discusión

Las ontologías son una herramienta
imprescindible para la administración pública
del futuro.

— José Luis López-Fernández

Índice

7.1	Introducción	93
7.2	Relevancia para la Administración Pública	94
7.3	Relevancia para el Interés Público	95
7.4	Desafíos y Oportunidades	96
7.5	Facilidad de Reproducción	96
7.6	Resultados	96

7.1. Introducción

Lo innovador de esta propuesta se centra en la incorporación de nuevos conceptos en el modelo de representación, almacenamiento y compartición de los datos públicos, acordes al estado del arte de la

gestión de datos en la Sociedad de la Información: *La semántica, los estándares abiertos, la apertura y la vinculación*.

En el ámbito de las administraciones públicas de Argentina, son casi inexistentes las referencias a los conceptos de *web semántica, datos abiertos y datos vinculados del gobierno*, por lo que la propuesta de este proyecto abre todo un nuevo escenario para el desarrollo y despliegue del Gobierno Abierto en Argentina.

El beneficiario directo de este proyecto es mismo gobierno, al disponer de una herramienta que le permitirá dar sentido y contexto a los datos que actualmente se almacenan en documentos y bases de datos, que si bien ofrecen una solución de coyuntura al objeto de su existencia, no están diseñados para ser relacionables y universalmente accesibles.

De un modo indirecto, se beneficia la sociedad en su conjunto, al ser aplicable en todos los modelos de relacionamiento del gobierno electrónico, ya que el uso de estas herramientas potenciará el desarrollo de la Sociedad de la Información, representada por los actores de estos modelos: los ciudadanos, las empresas, los empleados públicos, el propio gobierno y las organizaciones civiles.

Se puede considerar que es un proyecto altamente modular y escalable, de construcción progresiva y que crecerá siguiendo un patrón de red. Por estar diseñado siguiendo los lineamientos propuestos por las políticas del Gobierno Abierto, con Datos Abiertos Vinculados, y en el contexto de la Web Semántica, se considera que estas condiciones son garantía de su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Los recursos necesarios para poner en práctica este proyecto están detallados más adelante en la sección de *Ambiente de Software y Hardware*. Los componentes de software requeridos serán exclusivamente de Software Libre, por lo que su costo de adquisición pueden considerarse prescindibles. Los mayores costos estarán representados por el recurso humano necesario para la creación de las ontologías, la recuperación de la información contenida en los sistemas de información existentes y el desarrollo del software para las interfaces con el usuario. En lo que respecta a los costos del hardware, éstos estarán acotados a la disponibilidad de equipos ya existentes en las administraciones públicas, más la adquisición de servidores de rango bajo para el almacenamiento de las ontologías, las bases de datos, los servicios web, etc.

Al estar planteado en el contexto de la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico, el Acuerdo Federal para la Gestión Pública y el Plan Estratégico de Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones (Brys 2005); y en consideración al potencial de transformación que se puede alcanzar, se infiere sin lugar a dudas que su viabilidad política está plenamente garantizada.

Desde el punto de vista organizacional, la propuesta de definir a la organización del Estado desde una Ontología para el Gobierno, plantea un escenario de oportunidades para repensar a la administración pública desde los nuevos desafíos que propone la Sociedad de la Información.

7.2. Relevancia para la Administración Pública

Una ontología se define como un conjunto formal de términos y relaciones que describen un dominio específico de conocimiento. En la administración pública, donde la información es diversa y multidimensional, las ontologías brindan una forma de establecer una semántica compartida entre sistemas,

aplicaciones y agentes involucrados. Esto permite una comprensión común de los conceptos y términos, evitando ambigüedades y mejorando la interoperabilidad, lo cual se traduce en una serie de beneficios para las entidades gubernamentales:

- **Mayor Interoperabilidad y Comunicación:** Las ontologías permiten que las entidades gubernamentales se comuniquen de manera efectiva al establecer un lenguaje común para describir sus funciones, procesos y datos. Esto facilita la integración de sistemas y la transferencia de información entre diferentes organismos.
- **Mejores Procesos de Búsqueda y Recuperación de Información:** Al enriquecer la información con significado semántico, las ontologías mejoran la precisión y relevancia de los resultados de búsqueda. Las consultas pueden comprender la semántica detrás de los términos, lo que resulta en una recuperación más eficiente de la información deseada.
- **Mejores Tomas de Decisiones:** Las ontologías proporcionan una estructura que permite analizar y comprender la relación entre diferentes aspectos de la administración pública. Esto es especialmente valioso para la toma de decisiones informadas, ya que los datos pueden ser contextualizados de manera más efectiva.
- **Fortalecimiento de la Transparencia y Rendición de Cuentas:** Al definir términos de manera precisa y transparente, las ontologías ayudan a crear una cultura de rendición de cuentas dentro de las entidades gubernamentales. Los ciudadanos pueden entender mejor los procesos y procedimientos gubernamentales.

7.3. Relevancia para el Interés Público

El modelo, como marco conceptual, definirá nuevas directrices para el desarrollo de aplicaciones informáticas en el ámbito estatal, revalorizando la información como insumo esencial de la gobernabilidad. Su aplicación en áreas estratégicas del Estado como la educación, la salud y la seguridad mejorará sustancialmente la toma de decisiones. Este proyecto propone una evolución del modelo actual de gobierno electrónico a un nivel semántico, acorde a las necesidades de la Sociedad de la Información.

La propuesta mejorará el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno, lo que deviene en un beneficio económico y ahorro de tiempo para la sociedad. Este proyecto impactará y transformará la forma en que el Estado gestiona sus datos, y los ofrecerá a la sociedad para que ella misma proponga y resuelva problemas accediendo, procesando, mezclando y relacionando los datos abiertos vinculados para crear nuevas soluciones innovadoras.

Con el modelo experimental propuesto, una ontología de servicios de gobierno electrónico se podría utilizar para integrar los diferentes servicios del gobierno que son relevantes para los destinatarios del e-gobierno.

Se infiere que el actual modelo es adecuado como marco de apoyo para la integración y la interoperabilidad de los servicios públicos prestados por las oficinas administrativas distribuidas geográficamente.

7.4. Desafíos y Oportunidades

Las implementaciones incipientes del m-Gobierno¹ están surgiendo como una de las nuevas características de valor agregado para la atención integrada y flexible de comunicación de datos. El mundo y nuestra sociedad es cada vez más reconocida como nómada o sociedad móvil (Goldstuck 2003).

La extensión de las actividades hacia los dispositivos inalámbricos puede hacer que los gobiernos sean más proactivos en sus operaciones, proporcionando servicios en tiempo real y dar a los ciudadanos una gama más amplia de opciones para la interacción.

Una de las limitaciones del modelo propuesto es la existencia de sólo algunos escenarios de servicio, por lo que se necesita trabajar la escala de la ontología para representar todo tipo de procedimientos y servicios ofrecidos por la administración pública. Esto implica la necesidad de una herramienta de anotación para la creación y mantenimiento de todas las descripciones de los servicios existentes, que sea accesible a través de la web, fácil e intuitiva para el usuario.

A pesar de estar en sus primeras etapas de madurez, el m-Gobierno tiene una influencia considerable en la generación de estrategias y herramientas para el gobierno electrónico, por lo tanto: *el m-Gobierno es una consecuencia inevitable.*

7.5. Facilidad de Reproducción

Este es un proyecto de construcción de conocimiento, su componente predominante son los datos abiertos, el software libre y la recopilación de la información existente de distintas fuentes.

Particularmente, se ha decidido utilizar herramientas de Software Libre y avanzar sobre la estrategia del Gobierno Abierto, por lo que el proceso de transferencia del conocimiento adquirido está plenamente garantizado.

Como el componente de hardware es básico (servidores de Internet y servidores de bases de datos), y considerando que el piso tecnológico requerido ya ha sido alcanzado en casi todos los niveles de las administraciones públicas, éste proyecto es fácilmente reproducible y escalable.

7.6. Resultados

Se propuso un enfoque original que cambia la forma en que la literatura existente plantea la prestación de servicios públicos, en los que los ciudadanos tienen que encontrar por ellos mismos dónde hacer sus trámites. Con este modelo, los servicios públicos son los que encuentran a los ciudadanos y lo entregan dondequiera que ellos estén, en sus propios dispositivos móviles.

Al aplicar el modelo experimental propuesto, se demostró que una Ontología de Gobierno Electrónico construida en los principios de los Datos Abiertos Vinculados puede ser utilizada para representar la

¹El m-Gobierno es un subconjunto del e-Gobierno, específicamente referido al uso de TICs móviles, tales como teléfonos celulares, computadoras portátiles, conectadas a redes de área local (LANs) inalámbricas

estructura administrativa y se puede integrar diferentes servicios gubernamentales que son relevantes para los destinatarios del gobierno electrónico.

También se llegó a la conclusión de que el actual modelo es adecuado como un marco de apoyo para la integración y la interoperabilidad de los servicios públicos prestados por las oficinas de administración distribuidas geográficamente.

En conclusión, el modelo propuesto es un paso exitoso en la evolución del gobierno electrónico en la provincia de Misiones, a un nivel semántico, permite la integración e interoperabilidad de los procesos, así como la creación de flujos de trabajo de procesos que van más allá de las fronteras geográficas y los estados administrativos, y alcanzar la meta más importante del gobierno electrónico: prestar servicios más eficientes para los ciudadanos, ahorrando su tiempo y dinero.

Conclusiones

La información es el combustible del siglo XXI.

— Peter Drucker

Índice

8.1 Conclusiones Generales	99
8.1.1 Actualización	101

8.1. Conclusiones Generales

En esta investigación se presentó un modelo de Ontología Vinculada de Gobierno Electrónico (OVGE), que abarca todas las ramas del Estado, incorporando uno de los tres pilares que sustentan el Gobierno Abierto: la transparencia representada por los Datos Abiertos del Gobierno (DAVG) en sus portales. La extensión se basa en la vinculación a repositorios externos de Datos Abiertos Vinculados (DAV).

Se propuso un enfoque original que cambia la forma en que se prestan los servicios públicos, en la que los ciudadanos deben encontrar dónde hacer sus trámites. Con este modelo, los servicios públicos son los que encuentran a los ciudadanos y los prestan allí donde estén, en sus propios dispositivos móviles.

Aplicando el modelo experimental propuesto, se demostró que una ontología de servicios públicos geolocalizados de la administración electrónica podría utilizarse para integrar diferentes servicios gubernamentales relevantes para los ciudadanos.

A falta de una ontología específica para integrar las imágenes a pie de calle, creamos la ontología para Mapillary, que permite obtener fotos de los edificios bajo licencia abierta.

También se llega a la conclusión de que el modelo actual es adecuado como marco de apoyo para la integración e interoperabilidad de los servicios públicos prestados por las oficinas administrativas distribuidas geográficamente.

La ontología **OVGE** constituye una base sólida, estándar, abierta e interoperable para vincular sistemas de información complejos dentro de las administraciones públicas.

Las ontologías desempeñan un papel esencial en la mejora de la eficiencia de las inteligencias artificiales, especialmente en el contexto de la búsqueda y recuperación de datos no publicados. Estas estructuras de conocimiento proporcionan un sólido marco para organizar y comprender información, lo que se traduce en una significativa optimización de la capacidad de los modelos de inteligencia artificial.

Uno de los campos en los que las ontologías muestran su valor es en la obtención de respuestas a preguntas, un aspecto crítico para la inteligencia artificial, y más específicamente, para los grandes modelos de lenguaje. Al proporcionar un marco sólido para responder preguntas en función de un conjunto definido de datos, las ontologías permiten a los modelos responder de manera más completa y precisa, lo que tiene aplicaciones prácticas en la obtención de información sobre productos y servicios, mejorando así la experiencia de los usuarios.

Además, en un mundo en constante evolución donde los sistemas de información deben tomar decisiones basadas en datos en tiempo real de diversas fuentes y formatos, las ontologías se convierten en una herramienta crucial. Facilitan la integración y el procesamiento eficiente de datos dispersos geográficamente y provenientes de múltiples fuentes, contribuyendo a una toma de decisiones más eficiente y exitosa.

Las ontologías son un componente fundamental en la mejora de la eficiencia de la inteligencia artificial al proporcionar un marco estructurado para la organización y recuperación de datos, lo que a su vez potencia la capacidad de los modelos para responder preguntas y tomar decisiones informadas a partir de información dispersa y diversa. Esto promueve avances significativos en la eficiencia y la efectividad de los sistemas de inteligencia artificial en una amplia gama de aplicaciones.

La principal limitación de este modelo es la existencia de los pocos escenarios de servicio disponibles, por lo que se necesita más trabajo para escalar la ontología y representar todo tipo de trámites y servicios que ofrece la administración pública. Esto implica la necesidad de una herramienta de anotación para la creación y el mantenimiento de todas las descripciones de los servicios existentes, que sea accesible a través de la web, intuitiva y fácil de usar.

Para la formulación de este modelo, la anotación semántica se realizó con herramientas que no son comúnmente utilizados por los empleados públicos como ser (**Protégé**, CMapTools COE), lo que pone en evidencia la necesidad de disponer de herramientas de anotación dirigidas a los usuarios finales, para recuperar automáticamente las descripciones de los servicios de los sistemas heredados, y expresarlas semánticamente en el servidor de ontologías.

En conclusión, el modelo propuesto es un avance significativo en la evolución del gobierno electrónico en la provincia de Misiones. Evolucionar del gobierno electrónico al gobierno abierto a nivel semántico permite la integración e interoperabilidad de los sistemas de información y la creación de procesos de trabajo que trascienden los límites geográficos y de gestión estatal. Este trabajo apunta a alcanzar el objetivo más crítico de los gobiernos electrónicos: brindar servicios más eficientes a los ciudadanos, ahorrando su tiempo y dinero.

8.1.1. Actualización

El 2 de Octubre de 2023 el Portal Oficial de Datos Europeos¹ dio a conocer que la Ciudad de Zurich presentó la herramienta *LinkedDataGPT*² que simplifica el acceso a datos relacionados con la ciudad, brindando un acceso fácil de usar a conjuntos de datos específicos mediante Inteligencia Artificial.

LinkedDataGPT es un **chatbot** que puede convertir preguntas hechas en lenguaje natural a parámetros **SPARQL** para utilizar los Datos Vinculados de la Ciudad de Zurich, y que se ha puesto a disposición del público a través de su estrategia de datos abiertos.

LinkedDataGPT es un ejemplo de cómo las estrategias de datos abiertos se pueden implementar a nivel local, contribuyendo a ampliar el panorama de las iniciativas de datos abiertos de los gobiernos.

El servicio que presta la ciudad de Zurich a los ciudadanos demuestra que los retos propuestos en esta investigación son alcanzables, y se materializan en servicios de utilidad pública cuando los datos del gobierno se vinculan a fuentes heterogéneas a través de los Datos Abiertos Vinculados (**DAV**).

¹Portal Oficial de Datos Europeos: <https://t.ly/Hnpzv>

²LinkedDataGPT: <https://www.liip.ch/en/blog/use-linkeddatagpt-to-query-open-linked-data-from-the-city-of-zurich>

Trabajo Futuro

La belleza de la inteligencia artificial radica en su capacidad para transformar datos en conocimiento, y los grafos son las herramientas esenciales para ese propósito.

— Gary Flake

Índice

9.1	Escenarios Futuros para las Ontologías	104
9.1.1	La evolución de las Ontologías a Grafos de Conocimiento	104
9.1.2	Redes de Conocimiento	106
9.1.3	Validación de Datos	106
9.1.4	Transformación de la Web Semántica a Bases de Grafos	107
9.1.5	Transformación de Ontologías a Grafos de Conocimiento	108
9.1.6	Transformación de Ontologías a Neo4J	109
9.2	El Gobierno Electrónico Inteligente	110

9.1. Escenarios Futuros para las Ontologías

Las ontologías tradicionales, que se basan en la lógica clásica y en la representación de conceptos en una estructura jerárquica, se muestran limitadas para abordar la complejidad y la interconexión de los conceptos complejos en el conocimiento actual.

La evolución de las ontologías para satisfacer la creciente necesidad de representar y organizar de manera efectiva la complejidad del conocimiento en diferentes ámbitos, se puede conducir a través de los Grafos de Conocimiento.

9.1.1. La evolución de las Ontologías a Grafos de Conocimiento

Los Grafos de Conocimiento (Horrocks et al. 2021) (knowledge graphs) son una representación gráfica de la estructura de un conocimiento o de un conjunto de conocimientos. Estos grafos se utilizan para representar la relación entre diferentes conceptos, objetos o entidades, y para organizar y sistematizar el conocimiento de manera efectiva.

Los Grafos de Conocimiento permiten representar y analizar de manera más efectiva grandes conjuntos de datos, lo que les permite abordar con éxito la complejidad del conocimiento en diferentes ámbitos, como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la minería de datos.

La relación entre los grafos del conocimiento y las ontologías radica en que los grafos del conocimiento se basan en las ontologías para representar la estructura y las relaciones entre los conceptos y objetos. En otras palabras, los grafos del conocimiento son una forma de aplicar las teorías ontológicas a la representación del conocimiento. En este contexto, las ontologías se utilizan para definir la estructura y las relaciones entre los conceptos y objetos que se representan en el grafo.

Por ejemplo, si se tiene una ontología que describe la estructura de una organización, se puede utilizar un grafo del conocimiento para representar la relación entre los diferentes departamentos y los objetivos que se buscan alcanzar. De esta manera, el grafo del conocimiento se basa en la ontología para representar la estructura y las relaciones entre los conceptos y objetos.

Por otro lado, los grafos de conocimiento, que se basan en la teoría de grafos y en la representación de conceptos como nodos interconectados, ofrecen una forma más efectiva de representar y organizar el conocimiento. Los grafos de conocimiento permiten representar la interconexión de los conceptos de manera más precisa y flexible, lo que les permite abordar con éxito la complejidad del conocimiento en diferentes ámbitos, como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la minería de datos.

La evolución de las ontologías hacia los grafos de conocimiento es el resultado de la creciente disponibilidad de datos y a la necesidad de analizar y procesar grandes cantidades de información de manera eficiente.

En resumen, la evolución de las ontologías hacia los grafos de conocimiento se debe a la creciente necesidad de representar y organizar de manera efectiva la complejidad del conocimiento en diferentes ámbitos, y a la creciente disponibilidad de datos y a la necesidad de analizar y procesar grandes cantidades de información de manera eficiente.

Bibliografía de Base

Una revisión de la literatura muestra el creciente interés en el rescate de ontologías existentes para convertirlas a las tecnologías más actuales.

La literatura académica muestra que el estudio de la transformación de ontologías en grafos de conocimiento atrae actualmente el interés de los investigadores, lo que sugiere que existe un enorme potencial para futuros trabajos. La determinación de nuevos modelos computacionales de transformación justifica nuevas investigaciones en el campo de estudio.

(Wu et al. 2016) presenta un sistema de consulta de ontologías basado en grafos, y evalúa su eficacia en comparación con otros sistemas de consulta tradicionales.

(Alakeel y Al-Sudais 2018) describe una metodología para convertir ontologías **RDFS** a bases de datos Neo4j mediante técnicas de extracción automática y mapeo semántico.

(Alakeel y Al-Sudais 2016) presenta un enfoque para transformar ontologías **OWL** en bases de datos Neo4j con el objetivo de mejorar la eficiencia de las consultas mediante el uso de técnicas de extracción automática y mapeo semántico.

El trabajo de (Zeng et al. 2019), analiza, diseña e implementa un grafo de conocimiento basado en ontologías, y lo almacena en la base de datos de grafos de la plataforma Neo4j graph database ¹.

El trabajo de (Ding et al. 2018), estudia la estructura de la ontología desde la perspectiva de grafos complejos, mediante la visualización, distribución de grados, coeficiente de clustering, distancia en media de nodos, y centralidad vectorial.

El libro Knowledge Graphs: Methodology, Tools and Selected Use Cases, compilado por (Fensel et al. 2020), analiza las metodologías de creación, herramientas de generación, alojamiento, curación, limpieza, enriquecimiento, utilización de grafos de conocimiento.

El trabajo de (Johnpaul y Mathew 2017) realiza una aproximación al diseño de consultas **NoSQL** y al análisis de diferentes conjuntos de datos, mediante un lenguaje llamado *Cypher*². Como modo de prueba utiliza la base de datos gráfica Neo4j, ejecutando consultas **NoSQL** sobre un conjunto de datos formado por varios nodos y relaciones. Llega a la conclusión de que Neo4j es la mejor herramienta para almacenar datos estructurados y no estructurados y goza de gran aceptación entre la comunidad investigadora y el mundo empresarial.

La transformación de la “Web de Datos” en un grafo ha sido una tendencia popular en los últimos años, en los que se han propuesto y evaluado muchos enfoques y técnicas diferentes. El uso de representaciones basadas en grafos permite estructurar los datos de forma más precisa y significativa, posibilitando una mejor comprensión del contexto y una mayor capacidad para relacionar distintos conjuntos de información. Ello ha permitido aumentar la eficiencia en la recuperación de información y mejorar la capacidad para manejar relaciones complejas entre entidades y conceptos. Sin embargo, siguen existiendo retos como la integración de datos y el desarrollo de una infraestructura adecuada para almacenar y gestionar bases de datos de grafos. Los trabajos citados en esta revisión muestran la diversidad y riqueza de la investigación que se ha realizado sobre el tema, y demuestran el potencial de la representación de datos basada en grafos.

¹Neo4j. The Graph Data Platform: <https://neo4j.com/>

²Cypher es un lenguaje de consulta declarativo para bases de datos de grafos desarrollado por Neo4j

9.1.2. Redes de Conocimiento

En una sociedad digital, para ser competitivas, las organizaciones deben tener la capacidad de integrar datos de numerosas fuentes, tanto internas como externas a la organización, lo que puede incluir vídeo, datos sociales, documentos, etc. Los datos pueden agruparse en estructurados y no estructurados. Además, esta información debe ser compilada y filtrada, permitiendo que los datos sean analizados y presentados de forma clara para tomar decisiones rápidas y seguras. Para gestionar el gigantesco volumen de datos, surgió el fenómeno “Big Data”, que permite analizar cada registro mediante patrones (Ularu et al. 2012).

(Ehrlinger y Wöß 2016) proponen una definición de grafos de conocimiento, basada en una revisión de trabajos de investigación relacionados. En su definición, un “grafo de conocimiento adquiere e integra información en una ontología y aplica un razonador u otros métodos computacionales para derivar nuevo conocimiento”. Los autores subrayan que “una ontología no es diferente de una base de conocimientos”.

Las tecnologías de redes de conocimiento consisten en:

- Representación y razonamiento del conocimiento (lenguajes, diagramas y vocabularios).
- Almacenamiento del conocimiento (bases de datos de grafos y repositorios).
- Ingeniería del conocimiento (metodologías, editores y patrones de diseño).
- Aprendizaje del conocimiento, incluido el aprendizaje y la población de esquemas.

Los métodos y técnicas de grafos de conocimiento también deben reflejar el enfoque específico en un gran número de instancias de datos más allá de cualquier base de conocimiento tradicional.

Gráficos de conocimiento muy extendidos como [DBpedia](#), [YAGO](#): una base de conocimientos de alta calidad: <https://yago-knowledge.org/> o [WikiData](#) han demostrado que es posible representar el conocimiento fáctico mediante [RDF](#) y Datos Vinculados.

El grafo de conocimiento de [DBpedia](#) se construyó sobre la ontología [DBpedia](#) (especificada en [OWL](#)) que se mapea a partir de los [metadatos](#) de Wikipedia. El grafo de conocimiento se publica siguiendo los estándares de la [Web Semántica](#) en forma de volcados [RDF](#) y endpoint [SPARQL](#).

[YAGO](#) es otro grafo de conocimiento construido a partir del contenido de Wikipedia, publicado por primera vez en 2008. Combina entidades extraídas de artículos de Wikipedia con [synsets](#) de [WordNet](#) para enriquecer la jerarquía de tipos. La principal diferencia entre [YAGO](#) y [DBpedia](#) es que la ontología [YAGO](#) extrae sólo un pequeño número de relaciones y se centra en mantener el grafo de conocimiento compacto pero muy preciso y coherente.

9.1.3. Validación de Datos

Los grafos de conocimiento permiten acceder a datos de distintos sistemas de forma unificada, pero no resuelven el problema de la incoherencia de los datos en un panorama de datos heterogéneos que ha ido creciendo con los años.

La implantación de un grafo de conocimiento es un medio para mejorar la calidad de los datos, ya que se trata de una iniciativa basada en estándares para describir los modelos de datos, su estructura (ontología) y los **metadatos** utilizados (taxonomía).

El enfoque más básico para validar datos es el uso de consultas **SPARQL**. Es muy expresivo y puede satisfacer la mayoría de las necesidades de validación de grafos de conocimiento. Además, está disponible en todas las aplicaciones que admiten la curación y validación de grafos de conocimiento basados en **SPARQL**. La desventaja es que escribir y mantener consultas **SPARQL** puede ser difícil y requiere experiencia y conocimientos.

Los enfoques de inferencia estándar disponibles en la mayoría de las aplicaciones que soportan grafos de conocimiento basados en **SPARQL** no son aplicables, lo que limita las posibilidades de validación.

Para superar esta situación, se han desarrollado varios estándares para formular restricciones para grafos de conocimiento basados en **SPARQL**. El enfoque más reciente, que también es una recomendación del W3C, es el Lenguaje de Restricciones de Formas (**SHACL**). Un motor de validación **SHACL** recibe como entradas un grafo de datos y un grafo con declaraciones de forma y produce como salida un informe de validación que puede ser consumido por otras herramientas. Todos estos grafos pueden representarse en cualquier formato de serialización **SPARQL** (Blumauer y Nagy 2020).

Como uno de los elementos centrales de una arquitectura de red de conocimiento, las bases de conocimiento son una red operativa central de datos que cumplen con ACID³ normalmente constan de algunos de los siguientes componentes:

- Motor SPARQL: soporte completo de SPARQL 1.1
- Razonador: normalmente razonamiento en cadena para perfiles **RDFS** y **OWL**.
- Procesador **SHACL**: Validación de Shapes Constraint Language (**SHACL**).
- Aprendizaje automático integrado: análisis predictivo, recomendación automatizada, etc.
- API RDF: Soporte RDF4J o Apache Jena.
- Modelo de seguridad: seguridad de triple nivel.
- Interfaz de administración: gestión de repositorios, cuentas de usuario y roles de acceso.
- Conectores: conectores a bases de datos SQL, **NoSQL** y motores de indexación.
- Escalabilidad: conmutación por error automática, sincronización y equilibrio de carga para maximizar la utilización del clúster.

9.1.4. Transformación de la Web Semántica a Bases de Grafos

La **Web Semántica** es un concepto que ha evolucionado a lo largo de los años para mejorar la eficacia y precisión de la recuperación de información en la web. La idea principal de la **Web Semántica** es proporcionar una estructura de datos más precisa y significativa, que permita una mejor comprensión de los contenidos y una mayor capacidad para relacionar distintos conjuntos de información.

Una de las tendencias más recientes de la **Web Semántica** es el uso de bases de grafos para representar y gestionar la información. Su uso se ha hecho cada vez más popular debido a su capacidad para representar relaciones complejas entre entidades y conceptos.

³Definición ACID: <https://database.guide/what-is-acid-in-databases/>

La representación de la información en una base gráfica permite una mejor comprensión del contexto y una mayor capacidad para relacionar distintos conjuntos de datos. Además, las bases de grafos también proporcionan una estructura de datos escalable y flexible que permite añadir nuevos conjuntos de datos y actualizar los existentes.

La transformación de la [Web Semántica](#) en bases de grafos ha propiciado una mayor eficacia en la recuperación de información y una mejor capacidad para relacionar distintos conjuntos de datos. Además, el uso de bases de grafos también ha permitido una mayor precisión en la representación de relaciones complejas entre entidades y conceptos.

Sin embargo, también es importante mencionar que esta transformación no está exenta de desafíos, como la dificultad de integrar datos de diferentes fuentes y la necesidad de desarrollar una infraestructura adecuada para el almacenamiento y la gestión de las bases de grafos.

En conclusión, la transformación de la [Web Semántica](#) en bases de grafos ha proporcionado una mayor eficiencia y precisión en la recuperación de información y ha permitido una mejor comprensión del contexto y una mayor capacidad para relacionar diferentes conjuntos de datos. A pesar de los retos actuales, el uso de bases de grafos se ha hecho cada vez más popular en la [Web Semántica](#) y se espera que siga creciendo en el futuro.

9.1.5. Transformación de Ontologías a Grafos de Conocimiento

La transformación de ontologías en bases de grafos es un tema de creciente interés en el campo de la inteligencia artificial y la representación del conocimiento. Las ontologías son esquemas formales que describen el vocabulario y las relaciones semánticas en un dominio específico, mientras que los grafos son estructuras de datos que representan relaciones entre entidades. La combinación de estas dos técnicas permite una representación más rica y precisa del conocimiento.

Existen varios enfoques diferentes para la transformación de ontologías en bases de grafos. Un enfoque común es la extracción automática de grafos a partir de ontologías existentes. Este proceso puede incluir la identificación de entidades y relaciones en la ontología, así como la creación de nodos y enlaces en el grafo correspondiente. Otro enfoque consiste en construir una ontología a partir de un grafo existente identificando patrones y definiendo conceptos y relaciones semánticas.

La transformación de ontologías en grafos tiene varias aplicaciones prácticas, como la recuperación de información, la inferencia de conocimientos y la toma de decisiones automatizada. Por ejemplo, la representación de ontologías en forma de grafos permite navegar y buscar información con mayor eficacia, ya que se pueden seguir los enlaces entre entidades relacionadas. También pueden utilizarse para inferir nuevos conocimientos a partir de la información existente.

En resumen, la transformación de ontologías en bases de grafos es una técnica importante que permite una representación más precisa y rica del conocimiento. Existen varios enfoques para realizar esta transformación, y tiene varias aplicaciones prácticas en campos como la inteligencia artificial y la representación del conocimiento.

9.1.6. Transformación de Ontologías a Neo4J

Neo4j (The Graph Data Platform) es una base de datos orientada a grafos, lo que significa que almacena datos en forma de nodos y relaciones. Los nodos representan entidades, como personas, lugares o cosas, y las relaciones representan las conexiones entre esas entidades. Es una base de datos [NoSQL](#), lo que significa que no se basa en el modelo relacional tradicional. El modelo de grafos de Neo4j almacena datos en forma de nodos y relaciones, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones que requieren análisis de redes.

Dado que Neo4j no soporta [SPARQL](#) y no utiliza un esquema de grafos genérico, no contiene por defecto ninguna manera de importar ontologías [SPARQL](#) en sus bases de datos.

Una ontología [OWL](#) puede ser serializada como una lista de tuplas donde cada una de ellas tiene la forma de una tripleta (sujeto, predicado, objeto) en la que el sujeto es un elemento de la ontología, el predicado representa una propiedad del elemento o una relación con otro elemento (dependiendo de si el objeto es un valor o un elemento de la ontología), y el objeto representa un valor escalar o el identificador de otro elemento.

Para superar esta situación, se puede utilizar el complemento llamado Neosemantics (n10s) desarrollado por (Barrasa y Cowlwy 2020), cuyo objetivo es ampliar las capacidades de Neo4J. Este componente proporciona una forma de manipular ontologías utilizando Neo4J a través de un simple mapeo entre la ontología y el esquema gráfico.

Cabe destacar que Neosemantics es un complemento que permite el uso de [SPARQL](#) y sus vocabularios asociados como ([OWL](#), [RDFS](#), [SKOS](#) y otros) en Neo4j (López-Rodríguez y Ceballos 2022). Se puede utilizar para crear consultas con componentes que generan o consumen [RDF](#). También se puede utilizar para validar el grafo frente a restricciones expresadas en [SHACL](#) o para ejecutar inferencias básicas, el funcionamiento de Neosemantics se caracteriza por ejecutarse como una extensión de la base de datos Neo4j (Sfoungari 2021).

Existen varios enfoques para transformar una ontología en una base de datos gráfica utilizando Neo4j. Un enfoque común es el siguiente:

- Importar la ontología en un formato compatible con Neo4J, como [RDF](#) u [OWL](#).
- Crear nodos en Neo4J para cada entidad de la ontología, utilizando etiquetas para indicar el tipo de entidad.
- Crear relaciones en Neo4J para cada relación semántica de la ontología, utilizando etiquetas para indicar el tipo de relación.
- Asignar propiedades a los nodos y a las relaciones, utilizando los datos extraídos de la ontología.
- Realizar consultas y análisis en Neo4J utilizando las funciones de consulta de Cypher, el lenguaje de consulta de Neo4J.

Es importante tener en cuenta que el proceso de transformación de una ontología en una base de grafos puede ser complejo y requerir un conocimiento especializado de Neo4J y de las herramientas de procesamiento de ontologías. Además, pueden ser necesarios ajustes y personalizaciones dependiendo del dominio y de las necesidades específicas del proyecto.

Del análisis de la literatura sobre cómo transformar las ontologías formales a grafos de conocimiento, surge como trabajo futuro utilizar Neo4J como base de datos de grafos para evolucionar la Ontología Vinculada de Gobierno Electrónico.

Existen varias tecnologías de grafos de conocimiento, a partir de las cuales se puede acceder a datos de diferentes sistemas de forma unificada, pero hay que tener en cuenta el escenario actual de crecimiento exponencial del volumen de datos, en el que surge el problema de la inconsistencia de los mismos. Esto lleva a la necesidad de métodos para validarlos, como el enfoque básico utilizado por las consultas [SPARQL](#).

Dado que Neo4J no es compatible con [SPARQL](#) y no utiliza un esquema gráfico genérico, es necesario utilizar el complemento Neosemantics proporcionado por el desarrollador de la base de datos. Este complemento permite el uso de [RDF](#) y sus vocabularios asociados como [OWL](#), [RDFS](#), [SKOS](#), entre otros. La decisión de convertir una ontología en un grafo de conocimiento ofrece una gran oportunidad a tantas ontologías escritas en [OWL](#) y que sólo pueden ser consultadas con [SPARQL](#).

Las ontologías convertidas a grafos permitirán el uso de razonadores que descubran más relaciones entre objetos mejorando el propósito de las ontologías. Los métodos y técnicas de grafos de conocimiento permitirán reflejar el enfoque específico en grandes cantidades de instancias de datos, más allá de cualquier base de conocimiento tradicional.

Se necesita más investigación y desarrollo para recuperar automáticamente los datos contenidos en los sistemas heredados que describen la información de los servicios. El desarrollo de mecanismos automáticos permitirá extender rápidamente la lista de servicios disponibles a través del sistema desarrollado. En este sentido, el uso de los modelos de lenguaje ([LLM](#)) pueden ser usados para analizar la documentación textual existente sobre los procesos relativos a los servicios ofrecidos por el gobierno a los ciudadanos. Esta información textual, contextualizada con la [OVGE](#), permitiría abordar la extensión de la ontología propuesta con nuevas instancias de servicios.

Por otro lado, el desarrollo de las interfaces de usuario ha sido limitado a casos de uso controlados, para ofrecer demostraciones de las soluciones propuestas. El siguiente paso de desarrollo, será migrar la consulta semántica a una plataforma móvil, que permita buscar, encontrar, seleccionar y consumir los servicios gubernamentales en un modo ubicuo, para cualquier servicio ofertado por el gobierno de Misiones.

Finalmente, con el desarrollo de las bases de grafos y la aparición de los modelos de lenguaje ([LLM](#)), se abre una ventana de oportunidad para aprovechar las ontologías desarrolladas en esta tesis para contextualizar las interacciones entre los ciudadanos y el gobierno electrónico. De esta forma, será posible ofrecer un mecanismo de interacción más amigable, pero limitando las respuestas generadas al conocimiento del dominio, en este caso de la estructura de los trámites y servicios en el contexto de un gobierno.

9.2. El Gobierno Electrónico Inteligente

En el transcurso de la transformación digital de las organizaciones, los gobiernos deben adaptarse a nuevas formas de comunicación y de interacción para brindar servicios a sus ciudadanos. El gobierno electrónico ha demostrado ampliamente ser una herramienta valiosa para facilitar esta comunicación, pero su eficacia a menudo está limitada por la incapacidad de entender y responder a las consultas complejas de los usuarios.

La creación de un *Gobierno Electrónico Inteligente (GEI)* que utilice inteligencias artificiales generativas, modelos grandes de lenguaje y ontologías para mejorar la atención a los ciudadanos es un paso evolutivo esencial. El **GEI** debe ser diseñado para ser accesible y amigable con el usuario, permitiendo a los ciudadanos interactuar a través de diversos canales, como interfaces web, aplicaciones móviles y dispositivos de voz.

El **GEI** será entrenado a partir de las bases de datos de información gubernamental, incluyendo ontologías, grafos de conocimiento, las guías de trámites y servicios, y datos abiertos vinculados. Esta extensa base de conocimiento permitirá al **GEI** proporcionar a los usuarios información actualizada y fiable, en un lenguaje natural y coloquial, permitiendo que estos tomen decisiones informadas sobre sus trámites y servicios.

La creación de un **GEI** basado en IA generativas y ontologías tiene el potencial de revolucionar la manera en que los ciudadanos interactúan con sus gobiernos. Por medio de la comprensión y la interpretación de las consultas de los usuarios, el **GEI** podrá proporcionarles respuestas precisas a la medida de sus necesidades, siendo una herramienta esencial para navegar y completar los complejos trámites y servicios gubernamentales.

Como la tecnología avanza, es crucial que los gobiernos dirijan sus esfuerzos hacia soluciones innovadoras para garantizar que pueden continuar proporcionando servicios eficientes y accesibles a sus ciudadanos. El **GEI** no solo representa un paso adelante en la transformación digital gubernamental, sino también una respuesta efectiva a la creciente complejidad de las necesidades ciudadanas en un entorno cada vez más tecnológico.

En el marco de la creciente demanda de eficiencia y accesibilidad en los servicios gubernamentales, la creación de un Asistente Virtual que esté basado en inteligencias artificiales generativas, modelos de lenguaje avanzados, las ontologías, los grafos de conocimiento y los datos abiertos vinculados, tiene el potencial de revolucionar el concepto de Gobierno Electrónico y la manera en que los ciudadanos interactúan con sus gobiernos.

Cabe esperar que el desarrollo de un *Asistente Virtual Inteligente para la Gestión de Trámites y Servicios Gubernamentales* revolucione la interacción entre los ciudadanos y los gobiernos a nivel municipal, provincial y nacional, mejorando la eficiencia administrativa, promoviendo la transparencia y brindando una experiencia más satisfactoria a los usuarios en la gestión de trámites y servicios gubernamentales. Además, al aliviar la carga de trabajo en los canales de atención tradicionales, se liberarán recursos para abordar otras áreas críticas de la administración pública.

Parte IV

Anexos



Glosario de Términos

axiomas : Un axioma es conocimiento declarativo y rigurosamente representado, el cual debe ser aceptado sin prueba o demostración. Los axiomas tienen dos roles en la descripción de ontologías: Representar rigurosamente el significado parcial o completo de los conceptos. Contestar las preguntas que sean de la competencia de la ontología. [21](#), [113](#)

chatbot : Es un programa informático que simula una conversación humana con un usuario. Los chatbots se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo atención al cliente, marketing y educación. [101](#), [113](#)

Datos Vinculados : Los Datos Vinculados (Linked Data) son un modelo de datos que permite a las computadoras entender el significado de los datos y establecer relaciones entre ellos. Los datos vinculados se basan en la idea de que los datos se pueden representar como tripletes, que son conjuntos de tres elementos: un sujeto, un predicado y un objeto. El sujeto es una entidad, el predicado es una relación entre el sujeto y el objeto, y el objeto es otra entidad. Los datos vinculados se pueden almacenar y publicar en la web usando el lenguaje de marcado RDF (Resource Description Framework). RDF es un lenguaje formal que se utiliza para describir recursos en la web. Los datos RDF se pueden almacenar en diferentes formatos, como archivos XML, JSON o Turtle. [25–27](#), [32](#), [35](#), [37](#), [38](#), [62](#), [68](#), [69](#), [74](#), [113](#)

DBpedia : Es un proyecto colaborativo que extrae información estructurada de Wikipedia y la publica en la Web Semántica. DBpedia utiliza el lenguaje de marcado RDF para representar la información de Wikipedia, lo que permite que sea indexada y consultada por motores de búsqueda semánticos. [27](#), [48](#), [50](#), [54](#), [62](#), [68](#), [106](#), [113](#)

dominio : En las ontologías, un dominio se refiere a un área específica de conocimiento. Las ontologías de dominio se utilizan para representar el conocimiento de un dominio específico de manera explícita y formal. Esto permite a los sistemas de inteligencia artificial comprender el significado del lenguaje y las relaciones entre conceptos en ese dominio. [19](#), [21](#), [113](#)

GeoNames : GeoNames es una base de datos geográfica gratuita y accesible a través de Internet bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento 3.0. La base de datos contiene información sobre más de 10 millones de lugares geográficos, incluyendo nombres, coordenadas, códigos postales, alturas y tipos de lugares. [27](#), [48](#), [50](#), [54](#), [55](#), [62](#), [68](#), [69](#), [113](#)

- individuos** : En una ontología, un individuo (individual) es un elemento singular que puede ser identificado y diferenciado de otros individuos. Los individuos son los elementos básicos de una ontología, y se utilizan para representar objetos, eventos, conceptos. [21](#), [54](#), [113](#)
- LaTeX** : Es una extensión del lenguaje de marcado TeX, desarrollada por Leslie Lamport y especialmente adecuado para documentos científicos. [113](#)
- LinkedGeoData** : Es un proyecto colaborativo que convierte los datos de OpenStreetMap en un conocimiento base RDF. Esto significa que los datos se representa. [27](#), [48](#), [50](#), [54](#), [59](#), [62](#), [64](#), [68](#), [69](#), [113](#)
- Mapillary** : Es un servicio de imágenes públicas a nivel de calle. La compañía fue fundada en 2013 en Malmö, Suecia, a cargo de Jan Erik Solem y Johan Gyllenspetz y comprada por Meta en 2020. Mapillary se basa en la colaboración de los usuarios para recopilar imágenes de calles y caminos de todo el mundo. Los usuarios capturan las imágenes con sus teléfonos inteligentes, cámaras de acción o vehículos equipados con cámaras. Las imágenes se cargan en la plataforma de Mapillary, donde se combinan para crear un mapa visual del mundo. [36](#), [51](#), [52](#), [69](#), [113](#)
- metadatos** : Son datos que describen otros datos. En otras palabras, son información sobre la información. Los metadatos se utilizan para describir el contenido, la estructura y el uso de los datos. [8](#), [9](#), [18](#), [36](#), [106](#), [107](#), [113](#)
- Methontology** : Es una metodología para la construcción de ontologías. Fue desarrollada por el grupo de investigación Ontology Design Group (ODG) de la Universidad Politécnica de Madrid. Methontology es una metodología iterativa, cíclica y completa y bien documentada que ha sido utilizada para construir ontologías en una amplia variedad de dominios, como la medicina, la biología, la ingeniería y la gestión empresarial. [32](#), [42](#), [43](#), [45](#), [59](#), [83](#), [113](#)
- Ontología** : Una ontología es una manera formal y explícita para definir una conceptualización para compartir conocimientos. La idea que subyace detrás de estas tecnologías es hacer que las computadoras sean capaces de comprender los datos con poca o ninguna intervención humana. [9](#), [12](#), [113](#)
- OpenStreetMap** : Es un mapa libre y editable del mundo entero creado por voluntarios. Se puede utilizar para crear mapas personalizados, aplicaciones de navegación y otros servicios basados en mapas. Se basa en una comunidad de voluntarios que recopilan datos geográficos utilizando una variedad de métodos. [27](#), [47](#), [48](#), [50](#), [54](#), [55](#), [59](#), [62](#), [68](#), [113](#)
- OSMonto** : Es una ontología de etiquetas de OpenStreetMap, creada con el propósito de facilitar el mantenimiento y la visión general de las etiquetas existentes y permitir enriquecer la semántica de las etiquetas relacionándolas con otras ontologías. Ha sido desarrollada en la Universidad de Bremen y DFKI Bremen por Mihai Codescu, Gregor Horsinka, Oliver Kutz, Till Mossakowski y Rafaela Rau. OSMonto se presentó en SotM-EU 2011 y se desarrolló como un trabajo de investigación. [47](#), [50](#), [51](#), [54](#), [68](#), [113](#)
- Protégé** : Es un editor de código abierto de adquisición de conocimiento para construir sistemas inteligentes. Fue desarrollado por la Universidad de Stanford, en colaboración con la Universidad de Mánchester. [100](#), [113](#)
- SameAs** : La optimización "owl:sameAs" se utiliza para mapear los mismos conceptos de dos o más conjuntos de datos, donde cada uno de estos conceptos puede tener diferentes características y relaciones con otros conceptos. De este modo, al realizar una unión entre dichos conjuntos de datos se obtienen datos más completos. En RDF, los conceptos se representan con un nombre de recurso único mediante un espacio de nombres, que es diferente para cada conjunto de datos. [48](#), [113](#)
- taxonomía** : En las ontologías, una taxonomía es un modelo jerárquico que organiza los conceptos de un dominio en categorías o niveles basados en sus relaciones de subordinación. Las taxonomías se utilizan

para representar la estructura del conocimiento en un dominio específico, y son una herramienta importante para la organización y recuperación de información. [43](#), [78](#), [80](#), [84](#), [113](#)

Web Semántica : Son un conjunto de actividades desarrolladas en el seno de World Wide Web Consortium con tendencia a la creación de tecnologías para publicar datos legibles por aplicaciones informáticas. [8](#), [13](#), [18](#), [19](#), [25–27](#), [30](#), [32](#), [33](#), [35](#), [37](#), [38](#), [50](#), [54](#), [58](#), [106–108](#), [113](#)

WikiData : Es una base de datos de conocimientos estructurados que puede ser editada por cualquier persona. Es un proyecto de la Fundación Wikimedia, la misma organización que administra Wikipedia. Wikidata se utiliza para proporcionar datos a Wikipedia y otros proyectos de Wikimedia, así como a otras aplicaciones y servicios. [106](#), [113](#)

Investigación y Publicaciones

Anexo A .1: Proyecto de Investigación

El marco general de esta tesis se definió a partir del Proyecto de Investigación "Gobierno Electrónico 3.0: Un Modelo para los Servicios Web Semánticos en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana" (Anexo A.2.1), que fue aprobado por la Resolución N° 053/11 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones. Este proyecto tuvo por director al Dr. José Francisco Aldana-Montes de la Universidad de Málaga.
(Véase la Pág. 120)

Anexo A .2: Artículos Publicados en Revistas y Congresos

1. *Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico* (Anexo A.2.2). (2015). Carlos Roberto Brys, José F. Aldana Montes y David Luis La Red Martínez. Proceedings of the 1st Argentine Symposium on Ontologies and their Applications co-located with 44 Jornadas Argentinas de Informática (44JAIIO). ISSN: 2451-7518 - Páginas 81-90.
(Véase la Pág. 121)
<https://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/saoa81-90.pdf>
2. *Knowledge Representation of Intelligent Public Services through a Semantic Model* (2015). (Anexo A.2.3). Carlos Roberto Brys, José F. Aldana Montes. 44 Jornadas Argentinas de Informática. Argentine Symposium on Artificial Intelligence ASAI 2015). ISSN 2451-7585 - Páginas 9-16.
(Véase la Pág. 131)
<http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/asai9-16.pdf>

3. *A semantic model for electronic government and its enforcement in the Province of Misiones, Argentina* (Anexo A.2.5). (2016). Carlos Roberto Brys, José F. Aldana Montes. *Electronic Government, an International Journal*. Inderscience Publishers. 2016 vol.12 n°4. ISSN Impreso: 1740-7494, ISSN en línea: 1740-7508. Páginas 337-356. DOI: 10.1504/EG.2016.080438
(Véase la Pág. 155)
<http://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=80438>

4. *LEGO: Linked Electronic Government Ontology* (Anexo A.2.6). Brys Carlos, Navas-Delgado Ismael, Aldana-Montes José Francisco, Roldán-García Mariña del Mar. *Journal of Information Science*, 2023. online. DOI: 10.1177/01655515231161562
(Véase la Pág. 176)
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/01655515231161562>

5. *Wildfire Risk Weighting and Behavior Prediction Using Open Geospatial Data and Ontologies* (Anexo A.2.7). Brys Carlos, Navas-Delgado Ismael, Aldana-Montes José Francisco. *Journal of Information Science*, 2023. online. DOI: 10.1177/
(Véase la Pág. 197)

Anexo A .2.1: Proyecto de Investigación: Gobierno Electrónico 3.0: Un Modelo para los Servicios Web Semánticos en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana. na.



Ministerio de Educación de la Nación
Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Económicas

"2011 – Año del Trabajo Decente, la Salud y Seguridad de los Trabajadores"

POSADAS, 27 de Junio de 2011

VISTO: El Proyecto de Investigación "Gobierno Electrónico 3.0: Un Modelo para los Servicios Web Semánticos en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana", y

CONSIDERANDO:

QUE el mencionado Proyecto tiene como objetivo reemplazar las consultas propias que ofrecen las guías de trámites por un buscador semántico que permita consultas en lenguaje natural de las bases de conocimiento;

QUE el mencionado Proyecto cuenta con dos evaluaciones positivas realizadas por Evaluadores externos;

QUE el Consejo Directivo en la Cuarta Sesión Ordinaria de fecha 22 de Junio de 2011, aprobó por unanimidad el Proyecto presentado;

POR ELLO

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES
R E S U E L V E**

ARTICULO 1°.- APROBAR el Proyecto de Investigación "**Gobierno Electrónico 3.0: Un Modelo para los Servicios Web Semánticos en el Contexto de la Administración Pública Latinoamericana**", que tiene dos evaluaciones positivas realizadas por Evaluadores Externos y cuenta con la participación, como Investigadores: Carlos Roberto BRYN, Claudia Elena ZUZANIUK, Guillermo Eduardo LLANO, Carlos Enrique LEÓN y Olga Myriam KURTZ, siendo su Director: José Francisco ALDANA MONTES.

ARTICULO 2°.- ESTABLECER que la memoria económica del Proyecto de Investigación aprobado en el Artículo precedente no genera obligación presupuestaria a la Facultad de Ciencias Económicas.

ARTICULO 3°.- REGÍSTRESE, Comuníquese, Notifíquese, y Cumplido, ARCHÍVESE.

baf

RESOLUCIÓN CD N° 053/11

Anexo A .2.2: Artículo: Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico.

SAOA 2015, 1º Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones.

Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico

Carlos Roberto Brys¹, José F. Aldana-Montes², David Luis La Red Martínez³

¹ Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Económicas,
Universidad Nacional de Misiones,
Av. Fernando Llamas Km 7.5, Campus UNaM.
N3304, Posadas, Misiones, Argentina
brys@fce.unam.edu.ar

² Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga,
Boulevard Louis Pasteur 35, Campus de Teatinos,
29071 Málaga, España
jfam@lcc.uma.es

³ Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
Universidad Nacional del Nordeste,
9 de Julio 1449
C3400, Corrientes, Argentina
lrm david@exa.unne.edu.ar

Resumen. La toma de decisiones muchas veces requiere información que debe suministrarse con el formato de datos enriquecidos. Atender apropiadamente estas nuevas exigencias hace necesario que las agencias gubernamentales orquesten grandes cantidades de información de diversas fuentes y formatos, para ser suministrados eficientemente a través de los dispositivos habitualmente utilizados por las personas, tales como computadoras, netbooks, tablets y smartphones.

Para superar estos problemas, se propone un modelo para la representación conceptual de las unidades de organización del Estado, vistos como entidades georeferenciadas del Gobierno Electrónico, basado en ontologías diseñadas bajo los principios de los Datos Abiertos Vinculados, lo que permite la extracción automática de información a través de las máquinas, que apoya al proceso de tomas de decisiones gubernamentales y da a los ciudadanos un acceso integral para encontrar y hacer trámites a través de las tecnologías móviles.

Palabras clave: Web de datos, Gobierno Electrónico, Administración Pública, Web Semántica, Datos Vinculados, Datos Abiertos del Gobierno, Extracción Automática de Datos

1 Introducción

La ventaja de expresar la estructura organizativa del Estado como una ontología gobierno electrónico, es que se puede construir un modelo de información que permita la exploración de datos en función de los elementos que representan las asociaciones entre los objetos, las propiedades de los elementos y formalmente describir la semántica de la clases y propiedades utilizadas en relación de dependencia, temporal y espacial; facilitando así que se pueda realizar un razonamiento automatizado, la búsqueda semántica y conceptual, y proporcionar servicios a los sistemas de apoyo a las decisiones.

El modelo presentado, incluye el diseño de una ontología para el Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones en Argentina, utilizando el Lenguaje de Ontologías Web (OWL)¹ como resultado de un proyecto de investigación en la Universidad Nacional de Misiones con el gobierno provincial.

2. Trabajos Relacionados

En 2004 el proyecto OntoGov desarrolló una plataforma semánticamente enriquecida con que aliviaría la composición coherente, la reconguración y evolución de los servicios de administración electrónica. El objetivo del proyecto OntoGov fue de crear una ontología genérica de alto nivel para el ciclo de vida de servicio de Gobierno Electrónico, que serviría de base para el diseño de ontologías de dominio de nivel inferior específicos a los servicios públicos; desarrollar una plataforma semánticamente enriquecida que permita a las administraciones públicas modelar la semántica y las formalidades de sus servicios de administración electrónica [16].

Al mismo tiempo, Vassilakis y Lepouras [17] propusieron una ontología para los servicios públicos del gobierno electrónico donde introdujeron una primera aproximación de la modelación de una ontología para el Gobierno Electrónico, sobre la base de la organización, la legislación, la responsabilidad administrativa y de servicios.

Con el fin de estructurar el campo de la administración electrónica, los términos y la vinculación de los proyectos a través del uso de las tecnologías semánticas, en el Instituto de Informática en la Empresa y Gobierno (IWV) en la Universidad de Linz,

¹ El Lenguaje de Ontologías Web (OWL) es una familia de lenguajes de representación del conocimiento, para publicar y compartir datos usando ontologías en la WWW.

SAOA 2015, 1º Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones.

se creó el proyecto del Portal Inteligente de Gobierno Electrónico. El resultado de este trabajo es una ontología de conocimiento y un mapa de gobierno electrónico [12].

Las "Ontologías para el eGovernment" (oeGOV), un proyecto desarrollado por TopQuadrant y dirigido por Ralph Hodgson, fue un trabajo pionero en la creación de una ontología para el gobierno electrónico [9]. El punto de partida del proyecto fue un modelado de las agencias de Estados Unidos y su estructura. Como resultado de la obra, se crearon y publicaron en el sitio web www.oegov.org una serie de ontologías fundacionales para el gobierno electrónico de Estados Unidos.

Para resolver los problemas de representación, Lacasta-Miguel [11] amplió un modelo de ontologías en tres niveles: una ontología de nivel superior que define los tipos de datos y las relaciones generales independientes del contexto. Una ontología de dominio donde los conceptos y relaciones reutilizables se definen en el contexto de los modelos administrativos de diferentes países; y una ontología de aplicación, donde están representados los tipos específicos de las unidades administrativas de cada país, junto con casos específicos de las unidades existentes.

Más enfocados en los servicios de gobierno electrónico, Hreño [10] y Ouchetto [13] plantearon el acceso, la recuperación y la integración de servicios utilizando ontologías. Considerando que la terminología relacionada con el campo de la administración electrónica es variada, proponen dividir la ontología en las sub-ontologías (ontologías sectoriales). Para resolver la complejidad de la modelización conceptual en escenarios complejos basados en la interoperabilidad semántica [2] proponen un método mediante el uso de ontologías de dominio y donde las fuentes de información son bases de datos, documentos legales y las personas.

3. Marco Teórico

Vamos a utilizar el término "Estado" como definición de un concepto político que se refiere a una forma de organización social y políticamente soberana, formada por un grupo de instituciones. Estas instituciones se estructuran funcionalmente en unidades administrativas, que son los elementos básicos de las estructuras organizativas. En general, la organización de un Estado se distingue por: Funciones, Instituciones y Autoridades. El alto grado de diversidad y especialización de las unidades administrativas demandan un modelo coherente para facilitar su gestión y simplificar el uso [11].

3.1. Datos Abiertos Vinculados del Gobierno (LGOD)

Tim Berners Lee esbozó un conjunto de normas para la publicación de datos en la Web, de forma que todos los datos publicados se convierten en parte de un espacio único de datos globales [1]. Estos son conocidos como los "Principios de los Datos Vinculados". Datos Vinculados (Linked Data) es un modelo estándar para el intercambio de datos en la web. Este término se utiliza para describir una práctica recomendada para exponer y compartir piezas de conexión de datos, información y conocimiento sobre la Web Semántica utilizando URI y RDF.

La utilización de las tecnologías semánticas es imprescindible para un Gobierno Electrónico con LGOD. Con LGOD, los ciudadanos pueden utilizar la web para vincular datos y utilizarlos aunque no estuvieran vinculados con anterioridad, generando aplicaciones acordes a sus necesidades [3].

3.2. Ubicación Espacial de los Datos: GeoDatos

Según [6], del 60% al 80% de las decisiones que afectan a los ciudadanos se relacionan con la información geográfica, la cual es cada vez más importante en aspectos vitales como el transporte, la energía, la agricultura, la protección del medio ambiente, la silvicultura, las regulaciones para el uso de la tierra, el desarrollo planificado, las TIC, la cultura, la educación, los seguros, la defensa nacional, la atención de la salud, la seguridad interna, la prevención de desastres, la defensa civil, y la provisión de servicios públicos.

LinkedGeoData² añade una dimensión espacial a la Web de Datos. Permite levantar datos de OpenStreetMap³ en la infraestructura de la Web Semántica, y los hace accesibles como una base de conocimiento RDF según los Principios de los Datos Vinculados. Esto simplifica las tareas de integración de información y de agregación que requieren un amplio conocimiento de fondo relacionado con el ámbito espacial [15].

4. Un Nuevo Modelo de Ontología de Gobierno Electrónico (OGE)

Según Gruber [7], las ontologías son una manera formal y explícita para definir una conceptualización para el intercambio de conocimientos. La idea fundamental

² LinkedGeoData <http://linkedgeodata.org/>

³ OpenStreetMap <http://www.openstreetmap.org/>

SAOA 2015, 1º Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones.

detrás de estas tecnologías es lograr que las computadoras puedan comprender por sí solas los datos, minimizando la participación humana en dicho proceso.

Con el fin de especificar la OGE para representar al Estado y su estructura organizativa partimos del modelo de tres capas propuesto por Guarino [8] y revisado por Lacasta-Miguel [11], y lo extendemos añadiendo una nueva capa de ontologías bajo los principios de los Datos Abiertos Vinculados, como se muestra en la Figura 1.

El modelo de ontología extendido tiene:

- Una ontología de alto nivel que define los conceptos de Estado, los Poderes, el marco legal, los conceptos básicos, tipos de datos y las relaciones generales, independiente del contexto.
- Una ontología de dominio que define la estructura organizativa y describe en detalle las unidades administrativas específicas, sus jerarquías, dependencias y relaciones.
- Otras ontologías externas y sus relaciones de vinculación a través de los Datos Abiertos Vinculados que enriquecen los datos de los individuos instanciados y provee la información geoespacial.
- Y varias ontologías de aplicación de los trámites, servicios, y sus instancias.

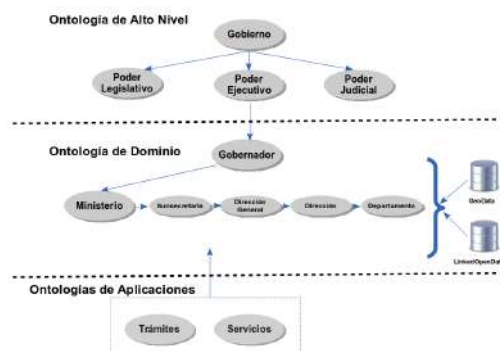


Fig. 1. Modelo de la Ontología de Gobierno Electrónico.

Para construir la OGE, utilizamos la metodología Methontology [4], [5], que fue creada en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Madrid. La razón de esta elección es el fuerte apoyo de herramientas de software, la independencia de la plataforma, es recomendada por la Fundación para Agentes

Físicos Inteligentes (FIPA) para el desarrollo de ontologías, ha sido probada en varios proyectos a gran escala y se ha aplicado con éxito en el desarrollo de ontologías para la gestión del conocimiento de gobierno abierto [14], [2].

Por lo tanto, siguiendo las pautas metodológicas de Methontology, para la especificación, se definió el alcance y la granularidad. Para el proceso de conceptualización, se relevó la estructura organizacional y las normas legales que la sustentan. Estos datos actualmente se registran en formularios de papel y organigramas. Los diferentes conceptos que se estudiaron fueron enumerados, a continuación, se agruparon por similitud y utilidad. Para el mapeo de los organigramas del árbol de la estructura administrativa utilizamos la aplicación CmapTools COE. Para la etapa de implementación, los organigramas representados en los mapas conceptuales fueron exportados al Lenguaje de Ontologías Web (OWL) y luego editadas usando el editor OWL Protégé de la Universidad de Standford para añadir las clases, atributos, relaciones y datos de geolocalización.

En el nivel superior, definimos las super clases relacionadas con conceptos generales, como Estado, el Gobierno, los Poderes, el marco legal y el territorio. Luego, para el nivel de dominio específico, definimos las clases de gobierno electrónico para la estructura administrativa y de los puestos, la gobernación y su estructura ministerial, la infraestructura (edificios), las oficinas de atención al público y los agentes. En esta etapa hemos modelado la organización administrativa de acuerdo con la recomendación de la W3C para ontologías de organización [18]. Esta ontología describe a la gobernación, la vicegobernación, 10 ministerios, 37 subsecretarías, 68 direcciones generales, 114 direcciones, y 326 departamentos.

Finalmente en el nivel de aplicación definimos las clases para los trámites y servicios para los ciudadanos. Para cada clase, buscamos sus instancias, las incorporamos a la ontología específica y las mapeamos con otras si fuera necesario.

Esta relación entre el Estado, el gobierno y sus divisiones se puede representar en lógica descriptiva con la propiedad *has*, el subgrupo, la cuantificación existencial y Símbolos de la unión de la siguiente manera:

Estado $\sqsubseteq \exists$ hasPower.(Ejecutivo \cup Legislativo \cup Judicial)
 Ejecutivo $\sqsubseteq \exists$ hasDivision. (Gobernador \cup (Ministerio $\cup \dots \cup$ Ministerio)
 Ministerio \sqsubseteq Subsecretarías \sqsubseteq Direcciones Generales \sqsubseteq Direcciones \sqsubseteq Departamentos

Además de la organización administrativa, se necesitan representar a los otros elementos del Estado. Para ello, desarrollamos las ontologías que describen el marco jurídico, el territorio (para lugares geolocalizados), la infraestructura (para oficinas administrativas) y la estructura de los puestos administrativos (las personas).

4.1. Mapeo de Ontologías

Un modelo de ontología taxonómica no puede representar satisfactoriamente la complejidad del Estado, entonces es necesario ampliar el dominio de la OGE vinculándola con otras fuentes de información externa y abierta. Para esto, son reutilizadas otras ontologías por ejemplo OSMonto: una ontología de las etiquetas de OpenStreetMap, donde cada organización administrativa individual en la OGE está representada en OpenStreetMap por un “nodo” o una “via”. Estos nodos tienen las “etiquetas” de nidas en la ontología OSMonto que coinciden con algunos atributos de los individuos en la ontología OGE. También relacionamos la OGE con otras fuentes de datos como FOAF, DBpedia, GeoNames y LinkedGeoData, como se muestra en la Figura 2.

En un primer paso, nos enfocamos sólo en las o cinas administrativas que están abiertas al público y ofrecen un servicio del gobierno. Cada individuo está vinculado a su nodo geolocalizado en OpenStreetMap, y GeoNames. Esto permite la integración con un amplio espectro de fuentes de datos abiertos locales y externas.

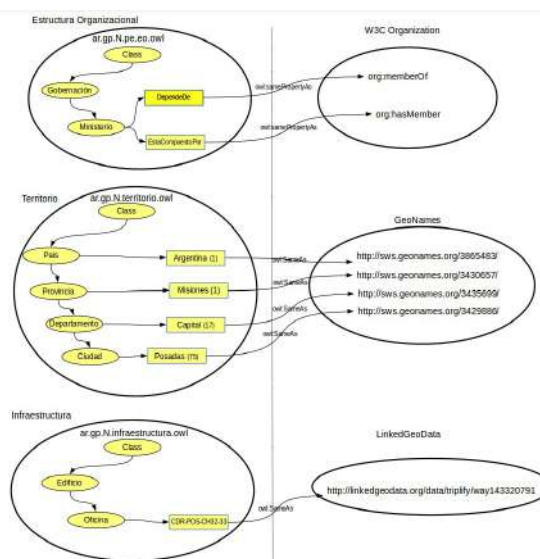


Fig. 2. Mapeo entre de la Ontología de Gobierno Electrónico y Datos Abiertos Vinculados.

Como un caso de uso, planteamos una situación donde un ciudadano desea obtener un nuevo DNI. La consulta a la ontología se puede representar en un grafo, tal como se muestra la Figura 3, que representa gráficamente un ejemplo de las instancias interrelacionadas de "Nuevo_DNI" y "Posadas".

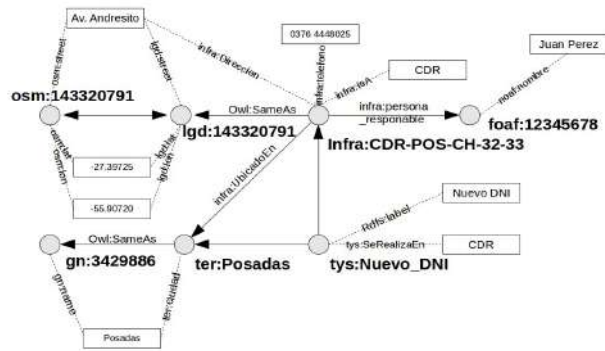


Fig. 3. Instancias enlazadas para Nuevo_DNI y Posadas.

Definiciones: V es un conjunto de vértices que son las etiquetas de los conjuntos de datos que tienen las instancias *SameAs* enlazados, $E \subseteq V \times V$ es un conjunto de aristas *sameAs*, e I es un conjunto de URIs de las instancias *sameAs* interrelacionadas.

$$GDNI = (V, E, I), \text{ donde}$$

$$V = \{S, T, O, L, I, G, F\},$$

$$E = \{(S, T), (S, I), (I, F), (I, L), (L, O), (T, G)\},$$

$$I = \{TYS:Nuevo_DNI, ter:Posadas, osm:143320791, lgd:143320791, infra:CDR-POS-CH-32-33, gn:3429886, foaf:12345678\}.$$

S, T, O, L, I, G y F representan las etiquetas de los conjuntos de datos de Trámites y Servicios, Territorio, OSM, LinkedGeoData, Infraestructura, GeoNames y Personas respectivamente.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

Hemos propuesto un enfoque original que replantea la forma en que la literatura existente de ne la forma de la prestación de servicios públicos, en los que los

SAOA 2015, 1º Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones.

ciudadanos tienen que saber dónde y cómo hacer sus trámites. Con este modelo, los servicios públicos son los que encuentran a los ciudadanos y lo entregan dondequiera que ellos estén, en sus propios dispositivos móviles.

También llegamos a la conclusión de que el actual modelo es adecuado como un marco de apoyo para la integración y la interoperabilidad de los servicios públicos prestados por las oficinas de administración distribuidas geográficamente.

En conclusión, el modelo propuesto es un paso exitoso en la evolución del gobierno electrónico a un nivel semántico, contribuye a la integración e interoperabilidad de los procesos que van más allá de las fronteras geográficas y los estados administrativos, y alcanzar la meta más importante del gobierno electrónico: prestar servicios más eficientes para los ciudadanos, ahorrando su tiempo y dinero.

Referencias

1. Berners-Lee T. (2006). Linked Data. <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
2. Brusa, G., Calusco, M. L., & Chiotti, O. (2013). Gestión del Conocimiento en el Gobierno Abierto: Ontologías de Dominio. In JAIIO (Ed.), 42 Jorandas Argentinas de Informática. 7mo Simposio Argentino De Informatica En El Estado (pp. 8–22). Córdoba. Retrieved from <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/SIE/12.pdf>
3. EGW3C (2008) eGovernment at W3C. Use Case: Open Government: Linked Open Data. http://www.w3.org/egov/wiki/Use_Case_8_-_Linked_Open_Government
4. Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., Juristo, N. (1997): Methontology: from ontological art towards ontological engineering. In Proc. Symposium on Ontological Engineering of AAAI. (33-40)
5. Gómez-Pérez A., Fernández-López M., Corcho O., (2004). Ontological Engineering, Editorial: Springer Verlag GmH & Co. ISBN: 1-85233-551-3
6. GPSC The Geoportal of the Swiss Confederation. (2011) <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/en/home.htm>
7. Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition 199–220.
8. Guarino N. (1998). Formal Ontologies and Information Systems. Proceedings of FOIS'98, 3-15. Trento, Italy
9. Hodgson R., Allemang D., (2006), Semantic Technology For e-Government, Semantic Web and Beyond Volume 3, 2006, pp 283-303, Springer US, ISBN 978-0-387-30239-3.
10. Hreňo, J., Bednár, P., Furdík, K., & Sabol, T. (2011). Integration of government services using semantic technologies. Journal of Theoretical and ..., 6(1), 143–154. doi:10.4067/S0718-18762011000100010

SAOA 2015, 1º Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones.

11. Lacasta-Miguel, J., López-Pellicer, F.J., Floristán-Jusúe, J., Noguera-Iso, J., Zarazaga-Soria, F.J. (2006): Unidades administrativas, una perspectiva ontológica. Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales. Treballs d'informàtica i tecnologia. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I de Castellón. (85-94). ISBN 84-8021-590-9.
12. Orthofer G. and Wimmer M., (2006), An Ontology for eGovernment: Linking the Scientific Model with Concrete Projects, Semantic Web Meets eGovernment, Papers from the 2006 AAAI Spring Symposium: Semantic Web Meets eGovernment, pp. 96-98.
13. Ouchetto, H., Ouchetto, O., & Roudiès, O. (2012). Ontology-oriented e-gov services retrieval. IJCSI International Journal of Computer Science, 9, 99-107.
14. Sabucedo L., Rifon L., (2006) Semantic Service Oriented Architectures for eGovernment Platforms. American Association for Artificial Intelligence. AAAI In Proc. 2006 AAAI Spring Symposium.
15. Stadler C., Lehmann J., Höner K., Auer S., (2011) LinkedGeoData: A Core for a Web of Spatial Open Data. Semantic Web -Interoperability, Usability, Applicability an IOS Press Journal, 1570-0844/0-1900
16. Tambouris E., Gorilas S., Kavadias G., Apostolou D., Abecker A., Stojanovic L., Mentzas G., (2004), Ontology-enabled E-government Service Construction-the OntoGov Approach. Springer Berlin Heidelberg. Knowledge Management in Electronic Government. Lecture Notes in Computer Science Volume 3035, 2004, pp 122-127.
17. Vassilakis, C., & Lepouras, G. (2006). Ontology for e-Government Public Services. Encyclopedia of E-Commerce, E-Government, and Mobile Commerce (pp. 865-870).
18. (W3C) The World Wide Web Consortium (2013). Recommendation for "The Organization Ontology". Available at <http://www.w3.org/TR/vocab-org/>

Anexo A .2.3: Artículo: Knowledge Representation of Intelligent Public Services through a Semantic Model.

Knowledge Representation of Intelligent Public Services through a Semantic Model

Carlos Roberto Brys¹, José F. Aldana-Montes²

¹ Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Económicas,
Universidad Nacional de Misiones,
Av. Fernando Llamosas Km 7,5. Campus UNaM.
N3304. Posadas. Misiones. Argentina
brys@fce.unam.edu.ar

² Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga,
Boulevard Louis Pasteur 35. Campus de Teatinos.
29071 Málaga, España
jfam@lcc.uma.es

Abstract. Today citizens make intensive use of mobile communication technology, and they demand to public services providers for complex and sophisticated information. To meet these demands, the governments' services agencies must orchestrate a lot of information from various sources and formats, and deliver them in the data terminals that people commonly use: computers, net-books, tablets and smart-phones.

To overcome these problems, we propose a deductible model for conceptual representation of the organizational units of the State and his services, based on ontologies designed under the Linked Open Data principles. This model allows automatic extraction of information through machines, that support governmental decision-making processes and giving to citizens a comprehensive access to and make formalities through intelligent agents.

Keywords: Web of Data, Public Administration, Semantic Web, Linked Data, Government Data, Automatic Data Extraction.

1. Introduction

Nowadays, information systems have to feed on a variety of data sources in real time, so that the process of decision-making is the most efficient and successful. The information is distributed over a wide geographical area, provided by many different sources and in different formats. To get the best possible information that supports the

decision-making process, governments should find, extract, and process data using automatic machine data extraction, and present information in data terminals that users often use.

To ensure the quality and integrity of the information that governments need to find, filter and process, it is necessary the use of standards that define in detail the data entities and their relationships with others, to enrich their meaning. To make this possible, administrative agencies and the information needed for decision-making, can be represented using ontologies at different levels, and these can be linked to heterogeneous sources through Linked Data. Then the data resources can be incrementally obtained by following the Uniform Resource Identifiers of resources via the HTTP protocol [6].

Recent work in Artificial Intelligence is exploring the use of formal ontologies as a way to specify content-specific agreements for the sharing and reuse of knowledge between software entities. The use of ontologies and Linked Open Data in strategic areas of the State such as education, health and security will substantially improve the decision-making process. This will impact and transform the way the State manages its data, and will offer society itself to propose and solve problems accessing, processing, mixing and relating the Linked Open Data to create innovative solutions. [4].

Knowledge is information about a domain that can be used to solve problems in that domain and to solve these problems this knowledge must be represented in the computer. This representation must be rich to enough express the knowledge to solve the problem closest to the problem; should be compact, natural and easy to maintain. [10].

Ontologies are important for the artificial intelligence and cognitive computing. They are a description of declarative knowledge in the form of classes and the relation between them. In the literature are defined as, "a formal and explicit way to define a conceptualization about knowledge sharing" [3]. The underlying idea behind these technologies is to make computers capable of understanding the data with little or no human intervention.

An ontology allows machines and information systems to understand concepts and domains through a common vocabulary that represents the relationships between them. The structure of ontologies represents knowledge about the world and specific domain knowledge and allows systems to reason as the human mind does through the interplay of data elements within a system of categories.

The advantage of expressing the State organizational structure as an ontology, is that it can build an information model that allows data exploration in terms of the elements that represent the associations between the objects, the properties of elements and formally describe the semantics of the classes and properties used in dependency

relationship, temporal and spatial; thus enabling machines to carry out automated reasoning, semantic and conceptual search, and provide services to decision support systems. The Semantic Web is a way to allow the knowledge distributed on the World Wide Web is interpretable by machines.

The paper is organized as follow. Section 2 introduces the theoretical framework, defines the State and their organization, defines what is Linked Data, geospatial data and their application. Section 3 outlines the semantic model that we propose, the selected language for implement it and how we represent the State political organization. Section 4 presents an sample of use case and how to extract information through the SPARQL language. Finally in Section 5 we present the conclusions and future work.

2. Theoretical Framework

We will use the term “State” as a definition of a political concept that refers to a form of social organization and political sovereignty, formed by a group of institutions. These institutions are structured functionally into administrative units, which are the basic elements of organizational structures. Generally, the organization of a State can be distinguished by: Functions, Institutions and Authorities.

2.1. Linked Government Open Data (LGOD) and Spatial Data

Tim Berners Lee [1] outlined a set of rules for publishing data on the Web in a way that all published data becomes part of a single global data space. These have become known as the “Linked Data principles”. Later, in 2010 he suggested a 5 Star Linked Open Data Rating Scheme specially for government data owners, to deploy Linked Open Data:

Linked Data is a standard model for data interchange on the web. This term is used to describe a recommended best practice for exposing, sharing, and connecting pieces of data, information, and knowledge on the Semantic Web using URIs and RDF. It should not be assumed that they are only datasets. It is a common understanding today that Open Data is simply “data on the web”, whereas Linked Data is a “web of data”. Linked Data is part of the Semantic Web movement which seeks to standardize data formats and create meaningful data and data relationships on the web. Linked Government Open Data is a useful tool to retrieve knowledge from diverse domains such as ontologies, governmental information, geospatial data, publications, and so on. [7].

According to the Geographical Information Platform of the Swiss Confederation [2], 60% to 80% of all decisions affecting citizens are linked to geographical information. Geographical information is becoming even more important in all aspects of life on issues such as transport, energy, protection of environment, agriculture and forestry, development planning, land regulations, information technology and telecommunications, education and culture, insurance, health provision, national defense, internal security, civil defense and disaster prevention, utility supplies and waste disposal. In this sense, GeoNames provides locality datasets that serve as a hub for other datasets that have a geographic component.

GeoNames is a geographical database containing open licensed linked data of about 10 million locations and geographical names. These datasets are linked to the OpenStreetMap project data. OpenStreetMap is a collaborative project to create a free and editable map, that provides information on over 350 million geospatial features and describes some 25 million km. of routes and streets. Whenever possible, the places GeoNames are linked to corresponding locations on DBpedia, ensuring that there are a number of interrelated data on geographic locations.

LinkedGeoData adds a spatial dimension to the Web of Data. It permits lifting OpenStreetMap data into the Semantic Web infrastructure, and makes it available as an RDF knowledge base according to the Linked Data principles. This simplifies information integration and aggregation tasks that require comprehensive background knowledge related to spatial features [12].

3. A Semantic Model for Public Administration

The administrative units of government are not a stable collection of instances. Their diversity and their evolutionary nature, need a model that eases and simplifies management use. To obtain quality, speed, opportunity and confidence in public services, the customers (citizens and businesses) should be able to find through intelligent agents the services they need and receive all the information clearly and concisely. The tool they will use will be a semantic searcher that will find this information collected and described in a semantic model.

From the perspective of an ontological model, we can represent public administration as a large virtual organization. Evolving capabilities of IT, the semantic web and the artificial intelligence allows the development of virtual organizations that exploit the capabilities of these new technologies. [9].

We follow the strategy for data integration proposed by Salmen [11], looking for the semantic improvement. The strategy can be applied incrementally; creates mini-

mal barriers to the incorporation of new data in the semantic system; preserves existing data in its original form, and covers the entire range of data sources, types, models and their modalities.

In order to specify the ontology to represent semantically the State, his organizational structure and the inherent knowledge we start from the three-layer model proposed by Guarino [5] and reviewed by Lacasta-Miguel [8], and we extend it by adding a new layer of Linked Open Data ontologies.

The extended ontology model have:

- A high-level ontology which defines the concepts of the State, the Powers, the legal framework, the basic concepts, types of data and general relations, independent of context.
- Other external ontologies and their linkage relationships through the Linked Open Data which enrich the instanced individual's data and gives the geospatial information.
- And various application ontologies of formalities and services, and their instances.

For express the ontology in a machine readable language we use the Ontology Web Language (OWL) through which we add classes, attributes, relations and geolocation data. We choose OWL because is the proposed standard for Web ontologies. Formal semantics and reasoning support is provided through the mapping of OWL on logics. OWL builds upon RDF and RDF Schema and has the same kind of RDF's XML syntax, and extends RDF/RDFS by providing additional vocabulary along with a formal semantics. Also allow to describe the semantics of knowledge in a machine-readable way. The RDF has emerged as the main data model for representing information about the resources available in the Web. For querying the RDF-based knowledge bases we use the SPARQL language. [13].

In order to model a general ontology compatible with the political organization of different countries, we will use the basic jurisdictional domains: "State", "Division", "Organization" and "Sub-organizations" as defined in ISO/IEC 15944-5:2008. "State" is an entity with its own legal nature which may be national in scope (country), or sub-national (province). The "Divisions" are different partitions of higher level organizations (ministries) which are turned into smaller entities: under secretariats, general directions, directions, and departments which are the basic division entities. [8].

A domain ontology which defines the organizational structure and describes in detail the specific administrative units, their hierarchies, dependences and relations.

This relationship between the State, government and its divisions can be represented in Description Logic with a *has* property, the subset, existential quantification, and union symbols as follows:

State $\subseteq \exists$ hasPowers.(ExecutivePower \cup LegislativePower \cup JudiciaryPower)
 ExecutivePower $\subseteq \exists$ hasDivision.(Governor \cup (Ministry, U...U Ministry)
 Ministry \subseteq Undersecretariats \subseteq General Directions \subseteq Directions \subseteq Departments

We are not completely aligning ontologies with existing ones because for our model it is very difficult or unnecessary to pursue the creation of a single global ontology, but instead we are building the ontology of e-government from the perspective of citizen's services and Linked Data. In this sense we want to answer the questions of competence populating the ontology with mapping to other ontologies and data sets. Then we want to align only some classes and instances that address the questions of competence. For that, we only consider one-to-one mappings between single entities and instances in different ontologies and we do not consider inverse functional properties.

4. Application Scenario

In a sample of use case, we consider a service where a citizen requires to update his ID card. The citizen must go to the nearest documentation center to begin the formality. For that, the citizen provides his location and the formality ID: (Posadas, Nuevo_DNI). As shown in Fig. 1, we graph an example of the interlinked semantic instances of "Nuevo_DNI" and "Posadas".

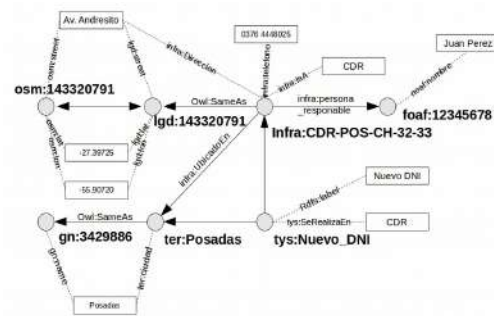


Fig 1. A semantic network of interlinked instances allowing inheritance

De nitons: V is a set of vertices that are the labels of data sets having the linked SameAs instances, $E \subseteq V \times V$ is a set of sameAs edges, and I is a set of URIs of the interlinked SameAs Instances.

GDNI = (V , E , I), where:

$V = \{S, T, O, L, I, G, F\}$,

$E = \{(S,T), (S,I), (I,F), (I,L), (L,O), (T,G)\}$,

$I = \{tys:Nuevo_DNI, ter:Posadas, osm:143320791, Igd:143320791,$

$infra:CDR-POS-CH-32-33, gn:3429886, foaf:12345678\}$.

S, T, O, L, I, G and F represents the labels of data sets Formalities and Services, Territory, OSM, LinkedGeoData, Infrastructure, GeoNames and Personnel respectively.

Through the SPARQL language we query the information explicitly represented within the ontology. The implicit triples are the ones that may be inferred from the rules that characterize each interpretation. The query obtains the list of documentation centers in Posadas where doing the formality, informs who is the responsible person, attention hours, costs, and so on.

```
PREFIX ter: <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ar.gp.N.territorio.owl#>
PREFIX tys: <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.tys.owl#>
PREFIX infra: <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.infraestructura.owl#>
SELECT *
WHERE {
  ?Tramite tys:identificador "Nuevo_DNI" .
  ?Tramite tys:seRealizaEn ?TipoLugar .
  ?Lugar rdf:type ?TipoLugar .
  ?Lugar infra:localidad ter:Posadas .
  ?Lugar infra:domicilio ?domicilio .
  ?Lugar infra:telefono ?telefono .
}
```

(SPARQL code for query the ontology with user requirements)

5. Conclusions and Future Work

We have proposed an original approach that shifts the way in which the existing literature represents the knowledge inherent of public administrations. With this model, the information of public services are those that find the citizen and bring it wherever they are, through intelligent agents. By applying the proposed experimental model, we demonstrated that an ontology of geolocated public services could be used to integrate different government services distributed geographically that are relevant to citizens.

We currently have available tools to use SPARQL queries from native applications for smartphones. Applications such as *MIT App Inventor*, an open source web application which allows that SPARQL and RDF can be used as part of a mobile application.

With this tool we aim to develop mobile applications that use intelligent agents to extract the knowledge from the ontology and bring the public service to citizens.

References

1. Berners-Lee T. (2006). Linked Data.
<http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
2. GPSC The Geoportal of the Swiss Confederation. (2011)
<http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/en/home.html>
3. Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition* 199–220.
4. Gruber, T. (1995) Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*. Volume 43, Issues 5–6, Pp 907–928. DOI:10.1006/ijhc.1995.1081.
5. Guarino N. (1998). Formal Ontologies and Information Systems. Proceedings of FOIS'98, 3-15. Trento, Italy
6. Heath T., Bizer C., (2011). *Linked Data, Evolving the Web into a Global Data Space, Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology*, ISBN: 9781608454303
7. Jain, P., Hitzler, P., Sheth, A. P., Verma, K., & Yeh, P. Z. (2010). Ontology Alignment for Linked Open Data. (P. F. Patel-Schneider, Y. Pan, P. Hitzler, P. Mika, L. Zhang, J. Z. Pan, I. Horrocks, et al., Eds.) *Information Retrieval*, 6496(November), 402-417. Springer.
8. Lacasta-Miguel, J., López-Pellicer, F.J., Floristán-Jusué, J., Nogueras-Iso, J., Zarazaga-Soria, F.J.(2006): Unidades administrativas, una perspectiva ontológica. *Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales. Treballs d'informàtica i tecnologia*. Castelló de la Plana: Universidad Jaime I de Castellón. (85-94). ISBN 84-8021-590-9.
9. O'Leary, D. Kuokka, D. Plant, R. (1997). Artificial intelligence and virtual organizations. *Communications of the ACM CACM Homepage archive*. Volume 40 Issue 1, Jan. Pp. 52-59.
10. Poole, D. Mackworth A.(2010). *Artificial Intelligence. Fundation of Computational Agents*. Cambridge University Press. ISBN: 9780521519007
11. Salmen, D. et al.(2011). Integration of Intelligence Data through Semantic Enhancement. *Proceedings of the Conference on Semantic Technology in Intelligence, Defense and Security (STIDS)*, George Mason University, Fairfax, VA, November 16-17, , CEUR, Vol. 808, 6-13.
12. Stadler C., Lehmann J., Höner K., Auer S., (2011) *LinkedGeoData: A Core for a Web of Spatial Open Data*. *Semantic Web -Interoperability, Usability, Applicability an IOS Press Journal*, 1570-0844/0-1900
13. Trigo, P. Coelho H. (2009) *Agent Inferencing Meets the Semantic Web*. In *Book Progress in Artificial Intelligence. Lecture Notes in Computer Science*. DOI 10.1007/978-3-642-04686-5_41. Pp 497-507.

Anexo A .2.4: Artículo: Gobierno Electrónico 3.0: Aplicaciones de la Web Semántica a la Administración Pública.

“Gobierno Electrónico 3.0” Aplicaciones de la Web Semántica a la Administración Pública

Carlos Roberto Brys ^a,

^a*Dirección de Modernización de la Gestión y Gobierno Electrónico. Gobierno de las Provincia de Misiones
Sarmiento 1867, piso 2, N3300HUM, Posadas, Misiones, Argentina
e-mail: brys@misiones.gov.ar*

José Francisco Aldana Montes ^b

^b*Departamento de Lenguajes y Ciencias de las Computación. Universidad de Málaga
Boulevard Louis Pasteur 35. Campus de Teatinos. 29071 Málaga., España
e-mail: jfam@lcc.uma.es*

Resumen

Las demandas de los ciudadanos hacia los proveedores de los servicios públicos son cada vez más sofisticadas y complejas. En la actualidad, los ciudadanos ya no se conforman con la recepción de sólo los datos que cumplen con su requerimiento, sino que esperan recibir información enriquecida que les permitan analizar las diferentes alternativas antes de tomar una decisión.

Para satisfacer estas demandas, las agencias de servicios de los gobiernos deben orquestar una gran cantidad de información de diversas fuentes y formatos, y presentarlas en las terminales de datos que usuarios suelen utilizar: computadoras, netbooks, teléfonos inteligentes, etc.

Para lograr esta orquestación de los servicios públicos, los gobiernos necesitan una plataforma que proporcione accesibilidad, interoperabilidad y compatibilidad de los datos y servicios basados en la web.

En este trabajo se presenta como proyecto un modelo de integración de servicios de gobierno electrónico en una base semántica, diseñado dentro de un proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Misiones y la Universidad de Málaga, para aplicarlo en el ámbito del Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones.

Keywords: Gobierno Electrónico, Gobierno Abierto, Datos Vinculados, Ontologías, Web Semántica.

1. Introducción

Gobierno Electrónico 2.0

Si uno analiza cómo ha evolucionado la Internet, podemos ver que la web se ha convertido en interactiva y centrada en la participación del usuario, en un concepto introducido por O'Reilly (2005) llamado *Web 2.0*, y donde las conexiones son cada vez más móviles e inalámbricas. En la sociedad de la información, las personas con capacidad de participar en la toma de decisiones se han vuelto más participativas, están mejor informadas, son más analíticas, menos sumisas y son mucho más exigentes en cuanto a su administraciones políticas. (Kurtz, 2005).

El Gobierno Electrónico 2.0 es en muchos aspectos, un descendiente conceptual de la Web 2.0. No es sólo una plataforma de computación, sino una nueva forma de dirigir las actividades del gobierno. El Gobierno Electrónico 2.0 apunta a que la interactividad de Internet sea mediada por la Web 2.0 y la colaboración. La plataforma de TIC es fundamental, pero el éxito de Gobierno Electrónico 2.0 depende de los elementos críticos más allá de las TIC: depende de las personas, las políticas y procedimientos, y sobre los enfoques de la Web 2.0 para: mejorar la prestación de servicios, la elaboración de políticas, transformar los procedimientos y optimizar el rendimiento, habilitar nuevos servicios, etc. (Grimes, 2009).

Gobierno Abierto, Datos Abiertos

Un Gobierno Abierto (Open Government, o-Gov) es la doctrina que sostiene que los temas que rigen la actividad de la administración pública y el Estado deben ser abiertos en todos los niveles a la supervisión y al escrutinio público efectivo. Se basa en la premisa de que todos los datos que produce el gobierno son públicos.

Según Calderón (2010), el Gobierno Abierto es la forma de relación entre la administración pública y los ciudadanos que se caracteriza por el establecimiento de canales de comunicación y el contacto directo entre ellos. Un Gobierno Abierto es el que se involucra en una conversación constante con los ciudadanos para preguntar y escuchar lo que ellos dicen y en consecuencia tomar decisiones sobre la base de sus necesidades y preferencias, lo que facilita la cooperación de los ciudadanos y funcionarios en el desarrollo de la prestación de servicios; además de comunicar todo lo que la administración pública decide y hace de forma abierta y transparente. En este contexto, el Gobierno Abierto se sustenta en tres pilares básicos e interdependientes: la transparencia, la colaboración y la participación.

¿Qué son los Datos Abiertos del Gobierno?

Los Datos Abiertos del Gobierno son los conjuntos de datos de interés público que libera y publica el gobierno. Su uso se debe dar sin restricciones, con el derecho de volver a compartirlos y reutilizarlos sin previo aviso.

Datos Abiertos del Gobierno es una filosofía y práctica acerca de cómo obtener acceso a la información que posee el gobierno, que cualquiera puede utilizar para cualquier

propósito. Para calificar a los datos del gobierno como "abierto", se deben cumplir con algunos principios como ser: Los datos deben estar completos, ser primarios, estar actualizados, ser procesables por máquinas, ser susceptibles de tratamiento, no ser discriminatorios, no ser propietarios, estar libres de licencias, no estar sujetos a derechos de autor, patentes, marcas comerciales o regulación de secretos comerciales (OGWK, 2007).

Datos Abiertos Vinculados del Gobierno Abierto

Un gobierno electrónico con datos abiertos vinculados implica el uso de tecnologías semánticas para crear un nuevo nivel de transparencia y participación de los ciudadanos en los asuntos del gobierno, por lo que los datos del gobierno deben estar disponibles en formatos universalmente accesibles como URI ¹ y RDF ². Con los datos abiertos vinculados, los ciudadanos utilizan la web para conectar y utilizar los datos relacionados que no estaban vinculados con anterioridad, creando nuevas aplicaciones para sus propias necesidades (EGW3C, 2008).

Tim Berners-Lee sugirió un esquema de 5 estrellas para categorizar como abiertos a los datos que posee el gobierno (Berners-Lee, 2010). Para implementar una estrategia de Datos Abiertos Vinculados en el Gobierno, éstos deben cumplir con las siguientes condiciones:

- (*) Los datos deben estar disponibles en la web (en cualquier formato), pero con una licencia abierta.
- (**) Los datos deben estar disponibles como datos estructurados legibles por una máquina.
- (***) como (2 **), pero además deben estar almacenados en un formato no propietario.
- (****) Todos los estándares abiertos indicados más arriba, y la utilización de URLs para identificar las cosas, para que las personas puedan referenciar los datos.
- (*****) Todo lo anterior, más: vincular los datos a los datos de otras personas para proporcionar un contexto.

En este proyecto vamos a utilizar exclusivamente Software Libre y se buscará cumplir el esquema de cinco estrellas para la publicación de los datos.

Poniendo los Datos en el Espacio: Datos Geográficos e Información Geográfica

De acuerdo con la Plataforma de Información Geográfica de la Confederación Suiza (GPSW, 2011), del 60% a 80% de todas las decisiones que afectan a los ciudadanos están vinculados de alguna manera a la información geográfica. La información geográfica es cada vez más importante en todos los aspectos de la vida en temas como el transporte, la energía, la protección del medio ambiente, la agricultura y la silvicultura, la planificación del desarrollo, el ordenamiento territorial, las TIC, la educación y la cultura, los seguros, la atención sanitaria, la defensa nacional, la seguridad interior, la protección

¹ URI: Es una cadena corta de caracteres que identifica inequívocamente un recurso (servicio, página, documento, dirección de correo electrónico, enciclopedia, etc.). Normalmente estos recursos son accesibles en una red o sistema.

² RDF: Resource Description Framework es un marco para representar la información en la Web.

civil y prevención de desastres, los provisión de servicios públicos y eliminación de residuos, entre otros.

2. Situación-Problema u Oportunidad:

En la actualidad, cuando los ciudadanos necesitan encontrar e informarse acerca de los trámites que ofrecen las administraciones públicas, las herramientas informáticas de búsqueda no tienen la capacidad de responder adecuadamente a consultas tales como: "¿Cómo puedo obtener mi pasaporte?", "Quiero iniciar un negocio: ¿Qué procedimientos debo hacer?", "¿Cómo puedo obtener mi licencia de conducir?". Las respuestas que ofrecen los motores de búsqueda a estas preguntas, serán abundantes, pero muchas veces irrelevantes y descontextualizadas.

La propuesta que ofrece la bibliografía para abordar este problema, es enriquecer los datos disponibles en la web agregándoles metadatos para describir el contenido, el significado y la relación de los datos, de una manera formal, para que las máquinas sean capaces de evaluarlos automáticamente. Esta idea fue introducida por Tim Berners-Lee en un concepto que hoy se conoce como la "Web Semántica".

Pero los ejemplos que hallamos disponibles para explicar la funcionalidad de la Web Semántica, se refieren a los resultados de las consultas pertinentes a los motores de búsqueda, tales como: "Hoteles en Buenos Aires", "Viajar de Nueva York a Madrid". Si bien los resultados obtenidos sirven para explicar el razonamiento semántico, en la práctica la poca disponibilidad de datos semánticos, hacen que muy pocas personas encuentren de utilidad los resultados de esas búsquedas.

Para superar estos problemas, nos proponemos formular un nuevo modelo de servicios de la administración pública, sostenida por una arquitectura de Servicios Web Semánticos, fundada en una Ontología ³ de Gobierno Electrónico, una Ontología de los Servicios Públicos y unas base de datos abiertas y geolocalizadas, dando a los ciudadanos un acceso completo para encontrar y hacer trámites a través de tecnologías que prefieran.

3. Solución:

La solución que proponemos para orquestar la diversidad de servicios públicos electrónicos tiene la forma de un Nuevo Modelo de Servicios de la Administración Pública, sostenido por una arquitectura de Servicios Web Semánticos, fundado en una Ontología de Gobierno Electrónico, una Ontología de los Servicios públicos y bases de datos abiertas geolocalizadas, ofreciendo a los ciudadanos un acceso completo a datos enriquecidos para identificar, encontrar, decidir y realizar trámites a través de las tecnologías que ellos prefieran.

³ Según Gruber, una ontología es una manera formal y explícita para definir una conceptualización para compartir conocimientos.

Modelado de la Ontología

Según la literatura disponible, las ontologías son: “una manera formal y explícita para definir una conceptualización para compartir conocimientos”(Gruber, 1993). La idea que subyace detrás de estas tecnologías es hacer que las computadoras sean capaces de comprender los datos con poca o ninguna intervención humana.

Para modelar y construir la ontología, utilizamos la metodología *Methontology* (Fernández-López et al., 1997), que fue creada en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Madrid. La razón de esta elección fue la existencia de un buen soporte de herramientas de software tales como *Protégé*⁴, *OWL*⁵ y *SPARQL*⁶, independientes de las plataformas, además es recomendada por la FIPA⁷ para el desarrollo de ontologías, y ha sido probada en varios proyectos a gran escala. (Sabucedo et al., 2006) *Methontology* incluye la identificación del proceso de desarrollo de la ontología (calendario, control, aseguramiento de la calidad, adquisición del conocimientos), un ciclo de vida basado en el desarrollo de prototipos, para lo cual sigue los pasos definidos en el estándar IEEE 1074, desarrollo de software (Corcho, 2003). Su implementación se realiza en las siguientes etapas:

- *Especificación*: Definir el alcance y la granularidad de la ontología.
- *Conceptualización*: Permite organizar y estructurar los conocimientos adquiridos a partir de tablas, UML, jerarquías, etc.
- *Aplicación*: Representa la formalización de la ontología, por ejemplo, pasar a la conceptualización de la ontología a lenguajes como RDF, OWL, etc
- *Evaluación*: Comprobar el funcionamiento de la ontología.

Una Ontología para el Gobierno Electrónico

Desde el punto de vista del gobierno electrónico, se debe prestar especial atención a la semántica aplicada a la descripción de los servicios, ya que la semántica nos permitirá definir e invocar su reutilización en diferentes plataformas (Sabucedo, 2006). El propósito de la Administración Pública es satisfacer de los intereses colectivos, y como parte del Estado, promover de la buena prestación de servicios a la comunidad, satisfacer las demandas y expectativas, cumpliendo con la premisa de dar calidad, rapidez, oportunidad y confianza. Para lograr estos objetivos, los clientes (ciudadanos y empresas) deben ser capaces de encontrar semánticamente los servicios que necesitan y recibir toda la información en forma clara y concisa. La herramienta que se utilizará será un buscador semántico que se encuentra esta información recopilada y descrita en una ontología específica: La Ontología para el gobierno electrónico. Desde la perspectiva de los usuarios/clientes de los servicios públicos, la ontología debe responder al menos las

⁴ Protégé es un editor semántico y un sistema de adquisición de conocimiento.

⁵ OWL es el acrónimo del inglés Ontology Web Language, un lenguaje de marcado para publicar y compartir datos usando ontologías en la web.

⁶ SPARQL es un acrónimo recursivo del inglés SPARQL Protocol and RDF Query Language. Se trata de un lenguaje estandarizado para la consulta de grafos RDF

⁷ FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents es una organización internacional que se dedica a la promoción de la industria de agentes inteligentes abiertamente apoyando el desarrollo de especificaciones de interoperabilidad entre los agentes y las aplicaciones basadas en agentes

siguientes preguntas:

- *¿Qué?:* ¿Cuál es el trámite o servicio que se necesita realizar?.
- *¿Por qué?:* La administración pública opera bajo una premisa legal y todas las acciones se llevan a cabo a causa de una resolución administrativa que establece las condiciones en que se implementa un servicio o proceso. Algunos de ellos son obligatorios, es decir, son obligatorias para la comunidad. Las normas administrativas determinan quienes son los destinatarios del servicio: Los ciudadanos, empresas, empleados públicos o la sociedad civil.
- *¿Quién?:* Los servicios públicos o los procedimientos pueden ser utilizados o podrían ser realizadas por cualquier persona que actúe en nombre del interesado, o si sólo la persona interesada puede realizarlo. En esta pregunta se especifican los actores involucrados.
- *¿Dónde?:* Una vez que se identifica el servicio y se entienden las reglas, el usuario debe conocer cuales son los proveedores y los lugares físicos de los organismos que le pueden brindar el servicio.
- *¿Cómo?:* La respuesta a esta pregunta es el proceso administrativo resultante de la implementación del servicio. Esta respuesta también hace explícito el flujo de datos, debe responder también a otras preguntas intrínsecas al servicio o procedimiento: Las condiciones para realizarlo, si tiene formularios, si tiene costos, etc

En este proyecto se utiliza la clasificación propuesta por Guarino (1998) para representar al Gobierno en una ontología de alto nivel que define los tipos de datos y las relaciones en general, independiente del contexto, una ontología de dominio que define los conceptos básicos y las relaciones de unidades, y varias ontologías de aplicación para describir en detalle las unidades administrativas particulares y sus instancias. (Lacasta, 2006) (Como se muestra en la Figura 1).

Con el fin de modelar una ontología general compatible con la organización política de los diferentes países, utilizamos los dominios básicos de competencia: "Estado", "División", "Organización", y "Suborganización" tal como se define en la norma ISO/IEC 15944-5:2008.

Como "Estado" definimos a una entidad con su propia naturaleza jurídica, que puede ser de alcance nacional (país), o subnacional (provincia). Las "divisiones" son las diferentes particiones de las organizaciones de nivel superior (ministerios), que a su vez se subdividen en entidades más pequeñas: Subsecretarías, Direcciones Generales, Direcciones y Departamentos que son las entidades básicas de división. (Lacasta, 2006). En este sentido, las entidades que deben ser considerados para crear una Ontología para el Gobierno Electrónico son: El Gobierno como estructura administrativa, procedimientos, trámites, servicios, la información pública abierta e interoperable, la geolocalización, los ciudadanos, las empresas y la sociedad civil.

La Arquitectura Propuesta

En esta sección se presenta la arquitectura conceptual que hemos diseñado para la introducción de la semántica en los servicios de la administración pública, como se muestra en la Figura 2.

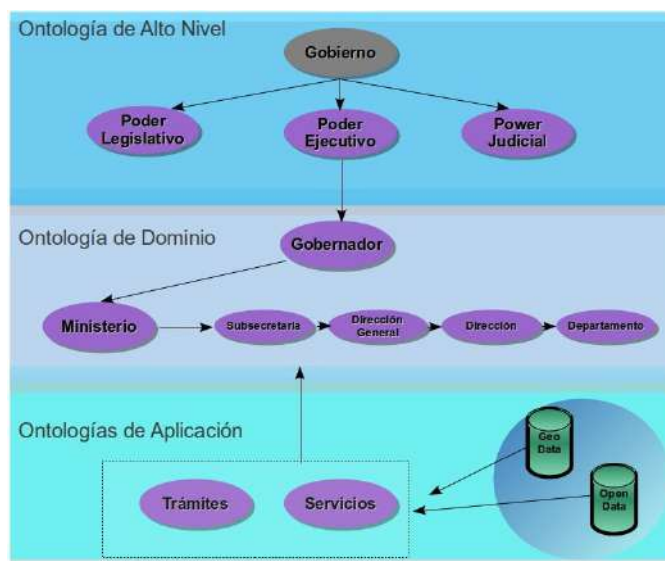


Figura 1. Modelo de Ontología del Gobierno Electrónico

A continuación se describen los componentes del modelo, con énfasis en la ontología y la transformación semántica:

- *Los Usuarios en Roles:* Los usuarios interactúan con el modelo asumiendo un rol de acuerdo a sus necesidades, en uno de los distintos modelos de interacción del gobierno electrónico.
- *Interfaz Primaria Multicanal:* El gobierno recibe la demanda de los usuarios en uno de los distintos canales de puntos de contacto.
- *Transformación Semántica:* En este punto, las demandas de los usuarios son transformadas por el proceso interno para recuperar los datos almacenados en el servidor de ontologías, vincularlos con las bases de datos externas y consultar a otros servicios

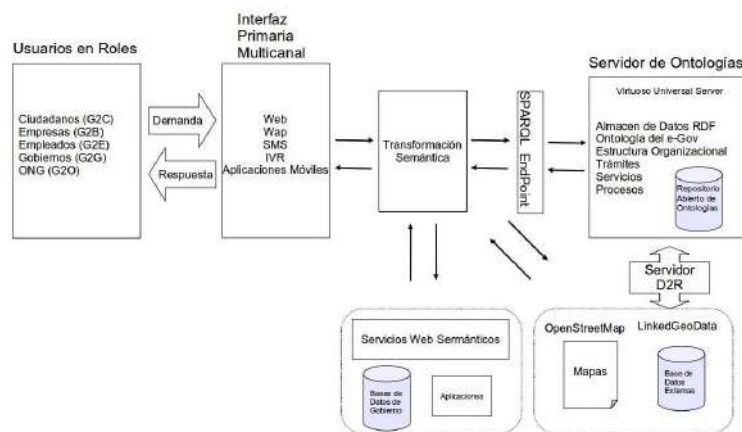


Figura 2. Arquitectura del Modelo de Gobierno Electrónico basado en Ontologías

web. Una vez que los datos se hayan procesado, interpretados y organizados, se los presenta al usuario en el canal correspondiente.

- **EndPoint SPARQL:** El servicio permite que las demandas de los usuarios consulten una base de conocimientos en repositorio de la ontología del a través del lenguaje SPARQL, devolviendo una presentación de los resultados legible por humanos.
- **Servidor de Ontologías:** El espacio donde se almacenan los datos abiertos en una representación ontológica.
- **Servidor D2R:** Es una herramienta para la publicación de bases de datos relacionales en la Web Semántica. Permite a los navegadores HTML y OWL navegar por el contenido de las bases de datos, y a las aplicaciones consultar las bases de datos utilizando el lenguaje de consulta SPARQL.
- **Bases de datos externas y Servicios Web:** Representan las bases de datos del gobierno y los sistemas en funcionamiento, como así también otros servicios web relacionados con el suministro de información, y servicios no gubernamentales para la localización de los datos en los mapas (*OpenStretMap, LinkedGeoData, y otros*)

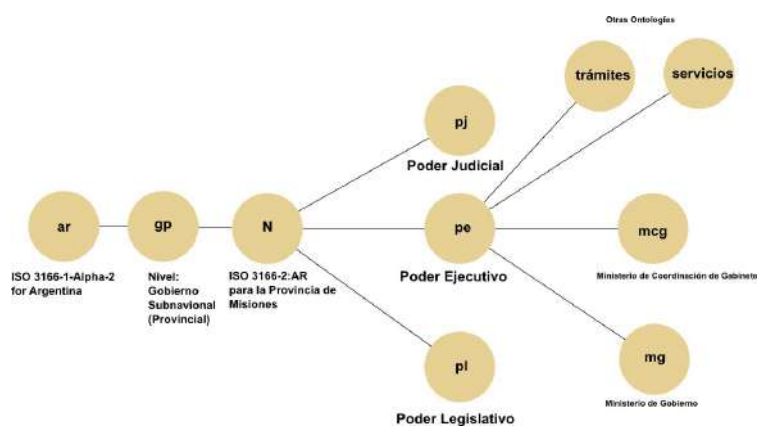


Figura 3. Método para la construcción de la URI de las ontologías

Método para la Construcción de la URI

Para construir el URI de la ontología de gobierno electrónico, se utilizó un método jerárquico de la forma: *Pais* \supset *Nivel* \supset *Provincia* \supset *Poder* \supset *Organismo*: permitiendo así su uso por diferentes países, integrando los códigos ISO 3166-1 alfa-2, el nivel de la estructura política, el código ISO 3166-2:AR para identificar la provincia, la división política de poderes, y una autocodificación de las organismos asociadas con las instancias de las clases. Por ejemplo, para construir el URI del Ministerio de Coordinación de Gabinete del Gobierno de la Provincia de Misiones, en la República Argentina, como se muestra en la Figura 3 se utilizaron los siguientes criterios: **ar.gp.N.pe.mcg.owl**, donde: "ar" corresponde al código ISO 3166-1-alfa-2 correspondiente a la Argentina, "gp" se refiere al gobierno a nivel subnacional (provincial), "N" es el código ISO 3166-2:AR de la Provincia de Misiones, "pe" se refiere al Poder Ejecutivo, "mcg" se refiere a la autocodificación del Ministerio de Coordinación de Gabinete y "owl" especifica que la ontología está descrita en el Lenguaje de Ontologías Web (OWL).

Todas estas ontologías están alojadas en el servidor de datos abiertos del Gobierno de la Provincia de Misiones, por lo que la URI completa debe leerse de la siguiente manera: <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ar.gp.N.pe.mcg.owl>

Desafíos y Oportunidades

Las implementaciones incipientes del m-Gobierno⁸ están surgiendo como una de las nuevas características de valor agregado para la atención integrada y flexible de comunicación de datos. El mundo y nuestra sociedad es cada vez más reconocida como nómada o sociedad móvil (Goldstuck, 2003).

La extensión de las actividades hacia los dispositivos inalámbricos puede hacer que los gobiernos sean más proactivos en sus operaciones, proporcionando servicios en tiempo real y dar a los ciudadanos una gama más amplia de opciones para la interacción.

Una de las limitaciones del modelo propuesto es la existencia de sólo algunos escenarios de servicio, por lo que se necesita trabajar la escala de la ontología para representar todo tipo de procedimientos y servicios ofrecidos por la administración pública. Esto implica la necesidad de una herramienta de anotación para la creación y mantenimiento de todas las descripciones de los servicios existentes, que sea accesible a través de la web, fácil, intuitiva y el usuario.

A pesar de estar en sus primeras etapas de madurez, el m-Gobierno tiene una influencia considerable en la generación de estrategias y herramientas para el gobierno electrónico, por lo tanto: *el m-Gobierno es una consecuencia inevitable.*

Se necesita más investigación para recuperar la información de los servicios que aún no tienen aún una notación semántica y que está contenida en los sistemas heredados. Para la formulación de este modelo, la notación semántica se realizó de forma manual con herramientas que no son comúnmente utilizadas por los empleados públicos (Protégé, CMapTools COE), lo que pone de relieve la necesidad de encontrar herramientas de anotación orientada a usuarios finales, para recuperar automáticamente las descripciones de servicio de los sistemas heredados, y expresarlas semánticamente en el servidor de ontologías.

Aplicación del Modelo

El objetivo principal del modelo propuesto es proporcionar a los usuarios de los servicios de gobierno electrónico datos enriquecidos acerca de los trámites que se realizarán con el gobierno. La respuesta de un motor de búsqueda semántica debería responder a las preguntas planteadas en la definición de la Ontología de E-Gobierno: ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Dónde?, ¿Cómo?, ¿Por Qué?. Luego, presentar en la terminal de datos del usuario toda la información pertinente, y si los servicios web están disponibles para este proceso, consultar el sitio web donde se puede hacer el trámite, como se muestra en la Figura 4.

Caso de uso

Un ciudadano realiza un trámite para obtener un nuevo documento de identidad.

⁸ El m-Gobierno es un subconjunto del e-Gobierno, específicamente referido al uso de TICs móviles o inalámbricas -tales como teléfonos celulares y móviles, computadoras portátiles y de mano- conectadas a redes inalámbricas de área local (LANs)

Como una simulación de la ejecución en el modelo propuesto, se define un escenario de aplicación del proyecto. El proceso se muestra en la Figura 4 y se describe como sigue:

- El usuario decide el canal de comunicación (por ejemplo, aplicaciones para móviles).
- El usuario escribe su consulta: **OBTENER UN DNI NUEVO**.
- El usuario tiene que indicar su ubicación, o activar el servicio de GPS en su dispositivo móvil.
- El sistema analiza y resuelve la consulta semánticamente.
- El sistema obtiene información sobre el trámite desde la ontología trámites.
- El sistema obtiene información de los organismos que llevan a cabo el trámite desde la ontología de la estructura organizativa.
- Se obtiene información sobre la ubicación geográfica desde la ontología de la estructura organizativa, se integra y crea una instancia del mapa de OpenStreetMap para mostrar al usuario.
- Se procesa la información obtenida de la ontología de los trámites y se integra al servicio web del organismo que provee el trámite.
- Se muestra al usuario una breve descripción del trámite.
- Se muestra al usuario una lista de los lugares más próximos donde se podría realizar el trámite o se los visualiza en un mapa.
- El usuario selecciona la oficina en la desea realizar el trámite.
- Se ofrece a los usuario la posibilidad de pedir un turno para llevar a cabo el trámite.
- El usuario acepta y pide un turno.
- El sistema informa al usuario de los datos de fecha y hora del turno asignado.

4. Innovación e Inédito:

Lo innovador de la propuesta se centra en la incorporación de nuevos conceptos en el modelo de representación, almacenamiento y compartición de los datos públicos, acordes al estado del arte de la gestión de datos en la Sociedad de la Información: *La semántica, los estándares abiertos, la apertura y la vinculación*. En el ámbito de las administraciones públicas de Argentina, son casi inexistentes las referencias a los conceptos de *web semántica, datos abiertos y datos vinculados del gobierno*, por lo que la propuesta de este proyecto abre todo un nuevo escenario para el desarrollo y despegue del Gobierno Abierto en la Argentina.

5. Beneficiarios:

El beneficiario directo de este proyecto es mismo gobierno, al disponer de una herramienta que le permitirá dar sentido y contexto a los datos que actualmente se almacenan en documentos y bases de datos, que si bien ofrecen una solución de coyuntura al objeto de su existencia, no están diseñados para ser relacionables y universalmente accesibles. De un modo indirecto, se beneficia la sociedad en su conjunto, al ser aplicable en todos los modelos de relacionamiento del gobierno electrónico, ya que el uso de estas herramientas potenciará el desarrollo de la Sociedad de la Información, representada



Figura 4. Maqueta de Simulación del Proceso

por los actores de estos modelos: los ciudadanos, las empresas, los empleados públicos, el propio gobierno y las organizaciones civiles.

6. Relevancia para el Interés Público:

El modelo, como marco conceptual, definirá nuevas directrices para el desarrollo de aplicaciones informáticas en el ámbito estatal, revalorizando a la información como insumo esencial de la gobernabilidad. Su aplicación en áreas estratégicas del Estado como la educación, la salud y la seguridad mejorará sustancialmente la toma de decisiones. Este proyecto propone una evolución del modelo actual de gobierno electrónico a un nivel semántico, acorde a las necesidades de la Sociedad de la Información. Con el modelo propuesto se mejorará el acceso y la gestión de los procesos administrativos del gobierno, lo que deviene en un beneficio económico y ahorro de tiempo para la sociedad. Este proyecto impactará y transformará la forma en que el Estado gestiona sus datos, y los ofrecerá a la sociedad para que ella misma proponga y resuelva problemas accediendo, procesando, mezclando y relacionando los datos abiertos vinculados para crear nuevas soluciones innovadoras.

Con el modelo experimental propuesto, una ontología de servicios de gobierno electrónico se podría utilizar para integrar los diferentes servicios del gobierno que son relevantes para los destinatarios del e-gobierno. Hemos llegado a la conclusión de que el actual modelo es adecuado como marco de apoyo para la integración y la interoperabilidad de los servicios públicos prestados oficinas administrativas distribuidas geográficamente. En conclusión, el modelo es un paso exitoso en la evolución del gobierno

electrónico en la provincia de Misiones a un nivel semántico, que permite la integración y la interoperabilidad de los procesos, así como la creación de flujos de trabajo de proceso que van más allá de límites geográficos y administrativos Estado, llegando a la meta más importante del gobierno electrónico: dar los servicios más eficientes para los ciudadanos, ahorrando su tiempo y dinero.

7. Viabilidad Técnica, Financiera y Política Organizacional:

Se puede considerar que es un proyecto altamente modular y escalable, de construcción progresiva y que crecerá siguiendo un patrón de red.

Por estar diseñado siguiendo los lineamientos propuestos por las políticas del Gobierno Abierto, con Datos Abiertos Vinculables, y en el contexto de la Web Semántica, consideramos que estas condiciones son garantía de su sustentabilidad a lo largo del tiempo.

Los recursos necesarios para poner en práctica este proyecto están detallados más adelante en la sección de *Ambiente de Software y Hardware*. Los componentes de software requeridos serán exclusivamente de Software Libre, por lo que su costo de adquisición pueden considerarse prescindibles. Los mayores costos estarán representados por el recurso humano necesario para la creación de las ontologías, la recuperación de la información contenida en los sistemas de información existentes y el desarrollo del software para las interfaces con el usuario. En lo que respecta a los costos del hardware, éstos estarán acotados a la disponibilidad de equipos ya existentes en las administraciones públicas, más la adquisición de servidores de rango bajo para el almacenamiento de las ontologías, las bases de datos, los servicios web, etc.

Al estar planteado en el contexto de la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico, el Acuerdo Federal para la Gestión Pública y el Plan Estratégico de Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones; y en consideración al potencial de transformación organizacional que se puede alcanzar, se puede inferir sin lugar a dudas que su viabilidad política está plenamente garantizada. Desde el punto de vista organizacional, la propuesta de definir a la organización del Estado desde una Ontología para el Gobierno, plantea un escenario de oportunidades para repensar a la administración pública desde los nuevos desafíos que propone la Sociedad de la Información.

8. Facilidad de Reproducción:

Este proyecto es de construcción de conocimiento, su componente predominante es el software y la recopilación de la información existente en distintos medios.

Particularmente, se ha decidido utilizar herramientas de Software Libre y avanzar sobre la estrategia del Gobierno Abierto, por lo que el proceso de transferencia del conocimiento adquirido está plenamente garantizado. Como el componente de hardware es básico (servidores de internet, servidores de bases de datos, etc), y considerando que el piso tecnológico requerido ya ha sido alcanzado en casi todos los niveles de las administraciones públicas, éste proyecto es fácilmente reproducible y escalable.

9. Ambiente de Hardware y Software:

De acuerdo a las políticas para las TIC que se derivan de la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico, el Acuerdo Federal para la Gestión Pública y el Plan Estratégico de Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones, para la creación de la infraestructura informática y de comunicaciones, en este proyecto se utilizarán exclusivamente Software Libre y Estándares Abiertos, tal como se sintetiza en el Cuadro 1.

Tecnologías	Componentes propuestos
Hardware:	Plataforma x86-x64 Intel/AMD
Sistema operativo:	GNU/Linux
Servidor web:	Apache Tomcat
Servidor de BD Relacionales	PostgreSQL / MySQL
Servidor de BD RDF	Virtuoso Universal Server
Publicación de BD Relacionales	Servidor D2R
Tecnologías Web:	Servlet / JSP / JSF / AJAX / XML
Metodología	Methodology
Lenguaje de Ontologías:	OWL
Marco de Descripción de Recursos:	RDF
Lenguajes de Consultas para RDF:	SPARQL
Protocolo de servicio SPARQL	SPARQL endpoint
Marco para Servicios Móviles:	W3C MWI
Editor de Ontologías:	Protégé / CmapTools COE
Georeferenciación:	OpenStreetMap / LinkedGeoData

Cuadro 1
Arquitectura de Software y Hardware

Bibliografía

- ARAZYAN H. (2002) m-Government: Definition and Perspectives. 2002. http://www.developmentgateway.org/download/143909/mGov_Interview_2.doc
- BERNERS-LEE T. (2010). Linked Data. <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- BRYC C. R. (2005). Plan Estratégico para el Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones - Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones. ISBN 950-579-033-3:(7-8). Argentina.
- CALDERON C., LORENZO S., ET AL. (2010) Open Government / Gobierno Abierto. ISBN: 978-987-614-241-0 (9-25)
- CORCHO O., FERNANDEZ-LOPEZ, M., GOMEZ-PEREZ, A. (2003): Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?. Knowledge Engineering, 46 (1). pp. 41-64. ISSN 0169-023X
- EGW3C (2008) eGovernment at W3C. Use Case: Open Government: Linked Open Data. http://www.w3.org/egov/wiki/Use_Case_8_-_Linked_Open_Government
- FERNANDEZ-LOPEZ, M., GOMEZ-PEREZ, A., JURISTO, N. (1997): Methodology: from ontological art towards ontological engineering. In Proc. Symposium on Ontological Engineering of AAAI. (33-40)
- GOLDSTUCK A. (2003) Compiled, World Wide Worx. Government unplugged. Mobile and wireless technologies in the public service. CENTRE FOR PUBLIC SERVICE INNOVATION in partnership with Technology Research (State Information Technology Agency). Council for Scientific and Industrial Research - icomtek. 2003.
- GPSW (2011). The Geoportal of the Swiss Confederation. <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/en/home.html>
- GRIMES, S. Making Sense of Gov2.0 2009 Space-Time Research Pty Ltd and Alta Plana Corporation. <http://www.spacetimeresearch.com/making-sense-of-gov2.html>
- GRUBER, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition 199–220.
- GUARINO N. (1998) Formal Ontologies and Information Systems. Proceedings of FOIS'98, 3-15. Trento, Italy
- KURTZ O. M. (2005). Estudio del Desarrollo de la Sociedad de la Información en la Argentina. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. <http://www.fce.unam.edu.ar/tesis/kurtz.pdf>
- KUSCHU I., ARAT S., BORUCKI C. (2007) The Impact of mGovernment on Organisations: A Mobility Response Model. In I. Kuschu (Ed.), Mobile Government: An Emerging Direction in e-Government. Hershey, PA: Idea Group Publishers, ISBN-10: 1591408849.
- LACASTA-MIGUEL, J., LÓPEZ-PELLICER, F.J., FLORISTÁN-JUSUÉ, J., NOGUERAS-ISO, J., ZARAZAGA-SORIA, F.J.(2006): Unidades administrativas, una perspectiva ontológica. Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales. Treballs d'informàtica i tecnologia. Castellón de la Plana: Universidad Jaime I de Castellón. (85-94). ISBN 84-8021-590-9.
- OGWK (2007). Open Government Working Group. 8 Principles of Open Government Data. <http://www.opengovdata.org/home/8principles>

O'REILLY T. (2005). What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-2.0.html>.

SABUCEDO L., RIFON L., (2006) Semantic Service Oriented Architectures for eGovernment Platforms. American Association for Artificial Intelligence. AAAI. In Proc. 2006 AAAI Spring Symposium.

SONG G., CORNFOLD T.(2006) Mobile Government: Towards a Service Paradigm in the Proceedings of the 2nd International Conference on e-Government, University of Pittsburgh, Pittsburgh, USA. (208-218).

Anexo A .2.5: A Semantic Model for Electronic Government and its Enforcement in the Province of Misiones, Argentina.

Electronic Government, An International Journal, Vol. 12, No. 4, 2016

337

A semantic model for electronic government and its enforcement in the Province of Misiones, Argentina

Carlos Roberto Brys*

Faculty of Economic Sciences,
Computing Science Department,
National University of Misiones,
Av. Fernando Llamosas 9400,
Campus UNaM, N3304 Posadas, Misiones, Argentina
Email: brys@fce.unam.edu.ar
*Corresponding author

José F. Aldana-Montes

Computer Languages and Computing Science Department,
University of Málaga, Spain,
Boulevard Louis Pasteur 35,
Campus de Teatinos,
29071 Málaga, Spain
Email: jfam@lcc.uma.es

Abstract: Governments tend not to share public service information between departments. Rather, information related to a given department remains within it, and so citizens must request the information they need from each individually. Thus, locating a service provided by the government, or related information, is a time-consuming task for the interested party. To meet these citizens' demands, the service agencies must collect and organise a lot of information from various sources and formats. In this paper, we present a conceptual representation of the organisational units of the government viewed as entities of a semantic model. Generic electronic government ontology (EGO) is presented, designed under linked open data principles. This technology has been used in a real-life scenario with mobile technologies, to provide citizens with a comprehensive way of finding all the information they need and which in turn will help them in their dealings with government departments.

Keywords: web of data; e-government; public administration; semantic web; linked data; open government data; automatic data extraction.

Reference to this paper should be made as follows: Brys, C.R. and Aldana-Montes, J.F. (2016) 'A semantic model for electronic government and its enforcement in the Province of Misiones, Argentina', *Electronic Government, An International Journal*, Vol. 12, No. 4, pp.337–356.

Biographical notes: Carlos Roberto Brys has 30 years of teaching experience as a Professor of Knowledge Management, Electronic Commerce and Computer Sciences at the Economics Sciences Faculty of the National University of Misiones, Argentina. He is the Chief of the Computer Sciences Department at the Economics Sciences Faculty. He is the Director of the Reference Center on Information Technology for Management with Free Software. Also, he is the Director of Management Modernisation and

338 C.R. Brys and J.F. Aldana-Montes

Electronic Government of the government of the Province of Misiones. He is a Professor of Electronic Government at the Institute of Teaching for Public Management and Human Development of the government of the Province of Misiones. He holds a Masters in Informatics and Computer Sciences. His research focuses on electronic government and open government.

José F. Aldana-Montes holds a PhD in Computer Sciences. He is a Professor of Languages and Systems in the Department of Languages and Computer Science at the University of Málaga, Spain. With over 25 years of teaching experience in the area of databases and related areas. His research interests are semantic middleware, Semantic web and semantic data integration and application; extensions databases with formal semantics.

This paper is a revised and expanded version of a paper entitled 'Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico' presented at *1er Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones – 45 JAIIO/SAOA 2015*, Rosario, Argentina, 31 August, 2015.

1 Introduction

Governments consume and produce large amounts of data, which are usually self-contained in departmental data silos. Thus, access to these data is limited because it is difficult to gain individual access to each data silo, and then integrate heterogeneous data sources. This problem also affects the general public, as they have to find or view separate pieces of information in their dealings with different government services. Additionally, access to the information or services is reduced to traditional mechanisms such as web portals, isolated databases and PDF documents. However, nowadays, people extensively use mobile communication technology, and therefore demand accessible information systems from their public service providers.

To meet these demands, the government agencies must orchestrate, in real time, a lot of information in various formats and from several sources which are distributed over a wide geographical area. These must then be delivered over a wide range of platforms.

To gather together the best possible information to aid in government decision-making processes and meet citizens' requirements, the different, government IT departments should find, extract and process data using automatic machine data extraction. This information should also be displayed in data terminals that users often use: computers, netbooks, smartphones and other devices.

To ensure the quality and integrity of the information that governments need to find, filter and process, it is necessary to implement standards that define, in detail, the data entities and their relationships, thereby enriching their meaning. Along these lines, the most common approach is to use explicit semantics through the definition of ontologies with different levels of detail. The use of semantics facilitates the meaningful integration of the information needed for decision making in administrative agencies. The use of ontologies to describe this information is also related to the linked data approach. This approach enables the linkage of related entities in different heterogeneous data repositories.

The use of ontologies and linked open data in strategic areas of government such as education, health and security will substantially improve the decision-making process.

This in turn, will affect and transform the way governments manage their data. It will also aid the general public in accessing, processing and integrating data. Making this open data, as part of the linked open data community will also open up new opportunities for SMEs with the development of innovative solutions.

This project proposes an evolution of the current model of the government structure at a semantic level, according to the needs of the information society. The advantage of expressing the government's organisational structure as an electronic, government ontology, is that it can build an information model that allows meaningful data exploration in terms of the explicit semantics declared in the ontology. The ontology will contain elements that represent the associations between the objects, the properties of elements and formally describe the semantics of the classes and properties used in dependency relationships, including temporal and spatial relationships. This will enable the use of automated reasoning, semantic and conceptual searches, and decision-support systems.

With the proposed model, we will smooth and speed up the interaction between the government and its citizens, resulting in time savings for society.

This paper is organised as follows: In Section 2, we introduce some relevant concepts about semantics and its use in government environments. In Section 3, we present a theoretical framework for an Open Data stream offered by governments, the integration of rich data representation systems and the role played by the semantics of the proposed architecture. In Section 4, we present the semantic model developed in the course of our research. This includes the ontology itself, the definition of services, and how to integrate them. In Section 5, we propose the architecture for our model. In Section 6, we show an application scenario and a use case. Finally, in Section 7, we discuss conclusions and lines of future work.

2 Related work

Many approaches are intended to express e-government using ontologies as a natural way of representing the structure of concepts and relationships in this area of knowledge. In 2004 the OntoGov project (Tambouris et al., 2004) developed a semantically enriched (ontology-enabled) platform that was intended to ease the consistent composition, reconfiguration and evolution of e-Government services. The aim of the OntoGov project was to define a high-level generic ontology for the entire e-Government service life cycle that would provide the basis for designing specific lower-level domain ontologies to the public services. This project develops a semantically enriched platform that enables public administrations to model the semantics and administration of their e-Government services.

At the same time, Vassilakis and Lepouras (2006) proposed an ontology for e-Government Public Services introducing a first approach of modelling a e-Government ontology, based on organisation, legislation, administrative responsibility and service.

The project e-Government Intelligent Portal (<http://www.eip.at>), from the Institute of Informatics in Business and Government (IWV) at the University of Linz, aimed to provide structure to the field of e-Government. This was done by defining general terms and linking projects together using semantic technologies. The result of this was an ontology and knowledge map for e-Government (Orthofer and Wimmer, 2006).

The oeGOV – Ontologies for e-Government – project developed by TopQuadrant and led by Ralph Hodgson, was a pioneering work in the creation of an ontology for the e-Government (Hodgson and Allemang, 2006). The starting point for the project was a model of US agencies and their bureaus. As a result of their work, a number of foundational ontologies for the US government were created and published (<http://www.oegov.org>). Here, each government agency and governing body is related through a model of the government structure. On this basis, the oeGOV ontologies were developed in OWL to describe the government administrative structure, and where to find this information. However, oeGOV was designed to represent only the administrative structure of US government agencies, and is not flexible enough to be adapted and reused by other administrations. Having laid the foundation for the creation of an ontology for e-government, the project has not been updated since 2010.

To solve the representation problems (Lacasta-Miguel et al., 2006) proposed an ontology model in three levels:

A top-level ontology that defines data types and general relationships independent of the context.

A domain ontology with concepts and reusable relationships defined in the context of administrative models from different countries. An ontology application where specific types of administrative units in each country are represented, together with specific instances of existing units.

In their approaches, Hreño et al. (2011) and Ouchetto et al. (2012) suggested more focused electronic government services, proposing the access, retrieval and integration of services using ontologies. Whereas the terminology related to the field of e-Government is heterogeneous, these approaches proposed dividing the ontology into sub-ontologies (sectoral ontologies).

Brusa et al. (2013) proposed a method to solve the complexity of conceptual modelling in complex scenarios based on semantic interoperability through the use of domain ontologies, where information sources are databases, legal documents and people.

2.1 Discussion of related work

A number of intensive research projects have been carried out in the field of e-Government, mostly focused on back-office integration. However, a structured approach to develop a common understanding of the terms used has not been used. Thus, the different disciplines have created their own definitions.

The main problem with the proposed models is the lack of adequate semantic representation of administrative units, spatial- and temporal features and dependency relationships. In addition, there are several common issues: The data they contain are not exhaustive, representing only parts of the administrative units in one or more countries.

They do not guarantee that the names used to identify the units are officially recognised by different countries.

The absence of harmonisation and shared semantics in the definition and configuration of e-Government services causes problems such as the functional disintegration of the governmental structures that affect the quality of the services being provided. The related work highlights some common characteristics.

Most proposals focus on local developments and on specific aspects (the electronic government, the public data and the governmental services) and are therefore viewed as separate entities.

The ontologies are modelled assuming a centralised database approach, in which all the data resides in the same place with full query access.

This related work review has not found proposals for general purpose ontologies that can be easily adapted to any country or region. Furthermore, most of the developments of ontologies for e-Government services has been designed by experts for a specific purpose and based on the premise that they will be consumed from a website. They do not consider web standards and interoperability and few have considered mobile technology and the mobility of users.

3 Theoretical framework

The purpose of the public administration is to satisfy the collective interests, and as member of the State, promoting the common welfare providing services to the community, satisfy the demands and expectation, fulfilling the premise of giving quality, speed, opportunity and confidence.

3.1 The state and government

The state is the legal and political organisation of the members of a society that comprises three main elements: people, territory and political power (a form of collective organisation to achieve common goals). The exercise of power requires the existence of an administrative infrastructure. Recently, this infrastructure has been provided with information systems to support the decision-making processes of those in power.

We use the term 'state' to define a political concept that refers to a form of social organisation and political sovereignty, formed by a group of institutions. These institutions are structured functionally into administrative units, which are the core elements of organisational structures. Generally, the organisation of a state can be defined as: functions, institutions and authorities.

The state's diversity, peculiarities and evolving nature demand a coherent model to facilitate its management and simplify its use (Lacasta-Miguel et al., 2006). The term 'government' means the exercise of state power or the political driving force. Government means the body which exercises executive power over a society. (Region) Governments usually adopt representative systems, consisting of three independent branches: the executive, legislative and judiciary powers.

The (region) executive power is usually delegated to the agencies that comprise the (regional) public administration. The head of state is politically responsible for the administration, as established by the regional or central government.

The central administration is formed basically by the ministries. The prime minister appoints ministers who help him/her. Ministries in turn have certain powers provided under the law and/or specific decrees. Each minister has another layer of administrators directly below him, named undersecretaries.

The regional public administration covers the central government (ministries, secretaries and undersecretaries) and the decentralised administration (decentralised agencies, autarkic and autonomous).

At present, the political leadership of the government reaches the level of the Secretariats. On the depend departments, who are instrumental to the fulfilment of the specific assignments and management from each of the ministries. They are considered the highest authority of the administrative or bureaucratic levels. According to this hierarchical organisation, Directors, or smaller units such as Departments, Divisions and Sections (Zeller, 2000) all depend on the director general.

When a government relies extensively on technologies to manage public administration, we say that it is an 'Electronic Government' (e-Government). The main approach to e-government can be described as: "A new model of public administration and governance according to the information society and knowledge, as evidenced by the use of new information and communication technologies (NICT) by state institutions, to qualitatively improve information providing, services, increase efficiency, effectiveness and transparency of the public sector" (Brys, 2005).

3.2 *Linked government open data (LGOD)*

Berners-Lee (2006) outlined a set of rules for publishing data on the web enabling all published data to become part of a single global data space (Heath and Bizer, 2011):

- 1 use URIs as names for things
- 2 use HTTP URIs so that people can look up those names
- 3 when someone looks up a URI, provide useful information, using the standards (RDF2, SPARQL3)
- 4 include links to other URIs, so that they can discover more things.

These rules have become known as the 'linked data principles'.

Later, in 2010 he suggested a 5 star linked open data rating scheme specially for government data owners, to deploy linked open data:

- (★) The data must be available on the web (in any format), but with an open license.
- (★★) It must be available as machine-readable structured data.
- (★★★) as (2★) plus non-proprietary format.
- (★★★★) All of the above, plus the use of open standards from W3C (RDF and SPARQL) to identify things, so that people can point the data.
- (★★★★★) All of the above, plus link the data to other people's data to provide context.

Linked data is a standard model for data interchange on the web. This term is used to describe a recommended best practice for exposing, sharing and connecting pieces of data, information and knowledge on the semantic web using URIs and RDF.

It should not be assumed that they are only datasets. It is a common understanding today that Open Data is simply 'data on the web', whereas Linked Data is a 'web of data'. Linked data is part of the semantic web movement which seeks to standardise data formats and create meaningful data and data relationships on the web.

Today, it is considered from a philosophical and practical point of view that information held by the government should be accessible to anyone, for any purpose.

However, to qualify government data as 'open', it must comply with some principles like: it must be licensed with the right to reuse and reshare without further notice, complete, primary, timely, accessible, machine actionable, non-discriminatory, non-proprietary and not subject to any copyright, patent, trademark or trade secret regulation (OGWK, 2007). Linked government open data (LGOD) is a useful tool for retrieving knowledge from diverse domains such as ontologies, governmental information, geospatial data, publications and so on (Jain et al., 2010).

An LGOD e-government implies the use of semantic technologies to create a new level of transparency and participation of citizens with their governments, by making government data available in universally accessible formats. With LGOD, citizens can connect related data that were not previously linked, creating new applications for their own needs (EGW3C, 2008).

From the point of view of e-government, particular attention must be paid to semantics applied to the service descriptions, because the semantics will allow the user to retrieve and define its reuse in different platforms (Sabucedo and Rifon, 2006).

3.3 *Putting data into space: geoData and geoInformation*

According to the Geographical Information Platform of the Swiss Confederation (GPSC, 2011), 60–80% of all decisions affecting citizens are linked to geographical information. Geographical information is becoming even more important in all aspects of life on issues such as transport, energy, protection of environment, agriculture and forestry, development planning, land regulations, information technology and telecommunications, education and culture, insurance, health provision, national defence, internal security, civil defence and disaster prevention, utility supplies and waste disposal.

In this sense, GeoNames¹ provides locality datasets that serve as a hub for other datasets that have a geographic component. GeoNames is a geographical database containing open licensed linked data of about 10 million locations and geographical names.

These datasets are linked to the OpenStreetMap² project data. OpenStreetMap is a collaborative project to create a free and editable map that provides information on over 350 million geospatial features and describes some 25 million km of routes and streets.

Whenever possible, the GeoNames places are linked to corresponding locations on DBpedia, ensuring that there are a number of interrelated data on geographic locations.

LinkedGeoData³ adds a spatial dimension to the web of data. It permits lifting OpenStreetMap data into the semantic web infrastructure, and makes it available as an RDF knowledge base according to the Linked Data principles. This simplifies information integration and aggregation tasks that require comprehensive background knowledge related to spatial features (Stadler et al., 2011).

From the point of view of e-Government, it must pay special attention to semantics applied to the service descriptions, because the semantics will allow us to define and retrieve its reuse in different platforms (Sabucedo and Rifon, 2006).

4 **The electronic government ontology (EGO)**

The administrative units of government are not a stable collection of instances. Their diversity and their evolutionary nature need a model that simplifies their management. To

obtain quality, speed, opportunity and confidence in public services, the customers (citizens and businesses) should be able to semantically find the services they need and receive all the information clearly and concisely. To meet this challenge, this paper introduces a specific ontology: The EGO.

Ontologies are a description of declarative knowledge in the form of classes and relationships between them. They are defined as “a formal and explicit way to define a conceptualisation about knowledge sharing” (Gruber, 1993). The underlying idea of these technologies is to make computers capable of understanding the data with little or no human intervention.

In this sense, the classes (entities) that we consider in this ontology are: the government as an administrative structure, its procedures, the paperwork, the services provided, open and inter-operable public information, the geolocation, citizens, businesses and the civil society.

In our semantic model, the organisational units of the state are represented as entities of the electronic government. These definitions are based on a reusable, domain ontology and linked open data layers. These define the basic characteristics of the units, their relationships and a series of application ontologies that describe types of formalities and services provided by the public administration through e-Government.

To enable EGO to represent the state and its organisational structure we start from the three-layer model proposed by Guarino (1998) and reviewed by Lacasta-Miguel et al. (2006). These models are extended with a new layer of linked open data ontologies. The extended ontology model has:

- A high-level ontology which defines the concepts of the state, the powers, the legal framework, the basic concepts, types of data and general relations, independent of context
- a domain ontology which defines the organisational structure and describes in detail the specific administrative units, their hierarchies, dependencies and relationships
- other external ontologies and their linkage relationships through the linked open data which enrich the instanced individual’s data and gives the geospatial information
- and various application ontologies of formalities and services, and their instances.

As a practical study case, the application of the proposed model is an ontology using the ontology web language (OWL) for the electronic government of the Province of Misiones in Argentina. This is the result of a research project undertaken at the National University of Misiones for the regional government.

To build the EGO, we use the Methontology methodology (Fernández-López et al., 1997; Gómez-Pérez et al., 2004), which was created in the Artificial Intelligence Laboratory at the Technical University of Madrid. This has been chosen because it has excellent support with software tools, independence from platform, is recommended by FIPA⁴ for ontology development, it has been tested in several large-scale projects and has been successfully applied in the development of ontologies for knowledge management of open government (Sabucedo and Rifon, 2006; Brusa et al., 2013). The methodological guidelines of Methontology define several steps. The specification starts by defining the range and granularity. For the process of conceptualisation, the functional organisation and legal norms were collected. Currently, this data is recorded on paper forms and organisational charts. The different concepts are listed, then they are grouped by

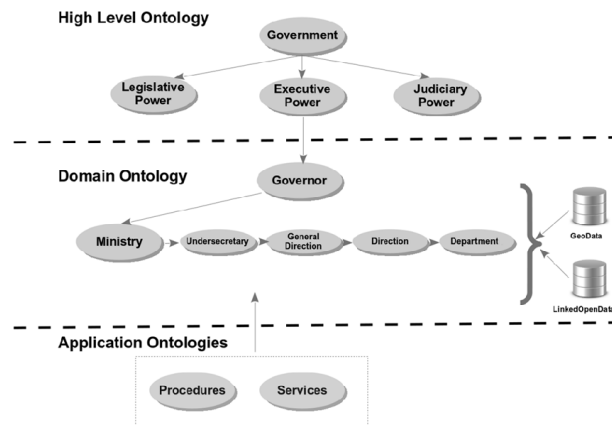
similarity and utility. Then a mappings with other terminologies or ontologies is defined. In this case, the organisational and administrative structure tree can be linked or mapped using IHMC CmapTools COE.⁵ For the implementation stage, the organisational charts represented in concept maps are exported to a given ontology language. We use the OWL and as a software solution the Stanford's University Protégé⁶ OWL editor. We have chosen OWL because it is the W3C proposed standard for web ontologies. OWL builds upon RDF and RDF Schema and has the same kind of RDF's XML syntax, and extends RDF/RDFS by providing additional vocabulary along with a formal semantics.

It describes the semantics of knowledge in a machine-readable way. Formal semantics and reasoning support is provided through the mapping of OWL on logics.

4.1 Ontology specification and conceptualisation

From a global view, we used an incremental-recursive ontology scheme development following the three layers approach, adding classes, relationships and creating specific instances of classes as needed. Instead of developing a single large ontology, in our proposed model we develop several ontologies containing specific concepts, and later establish relationships and dependencies between them (Figure 1). These ontologies emerge from the definition of the state, which has concepts such as: political and administrative organisations, institutions, territory, legal framework, procedures and services. The global ontology is created by establishing relationships between these different, more specific sources that maintain their own portion of the ontology. At the same time, that the ontology is populating, the mapping to external ontologies is created using the linked open data principles.

Figure 1 Electronic government ontology model



At the high-level (top of Figure 1), we define the super classes related to general concepts such as state, government, branches of power, legal framework and territory. Then, for the domain specific level (middle of Figure 1), we define the e-government classes for

the administrative structure and positions, head of state, and ministerial structure, infrastructure, offices, and agents. In this stage, we have modelled the administrative organisation according to the W3C recommendation for the organisation’s ontologies (W3C, 2013). Finally, at the application level (bottom of Figure 1) we define the classes for procedures and services for citizens. For each class, we look for its instances, to incorporate them into the specific ontology and map to others if necessary.

To model a general ontology compatible with the political organisation of different countries, we use the basic jurisdictional domains: ‘State’, ‘Division’, ‘Organisation’ and ‘Sub-organisations’ as defined in ISO/IEC 15944-5:2008. ‘State’ is an entity with its own legal nature which may be national in scope (country), or sub-national (region). The ‘Divisions’ are different partitions of higher level organisations (ministries) which are turned into smaller entities: under secretariats and departments which are the basic division entities (Lacasta-Miguel et al., 2006).

This relationship between the state, government and its divisions can be represented in Description Logic with a has property, the subset, existential quantification and union symbols as follows:

State $\sqsubseteq \exists$ hasPower.(Executive \cup Legislative \cup Judiciary)
 Executive $\sqsubseteq \exists$ hasDivision.(Governor \cup (Ministry_i \cup ... \cup Ministry_n)
 Ministry \sqsubseteq Undersecretariats \sqsubseteq General Directions \sqsubseteq Directions \sqsubseteq Departments

From the perspective of the users/clients of public services, the ontology must answer, at least, the following competency questions:

What? Related to the service that the users need or the necessary formalities that have to be completed.

Why? The public administration operates under a legal premise and all actions are performed because an administrative ruling establishes the conditions under which a service is implemented. Some of them are mandatory for the community. The administrative rules dictate who the recipients of the service are: citizens, companies, public employees or civil society.

Who? The public services or the procedures may be used or could be undertaken by any person acting on behalf of an interested party, or if only the interested person can do it. This question specifies the actors involved. In other cases, it is necessary to know who is responsible for delivering the public service in question.

Where? Once a service has been identified and the rules understood the user must know which are the providers and the physical places of the agencies where he can access the service.

How? The administrative formalities resulting from the service’s implementation. This response also makes the flow of data explicit. One must answer any other questions intrinsic to the service or procedure: the conditions for consumption, if it has forms to be filled in, how much it costs and so on.

To answer these competence questions, in addition to the administrative organisation, one needs to represent the other elements of the state. For this, we have developed the ontologies that describe the legal framework, the territory (for geo-located places), the

infrastructure (for administrative offices) and the structure of administrative positions (for persons).

Our proposal aims to provide a general ontological model of the state and then move towards the agencies and their services for citizens. This is based on the Linked Data paradigm, where data are highly distributed and can be defined at different granularity levels. Starting with Ralph Hodgson's work in the oeGOV project, and the three-layer model proposed by Lacasta-Miguel, we developed a conceptual representation for the administrative structure and their public services of the Misiones provincial government. Our approach is based on ontologies designed under the linked open data principles, adding the standard W3C and ISO/IEC definitions for political organisation and geospatial information, to achieve a reusable and inter-operable model. This model is large and heterogeneous, with a huge number of interlinked instances. Our work centres on the executive branch of power. This ontology describes the governorship, the vice-governorship, 10 ministries, 37 under secretariats, 68 general directions, 114 directions and 326 departments. The classes alone do not provide sufficient information to answer the basic competency questions. Therefore, some properties of the classes and restrictions on them must be determined. The attributes that relate classes with the properties of the datatypes were defined in the classes and subclasses. These attributes are intended to answer competency questions, as summarised in Table 1.

Table 1 Competence answers for the development of EGO

<i>Competence question</i>	<i>Generic class</i>	<i>Attribute</i>
What?	Service/formality	Service description
Why?	Service/formality	Service
Who?		Administrative unit Person responsible
Where?	Administrative unit	Location/geolocation
How?	Service	Service instructions

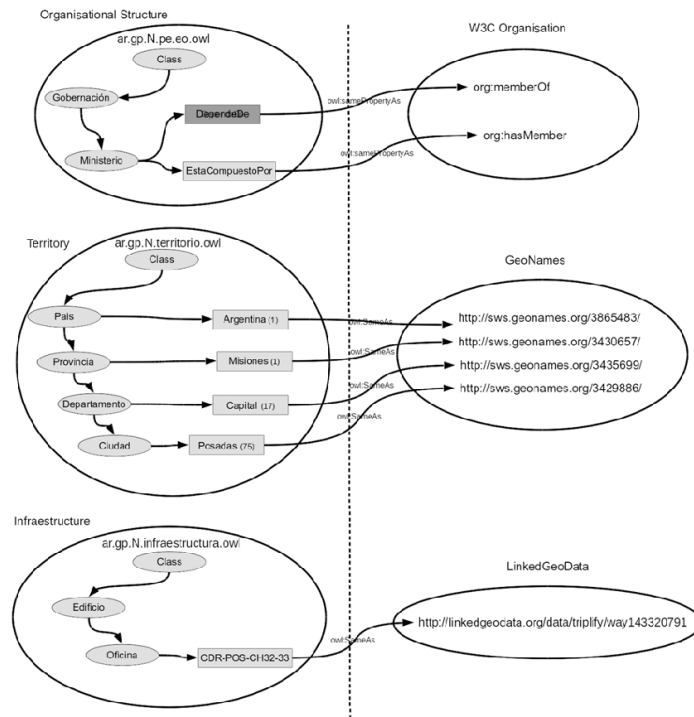
4.2 Ontology mapping

A taxonomic ontology model could not answer satisfactorily these questions. Therefore, it is necessary to expand the domain for the EGO linking it with other external and open information sources. For this, other ontologies are reused, for example OSMonto: An Ontology of OpenStreetMap Tags, where each individual administrative organisation in the EGO is represented in OpenStreetMap by a 'node'. These nodes have the 'tags' defined in the OSMonto that match with some attributes of individuals in the ontology. Also we manually relate the EGO with other sources using linked open data like FOAF to identify public agents, DBpedia, GeoNames and LinkedGeoData for toponyms that describe cities and places, as shown in Figure 2.

We do not completely align EGO with any existing ones. Thus we have selected just those that are relevant for each aspect, taking into account the EGO's definition of citizen's services and Linked Data. In this sense, we have answered the questions of competence populating the EGO with mappings to other ontologies and datasets. Then aligned only some classes and instances that address the questions of competence. To do so, we only considered one-to-one mappings between single entities and instances

in different ontologies and we do not consider inverse functional properties. Initially, we only focus on the administrative offices that are open to the public and offer a government service. Each individual is linked to its geo-located node in OpenStreetMap and GeoNames. This allows the integration of a wide spectrum of open data from local and external data sources. However, these elements are not generic and they would need to be replicated for the transfer of this ontology to other regions or countries.

Figure 2 Linked open data mappings to the electronic government ontology



To construct mappings between ontologies in the discovery period, we started from the official list of populated cities⁷ provided by the National Geographic Institute of the Republic of Argentina (IGN) which is a file in shape format (.shp). We convert the file to the Keyhole Markup Language (.kml), and applied a filter to extract only Misiones's cities. Through a script, we construct a query to GeoNames's API as follows:

`http://api.geonames.org/search?name = Posadas&country = AR&featureCode = PPLA&featureCode = PPLA2&maxRows = 10&type = json&username = demo`

Parsing the returned JSON we extract the label GeoNameID: 3429886, and the latitude/longitude values.

This ID is used later to complete mappings between the individuals using owl:SameAs to populate the Territory Ontology of the Misiones's province.

For to set up the mappings between the EGO infrastructure ontology and OpenStreetMap, first we drew the government offices at the OpenStreetMap platform. Some references are nodes and others are polygons (ways). All of them have tagged as: office = government.

Then, we used the `http://overpass-turbo.eu/` API. As seen in this example:

```
[out:json] [timeout:25];
area[name="Misiones"];
(node[office="government"] (area);
 way[office="government"] (area));
out;
```

We obtained the OpenStreetMap nodes ID in JSON format, and they were subsequently aligned to Infrastructure ontology.

4.3 The URI construction method

To construct the URI for the EGO, we used the following hierarchical form:

CountryCode \supset *GovernmentLevel* \supset *ProvinceCode* \supset *Power* \supset *Agency*:

This allows to use the ontology in different countries, integrating:

- the ISO codes 3166-1-Alpha-2
- the level of political structure
- the code ISO 3166-2: AR to identify the province
- the political division of power
- a self-coding of agencies associated with the instantiation classes (Brys and Aldana Montes, 2011).

For example, to build the URI of the Ministry for Cabinet Coordination of the Government of the Province of Misiones, in the Argentine Republic, as shown in Figure 3 we use the following criteria: `ar.gp.N.pe.mcg.owl`, where:

- ‘*ar*’ is the ISO 3166-1-Alpha-2 corresponding to Argentina
- ‘*gp*’ refers to the government at the sub-national (provincial) level
- ‘*N*’ is the ISO 3166-2: AR for the Province of Misiones
- ‘*pe*’ refers to the executive power
- ‘*mcg*’ refers to the self-coded Ministry of Cabinet Coordination.

A semantic model for electronic government and its enforcement in the Province of Misiones, Argentina

Carlos Roberto Brys*

Faculty of Economic Sciences,
Computing Science Department,
National University of Misiones,
Av. Fernando Llamosas 9400,
Campus UNaM, N3304 Posadas, Misiones, Argentina
Email: brys@fce.unam.edu.ar
*Corresponding author

José F. Aldana-Montes

Computer Languages and Computing Science Department,
University of Málaga, Spain,
Boulevard Louis Pasteur 35,
Campus de Teatinos,
29071 Málaga, Spain
Email: jfam@lcc.uma.es

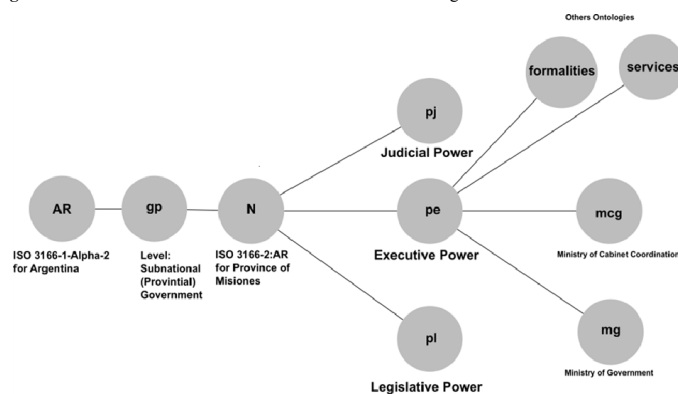
Abstract: Governments tend not to share public service information between departments. Rather, information related to a given department remains within it, and so citizens must request the information they need from each individually. Thus, locating a service provided by the government, or related information, is a time-consuming task for the interested party. To meet these citizens' demands, the service agencies must collect and organise a lot of information from various sources and formats. In this paper, we present a conceptual representation of the organisational units of the government viewed as entities of a semantic model. Generic electronic government ontology (EGO) is presented, designed under linked open data principles. This technology has been used in a real-life scenario with mobile technologies, to provide citizens with a comprehensive way of finding all the information they need and which in turn will help them in their dealings with government departments.

Keywords: web of data; e-government; public administration; semantic web; linked data; open government data; automatic data extraction.

Reference to this paper should be made as follows: Brys, C.R. and Aldana-Montes, J.F. (2016) 'A semantic model for electronic government and its enforcement in the Province of Misiones, Argentina', *Electronic Government, An International Journal*, Vol. 12, No. 4, pp.337–356.

Biographical notes: Carlos Roberto Brys has 30 years of teaching experience as a Professor of Knowledge Management, Electronic Commerce and Computer Sciences at the Economics Sciences Faculty of the National University of Misiones, Argentina. He is the Chief of the Computer Sciences Department at the Economics Sciences Faculty. He is the Director of the Reference Center on Information Technology for Management with Free Software. Also, he is the Director of Management Modernisation and

Figure 3 Method for the construction of the URI of the ontologies



The organisational administrative ontology was published on the linked open data Portal web server, so the full URI must be read as follows:

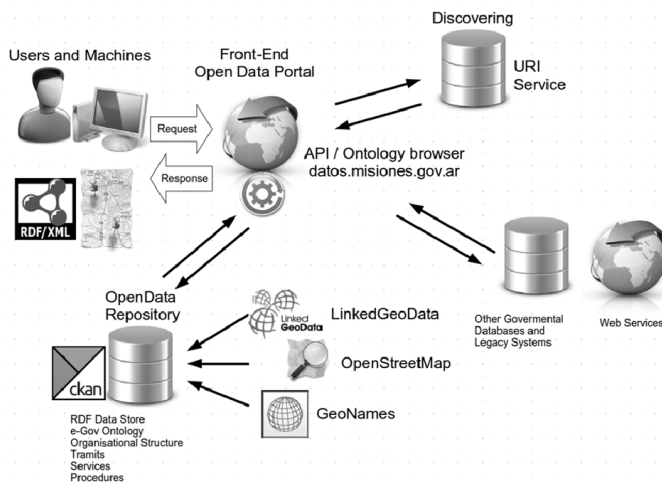
*http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.
N.pe.mcg.owl*

5 EGO architecture

The proposed system architecture for the EGO model is depicted in Figure 4. The resources used for this project are exclusively free software and open standards, so its acquisition cost can be considered expendable. The system consists of four main functional modules:

- *Users and machines:* The users interact with the model assuming a role according to their needs, in one of the various models of e-Government interaction, or a machine using automatic data extraction method querying the ontology.
- *Open data repository:* The repository where the EGO resource ontology is stored, a repository of persistent Open Data and a knowledge base of generic service concepts and service templates. The repository is running over the CKAN11 server developed by The Open Knowledge Foundation, an open-source data portal platform.
- *Front-end:* The linked open data Portal receives the query in one of various channels of contact points. The service enables users to query a knowledge base in the ontology repository via the SPARQL language; returning a human-readable presentation of the results.
- *External databases and web services:* Represent government databases and legacy systems, such as other web services providing related information, and non-governmental services for locating data in maps OpenStreetMap, LinkedGeoData and others.

Figure 4 Architecture for the electronic government ontology model



6 Application scenario

The main objective of the proposed model is to provide users of e-Government services enriched data about the formalities to be completed with the government. An orchestration of the EGO with others linked open data sources such as OpenStreetMap, GeoNames and DBpedia permit the exploration and visualisation of strategic data.

The response of a citizen’s query should respond to the competency questions posed in the definition of the Ontology for e-Government: *What?, Why?, Who?, Where?, How?*. Then, present all relevant information to the user, and if web services are available for this formality, refer to the website where it can make the formality.

6.1 Use case

In a sample of use case, we consider a service where a citizen requires to update his ID card. The citizen must go to the nearest administration offices to begin the formality. For that, the citizen provides his location and the formality ID: (Posadas, Nuevo_DNI). The query responds with a list of official administration offices in Posadas so one can be chosen, together with other, useful information. The next step is for the citizen to make an appointment to start the process.

The next step consists in to give the citizens the choice to obtain an appointment to begin his formality.

In SPARQL, we query the ontology to obtain the list of official administration in Posadas where the process can be completed, informs the user who is the person they need to deal with, opening times, costs and so on.

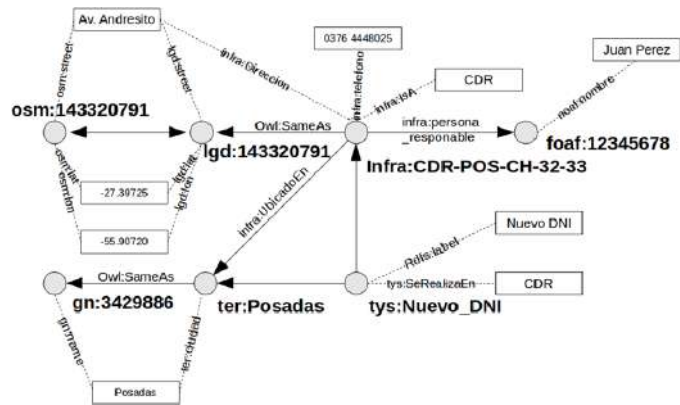
```

PREFIX ter:
<http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ar.gp.N.territorio.owl#>
PREFIX tys:
<http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.tys.owl#>
PREFIX infra:
<http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.infraestructura.owl#>
SELECT *
WHERE {
?Tramite tys:identificador "Nuevo_DNI" .
?Tramite tys:SeRealizaEn ?TipoLugar .
?Lugar rdf:type ?TipoLugar .
?Lugar infra:localidad ter:Posadas .
?Lugar infra:domicilio ?domicilio .
?Lugar infra:telefono ?telefono .
}

```

As shown in Figure 5, we graph an example of the interlinked instances of ‘Nuevo_DNI’ and ‘Posadas’.

Figure 5 Interlinked instances for Nuevo_DNI & Posadas



Definitions: V is a set of vertices that are the labels of datasets having the linked SameAs instances, $E \subseteq V \times V$ is a set of sameAs edges, and I is a set of URIs of the interlinked SameAs Instances.

$G_{DNI} = (V, E, I)$, where

$V = \{S, T, O, L, I, G, F\}$,

$E = \{(S, T), (S, I), (I, F), (I, L), (L, O), (T, G)\}$,

$I = \{tys:Nuevo_DNI_{(1)}, ter:Posadas_{(2)}, osm:143320791_{(3)}, lgd:143320791_{(4)}, infra:CDR-POS-CH-32-33_{(5)}, gn:3429886_{(6)}, foaf:12345678_{(7)}\}$.

S, T, O, L, I, G and F represent the labels of datasets formalities and services, territory, OSM, LinkedGeoData, Infrastructure, GeoNames and Personnel, respectively.

- 1 <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.tys.owl>
- 2 <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ar.gp.N.territorio.owl>
- 3 <http://www.openstreetmap.org>
- 4 <http://linkedgeodata.org/data/triplify/>
- 5 <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.infraestructura.owl>
- 6 <http://sws.geonames.org/>
- 7 <http://www.datos.misiones.gov.ar/ontologias/gobierno/ejecutivo/ar.gp.N.pe.foaf.owl>

7 Conclusions and future work

In this paper, we have presented an original approach that changes the way in which public services are provided, and where citizens can find out where they can go for these services. With this model, public services are provided to citizens and brought to them, on their own mobile devices. By applying the proposed experimental model, we have demonstrated that an ontology of geo-located public services of e-government could be used to integrate different government services that are relevant to citizens.

We have also been able to conclude that the present model is suitable as a supportive framework for the integration and interoperability of public services provided by administration offices distributed over large geographic areas. Our model, using the ISO codes, can be scaled to superior levels of the state, and countries, to represent all kinds of procedures and services offered by public administrations.

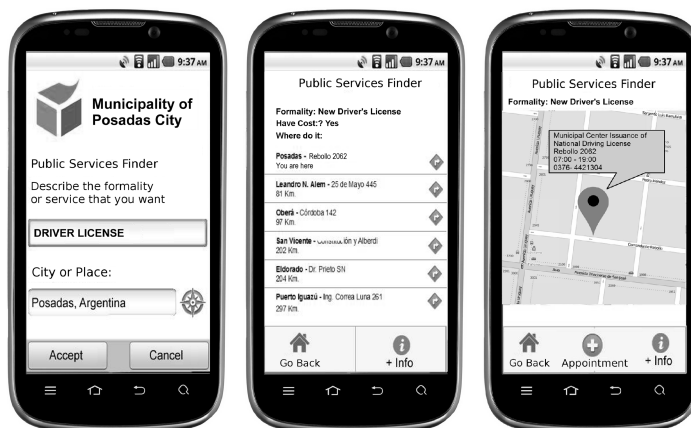
Further research is needed to retrieve the contents of legacy systems that contain the information of the services still provided through manual methods which do not yet have a semantic annotation. Thus, it emphasizes the need for annotation tools for the creation and maintenance of all existing service descriptions. This has to be accessible via the web, intuitive and user friendly, and be able to automatically retrieve the information from legacy systems, and express it semantically on the ontologies' servers.

There are currently available tools using SPARQL queries from native applications for smartphones. MIT App Inventor is an open source web application originally provided by Google, and now maintained by the Center for Mobile Learning¹³ at the Massachusetts Institute of Technology (MIT). This app allows SPARQL and RDF to be used as part of a mobile application.

In his blog, Bob DuCharme wrote the article "Using SPARQL queries from native Android apps"¹⁴, which explains how to MIT App Inventor can be used to develop an application based on their behaviour which is driven by a model stored in an OWL ontology.

With this tool, we aim to complete the concept of bringing the public service to where citizens need it, developing mobile applications using the EGO ontology and geolocation. In this case, the example shown in the use case can be used on a smartphone as shown in a simulation in Figure 6.

Figure 6 Simulation of the process of obtaining a new driver's license



Within the concept of the work presented here, we intend to develop a framework of applications for the most popular smartphone platforms (Android, iOS, Windows) to consolidate the impact of mobile electronic government through ontology–geolocation integration.

In conclusion, the model that has been proposed is a successful step forward in the evolution of municipal public services from the perspective of electronic government. It has been applied in the city of Posadas at a semantic level, enabling integration and interoperability of processes, as well as the creation of process workflows that go beyond geographical boundaries and administrative state, reaching the most important goal of the electronic government: provide the most efficient services for its citizens, saving them time and money. However, there are still some parts of the semantic modelling that require details dependent on the context. The automation of this definition will facilitate the application of this approach to any region or country.

References

- Berners-Lee, T. (2006) *Linked Data*, <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- Brusa, G., Caliusco, M.L. and Chiotti, O. (2013) 'Gestión del Conocimiento en el Gobierno Abierto: Ontologías de Dominio', in 42 JAIIO (Ed.): *Jornadas Argentinas de Informática. 7mo Simposio Argentino De Informática En El Estado*, Córdoba, pp.8–22, <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/SIE/12.pdf>
- Brys, C.R. (2005) *Plan Estratégico para el Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones – Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones*, ISBN 950-579-033-3:(7-8). Argentina.
- Brys, C.R. and Aldana Montes, J.F. (2011) 'Gobierno electrónico 3. 0. Aplicaciones de la Web semántica a la administración pública', *Proceedings of 40° Jornadas Argentinas de Informática*, Simposio de Informática en el Estado, 40JAIIO - SIE 2011 - ISSN: 1851-2526, p.15.

- EGW3C (2008) *eGovernment at W3C. Use Case: Open Government: Linked Open Data*, http://www.w3.org/egov/wiki/Use_Case_8_-_Linked_Open_Government
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A. and Juristo, N. (1997) 'Methontology: from ontological art towards ontological engineering', *Proc. Symposium on Ontological Engineering of AAAI*, pp.33–40.
- Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M. and Corcho, O. (2004) *Ontological Engineering*, Editorial: Springer Verlag GmbH and Co., ISBN: 1-85233-551-3
- Gruber, T. (1993) 'A translation approach to portable ontology specifications', *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, pp.199–220.
- Guarino, N. (1998) 'Formal ontologies and information systems', *Proceedings of FOIS'98*, Trento, Italy, pp.3–15.
- Heath, T. and Bizer, C. (2011) *Linked Data, Evolving the Web into a Global Data Space, Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology*, ISBN: 9781608454303.
- Hodgson, R. and Allemang, D. (2006) *Semantic Technology For e-Government, Semantic Web and Beyond Vol. 3*, Springer US, pp.283–303, ISBN 978-0-387-30239-3.
- Hreño, J., Bednár, P., Furdík, K. and Sabol, T. (2011) 'Integration of government services using semantic technologies', *Journal of Theoretical and ...*, Vol. 6, No. 1, pp.143–154.
- Jain, P., Hitzler, P., Sheth, A.P., Verma, K. and Yeh, P.Z. (2010) 'Ontology alignment for linked open data', in Patel-Schneider, P.F., Pan, Y., Hitzler, P., Mika, P., Zhang, L., Pan, J.Z., Horrocks, I. and Glimm, B. (Eds.): *Information Retrieval*, Springer, Vol. 6496, November, pp.402–417.
- Lacasta-Miguel, J., López-Pellicer, F.J., Floristán-Jusué, J., Noguera-Iso, J. and Zarazaga-Soria, F.J. (2006) *Unidades Administrativas, Una Perspectiva Ontológica. Avances en Las Infraestructuras de Datos Espaciales*, Treballs d'informàtica i tecnologia. Castelló de la Plana: Universidad Jaime I de Castellón, pp.85–94, ISBN 84-8021-590-9.
- Open Government Working Group (OGWK) (2007) *8 Principles of Open Government Data*, <http://www.opengovdata.org/home/8principles>
- Orthofer, G. and Wimmer, M. (2006) 'An ontology for e-government: linking the scientific model with concrete projects, semantic web meets eGovernment', *Papers from the 2006 AAAI Spring Symposium: Semantic Web Meets eGovernment*, Stanford University, CA, USA, pp.96–98.
- Ouchetto, H., Ouchetto, O. and Roudiès, O. (2012) 'Ontology-oriented e-gov services retrieval', *IJCSI International Journal of Computer Science*, Vol. 9, pp.99–107.
- Sabucedo, L. and Rifon, L. (2006) 'Semantic service oriented architectures for eGovernment platforms, American association for artificial intelligence', *AAAI, In Proc. 2006 AAAI Spring Symposium*, Stanford University, CA, USA, pp.111–113.
- Stadler, C., Lehmann, J., Höffner, K. and Auer, S. (2011) 'LinkedGeoData: a core for a web of spatial open data', *Semantic Web -Interoperability, Usability, Applicability an IOS Press Journal*, pp.1570–0844/0-1900
- Tambouris, E., Gorilas, S., Kavadias, G., Apostolou, D., Abecker, A., Stojanovic, L. and Mentzas, G. (2004) 'Ontology-enabled e-government service configuration-the OntoGov approach', *Knowledge Management in Electronic Government*, Springer Berlin Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3035, pp.122–127.
- The Geoportal of the Swiss Confederation (GPSC) (2011) <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/en/home.html>
- The World Wide Web Consortium (W3C) (2013) *Recommendation for 'The Organization Ontology*, <http://www.w3.org/TR/vocab-org/>
- Vassilakis, C. and Lepouras, G. (2006) 'Ontology for e-government public services', *Encyclopedia of E-Commerce, E-Government, and Mobile Commerce*, pp.865–870.
- Zeller, N. (2000) *Organización del Estado y de la Administración Pública Nacional de la República Argentina (tercera versión)*, INAP, Buenos Aires.

356 *C.R. Brys and J.F. Aldana-Montes*

Notes

¹<http://www.geonames.org/>

²<http://www.openstreetmap.org/>

³<http://linkedgeodata.org/>

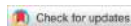
⁴FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents

⁵Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) CmapTools Ontology Editor (COE)
<http://www.ihmc.us/groups/coe/>

⁶Protégé OWL editor <http://protege.stanford.edu/>

⁷National Geographic Institute (IGN) Populated cities: http://www.ign.gob.ar/archivos/sig250/publicacion-conae-2012/005_Centros_Poblados.zip

Anexo A .2.6: Artículo: LEGO: Linked Electronic Government Ontology.



JIS

Research Paper

LEGO: Linked electronic government ontology

Journal of Information Science
1–22
© The Author(s) 2023
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/01655515231161562
journals.sagepub.com/home/jis

Carlos Brys

Computing Science Department, National University of Misiones, Argentina

Ismael Navas-Delgado

ITIS Software, University of Málaga, Spain

José F Aldana-Montes

ITIS Software, University of Málaga, Spain

María del Mar Roldán-García

ITIS Software, University of Málaga, Spain

Abstract

E-government services are subject to a growing level of complexity, which requires a disruptive approach that better support the citizen needs concerning the government administration. Nowadays, available information technologies facilitate the description and online execution of administrative tasks, saving time and reducing possible errors. These technologies reduce administrative costs but require a complex electronic government system.

We propose using semantic technologies to describe the e-government organisational units and services in the Open Government Data and Services context. The use of semantics improves government management, service delivery and decision-making processes. This article presents an extension of related work, introducing the evolution of the Ontology for Electronic Government (EGO): integrating other existing ontologies, supporting new features to describe e-government services and widening the usage scenarios. This extension enables the use in a real scenario with four use cases: the electronic government in the Province of Misiones (Argentina). However, the use in the domain of electronic government in a provincial context is also a proof of concept that this approach is general enough to expand into superior domains of countries that adopt the republican system of government with the division of government into the executive, legislative and judicial branches.

Keywords

e-Government; ontology; open government data; open linked data; semantics; transparency

1. Introduction

Citizens are intensive users of mobile communication technologies, and they demand complex and sophisticated information and services from public service providers. To meet these demands, the governments' service agencies must orchestrate much information from heterogeneous data sources (in formats and semantics) and deliver them to the terminals that citizens commonly use: computers and smartphones. This information is also distributed in a wide geographical area in data silos, depending on the governmental service providing it. However, these systems do not usually interact with each other, providing citizens with data in different and incompatible formats. Thus, citizens must reconstruct a puzzle of places, people and processes to consume a government service.

Corresponding author:

Carlos Roberto Brys, Computing Science Department, National University of Misiones, Avenida Fernando Llamas 9458, Campus UNaM, N3304 Posadas, Misiones, Argentina.
Email: carlos.brys@fce.unam.edu.ar

Using ontologies and Linked Open Data in strategic areas of the State such as education, health and security will substantially improve the access and provision of government services [1]. Thus, the representation of the State organisational structure as an Electronic Government Ontology (EGO) will not only provide a way of managing the data but also will enable machines to carry out automated reasoning, semantic and conceptual search, and provide decision support systems.

In this article, we propose a semantic model (using OWL2 ontologies), based on a related work [2], for the conceptual representation of the organisational units and services of the State (viewed as Electronic Government entities).

The advantage of expressing the government's organisational structure as an EGO is that it can build an information model that allows meaningful data exploration in terms of the explicit semantics declared in the ontology. The definition of a formal ontology will enable automated reasoning, semantic and conceptual searches, and decision-support systems.

The related work [2] proposed a semantic model for the administrative structure of the State, expressed as the EGO¹. That model is suitable as a supportive framework for the integration and interoperability of public services provided by administration offices, scattered throughout the provincial administrative territory.

As an extension of this related work, we represent public administration as a large virtual organisation [3]. The solution we present to orchestrate the diversity of electronic public services proposes to expand the public administration services, supported by a Semantic Web Services architecture, based on the EGO, Public Services Ontology, street-level images of public offices and geo-located open databases. This model provides citizens with new features, such as the intelligent search for services, location-based search for offices to use these services and the information on paperwork required to use these services.

This extension, called Linked Electronic Government Ontology (LEGO), improves the quality of the information provided to citizens by adding links to new ontologies and Linked Data sources. Besides, by adding georeferenced street-level images, a new location perspective is incorporated so that citizens can find the offices where they should go more efficiently.

This extension has been tested for a real scenario with four use cases: the electronic government in the Province of Misiones (Argentina). These use cases prove that this ontology is general enough to expand into superior domains of countries that adopt the republican system of government with the division of government into the executive, legislative and judicial branches.

The rest of the article is organised as follows. In section 'Background and Related Work', related works are presented. Section 'EGO' briefly describes EGO ontology. Section 'Linked Electronic Government Ontology' describes LEGO, the ontology extension developed in this work. A use case to illustrate the use of this extension in the Province of Misiones (Argentina) is presented in 'Use Cases for the LEGO Model'. Section 'Conclusions' includes concluding remarks and future work.

2. Background and related work

2.1. Open government and linked data

Open Government (oGov) is a political doctrine that recognises the right of citizens to access public information and facilitates citizen participation to effectively monitor public actions. Wallace Parks introduced the term in his 1957 article 'The principle of open government: applying the right to know under the Constitution', later used as a synonym for government transparency [29].

In recent decades, there has been a resurgence of oGov practices, aligned with the philosophy of the Free Software movement and supported by information technologies. In this new paradigm, Open Government aims to strengthen transparency and accountability, citizen participation and citizen collaboration in the creation and innovation of public services.

Revived in England in the 1970s, the main objective was to demand government openness and citizen participation in the face of the secrecy with which they acted. The concept became the term 'Open Government', which means free access to public information, knowledge of the activities planned by the government and citizen participation in the construction and execution of services.

Initially, the focus was on public value in the context of Information and Communication Technology [ICT]-enabled public sector reforms. It was seen as a contribution to making government processes more efficient, effective, transparent and accountable through transformational reengineering of governments and their business processes.

In 2009, during Barack Obama's presidency in the United States, the Open Government Directive was published and the website *data.gov* footnoteDataGov: <http://www.data.gov> to increase the public's ability to easily find, download and use data sets generated by the federal government. This site is an example of how a government website can relate to

the semantic web using [30] ontologies. The directive is based on three principles that form the cornerstone of open government:

- Transparency promotes accountability by providing the public with information about what government does. It is the first step towards Open Government, pragmatically represented by Open Data initiatives and portals that publish relevant data online and share it with the people to increase accountability, promote public participation, and create economic opportunities.
- Participation allows citizens to contribute ideas and expertise so that government can make policy with the benefit of information widely dispersed throughout society.
- Collaboration improves the effectiveness of government by fostering partnerships and cooperation within the federal government, across levels of government, and between government and private institutions.

In 2010, McDermott [4] discussed President Obama's Open Government Directive and the launch of the Open Government Partnership (OGP), aimed at establishing a system of transparency, public participation and collaboration. Where every government agency will be required to take immediate steps to ensure access to information by making it available online in open formats. The presumption will favour openness (to the extent permitted by law and subject to valid privacy, confidentiality, security or other restrictions).

According to Calderón and Lorenzo [5], Open Government is the form of relationship between public administration and citizens, characterised by establishing channels of communication and direct contact between them. An Open Government engages in a constant conversation with citizens to listen to what they say and ask who makes decisions based on their needs and preferences, which facilitates the cooperation of citizens and officials in the development of the services they provide and the communication of everything they decide and makes it an open and transparent system.

While Lee and Kwak [6] in 2012 proposed a five-level open government maturity model for social media-based public engagement in response to Obama's directive. This model proposes five levels of maturity: Initial Conditions, Data Transparency, Open Participation, Open Collaboration, and Pervasive Engagement. The maturity model identifies approaches, key capabilities, processes, outcomes and metrics for each maturity level. Government agencies should focus on achieving one maturity level at a time and address challenges related to implementation, leadership, governance and culture.

Harrison et al. [7] analysed the concept of open government from an ecosystem perspective, as systems of interdependent social actors, organisations, infrastructures, and symbolic resources, and proposed that policymakers engage in such strategic ecosystem thinking.

Gascó-Hernández [8] published a comprehensive collection of papers on open government and the opportunities and challenges for public governance. These are papers that propose open government models, their contextual and cultural foundations and the development and dynamics of open data and big data for public governance.

Open Government has been taken up globally as a set of principles that are the basis for action, underpinned by an open philosophy and a mindset towards openness, as evidenced by the creation in 2011 of the OGP. OGP was founded by eight governments (Brazil, Indonesia, Mexico, Norway, the Philippines, South Africa, the United Kingdom and the United States), currently representing 79 countries.

In the Open Government paradigm, government-held information should be accessible to anyone for any purpose. According to the eight Principles of Open Government Data, to qualify data as 'open', it must meet these principles: it must be complete, primary, timely, accessible, machine-processable, non-discriminatory, non-proprietary, non-proprietary, and licence-free: <https://opengovdata.org>.

To retrieve knowledge from various domains such as ontologies, government information, geospatial data and publications, among other information [9], promoted by data.gov and data.gov.uk, propose a web-based open ecosystem that organically interconnects original data owners (such as government agencies), data processing service providers (such as entity resolution services) and data consumers (businesses and citizens). It is a way to facilitate the openness, linking and reuse of open government data. This is known as Linked Open Government Data (LOGD).

To encourage the publication of government data, emphasising standards and methodologies, enabling the public to use this data in new and innovative ways, the W3C eGov Interest Group has published a recommendation for Publishing Open Government Data².

To extend the scope of our previous model, we incorporated external Open Data sources to the ontology we developed, following the Ontology Integration Framework proposal [10], obtaining a new model enriched with the possibilities offered by Linked Open Data. These external sources are collaborative systems with open licences.

2.2. Street-level information

Geospatial data, describing information tied to some locations on Earth, constitute an essential category of government data assets. This kind of data is critical for planning, policy-making and delivering innovative location-based services in domains including disaster mitigation, public health, geology, civil protection, and agriculture [11].

Michael Goodchild coined the term Volunteered Geographic Information to describe a particular case of the web phenomenon of user-generated content for harnessing tools to create, assemble, and disseminate geographic data provided voluntarily by individuals. The result is a set of sites that often provide the cheapest source of geographic information and sometimes the only source, particularly in locations where geographic information is challenging to obtain [12].

In recent years, numerous projects have been developed to capture images at the street level of the world's leading cities. Google Street View and Bing Map Streetside are the products that lead this initiative and are the most used services. However, these companies indicate in their licence agreements that the images are their property, not for share, and not aimed for use in critical applications. They also do not provide the metadata of these images.

The collaborative applications developed by users for planning, transport, security or emergencies need open-licensed georeferenced images to share without legal restrictions. This context is where services originated in crowd-sourcing appear, such as Mapillary or OpenStreetCam, based on the collaborative work of voluntary users worldwide to create a world map of free images. This new way of integrating shared and Linked Open Data sources and public image systems at the street level offers an immersive experience close to augmented reality.

Mapillary³ is a photography image service at street level under the model of distributed open collaboration or open outsourcing of tasks (crowd-sourcing). Since April 2014, Mapillary has used the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International ('CC-BY-SA License'),⁴ which allows openly share and re-use the images. Currently, Mapillary is a world community that seeks to make the world accessible to all by creating a global representation with images. Connecting images over time and users create an immersive view of street-level images for people to explore virtually different places. In July 2020, the Mapillary database had more than 1.6 million images, covering more than 30 major cities across six continents and more than 8 million kilometres of ways.

OpenStreetCam⁵ is an application developed by the Telenav company that collects, stores and distributes georeferenced images at the street level to help the OpenStreetMap community to improve the quality of the map data. OpenStreetCam was developed to create the largest possible open repository of street-level photography images. Therefore, Telenav licences its images under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International ('CC-BY-SA License').

Wikidata⁶ is a semantic wiki of the Wikimedia Foundation that serves as a database to provide a common source for certain types of data. A semantic wiki is a wiki that has an underlying knowledge model described on its pages. Semantic wikis offer the possibility of capturing or identifying information about the data within the pages and the relationships between these pages. Thus, this information can be consulted or exported as a database. Semantic wikis were proposed at the beginning of the 2000s and began to be seriously used around 2005. To date, the best-known semantic wiki software can be Semantic MediaWiki [13].⁷

The W3C vCard Ontology⁸ is a specification developed by the Internet Engineering Task Force⁹ for the description of people and organisations. vCards are standard in other domain areas and have been implemented using other technologies, like contact management applications that support vCards as a custom content type. This standard may maintain contact information for people who have both variant forms of their name as part of one identity and, in some cases, multiple distinct identities.

2.3. Ontology design

We have considered two different proposals for the design of the LEGO ontology: Methontology [14] and Ontology 101 development process [15].

Methontology divides the ontology design methodology into several tasks:

- Task 1: Build a glossary of terms. This task aims at listing the main terms to be taken into account in the ontology.
- Task 2: Build concept taxonomies. This task aims to structure the defined terms as a taxonomy. Thus, these terms are categorised in a hierarchy.
- Task 3: Build ad hoc binary relation diagrams. This task aims at discovering relationships between the ontology terms.
- Task 4: Build a concept dictionary. The main terms are translated as ontology classes in this task.

- Task 5: Describe ad hoc binary relations. Relations defined in Task 3 are then translated to ontology properties.
- Task 6: Describe instance attributes. For the ontology classes, several data properties are defined at this stage.
- Task 7: Describe class attributes. Instance attributes described in Task 6 are then translated to the corresponding classes (domain of these data properties).
- Task 8: Describe constants. This task will discover constant elements in the ontology.
- Task 9: Describe formal axioms. This task will define any axiom identified by the domain experts.
- Task 10: Describe rules. Production rules will be defined in this task of the methodology.
- Task 11: Describe instances. The set of instances is defined in this task.

The standard Ontology 101 development process is divided into seven steps:

- To determine the domain and scope of the ontology.
- To consider reusing existing ontologies.
- To enumerate important terms in the ontology.
- To define the classes and the class hierarchy.
- To define the properties of classes and slots.
- To define the facets of the slots.
- To create instances.

As can be seen, both methodologies are similar, and they are commonly used as the main approaches for ontology design. To build the EGO, we used the *Methontology* [14] methodology, which was created in the Artificial Intelligence Laboratory at the Technical University of Madrid. The reason for this choice is the excellent support with software tools, and independence from the platform. It is also recommended by Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA)¹⁰ for ontology development. It has been tested in several large-scale projects and has been successfully applied in the development of ontologies for knowledge management of open government [16].

However, in developing the LEGO extension, we have included the second step of Ontology 101 (*to consider reusing existing ontologies*) to incorporate concepts from other existing ontologies to increase interoperability with similar systems.

2.4. Electronic government ontologies

Klischewski [17] identified the semantic problems in e-government as a prerequisite for discussing the requirements for applying Semantic Web technologies in this domain.

One of the first well-documented approaches to describe the e-government using ontologies as a natural way of representing the structure of concepts and relationships in this area of knowledge was the OntoGov Project¹¹ [18]. This project produced an ontology-enabled platform that was intended to ease the consistent composition, re-configuration and evolution of e-Government services. The OntoGov project was specified and developed for deployment as a holistic framework and a supporting platform to improve public service provision by enabling semantically rich representations and refinement of public processes and services to citizens and businesses.

The oeGOV (Ontologies for eGovernment) project¹² developed by TopQuadrant and led by Hodgson and Allemang [19], was a pioneering work in the creation of an ontology for the e-government. The starting point for the project was a model of U.S. agencies and their bureaus. As a result of their work, several foundational ontologies for the U.S. government were created and published.

The EGO Ontology Model proposed by Ortiz-Rodríguez and Villazón-Terrazas [20] in 2006 was presented only in its initial state as support for semantic applications to retrieve legal documents and to provide public administration services to citizens. The ontologies they present are oriented to the legal scope for real estate transactions within the domain of the Spanish government. To build the ontologies, they used the Methontology methodology and the WebODE workbench, independent of the application. However, they agree that the e-Gov domain has not been modelled at all.

In 2007, Moulin et al. [21] proposed a method to automatically classify instances of concepts in knowledge bases and a module that allowed to obtain all the information required about the categorisation of citizens' categorisation. The categorisation of the elements of the knowledge base was applied in the Terregov project,¹³ which uses semantic technologies to achieve the integration between electronic government systems. Instead of providing ontologies, they implemented ontology creation and storage tools to allow domain experts to create the ontologies.

To solve the representation problems, Lacasta Miguel et al. [22] proposed an ontology model in three levels:

Table 1. Comparison of developed ontologies for e-Government.

Ontology	Orientation	Scope	Year	Status	Spatial data	Data linked
<i>OntoGov</i>	Service	Executive	2004	Active Non-functional	No	No
<i>oeGOV</i>	Service	U.S. agencies	2004	Active Non-functional	No	No
<i>EGO</i>	Service	Legal documents	2006	Active Non-functional	No	No
<i>Terregov</i>	Service	Legal documents	2007	Inactive	No	No
<i>cgov</i>	Descriptive	Executive	2013	Active Non-functional	No	No
<i>orges</i>	Descriptive	Executive	2015	Inactive	No	No

- A top-level ontology that defines data types and general relationships (independent of the context).
- A domain ontology with concepts and reusable relationships defined in the context of administrative models from different countries.
- An ontology application where specific types of administrative units in each country are represented, together with specific instances of existing units.

Gómez-Pérez et al. [23] have presented in 2005 a set of legal ontologies for real state transactions within the Spanish government domain, as a part of their EGO Ontology model, for support semantic applications to retrieve legal documents and to deliver services from the public administration to citizens.

In 2007, The W3C published the Geospatial Ontologies,¹⁴ a report of the W3C Geospatial Incubator Group (GeoXG) to summarise geospatial foundation ontologies to represent geospatial concepts and properties for use on the Worldwide Web.

Brusa et al. [24] proposed a method to solve the complexity of conceptual modelling in complex scenarios based on semantic interoperability through domain ontologies, where information sources are databases, legal documents and people.

There is increasing pressure for spatial data infrastructures (SDIs) to open up access to geospatial information in the public sector. This pressure implies adopting Open Data strategies and the need to integrate spatial data through Linked Open Data. These efforts to take advantage of Linked Open Data and the Semantic Web to allow global access to spatial data managed within national and regional SDIs are emerging [11].

In 2013, the Korean government adopted the ‘Government 3.0’ agenda (Gov3.0) with the vision of creating a government ‘transparent, competent and service-oriented’. The Gov3.0 phenomenon has been associated with desirable attributes in government institutions, such as increased dynamics and innovation capacity. This conceptualisation defines innovation in government as a government enabled to the Semantic Web [25].

The Organization Ontology¹⁵ is a W3C recommendation published in 2014 to support Linked Data publication of organisational information across several domains. This recommendation enables domain-specific extensions to add other elements and support additional information as organisational activities.

2.5. Discussion of related work

Table 1 shows a comparison of different approaches, the scope and the current status of the different initiatives found in the bibliography to develop an ontology for electronic government. The first impression that is evident is that there has been little significant progress in this line of research in the last decade. These projects are oriented to describe the administrative structure, their services and the citizens, focusing on the executive power branch. Some of them are operational, and most do not have a SPARQL endpoint to make queries. Considering how old the projects are, they do not usually provide access to download the ontologies. They are generally not aligned with the new paradigm of linked data or the concept of open government.

Analysing these approaches, we note that there is evidence of the lack of adequate semantic representation of administrative structures, in public services and their spatial, temporal and dependency relationships. The majority assume that information is centralised, and only some incorporate the new paradigms of linked data or open government.

Besides, the data they contain are not exhaustive, presenting only a partial focus of the model of public services from the executive branch perspective. They also assume that users will search and use the services from their personal computers using a web page, so these models do not consider the mobility variable and do not guarantee that the names used to identify the units are officially recognised.

The absence of harmonisation and standard semantics in the definition and configuration of e-government services causes problems such as the functional disintegration of the governmental structures that affect the quality of the provided services. The related works highlight some common characteristics: most proposals focus on local developments and specific aspects of ontologies (the semantic web technologies, the electronic government, the public data, the services, viewed as separate entities). These ontologies are modelled assuming a centralised database approach, in which all the data resides in the same place where queries have full access. There is a lack of proposals for general-purpose ontologies that can be easily adapted to the Latin-American region.

Furthermore, most of the developments of ontologies for e-government services have been designed by experts for a specific purpose and based on the premise that they will be consumed from a website, not consider web standards and interoperability and few have considered mobile technology and the ubiquity of users.

The reviewed models focus on a partial approach or some types of specific services that do not cover the complexity required or are difficult to adapt. Moreover, they do not take into account the emerging new technologies and the citizen's ubiquity and only a few relate to other external ontologies.

3. EGO

This section describes our previous work: EGO. Our main motivation was to use ontologies in e-government applications as a semantic integration schema. This proposal was based on the need for formal representation that could fit to the whole State in their three branches, including domain knowledge and procedures. With our model, we aimed at providing a general ontological model of the State and then move towards the agencies and their services to citizens.

Starting from Ralph Hodgson's work in the oeGOV project, and the three-layer model proposed by Lacasta-Miguel, we developed a conceptual representation of the whole State, based on ontologies designed under the Government Linked Open Data and Open Government principles, adding the standard W3C and ISO/IEC definitions for political organisation and geospatial information, to achieve a reusable and inter-operable model. This model is a large and heterogeneous ontology-based data set, with large amounts of interlinked instances.

The conceptualisation that produced EGO first release¹⁶ using *Methontology* included several tasks:

- Task 1: Build glossary of terms. In order to model a general ontology compatible with the political organisation of different countries, we used the basic jurisdictional domains: 'State', 'Division', 'Organisation' and 'Sub-organisations' as defined in ISO/IEC 15944-5:2008. 'State' is an entity with its own legal nature which may be national in scope (country), or sub-national (region). The 'Divisions' are different partitions of higher level organisations (ministries) which are turned into smaller entities: under secretariats, and departments which are the basic division entities. And to guarantee the internationalisation of the denomination of the ontologies we adopted the ISO/IEC 3166-2 standard, which allowed us to uniquely identify a subdivision of the country in a global context [22].
- Task 2: Build concept taxonomies. These concepts were not organised in a hierarchy, as they were related by means of properties.
- Task 3: Build ad hoc binary relation diagrams. The main terms were binary related as follows:
 - Government *HasSuborganisation* Ministry
 - Ministry *IsPartOf* Government
 - Ministry *HasSuborganisation* UnderSecretariat
 - UnderSecretariat *IsPartOf* Ministry
 - UnderSecretariat *HasSuborganisation* GeneralDirections
 - GeneralDirections *IsPartOf* UnderSecretariat
 - GeneralDirections *HasSuborganisation* Directions
 - Directions *IsPartOf* GeneralDirections
 - Directions *HasSuborganisation* Departments
 - Departments *IsPartOf* Directions
- Task 4: Build concept dictionary. The main terms were translated as ontology classes using the Protégé ontology editor¹⁷ as shown in Figure 1.
- Task 5: Describe ad hoc binary relations. Relations defined in Task 3 were translated also with Protégé.
- Task 6: Describe instance attributes. For these classes several OWL data properties were defined: *ProcedureID*, *denomination*, *Province*, *Department*, *Address*, *PostalCode*, *Place*, *BuildingName*, *phone*, *OSM_node*, *Coordinates*, *email*, *ResponsiblePerson*, *url*.

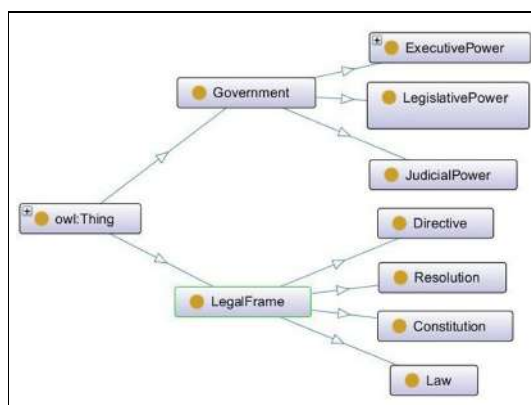


Figure 1. Electronic government ontology as designed in Protégé.

- Task 7: Describe class attributes. Instance attributes described in Task 6 were then linked with the corresponding classes (domain of these data properties).
- Task 8: Describe constants. This ontology did not include constants.
- Task 9: Describe formal axioms. This relationship between the state, government and its divisions can be represented in Description Logic with a has property, the subset, existential quantification, and union symbols as follows:

$$State \subseteq \exists \text{ hasPower.}(Executive \cup Legislative \cup Judiciary)$$

$$Executive \subseteq \exists \text{ hasDivision.}(Governor \cup (Ministry_1 \cup \dots \cup Ministry_n))$$

$$Ministry \subseteq Undersecretariats \subseteq GeneralDirections \subseteq Directions \subseteq Departments$$

- Task 10: Describe rules. This ontology did not define rules.
- Task 11: Describe instances. Initial set of instances defined for the use cases of EGO where:
 Procedures: New_ID_Card
 Infrastructure: CDR-POS-DEL1
 Territory: Posadas
 LinkedGeoData: 143320491
 OSMNode: 3661832864

From a global view, we used an incremental-recursive ontology scheme development following the three layers approach, adding classes, relationships and creating specific instances of classes as needed. Instead of developing a single large ontology, in our proposed model we developed several ontologies containing specific concepts, and later establish relationships and dependencies between them as shown in Brys and Aldana-Montes [2]. These ontologies emerge from the definition of the state, which has concepts such as: political and administrative organisations, institutions, territory, legal framework, procedures and services. The global ontology was created by establishing relationships between these different, more specific sources that maintain their own portion of the ontology. At the same time that the ontology is populated, the mapping to external ontologies can be created as it is described in Section Linked Electronic Government Ontology, using the Linked Open Data principles.

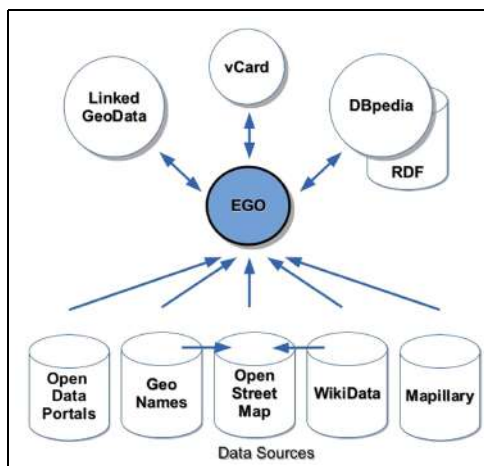


Figure 2. Extended electronic government ontology context.

4. LEGO

Brys and Aldana-Montes [2] proposed a semantic model for the administrative structure of the State, expressed as the EGO.

Thus, EGO provides a general ontological model of the State that is related to the agencies and their services for citizens. A taxonomic ontology could not satisfactorily answer the competence questions of a useful ontology: What, Who, When, How and Where. In the proposed new model, we will extend it incorporating elements and principles of Open Government, as well as public Open Data sources (Figure 2). In the new model, we propose LEGO by aligning the EGO (in its extended version) with other geospatial and people related ontologies and integrate data from other resources to bring to the citizen enriched information about how, where and with whom to use the government’s services.

At the high-level (see Figure 3), we define the superclasses related to general concepts such as state, government, branches of power, legal framework and territory. Then, for the domain-specific level, we define the eGovernment classes for the administrative structure and positions, head of state, and ministerial structure, infrastructure, offices, and agents. In this stage, we have modelled the administrative organisation according to the W3C recommendation for the organisation’s ontologies (W3C, 2013). Finally, at the application level, we define the classes for procedures and services for citizens. For each class, we look for its instances, to incorporate them into the specific ontology and map others if necessary.

Our work is centred on the executive branch of power. This ontology represents the governorship, 10 ministries, 37 under secretariats, 68 general directions, 114 directions and 326 departments. The classes alone do not provide sufficient information to answer the most basic competency questions. Therefore, some properties of the classes and restrictions on them must be determined. The attributes that relate classes with the properties of the data types were defined in the classes and subclasses.

From the mapping point of view, we have taken other ontologies into account to expand the domain of LEGO:

- OSMonto¹⁸: an OpenStreetMap label ontology, where each administrative organisation in the general ontology is represented in OpenStreetMap by a ‘node’. These nodes have the ‘labels’ defined in the OSMonto that match the attributes of the individuals in the ontology;
- LinkedGeoData: vocabularies used by LinkedGeoData to publish OpenStreetMap data as an RDF knowledge base [26].
- DBpedia: vocabularies and ontologies used by DBpedia to publish Wikipedia data as an RDF data source.

Table 2. Image class data properties.

Property	Type	Description
ca	Number	Image's camera angle in [0, 360) degrees.
camera_make	String	Camera make.
camera_model	String	Camera model.
captured_at	Datetime	When image was captured.
key	String	Unique identifier of the image.
organization_key	String	Which organisation the image belongs to.
pano	Boolean	Whether the image is panorama (true), or not (false).
private	Boolean	Whether the image is private (true) or public (false).
sequence_key	String	Which sequence the image belongs to.
user_key	String	User who captured or uploaded the image.
username	String	Username of who captured or uploaded the image.

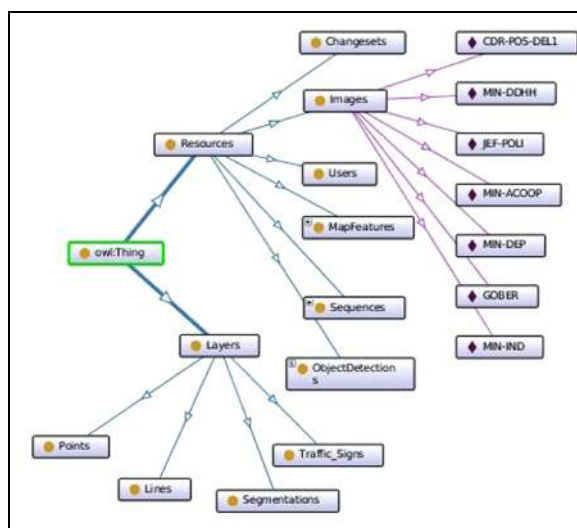


Figure 4. Class tree of the mapillary ontology.

From the Mapillary ontology, we only take for this project the class 'Images' that defines the street images, and we instantiate them to the photographs that we take of the buildings with the identification key that provides the service. These instances are linked to our infrastructure ontology that we create to identify public buildings.

Table 2 details the data properties of the *Image* class, according to the Mapillary API specifications.

We focus on the 'key' property of the 'Images' class since that key is the one that identifies the file that contains the image. That key is a string of 22 characters and is the one we use to construct the URL and relate the ontology of infrastructure with the street-level image stored in the Mapillary server.

4.2. Linked data search

The definition of the different services provided by the government will be done by defining instances for each service. Thus, developing new cases will only require the design of ontology instances, but the LEGO ontology structure will not

Table 2. Image class data properties.

Property	Type	Description
<i>ca</i>	Number	Image's camera angle in [0, 360) degrees.
<i>camera_make</i>	String	Camera make.
<i>camera_model</i>	String	Camera model.
<i>captured_at</i>	Datetime	When image was captured.
key	String	Unique identifier of the image.
<i>organization_key</i>	String	Which organisation the image belongs to.
<i>pano</i>	Boolean	Whether the image is panorama (true), or not (false).
<i>private</i>	Boolean	Whether the image is private (true) or public (false).
<i>sequence_key</i>	String	Which sequence the image belongs to.
<i>user_key</i>	String	User who captured or uploaded the image.
<i>username</i>	String	Username of who captured or uploaded the image.

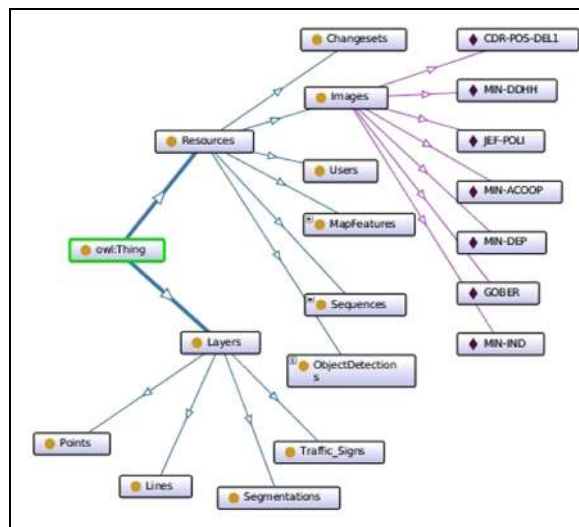


Figure 4. Class tree of the mapillary ontology.

From the Mapillary ontology, we only take for this project the class 'Images' that defines the street images, and we instantiate them to the photographs that we take of the buildings with the identification key that provides the service. These instances are linked to our infrastructure ontology that we create to identify public buildings.

Table 2 details the data properties of the *Image* class, according to the Mapillary API specifications.

We focus on the 'key' property of the 'Images' class since that key is the one that identifies the file that contains the image. That key is a string of 22 characters and is the one we use to construct the URL and relate the ontology of infrastructure with the street-level image stored in the Mapillary server.

4.2. Linked data search

The definition of the different services provided by the government will be done by defining instances for each service. Thus, developing new cases will only require the design of ontology instances, but the LEGO ontology structure will not

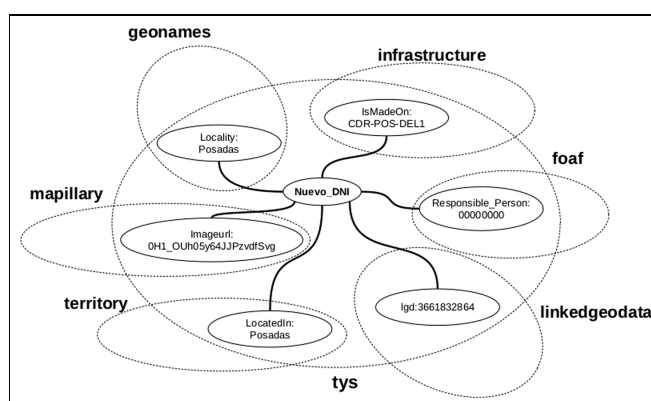


Figure 5. Ontology relations.

change. Therefore, the development of support services will only need to define the extraction of the information using the required queries.

The objective of the proposed ontology is to provide citizens services with highly enriched data about governmental paperwork. LEGO is used as the core to orchestrate the interlink with other Linked Open Data sources to respond to citizens' queries, as shown in Figure 5. Each data source will have its own ontology or vocabulary that is linked to LEGO. The collected data are integrated using SPARQL to provide users with relevant information to their needs. In the case of existing web services by formality with the State, the user is provided with the basic information, the requirements, the contact person, the spatial location and the street-level images of the office shown, creating an immersive experience where to make the appointment.

5. Use cases for the LEGO model

Based on the LEGO proposal, we have designed four use cases with the goal of providing citizen services based on Linked Data as depicted in Figure 6, taking into consideration the following elements:

- The core system at the front-end consists in an orchestrator that takes the citizen's requirements and inquires to the LEGO RDF dataset to solve the competence questions (using SPARQL): What, How, Where, Why and Who.
- The first level of the back-end is the Extended EGO that resides in the Open Data Portal server with the other second-level ontologies. These ontologies describe the government's administrative structure, the infrastructure and spatial location of public buildings, the services available and the persons responsible. The second-level ontologies have their own autonomous corporate systems (paper-works Guide) that run in the government data centre.
- The last level is the external services and sources that provide the Linked Open Data and the images: DBpedia, GeoNames, LinkedGeoData, OpenStreetMap and Mapillary.

The developed use cases are the following:

1. *Obtaining an ID card.* In this use case, we consider a service where a citizen requires to obtain his ID card (DNI in Spanish). The citizen must go to the nearest documentation centre to begin the formality. For that, citizens provide the formality ID and their location (or it is taken from their cell phone); for example *DNI, Posadas*. This data search provides the citizen with a list of documentation centres in Posadas and other useful information (including pictures of the places).
2. *Enrolling a Child in a School.* We consider a service where citizens must enrol their child in an initial level school. The citizen must go to the nearest school to start the process. For this, citizens provide the level of the

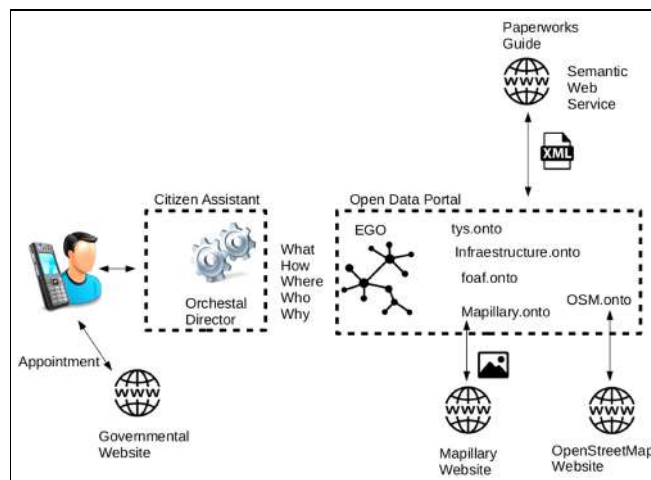


Figure 6. Architecture for the linked EGO model.

school and its location (or take it from their cell phone); for example, Initial School, Posadas. This data search provides the citizen with a list of the schools in Posadas, and other helpful information (including photographs of the schools).

3. *Getting permission to transport wood.* We consider a service where an implanted forest manager must transport the logs to a sawmill. The citizen must go to the Ministry of Ecology in Posadas. For this, managers provide the name of the Ministry and its location (or take it from their cell phone); for example, Ministry of Ecology, Posadas. This data search provides the citizen with the location of the Ministry, and other helpful information (including photos of the places).
4. *Making a police report.* We consider a service where a citizen must expose a crime to the police. The citizen must go to the police station closest to the event. To do this, the citizen provides the police code word and his location (or they take it from his cell phone); for example, Police, Posadas. This data search provides the citizen with the location of the nearest police station and other useful information (including photos of the places).

5.1. Linked data search

5.1.1. *Use Case 1: obtaining an ID card.* This use case aims to guide citizens to obtain their ID cards. SPARQL is used to query the LEGO dataset to get the list of documentation centres in Posadas where the formality (obtaining the ID card) can be done, and related data such as who is the responsible person, attention hours and costs, among others. Listing 1 shows an example of retrieving the location, phone and picture of the places to use this service.

```

Listing 1: Example of a SPARQL query to retrieve the location, phone and pictures of the places to obtain the ID card
PREFIX tys: < http://bit.ly/EGO-formalities# >
PREFIX mapy: < http://bit.ly/EGO-mapillary# >
PREFIX infra: < http://bit.ly/EGO-infrastructure# >
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE{
?Service tys:ID 'NewIDCard'
?Service tys:IsMadeIn ?Place
?Place mapy:key ?Image
?Image infra:CDR-POS-DEL1 ?file
?Image mapy:Photo ?imageurl.
?Place infra:Place ter:Posadas.
    
```

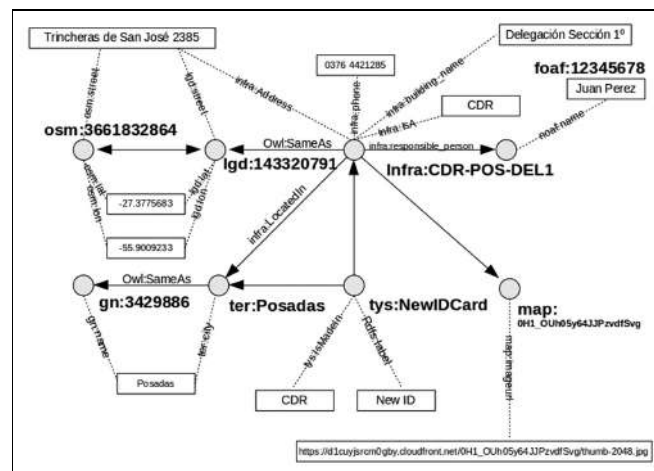


Figure 7. Interlinked instances for New_DNI in Posadas.

```
?Place infra:Address ?address
?Place infra:Phone ?phone .
}
Result of SPARQL query:
address: Trincheras de San José 2385
phone: (376) 4-421-285
image: https://images.mapillary.com/
0H1_OUh05y64JJPzvdFsvg/thumb-2048.jpg
```

In Figure 7, we show the links of *NewIDCard* and *Posadas* with instances of external datasets. *NewIDCard* and *Posadas* are individuals of LEGO class DNI and City, respectively.

5.1.1.1. *Definitions.* V is a set of vertices representing the labels of data sets linked with other instances using the predicate *sameAs*, $E \subseteq V \times V$ is a set of *sameAs* predicates (edges), and I is a set of URIs of the instances linked with the *sameAs* predicate.

S, T, O, L, I, G, F and M represents the labels of data sets Formalities and Services, Territory, OSM, LinkedGeoData, Infrastructure, GeoNames, Personnel and Mapillary respectively.

For the use case, we will have $GDNI = (V, E, I)$, where:

- $V = S, T, O, L, I, G, F, M,$
- $E = (S, T), (S, I), (I, F), (I, L), (L, O), (T, G),$
- $I = tys: Nuevo_DNI,²² ter: Posadas,²³ osm:3661832864,²⁴ lgd:303625172,²⁵$
- $infra: CDR-POS-DEL1,²⁶ gn:3429886,²¹ foaf:12345678,²⁸$
- $map:0H1_OUh05y64JJPzvdFsvg.²⁹$

5.1.2. *Use Case 2: enrolling a child in a school.* This service aims at helping citizens in enrolling their children in an initial level school. SPARQL is used to query the LEGO dataset to obtain the list of the nearest preschools in Posadas where your child can be enrolled (preschool enrolment). It also retrieves related data such as who is responsible for attending, scheduling attention and the necessary documentation. Listing 2 shows an example of retrieving the location, phone number and photo of the places to use this service.

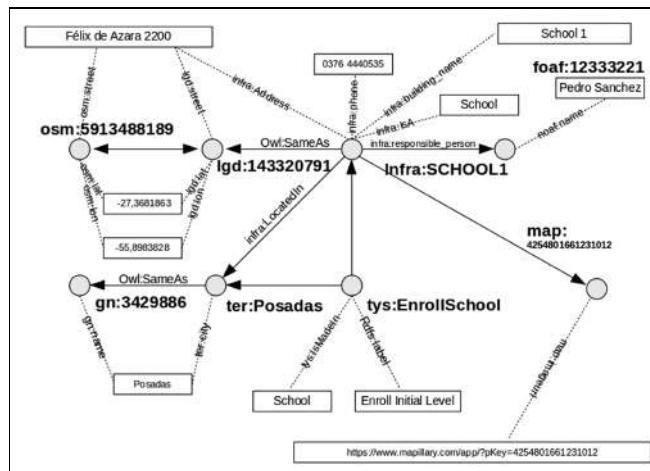


Figure 8. Interlinked instances for enrol a children in a school.

Listing 2: Example of a SPARQL query to retrieve the location, phone and pictures of the enroll a children in a school

```

PREFIX tys: < http://bit.ly/EGO-formalities# >
PREFIX mapy: < http://bit.ly/EGO-mapillary# >
PREFIX infra: < http://bit.ly/EGO-infrastructure# >
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE{
?Service tys:ID 'EnrollInitialSchool'
?Service tys:IsMadeIn ?Place .
?Place mapy:key ?Image
?Image infra:SCHOOL1 ?file
?Image mapy:Photo ?imageurl.
?Place infra:Place ter:Posadas .
?Place infra:Address ?address .
?Place infra:Phone ?phone .
}
Result of SPARQL query:
address: Félix de Azara 2200
phone: (376) 4440535
image: https://www.mapillary.com/app/?pKey=4254801661231012
    
```

In Figure 8, we show the links of *EnrollInitialSchool* and *Posadas* with instances of external datasets. *EnrollInitialSchool* and *Posadas* are individuals of LEGO class *School* and *City*, respectively.

5.1.3. Use Case 3: *permission to transport wood*. This service aims at helping citizens in the procedure of transporting the logs to a sawmill. SPARQL is used to query the LEGO dataset to obtain the location of the ministry in Posadas where they can manage his transportation permit (permission to transport wood). It also retrieves related data such as who is responsible for attending to you, hours of operation, and necessary documentation. Listing 3 shows an example of retrieving the location, phone number and photo of the places to use this service.

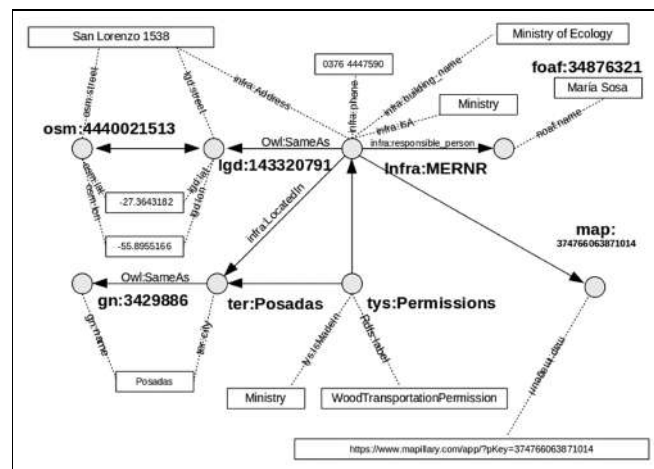


Figure 9. Interlinked instances to obtain a wood transportation permission.

```

Listing 3: Example of a SPARQL query to retrieve the location, phone and pictures of wood transportation permission
PREFIX tys: < http://bit.ly/EGO-formalities# >
PREFIX mapy: < http://bit.ly/EGO-mapillary# >
PREFIX infra: < http://bit.ly/EGO-infrastructure# >
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE{
?Service tys:ID 'WoodTransportationPermission'
?Service tys:IsMadeIn ?Place
?Place mapy:key ?Image
?Image infra:MERNR ?file
?Image mapy:Photo ?imageurl.
?Place infra:Place ter:Posadas .
?Place infra:Address ?address .
?Place infra:Phone ?phone .
}
Result of SPARQL query:
address: San Lorenzo 1538
phone: (376) 4447590
image: https://www.mapillary.com/app/?pKey=374766063871014
    
```

In Figure 9, we show the links of *WoodTransportationPermission* and *Posadas* with instances of external datasets. *WoodTransportationPermission* and *Posadas* are individuals of LEGO class *Permissions* and *City*, respectively.

5.1.4. Use Case 4: make a police report. This service aims at helping citizen to expose a crime to the police. SPARQL is used to query the LEGO dataset to obtain the location of the ministry in Posadas where he can expose his report (crime report) and related data such as who is responsible for attending you, hours of operation, and necessary documentation, among others. Listing 4 shows an example of retrieving the location, phone number and photo of the places to use this service.

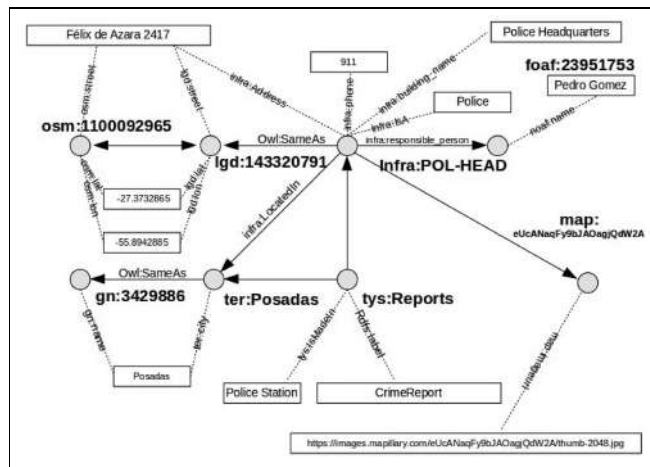


Figure 10. Interlinked instances to make a crime report.

```

Listing 4: Example of a SPARQL query to retrieve the location, phone and pictures of police stations
PREFIX tys: < http://bit.ly/EGO-formalities# >
PREFIX mapy: < http://bit.ly/EGO-mapillary# >
PREFIX infra: < http://bit.ly/EGO-infrastructure# >
SELECT ?address ?phone ?file
WHERE {
  ?Service tys:ID 'CrimeReport'
  ?Service tys:IsMadeIn ?Place .
  ?Place mapy:key ?Image.
  ?Image infra:POLICE-HEAD ?file.
  ?Image mapy:Photo ?imageurl.
  ?Place infra:Place ter:Posadas .
  ?Place infra:Address ?address .
  ?Place infra:Phone ?phone .
}
Result of SPARQL query:
address: Félix de Azara 2417
phone: 911
image: https://images.mapillary.com/eUcANaqFy9bJAOagjQdW2A/thumb-2048.jpg

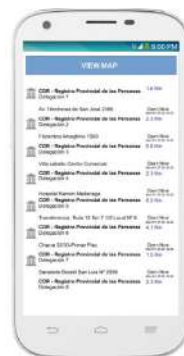
```

In Figure 10, we show the links of *CrimeReport* and *Posadas* with instances of external datasets. *CrimeReport* and *Posadas* are individuals of LEGO class *Reports* and *City*, respectively.

5.2. Data usage

Taking the Linked Data approach, it is possible to develop a user interface to provide users with this information (Figure 11). In this section, we focus on illustrating *Use Case 1*: Obtaining an ID card as shown in the following these steps:

1. Users with a thin client inquire about a facility using the key 'DNI' (The Id card). The user provides its location, or the App acquires the geo-position:



5. The system orchestrates a query and inquires the second-level and linked ontologies: *territory* for locations, *infrastructure* for detailed data of offices, *foaf* for the responsible person, *osm* for map information, *mapillary* for a picture of the office, as described in Figure 7.
6. The system shows the user where they can do the paperwork and offers them the possibility to make an appointment.



5.3. Ontology evaluation

In this section, we discuss the results of the evaluation of LEGO using OOPS! [28].³⁰ This tool provides a list of pitfalls classified depending on their importance:

1. Critical: These are the most relevant ones as they could affect the ontology consistency, reasoning and applicability.
2. Important: These are relevant but not critical for ontology function.
3. Minor: They are not really a problem, but by correcting them the ontology would be nicer.

The first evaluation done on LEGO listed a total of 15 critical cases (of two types), 91 important cases (of five types), and 255 minor cases (of six types). Most of these cases were produced by the evolution in the design of the ontology, producing some naming problems in the URIs. After correcting the most relevant issues, the final version of the ontology includes only one minor pitfall.

As a result of this evaluation process, LEGO is better prepared for its reuse in different contexts by other researchers in this domain.

6. Conclusions

In this article, we have presented an expanded model of the EGO, covering the whole branches of the State, incorporating one of the three pillars that support the Open Government: the transparency represented by the Government Open Data in their portals. LEGO's extension is based on existing ontologies and the linking to external Open Linked Data repositories.

We have proposed an original approach that changes the way public services are provided, in which citizens must find where to do their paperwork. With this model, public services are those that find the citizens and deliver them wherever they are, on their own mobile devices.

By applying the proposed experimental model, we have shown that an ontology of electronic government geo-located public services could be used to integrate different government services relevant to the citizens.

In the absence of a specific ontology to integrate the images at the street level, we created the ontology for Mapillary, which allows us to obtain photos of the buildings under an open licence.

We also conclude that the current model is suitable as a support framework for integrating and interoperability public services provided by the geographically distributed administrative offices.

The LEGO ontology is a solid, standard, open and interoperable basis for linking complex information systems within public administrations.

The main limitation of this model is the existence of few scenarios of available services, so there is a need to work to scale the ontology to represent all kinds of procedures and services offered by the public administration.

In conclusion, the proposed model is a significant advance in the evolution of the electronic government in the province of Misiones. Evolving from electronic government to open government at a semantic level enables the integration and interoperability of information systems and the creation of work processes that go beyond geographical boundaries and state management. This work aims at achieving the most critical goal of electronic governments: to provide more efficient services for citizens, saving their time and money.


Declaration of conflicting interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: This work has been partially funded by grant (funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/) PID2020-112540RB-C41, AETHER-UMA (A smart data holistic approach for context-aware data analytics: semantics and context exploitation). Funding for open access charge: Universidad de Málaga/CBUA.

ORCID iD

Carlos Roberto Brys  <https://orcid.org/0000-0002-5872-0444>

Notes

1. http://www.datos.misiones.gob.ar/ontologias/gobierno/ar_gp.N.EGO.owl
2. Publishing Open Government Data: <https://www.w3.org/TR/2009/WD-gov-data-20090908/>
3. Mapillary: <http://www.mapillary.com>
4. Creative Commons License: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
5. OpenStreetCam: <https://www.openstreetcam.org>
6. Wikidata: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wikidata>
7. Semantic MediaWiki: https://www.semantic-mediawiki.org/wiki/Semantic_MediaWiki
8. W3C vCard Ontology: <https://www.w3.org/TR/vcard-rdf/>
9. vCard Format Specification: <https://tools.ietf.org/html/rfc6350>
10. FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents
11. OntoGov Project: <https://sourceforge.net/projects/ontogov/>
12. oeGOV <http://www.oegov.us/>

13. TERREGOV https://web.archive.org/web/20090615064650/http://www.terregov.eupm.net/my_spip/index.php
14. Geospatial Ontologies <https://www.w3.org/2005/Incubator/geo/XGR-geo-ont/>
15. The Organization Ontology <https://www.w3.org/TR/vocab-org/>
16. EGO v.1 <http://www.datos.misiones.gob.ar/ontologias/gobierno/ar.gp.N.EGO.owl>
17. Protègè <https://protege.stanford.edu/>
18. OSMOnto: <http://www.datos.misiones.gob.ar/ontologias/osm.owl>
19. W3C eGov Interest Group. Publishing Open Government Data: <https://www.w3.org/TR/2009/WD-gov-data-20090908/>
20. MapillaryOnto: <http://www.datos.misiones.gob.ar/ontologias/mapillary.owl>
21. Mapillary V3 API: <https://www.mapillary.com/developer/api-documentation/>
22. <http://bit.ly/EGO-formalities>
23. <http://bit.ly/EGO-territory>
24. <http://www.openstreetmap.org>
25. <http://linkedgeodata.org/data/triplify/>
26. <http://bit.ly/EGO-infrastructure>
27. <http://sws.geonames.org/>
28. <http://bit.ly/EGO-Personnel>
29. <http://bit.ly/EGO-mapillary>
30. <https://oops.linkeddata.es/>

References

- [1] Cretton F, Liu Z and Le Calvé A. Linked data integration and consumption: a case of open-interconnected application in Swiss administration. In: *Proceedings of the international conference on semantic web business and innovation (SWBI2015)*, 2015, https://www.researchgate.net/publication/283356228_Linked_Data_Integration_and_Consumption_A_Case_of_Open-Interconnected_Application_in_Swiss_Administration
- [2] Brys CR and Aldana-Montes JF. A semantic model for electronic government and its enforcement in the province of Misiones, Argentina. *Electron Govt Int J* 2016; 12(4): 337–356.
- [3] O’Leary DE, Kuokka D and Plant R. Artificial intelligence and virtual organizations. *Commun ACM* 1997; 40(1): 52–59.
- [4] McDermott P. Building open government. *Govt Inform Quart* 2010; 27: 401–413.
- [5] Calderón C and Lorenzo S. *Open government. Gobierno abierto*. Buenos Aires, Argentina: Capital Intelectual, 2010.
- [6] Lee G and Kwak YH. An open government maturity model for social media-based public engagement. *Govt Inform Quart* 2012; 29(4): 492–503.
- [7] Harrison TM, Pardo TA and Cook M. Creating open government ecosystems: a research and development agenda. *Fut Intern* 2012; 4(4): 900–928.
- [8] Gascó-Hernández M. *Open government: opportunities and challenges for public governance*. Berlin: Springer, 2014.
- [9] Jain P, Hitzler P, Sheth AP et al. Ontology alignment for linked open data. In: *Proceedings of the 9th international semantic web conference*, Shanghai, China, 7–11 November 2010, pp. 402–417. Berlin: Springer.
- [10] Zhao L and Ichise R. Ontology integration for linked data. *J Data Semant* 2014; 3(4): 237–254.
- [11] Abbas S and Ojo A. Towards a linked geospatial data infrastructure. In: A Kó, C Leitner, H Leitold et al. (eds) *Technology-enabled innovation for democracy, government and governance*. Berlin: Springer, 2013, pp. 196–210.
- [12] Goodchild MF. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal* 2007; 69(4): 211–221.
- [13] Kröttsch M, Vrandečić D and Völkel M. Semantic MediaWiki. In: *Proceedings of the international semantic web conference*, Athens, GA, 5–9 November 2006, vol. 4273, pp. 172–186, https://www.researchgate.net/publication/221467223_Semantic_MediaWiki
- [14] Fernández-López M, Gómez-Pérez A and Juristo N. METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering, 1997, https://www.researchgate.net/publication/50236211_METHONTOLOGY_from_ontological_art_towards_ontological_engineering
- [15] Noy NF and McGuinness DL. *Abstract: ontology development 101: a guide to creating your first ontology*. Technical Report, 2001, <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness-abstract.html>
- [16] Alvarez-Sabucedo L and Anido-Rifón L. Semantic service oriented architectures for eGovernment platforms, 2006, <https://cdn.aaai.org/Symposia/Spring/2006/SS-06-06/SS06-06-018.pdf>
- [17] Klischewski R. Semantic web for e-Government. In: Traunmüller R (ed.) *Electronic government*. Berlin: Springer, 2003, pp. 288–295.
- [18] Tambouris E, Gorilas S, Kavadias G et al. Ontology-enabled e-Gov service configuration: an overview of the OntoGov project, 2004, https://static.aminer.org/pdf/PDF/000/479/192/ontology_enabled_e_gov_service_configuration_an_overview_of_the.pdf
- [19] Hodgson R and Allemang D. Semantic technology for e-Government. In: Cardoso J and Sheth AP (eds) *Semantic web services, processes and applications*. Boston, MA: Springer, 2004, pp. 283–303.
- [20] Ortiz-Rodríguez F and Villazón-Terrazas B. EGO ontology model: law and regulation approach for e-Government, 2006, https://oa.upm.es/5173/1/EGO_Ontology_Model_Law_and_Regulation_Approach_for_E-Government_PDF

- [21] Moulin C, Bettahar F, Barthès JPA et al. Ontology based categorization in eGovernment application, 2007, https://www.researchgate.net/publication/220829863_Ontology_Based_Categorization_in_eGovernment_Application
- [22] Lacasta Miguel J, López Pellicer FJ, Jusúe JF et al. Unidades administrativas una perspectiva ontológica. In: UJI De Castellón (ed.) *Av. en las infraestructuras datos Espac.* Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2006, pp. 85–94.
- [23] Gómez-Pérez A, Ortiz-Rodríguez F and Villazón-Terrazas B. Legal ontologies for the Spanish e-Government. In: *Proceedings of the 11th conference of the Spanish association for artificial intelligence (CAEPIA 2005)*, Santiago de Compostela, 16–18 November 2005, pp. 301–310. Berlin: Springer.
- [24] Brusa G, Calusco ML and Chiotti O. Gestión del Conocimiento en el Gobierno Abierto: Ontologías de Dominio, 2013, https://www.researchgate.net/publication/261698231_Gestion_del_Conocimiento_en_el_Gobierno_Abierto_Ontologias_de_Dominio
- [25] Nam T. Government 3.0 in Korea: fad or fashion? 2013, https://www.researchgate.net/publication/266657140_Government_30_in_Korea_Fad_or_fashion
- [26] Stadler C, Lehmann J, Höffner K et al. LinkedGeoData: a core for a web of spatial open data. *Semant Web* 2012; 3(4): 333–354.
- [27] Juhász L and Hochmair HH. Cross-linkage between mapillary street level photos and OSM edits. In: T Sarjakoski, M Santos and L Sarjakoski (eds) *Geospatial data in a changing world*. Cham: Springer, 2016, pp. 141–156.
- [28] Poveda-Villalón M, Gómez-Pérez A and Suárez-Figueroa MC. OOPS! (Ontology Pitfall Scanner!): an on-line tool for ontology. *Int J Semant Web Inform Syst* 2014; 10: 27–34.
- [29] Yu H and Robinson D. The new ambiguity of ‘open government’. *UCLA Law Rev Disc* 2012; 59: 178–208.
- [30] Yu L. *A developer’s guide to the semantic web*. Berlin: Springer, 2014.

Anexo A .2.7: Artículo: Wildfire Risk Weighting and Behavior Prediction Using Open Geospatial Data and Ontologies.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Carlos Roberto Brys <carlos.brys@fce.unam.edu.ar>

Journal of Information Science - Decision on Manuscript ID JIS-22-0696.R2

1 mensaje

Journal of Information Science <onbehalf@manuscriptcentral.com>

23 de agosto de 2023, 10:23

Responder a: journal.information.science@gmail.com

Para: carlos.brys@fce.unam.edu.ar, carlos.brys@gmail.com

23-Aug-2023

Dear Professor Brys:

It is a pleasure to accept your manuscript entitled "Wildfire Risk Weighting and Behavior Prediction Using Open Geospatial Data and Ontologies" in its current form for publication in Journal of Information Science. The comments of the reviewer(s) who reviewed your manuscript are included at the foot of this letter.

Thank you for your fine contribution. On behalf of the Editors of Journal of Information Science, we look forward to your continued contributions to the Journal.

Sincerely,
Dr. Allen Foster and Dr. Pauline Rafferty
Editors in Chief, Journal of Information Science
journal.information.science@gmail.com

Wildfire Risk Weighting and Behavior Prediction Using Open Geospatial Data and Ontologies

Carlos Brys¹, Ismael Navas-Delgado² and José F. Aldana-Montes²

Journal Title
XX(X):1–20
©The Author(s) 2023
Reprints and permission:
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/ToBeAssigned
www.sagepub.com/



Abstract

This paper presents a novel approach to wildfire risk assessment and behavior prediction by leveraging Open Geospatial Data and Ontologies. The proposed methodology includes a spatially weighted index model and multi-criteria analysis to represent the risk of forest fires in the affected area. It bridges gaps in theory and practice, offering a comprehensive solution for evaluating potential forest fire risk in near real-time, predicting fire behavior, and elucidating the semantics of fire management. During dry and hot conditions, forest fires tend to escalate. Hence, we propose an algorithm that combines experts' empirical criteria and open-source data to identify dangerous fires in near real-time, aiding authorities in directing attention to the riskiest areas. The objective is to predict forest fire behavior, a complex and non-linear system influenced by dynamic factors such as weather conditions, topography, and land use. Our methodology enables real-time assessment of potential forest fire risks, complemented by predictive fire behavior scenarios and a descriptive ontology of fire management semantics. We examine existing fire-related ontologies and propose a comprehensive one encompassing incident descriptions, firefighting resources, actor interrelations, and knowledge for effective action. By classifying fire sources, our algorithm enables strategic decision-making to prevent uncontrolled fires. This solution significantly enhances data using semantic and spatial relationships among wildfire resources. Furthermore, we demonstrate how ontologies improve data integration and interoperability among diverse systems and organizations involved in forest fire risk management, fostering better coordination and faster responses to critical situations. To facilitate decision-making, we create decision-making scenarios linked to analyzed hot spots, drawing from open hot spot data like NASA's Fire Information for Resource Management System (FIRMS), OpenStreetMap (OSM), OpenWeatherMap (OWM), and OpenTopoData (OTD). We propose an ordinal and linguistic classification system (F1 to F5) denoting risk levels as Low, Moderate, High, Very High, and Extreme. These values are obtained through factor aggregation and fuzzy logic. A publicly accessible, interactive web map displays the results derived from this model. Overall, our contributions to wildfire risk management provide authorities with a valuable tool to make informed decisions and mitigate the damaging effects of wildfires.

Keywords

WildFire, Forest, Open Data, Ontology

Introduction

The use of fire in rural and forest areas is a standard tool rooted in soil preparation techniques for crops. Until recently, fire was seen as a destructive force that should be excluded from forests and afforestation. Today the use of prescribed burning is recognized as a beneficial method, thus reducing biomass fuels to lessen the impact that could result if a forest fire occurs (1). As long as the burning is carried out under controlled conditions, the benefits of its use are recognized. However, fire used irresponsibly without adequate safety measures can lead to a lack of control. This irresponsible use of fires can lead to forest fires that will cause significant damage to forest ecosystems with the consequent social, economic, and ecological impacts, significantly threatening the safety of the public, infrastructure, and forest resources. When a fire source acquires dimensions that exceed the primary control measures, the agencies responsible for mitigating the impact and combating the fire must coordinate the tasks of the

initial containment attack, deploy the fire departments and the police, and plan the flights of the hydrant aircraft.

In times of low rainfall, it is common for fire observation and control satellites to detect several sources of heat simultaneously in forest areas. Given this situation, it is essential to determine if the observed heat source could become a significant forest fire and get out of control. The responsible agencies must have information in near real-time to classify and size the potential and direct attention to the riskiest events. To help identify dangerous fires, we propose an algorithm for categorizing fire sources using the criteria

¹Computer Science Dept. Faculty of Economic Sciences. National University of Misiones. Argentina

²ITIS Software. University of Málaga. Spain

Corresponding author:

Carlos Brys, Computer Science Dept. Faculty of Economic Sciences. National University of Misiones. Argentina
Email: carlos.brys@fce.unam.edu.ar

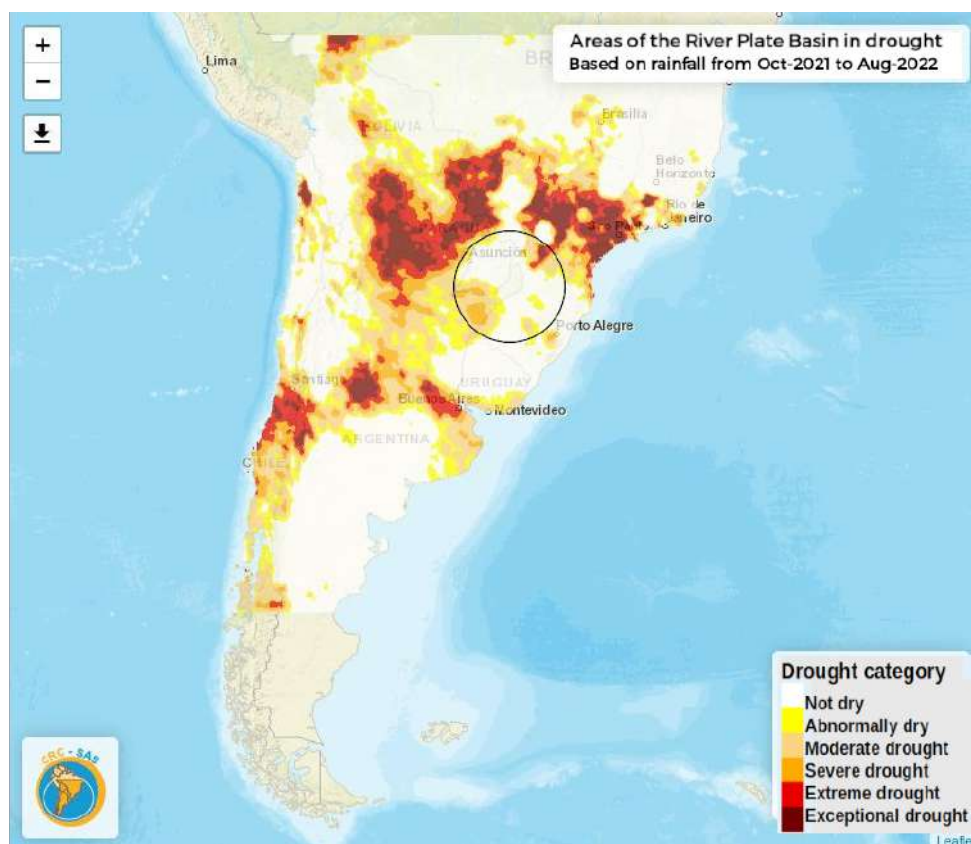


Figure 1. Drought in the Paraná/La Plata River Basin. 2021/09-2022-08.
Source: Regional Climate Center for Southern South America (CRC-SAS).

provided by experts and taking data from open sources. This work aims to provide information for strategic decision-making.

The prediction behavior of forest fires is a multivariable, complex, and non-linear system. Static elements such as topography, variables such as land use, and other highly dynamic factors such as meteorological conditions are combined. The Rothmel (2) model assumes that the topography is uniform and the available fuel is homogeneous. However, pine plantations and natural forests occur up to high altitudes, as studied by Hofstede et al. (3) in the Ecuadorian Andes (3000-4000 m) and Prados (4) in Chile. These areas of irregular topography, such as hills or valleys, can create areas where fire spreads more slowly or even stops. However, wind speed and direction also affect fire propagation. For this reason, this model is insufficient to make predictions in areas with irregular topography where the forest plantations are in heterogeneous terrain, with many slope variations and wind. Other models to predict the wildfire rate of spread (ROS) (5), (6), (7), (8), (9) are restricted to semi-empirical or empirical models based on

laboratory experiments, tabular data, computer simulations, or processing satellite images, which require calculations that are not performed in real-time.

Our experimentation area is limited to protecting a part of the last remaining reserve of the “Alto Paraná Atlantic forests” in the province of Misiones in the Argentine Republic, called “Ecoregion of the Misiones Jungle”. The province of Misiones currently holds 50% of the total remaining paranaense pine (*Araucaria angustifolia*) forest in Argentina. The biodiversity of this area has a very high socioeconomic and cultural value because it is inhabited by several aboriginal communities of the “Mbya Guaraní Nation” ethnic group. To protect these assets, the Misiones province government created the Ministry of Ecology and Renewable Natural Resources and the Ministry of Climate Change. Towards the end of 2019, climate models developed by government agencies predicted an extreme drought in the region of the Paraná River/Río de la Plata basin, as shown in Figure 1. The process began in early 2020 and continued until the first months of 2022.

Prepared using sagej.cls

To face possible future fires in the region of the Province of Misiones, we have worked on developing risk identification and classification models based on the information provided by NASA-FIRMS^{*}. This information is combined with data from open sources such as OpenStreetMap[†], Open Topo Data[‡] and OpenWeatherMap[§]. We aim to provide government agencies and institutions involved in fire management with a tool that fulfills the functions of a virtual crisis room, where they can make the best strategic decisions for early approach and fire extinction. Our risk classification model incorporates a fire behavior model based on climate information and land use conditions, supported by an ontology that provides global knowledge of the scenarios from the terminology specific to each actor.

The main contribution of this paper is a novel model expressed in an interactive map with periodic updates that fulfill the functions of a virtual crisis room, where the characteristics of the detected sources can be consulted in real time. The prediction of the future behavior of the fire and its potential for destruction is based on the combination of meteorology, topography, land use, and proximity to critical elements.

Managing emergencies caused by forest fires involves coordinating multidisciplinary teams governed by different procedures to address the fire attack. This coordination generates a highly complex situation with varying work methodologies and specific vocabularies. Each organization involved has its knowledge of how to manage its resources and the actions to be carried out. Thus, in this work, we propose an ontology that represents both the description of the incidents, the resources for fighting the fire, the interrelation of the actors, and their knowledge for effective action. Using an ontology, relationships between data that would not be apparent with conventional query techniques can be discovered. We seek to improve the discovery of valuable information to determine priorities in wildfire mitigation and prevention strategies. With a taxonomy integrated into the semantics of the ontology, the time to understand the different scenarios is reduced, and the interpretation errors of different concepts are eliminated.

Background and Related Work

This section introduces an analysis of the literature for the past two decades, showing the different approaches and strategies proposed to analyze the risk of forest fires. We have taken the year 2000 as the initial period after studying the evolution of scholarly works in this area using Lens[¶] (see Figure 2). This section presents the following aspects:

- Section **Fire Risk Assessment** presents approaches for the fire risk assessment. These approaches aim to discover features that are relevant to know before a fire event.
- Section **Fire Dynamics** presents solutions to know the possible evolution of fire as a first approach to fight against it.
- Section **Prediction and Decision-Making** shows how the analysis of different features can be used to predict the fire advance and use it as input for decision-making.

- Section **Knowledge-Based Solutions** presents approaches using semantics to provide context or user-oriented information.

Fire Risk Assessment

Gai et al. (10) propose a spatially weighted index model and multicriteria analysis to represent the risk of forest fires in the affected area. Through the GIS spatial analysis procedure, forest fire risk is based on its sensitivity to fire or ability to cause fires. The spatial analysis module uses it to combine some individual influencing factors to display the full fire risk map. The model focuses on the factors that influence the development of forest fires, such as land use, topography, and the meteorology of the place.

Tomar et al. (11) propose a model together with an algorithm to predict the probability of occurrence of forest fires. It is based on parameters from several wireless sensors that form a network and use a service-oriented architecture, together with the Internet of Things and cloud computing concept. Competent authorities must promptly receive instant information about forest fires to manage them effectively.

Toledo-Castro et al. (12) propose a monitoring model for dynamic risk factors obtained with a wireless sensor network and analyze them with a fuzzy-based controller. They measure the meteorological variables in real-time and different gases to estimate the risk of forest fires in the short term, detect the recent appearance of fire sources, and use the AHP method to determine the level of fire spread. The fuzzy-based forest fire controller analyses environmental information to estimate wildfire risks, detect incidents, and trigger environmental alerts. The decision-making method is based on AHP and uses it to determine nearby forest areas affected by fire outbreaks that could favor their spread. They have integrated open data sources to provide additional support and environmental information, such as weather data, vegetation layers, and other forest resources.

Fire Dynamics

Rothermel (2) proposed the most widely used model in the United States and practically implemented Frandsen's empirical model. The principle of energy conservation was used to write an equation for the propagation rate. However, there is no distinction between different modes of heat transfer. Laboratory experiments covering a range of environmental and fuel variations were empirically used to determine propagation flux as a function of reaction intensity.

Cruz and Alexander (9) propose a simplified rule based on empirical observations of different wildfires, claiming that the rate of forwarding spread of wildfires is approximately equal to 10% of the average wind speed. Their statistical

*Fire Information for Resource Management System (FIRMS) <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

†OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/>

‡Open Topo Data: <https://www.opentopodata.org/>

§OpenWeatherMap: <https://openweathermap.org/>

¶LENS: <https://www.lens.org/>

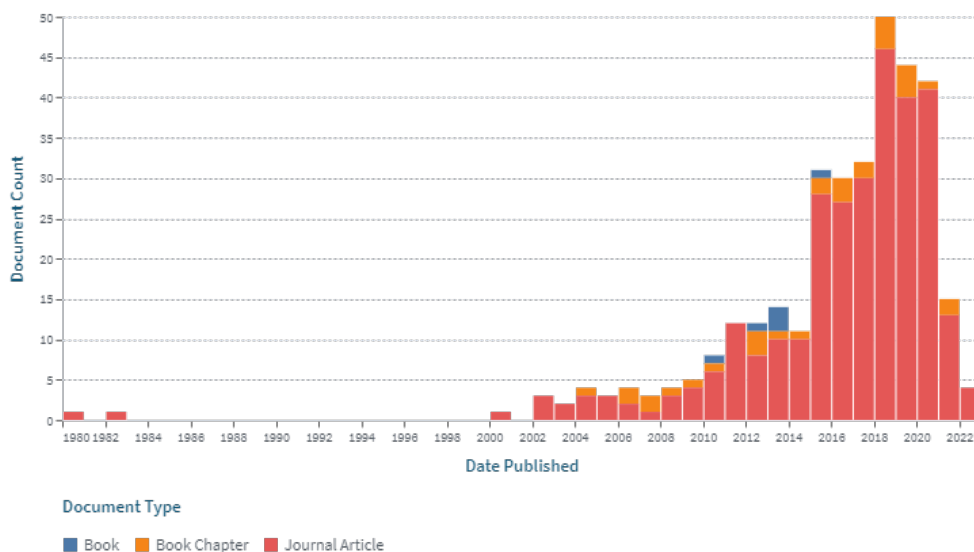


Figure 2. Scholar works evolution in Forest Fire Risk in Computer Science (search using keywords forest and fire and risk in the title, abstract, and full paper for computer science categories).

errors are comparable to those of established fire spread rate models.

Sikkink and Keane (13) present a methodology to create an objective fire severity classification based on fire behavior and effects that will account for loads and combustion of fuel beds and improve fire effects' predictability. It suggests that the main problem with current fire simulation models is that they do not have a spatial context that makes the effects of fire vary depending on the spatial arrangement of fuels on the ground. They cannot incorporate topography or climate, crucial factors in obtaining realistic surface and ground fire severity values.

Prediction and Decision-Making

Martell (1) proposes a forest fire management system and raises the decision-making problems that fire managers face. It applies operational research to decision-making problems related to wildfire prevention, detection, deployment, and dispatch of initial attacks, the management of large fires, and strategic planning and fuel management.

Roosbeh et al. (14) present a solution to the asset protection problem when a fire goes out of control and threatens areas containing essential infrastructure assets. The protection of a particular asset must be carried out during a time window that is destroyed by the characteristics of the fire. In this work, they develop an adaptive extensive neighborhood search (ALNS) algorithm based on problem specificities. This approach seeks, emphasizing vulnerability, to optimize resources to protect as many assets as possible. The proposed algorithm shows efficiency for problems of up to 35 nodes but loses efficiency on more extensive problems.

Keramitsoglou et al. (15) developed a multi-disciplinary system that provides rational, quantitative information

based on site-specific characteristics and potential fire consequences to support decision-makers during large-scale wildfire incidents. Using near real-time and forecast satellite tracking utilizing an integrated framework of satellite remote sensing technologies, GIS, and relational databases. The system is based on a diffuse/neural method for estimating fire propagation and a propagation model to estimate the consequences of the fire based on influencing factors such as the land's topography, the type and density of the vegetation, and the meteorological conditions.

Kalabokidis et al. (16) also present OntoFire, a geoportal on forest fires based on ontologies. Unlike conventional geoportals, which are based on introducing keywords to search for interest data, OntoFire takes advantage of semantic and spatial relationships between resources by providing ontology and space-based navigation mechanisms. OntoFire is the first geoportal specialized in forest fires that uses a corresponding ontology to enrich the data semantically and meaningfully. Taking advantage of the semantic and spatial navigation mechanisms, users can use the OntoFire navigation interface to find resources of interest.

Avesani et al. (17) present an interactive planning system integrated into a decision support system dedicated to emergency management, incorporating an artificial intelligence system to plan the first attack on a forest fire. It proposes an approach to calculate the nearest neighbor in an asymmetric local metric. In such a way, it is possible to reduce the size of the memory of the case while maintaining the same precision and reducing the response time. This work developed a decision support system called CHARADE, which is currently used in the south of France in a fire management school.

Apostolakis et al. (18) propose a feature database prototype to understand the fire regime and predict “fire”/“non-fire” classes and feed a machine learning model that implements an RF algorithm, to distinguish between the two categories. To create the database, they used different sources such as NASA FIRMS, the European Forest Fire Information System (EFFIS/JRC), the FireHub operating system of the Research Center for Earth Observation and Remote Satellite Control Sensing BEYOND of NOAA, which offers the burn scar diachronic mapping service that provides polygons of burned areas at high spatial resolution, meteorological data derived from ERA5-Land, the Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) from the MODIS dataset of the POT, and a topographic and digital elevation model derived from Copernicus EU-DEM.

Knowledge-Based Solutions

Jafrin (19) tells us that semantic applications are very relevant, providing situational awareness to end-users. Their incorporation into virtualized Wireless Sensor Networks (WSNs) can play a crucial role in providing contextual information for situational awareness, increased usability, and interoperability.

Santos et al. (20) state that emergency or catastrophe management requires complex models that integrate adverse events with representations of knowledge about resources and actions that are more appropriate to manage the developing situation. In ontologies designed explicitly for the environmental risk assessment type, the consequences of an adverse event become the central representation commitment. In his work, they describe an effects-based approach to creating typologies of adverse events and how they can be related to resources. The links between events and these categories constitute valuable expert knowledge for situational awareness in the early response phase. Emergency management involves the coordination of agencies in a complex situation affecting various areas and infrastructures. This coordination requires complex models representing detailed knowledge of adverse events, their potential impact, and the most appropriate means and resources for response. Existing models for emergency management do not adequately address a detailed typology of incidents covering their relationships and how to manage them.

Kalabokidis et al. (21) describe the development of a decision support system (DSS) for forest fire prevention and emergency planning that incorporates meteorological data management, a geographic data viewer, a priori hazard forecasting and fire modeling, automatic fire detection and optimal dispatch of resources. Adopting a DSS and using the AHP in an organization is initially a burden for the people involved since implementing the system requires additional effort to obtain the necessary data and develop the corresponding databases and data layers of GIS data.

Kyzirakos et al. (22) present a forest fire surveillance service developed in the European TELEIOS project and the Greek SWeFS project, highlighting the contributions of ontologies and linked geospatial data. The service uses different sources of information on varying property and control. The core of the dataset contains elements related to the fires inferred from satellite images owned by NOAA,

enriched with data published by the European Environment Agency and the Greek government, and with data published in LODC.

Discussion of Related Work

Rothermel’s model (2) is currently the most commonly employed model in Canada and the United States. It determines the rate of forest fire spread in the absence of wind and slope by employing empirical factors and not considering the daytime. This model falls short in predicting fire behavior in regions with uneven topography and diversified land use.

A situation repeated in the literature is the use of geographic information systems (GIS) or satellite imagery and analysis to obtain risk coefficients (10), (15). This methodology assumes an offline, asynchronous valuation made by technicians in data analysis and imagery, out of the direct reach of critical decision-makers when facing a forest fire.

Some proposals (9), (18) include collecting and storing historical data from previous fires to predict whether or not fires will occur in the future.

Some studies analyzed the interaction between the wind and fire (10), (23) to calculate the ROS using the wind speed and slope as parameters. Still, they did not consider the relationship between the direction of the terrain’s slope and the wind direction’s angle. We believe that this relation is significant to be considered since the alignment or not of the respective angles strongly influences the speed of propagation.

We did not find evidence in the viewed models that the factor of the time of day had been considered since, depending on a particular moment of the day, the combined meteorological conditions have a notable influence on the speed of fire propagation. Based on the observations provided by the fire control brigades, we model a factor that considers the time of day in which the fire propagation forecast is analyzed.

Regarding acquiring data in real-time, it is also suggested to resort to remote sensors connected to the Internet of Things (IoT) (11), (19), (12), which implies a significant investment in monitoring infrastructures to monitor sensitive regions. But these systems have limited range and the cost of the necessary infrastructure limits the ability to monitor large areas.

In Table 1 we compare the proposals of the reviewed authors with the techniques, resources, and innovative solutions that we propose in our model. We use data from open sources, which we query with APIs on demand when performing the analysis, allowing us to obtain a scenario in real time. We also incorporate more factors to predict with greater accuracy the behavior of fire propagation. For example, we consider the wind direction’s alignment with the land slope’s direction and the time of day. Our case study is available online, which allows access to the projection of fire behavior at any time from the website. These aspects imply a substantial saving of time in decision-making since the variables that determine the scenarios are pre-processed by downloading the data from the fire sources every four hours.

Table 1. Compared Related Work

Gai (10)	Spatially weighted index model and multicriteria analysis, GIS spatial analysis	Multivariate analysis relating land use, topography, meteorology, and time of day to predict behavior.
Tomar (11) Toledo-Castro (12)	Wireless Sensor Networks (WSNs) The Wireless Sensor Network analyzed with a fuzzy-based controller and use the AHP method to determine the level of fire spread.	Data from open sources in open formats. Open hot spot data from FIRMS-NASA. Semantic risk classification using fuzzy logic.
Cruz (9)	A simplified rule based on empirical observations of different wildfires	We also use the simplified rule in our spread prediction algorithm.
Sikkink (13)	An objective fire severity classification based on fire behavior and a spatial context without topography or climate	Classification of fires by proximity to critical elements and by land use.
Martell (1)	Forest fire management system	Web-Based real-time individual analysis of hot spots.
Roozbeh (14)	An adaptive extensive neighborhood search (ALNS) algorithm based on problem specificities	Classification of fires by proximity to critical elements and by land use.
Keramitsoglou (15)	Forecast satellite tracking, GIS, and relational databases. The system is based on a diffuse/neural method	Hot spots reported by FIRMS-NASA. Fuzzy logic to classify risk. A multivariate model including weather to predict propagation.
Kalabokidis (21)	OntoFire, a geoportal on forest fires based on ontologies. Decision support system and the use of the AHP, GIS data	Use of a specific ontology for wildfires.
Avesani (17) Apostolakis (18)	Artificial intelligence decision support system Feature database prototype, a machine learning model that implements an RF algorithm	Fuzzy-logic, web client side risk analysis Semantic risk classification using fuzzy logic.
Jafrin(19)	Wireless Sensor Networks (WSNs)	Open hot spot data from FIRMS-NASA. Semantic risk classification using fuzzy logic.
Santos (20)	Ontologies designed explicitly that require complex models representing detailed knowledge	Design of a specific ontology for wild-land fires to relate the completeness of actions and actors.
Kyzirakos (22)	Forest fire surveillance service with ontologies and linked geospatial data and satellite images enriched with data published by the government and LODC.	Data from open sources in open formats.

WildFire Ontology (WFO)

Managing emergencies caused by forest fires involves coordinating multidisciplinary teams governed by different procedures to address the fire attack. This coordination generates a highly complex situation with varying work methodologies and specific vocabularies.

Each organization involved has its knowledge of how to manage its resources and the actions to be carried out. However this information is not shared with the other involved actors. However, they must interact with each other, which makes it difficult to carry on an effective fire intervention.

Solving this problem requires administrative agencies to cooperate and use standardized and normalized representations for their information and services. The use of Semantic technologies and thought ontologies will support these integration processes.

Thus, the representation of fire management as an ontology will not only provide a way to manage specific information but will also allow machines to perform automated reasoning, semantic, and conceptual searches and will provide decision support systems.

The advantage of expressing fire management as an ontology is that it can build an information model that allows meaningful data exploration regarding the explicit semantics declared in the ontology. The ontology will contain elements representing the associations between the objects and the properties of the elements. It will formally describe the semantics of the classes and properties used in dependency relationships, including temporal and spatial relationships. The definition of a formal ontology will allow the use of automated reasoning, semantic and conceptual searches, and decision support systems.

The state-of-the-art ontologies that address the fire problem are oriented toward evaluating the effects and consequences. Still, they do not adequately rewrite the relationships between the actors. In this work, we propose an ontology that represents both the description of the incidents and the resources for fighting the fire and the interrelation of the actors and their knowledge for effective action.

Using an ontology, relationships between data can be discovered that would not be apparent with conventional query techniques. We seek to improve the discovery of

valuable information to determine priorities in wildfire mitigation and prevention strategies.

Taking advantage of the semantic and spatial relationships between resources in the field of wildfires, the ontology significantly semantically enriches the data. (24) presented the Ontology for Electronic Government (EGO), integrating other existing ontologies, supporting new features to describe e-government services, and widening the usage scenarios. Thus, in a step toward ensuring the interoperability of this previous work with the solution proposed in this work, we have developed the WildFire Ontology (WFO). To build WFO, we used the *Methontology* methodology (25), which was created in the Artificial Intelligence Laboratory at the Technical University of Madrid. The reason for this choice is the excellent support with software tools, independence from a platform, and recommended by FIPA[†] for ontology development. It has been tested in several large-scale projects and successfully applied in developing ontologies for knowledge management. This methodology started with the conceptualization that produced WFO's first release, which included several tasks:

- Task 1: Build a glossary of terms.
- Task 2: Build concept taxonomies. These concepts were not organized in a hierarchy, as they were related by means of properties.
- Task 3: Build ad-hoc binary relation diagrams.
- Task 4: Build a concept dictionary. The main terms were translated as ontology classes using the Protégé ontology editor as shown in Figure 3.
- Task 5: Describe ad-hoc binary relations. Relations defined in Task 3 were also translated with Protégé.
- Task 6: Describe instance attributes.
- Task 7: Describe class attributes. Instance attributes described in Task 6 were then linked with the corresponding classes (domain of these data properties).
- Task 8: Describe formal axioms.
- Task 9: Describe instances. The initial set of instances is defined for the use cases of WFO.

In Figure 3, we show the construction of the fire management ontology, which represents the integration of the concepts of all the agents involved in the fire mitigation process. The relationship between the concepts of ontology is shown in Figure 4.

The WildFire Ontology (WFO) is a lightweight ontology, but it was incorporated into the "Linked Electronic Government Ontology" (LEGO)(24). WFO enhances LEGO by representing incidents and firefighting resources and the interrelation of actors and their knowledge for effective action in wildfire management. By utilizing the LEGO ontology, valuable information can be better discovered, and unique aspects of wildfire management can be represented. This provides authorities with a valuable tool to make informed decisions and prevent the harmful effects of forest fires. Additionally, WFO significantly enriches data by leveraging semantic and spatial relationships between resources in the realm of wildfires.

The WFO project and resources are openly published at <https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/ontologia>. Specifically, the WFO is published at <https://bit.ly/WFOnto>

Prepared using sagej.cls

Methods

This proposal is based on a set of research questions to be approached in this domain:

- How can using WFO enable a unified method for wildfire risk assessment?
- Which elements could be used to measure the risk of a given study area?
- How can Open Geospatial Data be used in this problem?
- How can we evaluate the fire risk based on the selected elements?
- Could we predict the fire behavior once a fire is detected?
- Which state-of-the-art methods can we use to predict fire behavior under certain circumstances?
- How can we produce the results to be easily integrated with other decision-making solutions?

These research questions led us to design the research in three main blocks:

- Classification of the level of potential risk based on various elements in the surrounding area and context variables (Section **Potential Risks**).
- On-demand prediction of the behavior in the next 6 hours of fire from the online selection of a hot spot on an interactive map (Section **Behavior Prediction**).
- Design of a domain ontology to enable results' sharing and integration (Section **WildFire Ontology (WFO)**).

The research process in these three blocks has been as follows:

- Analyzing the literature.
- Evaluate the identified solutions.
- Design of a proposal based on the best state-of-the-art solutions.
- Evaluate the proposal in a real scenario.
- Identify limitations and future work.

In the proposed methodology, different data layers of Open Geospatial Data are used to assess potential fire risk and predict fire behavior. These data are generated from different government areas and developed in an interdisciplinary manner to ensure the quality of the information provided. Among the data layers used are:

- Heat sources downloaded from NASA FIRMS every 4 hours.
- Municipal boundaries provided by the Undersecretariat of Land Management.
- Historical data of meteorological variables for each location, obtained from Dark Sky** API website.
- City weather provided by OpenWeatherMap.
- Emergency resources, such as firefighters, police stations, hospitals, and ambulances, are obtained by querying Overpass turbo, the OpenStreetMap API.

[†]FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents

^{**}Dark Sky: <https://darksky.net>

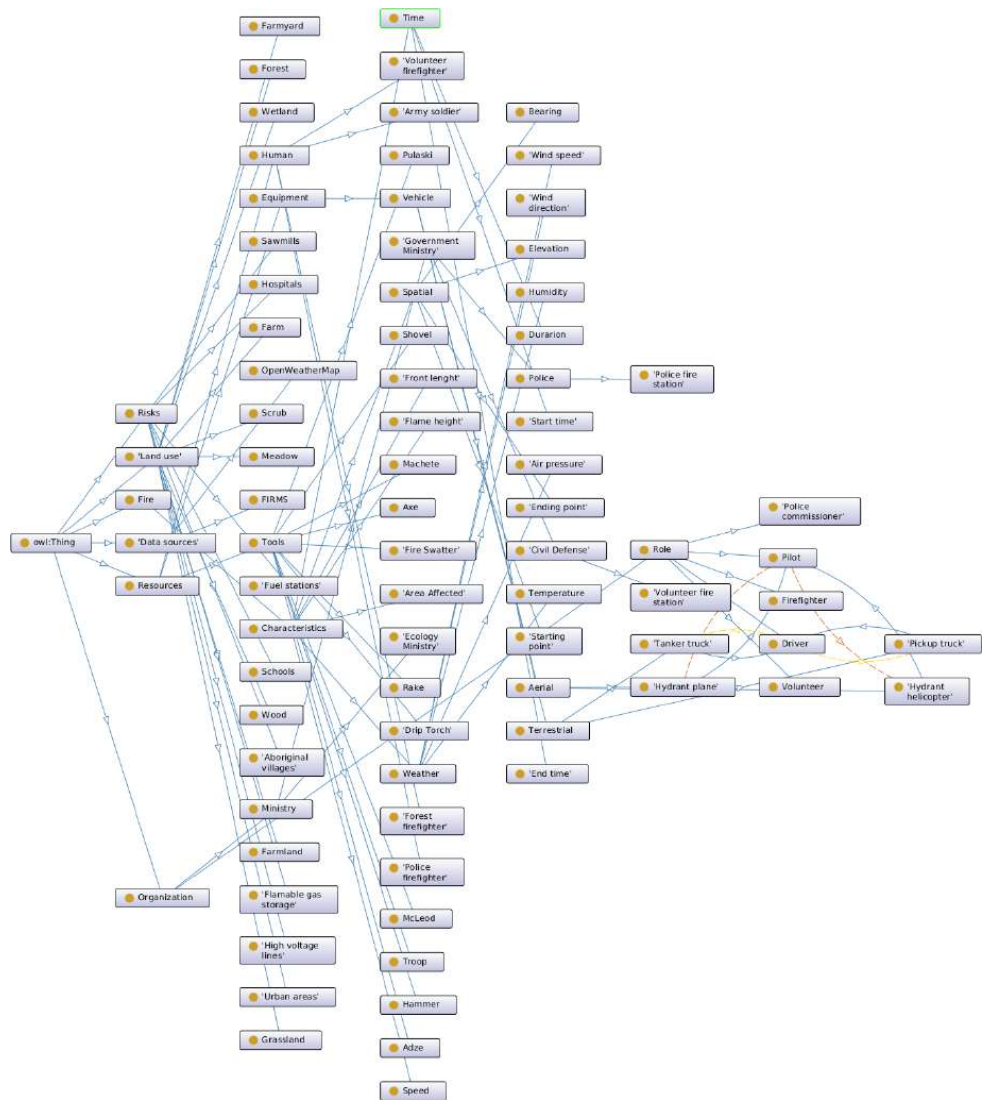


Figure 3. Wild Fire Ontology.
This image can be viewed in high resolution at

<https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/img/Ontology.png>

All data are stored in open formats *csv* and *geojson* in a public folder on the interactive map website^{††}. These data are combined in a spatial weighted index model and multi-criteria analysis to represent wildfire risk in the affected area. In addition, historical data of meteorological variables for each location, obtained from websites such as Dark Sky, are used. All calculations with the open data are integrated as *javascript* scripts in the HTML code of the interactive website ([index.html](#)), which can be accessed in the project

repository on [GitLab](#) where the project source and the resources used are openly published.

In terms of actionable recommendations for wildfire management, Open Geospatial Data is combined with the results of potential risk assessment and prediction of wildfire behavior to provide actionable recommendations for wildfire

^{††}<https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/datos/>

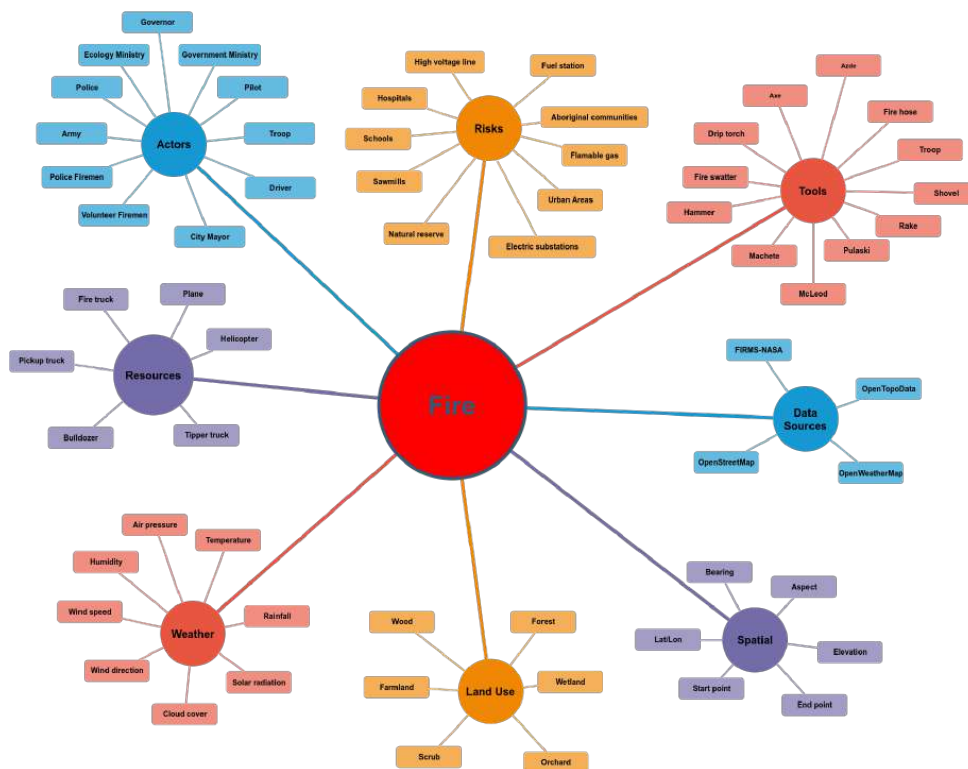


Figure 4. Ontology Related Concepts. This image can be viewed in high resolution at <https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/img/ontology-concepts.png>

management. These data are expressed in the ontology as elements representing associations between objects and element properties and are used to provide actionable recommendations for wildfire management.

Potential Risks

This section focuses on potential risks given a set of input data sources. We aim to identify vulnerable elements that can increase fire development. The value of the potential risk is obtained by aggregating the factors resulting from the analysis of the external variables that condition each fire focus, as we will describe in the following section. Using the different calculated levels of risk, we can classify fires to help authorities make decisions.

The elements we identified were ordered by critical degree based on socio-environmental policies determined by the Unified Command for Emergency Operations (UCEO) (26), which reports directly to the governor and is composed of the Minister of Ecology, the Minister of Government, the Minister of Health and the Minister of Finance. The criteria for selecting these elements are based on the live protection of the indigenous peoples’ communities, the buildings that house vulnerable people, the protection of the biome of the natural reserves, and places where highly flammable

fuel is stored. These criteria are supported by legal norms: **Recognition** the ethnic and cultural pre-existence of the aboriginal communities of the Mbya indigenous people; Provincial Law XVI - No. 29, which establishes the **Provincial System of Natural Protected Areas**; and the **Provincial Environmental Barrier System**. Fire management experts established the other proximity criteria based on the fire’s potentially destructive and impact effects. These elements determine the following criteria based on proximity to:

- an aboriginal village,
- a hospital,
- an urban area,
- a school,
- a protected forest reserve,
- a gas gathering plant,
- a gas station,
- a sawmill,
- high voltage cables.

The evaluation of these criteria and the critical proximity distances are expressed in Table 2. We also consider factors that affect the risk potential, such as land use (types of combustible vegetation), the topography (slope of

Prepared using sagej.cls

Table 2. Proximity Risk Factor and Linguistic Label

Linguistic Label	Risk Category	Object	Proximity (meters)	Weight
Extreme	R5	Aboriginal community	1,000	10
Extreme	R5	Natural Reserve	2,000	10
Very High	R4	Fuel station	500	9
Very High	R4	Gas Storage	500	9
Very High	R4	Gas Sale	500	9
High	R3	School	1,000	8
Medium	R2	Sawmill	500	7
Low	R1	Electric Power Substation	500	5
Low	R1	High Voltage Line	500	5
Low	R1	Urban Area	500	5

the terrain), and meteorological variables (temperature, air humidity, and wind speed).

Risk Weighting Calculation

According to criteria determined by the UCEO, we defined a correction factor to preliminary classify fire spots according to their level of criticality nearness to vulnerable elements, land use, climatic conditions, the topography of the terrain, and time of analysis as shown in Table 3. The features of the fire are described using the WFO ontology. Some elements are static (Resources, Actors, Tools, Data Sources, Land Use, Risks), and others depend on each fire (Weather, Spatial).

Table 3. Risk Factor Values

Condition	Factor
Nearness	5
Land Use	4
Weather	3
Topography	2
Daytime	1

Critical Nearness Factor. To manage an adequate time margin to treat the analyzed risk element, we consider a minimum distance from the fire source to the critical points. The experts previously identified these critical points as instances of the LEGO ontology. These are aligned with the Risks class of WFO, describing the type of risk and its features. The fire spatial aspects are represented as instances of the Spatial class related to the specific fire. Using the Open Geospatial Data accessible through the API of OpenStreetMap called OverPass-turbo^{††}, we determine the proximity of these points with the *around* function.

The overpass-turbo query response returns a JSON file with the OSM objects that meet the required condition. If any objects meet the condition, the response will contain the key “elements”, and the tags passed as a condition. Vulnerable and risky objects near the point of incidence are consulted from OpenStreetMap: aboriginal villages, hospitals, urban areas, schools, protected forest reserves, gas gathering plants, gas stations, sawmills, and high voltage cables. Each detected element in an area from 500m to 2,000m around the determined point is assigned a weight factor that is aggregated by a Fuzzy Logic analysis with the linguistic labels: *Low, Moderate, High, Very High and Extreme* as shown in Table 2. Five fire risk categories from

R1 to R5 are defined for each label. These variables are independent of any other combination of risk factors.

Meteorological Factor. The real-time weather conditions are obtained by querying the OpenWeatherMap API, which returns: temperature (in Celsius), air pressure, air humidity, wind speed (in Km/h), and wind direction (in grades). This dynamic information is loaded into the ontology as instances of the Weather class. Thus, the information is used for the calculation and stored for being queried by the experts after the fire management to learn about it.

30-30-30 Crossover Rule wildfire risk. The 30-30-30 factor (9) refers to a combination of environmental conditions that enhance forest fires and refers to three characteristics:

- Temperature over 30°C,
- Wind of more than 30 Km/h,
- Less than 30% relative humidity.

If a forest fire starts and the three conditions are met, the fire acquires extreme behavior and will be difficult to control until those conditions change. The temperature and moisture content in the air are clear indicators of the danger of starting forest fires (27). If the increase in wind speed is added to these conditions, it will eventually cause the fire to spread more quickly and change direction in a short time. Based on this rule, three factors have also been ordered with a given weight that reaches level 10 when one of these factors meets the 30-30-30 rules (Table 4, Table 5, Table 6).

Table 4. Climate: Temperature

Temperature (°C)	Weight
<5	1
5~15	4
15~30	7
>30	10

^{††}overpass-turbo a web-based data filtering tool for OpenStreetMap: <https://overpass-turbo.eu/>
OpenWeather forecasts, nowcasts and history data: <https://openweathermap.org/>

Table 5. Meteorological: Wind Speed

Wind speed (km/h)	Weight
<5	1
5~10	3
10~20	5
10~30	7
>30	10

Table 6. Meteorological: Relative Humidity

Relative humidity (%)	Weight
>80	1
70~80	3
50~70	5
30~50	7
<30	10

Topographic Factor. Two variables are used to determine the topographic factor: the slope and the terrain aspect. To calculate the slope of any given coordinates pair, we developed a function that uses the values returned by the OpenTopoData API. This API uses the NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data sets at the highest resolution of 1 arcsecond, corresponding to a resolution of about 30m. at the Equator. From the coordinates of the given point, we obtain the latitude and longitude coordinates of 8 points located on a defined circle with a radius of 50m. from the point of origin using Algorithm 1. Each point is equidistant by 45° from 0°, as shown in Figure 5. information is stored as instances of the Spatial class in ontology. Thus this information can be reused in future cases in the same spatial area.

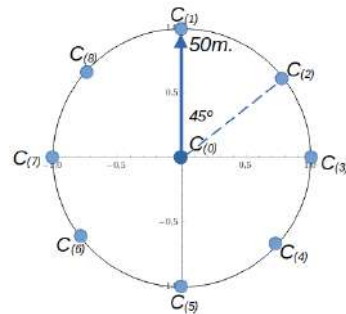


Figure 5. Elevation calculation method. Point coordinates around the point selected

Each coordinate is calculated using the Haversine formula:

$$a = \sin(\Delta\varphi/2)^2 + \cos(\varphi_1) * \cos(\varphi_2) * \sin(\Delta\lambda/2)^2$$

where φ is latitude and λ is longitude. So, we call the OpenTopoMap API passing the eight values to get the altitude of each point, and the altitude return values are compared to each other to get the lowest and highest values. The difference between the highest and

lowest height is calculated. The distance between the lower and higher points is calculated using the Haversine formula:

$$distance = \text{acos}(\sin(\varphi_1) + \sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_1) * \cos(\varphi_2) * \cos(\Delta\lambda))$$

where φ is latitude, λ is longitude. Finally, the angle of inclination between the points is obtained by calculating the arc tangent of the ratio between the height and the distance:

$$incline = \text{atan}(\Delta\gamma / distance)$$

where γ is the altitude difference between the points.

Algorithm 1 Obtain the slope from given Lat Lon values

- 1: Allocate space for receiving 8 values pairs of latitude and longitude.
- 2: Initialize values of parameters.
- 3: Convert Lat, Lon (from origin) to Radians
- 4: $distance \leftarrow 50$ ▷ Set distance from the origin to 50m.
- 5: $\Delta\alpha \leftarrow 0$ radians ▷ Start at 0.
- 6: **for** $iteration = 1$ to 8 **do**
- 7: Calculate the new Lat, Lon position using the Haversine formula
- 8: Store values in array position (iteration)
- 9: $\Delta\alpha \leftarrow +45$ in radians
- 10: **end for**
- 11: Call OpenTopoData API passing an array of positions
- 12: Get JSON response from API
- 13: **for** $iteration = 1$ to 8 **do**
- 14: Extract elevation value for Lat, Lon (iteration) from JSON return of API
- 15: Store elevation (iteration) in the array
- 16: **end for**
- 17: Compare each value to obtain Min Max values
- 18: Calculate Δelev as $ValMax - ValMin$
- 19: Calculate the distance between MaxLanLon and MinLatLon positions using Haversine
- 20: Calculate the incline as $\Delta \text{elev} / distance$

Land Use Factor. The weight of risk and the nominal speed of fire propagation based on land use is calculated by assigning the values indicated by Trucchia (28). These values are averaged with the empirical observations provided by those directly responsible for fire management, as shown in Table 7. Concerning the flammable capacity of the biomass in a given coordinate, this information is shown in the more detailed Table 8. The propagation speed values are closely linked to other factors such as the study area’s geographical location, the time of year in which the measurement is made, and even global climatic factors such as the effect of “La Niña/El Niño” southern oscillation (29). For this reason, the values found in the literature review differ substantially from the opinion of the experts consulted. To obtain the land use, we call OverPassTurbo API, querying about different land

OpenTopoData is a REST API server for elevation data: <https://www.opentopodata.org/>
Overpass turbo: <https://overpass-turbo.eu/>

Prepared using sagej.cls

use in the coordinate given. The nominal propagation speed in meters per hour returned is described in Table 8. This relatively stable information is stored as instances of the WFO ontology to enable their reuse in a short-medium time.

Table 7. Land Use Average Fire Spread Velocity without slope and wind speed [m/h]. Source Reference: a) Trucchia (28), b) Civil Protection, c) Fire Management Brigade, d) Volunteer Firemen, e) Police Firemen, f) Armonic Average

Land use	a	b	c	d	e	f
Wetland					9.36	9.36
Meadow	18	20	31	30	41	30.89
Farmland, Orchard	50	60	80	40	33	27.68
Scrub	24	25	30	30	45	31.54
Forest	21	50	24	30	37	28.86
Wood	5	10	5	20	24	21.78
Grassland	28	50	33	35	56	37.26

Temporal Factor. The time of day also strongly influences the potential development of a fire. Empirical data provided by fire brigades indicate that the combination of meteorological factors of temperature, soil humidity, and atmospheric pressure at different hours of the day will affect the nominal propagation speed with different intensities. This aspect is shown in Table 9 which responds to the behavior modeled by Equation 1 with which the values of Table 10 are obtained and represented in Fig. 6.

$$dtf = e^{-(1.5-h/8)^4} \quad (1)$$

h is the hour from 0 to 24

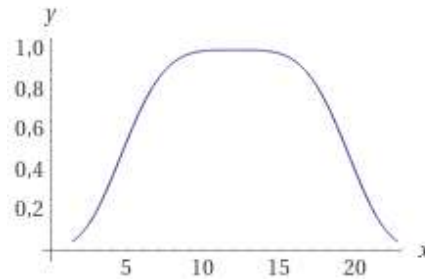


Figure 6. Hourly Spread Factor. x=daytime, y=factor

Risk Classification

Formulated by Lotfi A. Zadeh in 1965, fuzzy logic is a paraconsistent logic that gradually identifies portions of true values in the range from 0 to 1. This logic considers two random values contextualized and linked to each other by a common relation. This logic allows more or less strong decisions to be made depending on the coefficients of the fulfillment of a premise.

In our case of fire risk classification, we will use the linguistic labels (*Low, Moderate, High, Very High, Extreme*) to identify by approximation the different risk levels according to the classification F1 - F5. This classification will additionally be represented visually with the colors *gray*,

green, yellow, orange, and red as explained in Table 11 and then shown in Figure 7.

A Monocriteria Decision Making process comprises two phases: Aggregation and Exploitation. In this case, it does not require the consensus process since the source of information is only one.

Aggregation Phase: An aggregation operator transforms a set of weights the experts indicate into a set of factors.

Let F be the risk factors vector, V the context variables vector, W the weights vector, S the vector of utility, where $F \{1..5\}, W \{1..10\}, S = V * W$

During the aggregation process, the utility values w_j for each factor f_i expressed by the experts are aggregated in a vector of factors.

$$S_i = F_n + \frac{w_i - 1}{9} - 0.5 \quad (2)$$

$$R = \max(F_i W_i) \quad (3)$$

Exploitation Phase: The $S\{..\}$ set formed by the s_i that have been weighted by the utility value associated with the linguistic label according to the following classification: Low, Moderate, High, Very High, and Extreme as shown in Figure 7.

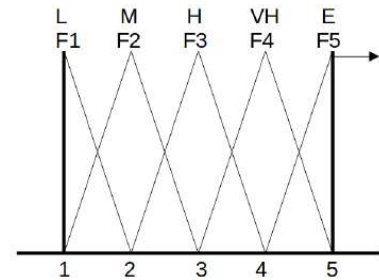


Figure 7. Semantic Risk Classification Based on Risk Factor Rules

For the Sample Risk Factor Calculation, we consider the fire hot-spot detected in Figure 8 at Lat=-26.7512, Lon=-54.3232.

Applying our model, we deduce the following conditions (represented in WFO):

- Aboriginal community less than 1000 m away: Factor=5, Weight=10.
- Sawmill at less than 500 m.: Factor=5, Weight=7.
- Fire in the natural forest: Factor=4, Weight=5.
- Temperature of 19.42°: Factor=3, Weight=7.
- Humidity of 51%: Factor=3, Weight=5.
- Wind speed of 10.044 km/h: Factor=3, Weight =5.
- Elevation 586 mosl: Factor=2, Weight=9.
- Slope 20.31°: Factor=2, Weight=5.
- Time 17:54: Factor=1, Weight=5.

$$S_1 = 5 + (((10 - 1)/9) - 0.5) = 5.50$$

$$S_2 = 5 + (((7 - 1)/9) - 0.5) = 5.16$$

$$S_3 = 4 + (((5 - 1)/9) - 0.5) = 3.94$$

$$S_4 = 3 + (((7 - 1)/9) - 0.5) = 3.16$$

Table 8. Land Use Weight and Nominal Fire Spread Speed [m/h]

OpenStreetMap Key	Description	Weight	Spread Speed
natural=wetland	A land area that is saturated with water	0	12
natural=wood	Tree-covered area (a 'forest' or 'wood)	2	13
landuse=farmland, orchard	An area used for tillage (cereals, vegetables, oil plants and other annual agricultural crops including flowers)	3	53
landuse=meadow	An area of land primarily vegetated by grass plus other nonwoody plants, mainly used for hay (meadow) or for grazing animals (pasture)	4	28
landuse=forest	Forest or woodland. Sometimes considered to have the restricted meaning "Managed woodland or tree plantation maintained by humans to obtain forest products"	5	32
natural=scrub	Areas of uncultivated land covered with shrubs, bushes, or stunted trees	7	31
natural=grassland	Areas where the vegetation is dominated by grasses and other herbaceous (non-woody) plants, excluding cultivated areas and wetlands	10	40



Figure 8. Sample Fire Spot Analysis

Table 9. Daytime: Day Moment

Daytime	Time	Weight
Night	00~07	3
Twilight	07~09	5
Day	09~16	10
Twilight	16~19	5
Night	19~24	3

$$S_5 = 3 + (((5 - 1)/9) - 0.5) = 2.94$$

$$S_6 = 3 + (((5 - 1)/9) - 0.5) = 2.94$$

$$S_7 = 2 + (((9 - 1)/9) - 0.5) = 2.38$$

$$S_8 = 2 + (((5 - 1)/9) - 0.5) = 1.94$$

$$S_9 = 1 + (((5 - 1)/9) - 0.5) = 0.84$$

Prepared using sagej.cls

$$R = \max(5.5, 5.16, 3.94, 3.16, 2.94, 2.94, 2.38, 1.94, 0.84)$$

$$R = 5.5$$

According to our fuzzy classification criteria, the value obtained corresponds to the Extreme category (F5) due to the distances to an aboriginal community and a fuel station.

Behavior Prediction

For clarification, we define the *aspect* as the angle of inclination of the slope of the terrain with respect to the north.

Prediction of fire displacement requires a multivariate analysis since several factors intervene that, combined, directly affect and determine its behavior. The main element to consider is the type of fuel on the ground. This variable

Table 10. Hourly Spread Factor.

Hour	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Factor	0.03	0.09	0.20	0.37	0.56	0.73	0.86	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00
Hour	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Factor	1.00	1.00	0.98	0.94	0.86	0.73	0.56	0.37	0.20	0.09	0.03	0.01

Table 11. Risk Factor Calculation Rules

R	Class	Description	Color
$\geq 0.0, < 1.5$	F1	Low (L)	Grey
$\geq 1.5, < 2.5$	F2	Moderate (M)	Green
$\geq 2.5, < 3.5$	F3	High (H)	Yellow
$\geq 3.5, < 4.5$	F4	Very High (VH)	Orange
≥ 4.5	F5	Extreme (E)	Red

is combined with the direction and speed of the wind, the inclination, and the aspect of the terrain.

The interaction of topography and meteorology in fire propagation implies notions of the topographic slope, topographic aspect, and wind vector that we formally define.

- Wind speed: The value expressed in Km/h of the horizontal displacement of the wind at ground level, which we denote as ws .
- Wind vector: The value expressed in degrees, which we denote as the angle wv . Wind direction is reported in terms of where the wind is coming from rather than where it is going. Therefore the direction of fire spread is opposite to the reported wind direction. (e.g. a northerly wind will spread the fire to the south). Then we compute the wind vector as $wv=wd+180^\circ$ if wd is less than 180° and $wv=wd-180^\circ$ if wd is greater than 180° .
- Slope: Topographic slope is the slope of the land surface at a point. It is described by the topographic slope angle counting from the horizontal plane, which we denote as b .
- Aspect: The orientation of the topographic slope is called the topographic aspect of the bearing. This value is measured in angles and is determined by the direction of the vector that joins the lowest point with the highest point of the slope, counting from zero (north), which we denote as a

To predict the behavior of a forest fire, our model combines multivariable environmental factors obtained in real-time, surroundings, land use, and topography. Combining the different variables, we create a multidimensional model to calculate the ROS and predict the flow of fire for 6 hours following the moment of observation.

Sharples (6) made a detailed analysis of the methodologies to determine the rate of spread of wildfires as a function of the relationship of the slope with the wind. He concludes that additive vector methods tend better to represent the vector nature of wind and slope effects, giving more realistic and intuitively reasonable results. While including wind and slope correction methods can improve the predictive ability of fire spread models, it does not necessarily overcome some of their limitations. In this study, using the additive vector method of McAlpine(5), the effect of the topographic slope

can be approximated by an equivalent upslope wind field. This approach is consistent with the idea that the topographic slope tends to direct fire in the direction of the upslope. The vector methods tended to give more realistic results than the scalar methods since the scalar methods do not allow for the effects of wind and slope to be directional.

Based on these aspects, our approach can be summarised by these steps:

- A geographic coordinate associated with a hot spot is taken.
- Climate variables (temperature, soil moisture, wind speed, and direction) are obtained in real-time from OpenWeatherMap.
- Calculate the slope and aspect from OpenTopoData.
- The land use in the surrounding area is consulted from OpenStreetMap.
- The time of day the risk analysis is performed.

The values of the climatic variables are obtained for the 6 hours following the consultation time. Then, we estimate where the fire front will move every hour by weighing the values of the type of land use, the terrain's slope, and the wind's direction and speed.

The Wind/Aspect/Slope (WAS) Factors

was is a nominal value that does not include the land use factor. Then, using the fire propagation speed (fps) for each type of vegetation value suggested by Trucchia (28) and adjusted by our empirical evaluation based on the opinion of fire management experts is shown in Table 8 we obtain the ROS.

We aim to provide a preliminary approximation of the fire spread in near real-time and in a short time to use more complex prediction methods. Thus, we use the proposal of Cruz (9), where he suggests that the forward spread factor (wsf) can be calculated as 10% of the open wind speed.

$$wsf = 1 + (ws \cdot 0.1) \tag{4}$$

This simple and general rule gave good results in coniferous forests so that we can generalize it in the geographical context of our study.

The propagation coefficient ROS is obtained by multiplying the Wind/Aspect/Slope Factor was by the nominal fire propagation speed fps , the wind speed factor wsf , and the time factor tf according to what Sun proposes (7).

$$ros = fps \cdot was \cdot wsf \cdot dtf \tag{5}$$

For example (Figure 9), let us consider a scenario where a heat source is detected at 2:00 p.m. in an implanted forest on a hillside. The slope inclines 30° and its aspect (oriented to) 45° towards the northeast. The wind blows at 15 Km/h from

Prepared using sagej.cls

the East (90°). According to Table 8, the nominal propagation speed on woods will be 32 m/h.

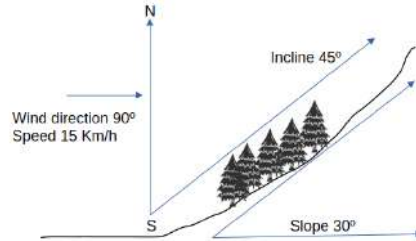


Figure 9. Combined Wind/Aspect/Slope Factor Sample

ROS calculation:

$$\begin{aligned} slope &= 30 * \pi / 180 = 0.523 \\ aspect &= 45 * \pi / 180 = 0.785 \\ wind_vector &= (90 + 180) * \pi / 180 = 4.712 \\ wa &= abs(aspect - wind_direction) / 180 = 0.25 \quad was = \\ &= 1 + ((e^{(0.7855 * 1.5)})^2) * (1 + 4.712) = 17.052 \\ fps &= 32m/h \\ dtf &= e^{-(1.5 - 14/8)^4} = 0.996 \\ wsf &= 1 + (15 * 0.1) = 2.50 \\ ros &= 32 * 17.052 * 0.25 * 0.996 = 135.87m/h \end{aligned}$$

According to our model and the data of this example, the fire will propagate at a rate of 135.87 m/h in the first hour.

The ROS value predicts how many meters the fire source will move in the next hour, which, when combined with the wind direction, the value of the coordinates of the new point can be estimated. With the position of the new coordinates and the predictions collected from OpenWeatherMap for the next 5 hours, we repeat the algorithm to re-adjust the topographic and climatic parameters and obtain the possible location of the heat source in the future.

Case Study

In times of crisis, those who must make the decisions to deal with them must have reliable and timely information. Creating different scenarios in real time is crucial to mitigate the effects of emergencies.

After the forest fires that took place in the province of Córdoba (Argentina) in July 2020 that affected more than 190,000 hectares, the Undersecretariat for Territorial Planning and the Provincial Fire Management Plan (which depends on the Ministry of Ecology and Resources Naturales Renovables) and the Directorate for Modernisation of Management and Electronic Government (which depends on the Coordination Undersecretariat of the Ministry of Cabinet Coordination) developed an information system that serves as a support for decision-making in the event of possible outbreaks of forest fires in the province of Misiones as shown in Figure 10.

The tool is proposed in four dimensions: base maps to visualize the geography, context layers that complement and enrich the information of the base maps, layers of available resources to mitigate or face the emergency, and layers of critical elements that could affect the magnitude of the risk.

Prepared using sagej.cls

The data layers are generated from different areas of the government. They are developed interdisciplinary to guarantee the quality of the information provided on the map. Integrating Free Software and Open Data resources, the information is amalgamated to present it from the different dynamic dimensions and obtain a global perspective for dealing with crises.

The tool is presented as a “Virtual Situation Room” for handling emergencies, and it is available on the internet (<https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/>) where the 33 layers can be combined to visualize the different scenarios. The online map offers the following layers of data classified in:

- Maps: 10 base map display modes.
- Context Information: Heat sources, municipalities borders, cloudiness coverage, rain, wind, and cities’ climate.
- Emergency resources: police firefighters, volunteer firefighters, ecology detachments, fire combat resources in natural reserves, police stations, road maintenance delegations, communications antennas, route milestones, Paraná River milestones, hospitals, first aid stations, ambulances, municipalities, aerodromes with landing strips, emergency phones on roads, hydrants, streams, and ponds.
- Risks: natural reserves, environmental barriers, urbanized areas, aboriginal communities, gas stations, sawmills, and electrical subtransformer stations.

When the “Heat Spots” layer is activated on the map, the thermal anomalies captured by NASA satellites are shown, classified by their radiating power value. Selecting any of the points shown on the map then enables two links: one to a map of current weather conditions characterized by fuzzy logic, and the other to the web application that performs complete risk analysis, as shown in Figure 11.

The map project and resources are openly published at <https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/mapa-emergencia>.

The WildFire Ontology (WFO) project and resources are openly published at <https://gitlab.com/Modernizacion.Misiones/ontologia>. Specifically, the WFO is published at <https://bit.ly/WFOnto>.

Experimental Evaluation

To validate our model, we confronted it with empirical data collected in three wildfires that occurred in the province of Misiones in the Salto Encantado Provincial Park (Jan/31/2022-Feb/03/2022) (30), in the locality of Cerro Corá and the Guaraní Experimental Reserve Area.

We took ten cases of hot spots detected by the VIIRS satellite remote sensors. From the coordinates of each hot spot:

- We determined the type of land use recorded in OpenStreetMap and obtained the initial propagation value indicated by the fire suppression experts shown in Table 7.
- We obtained the values of the historical meteorological variables for each location from the Dark Sky website.

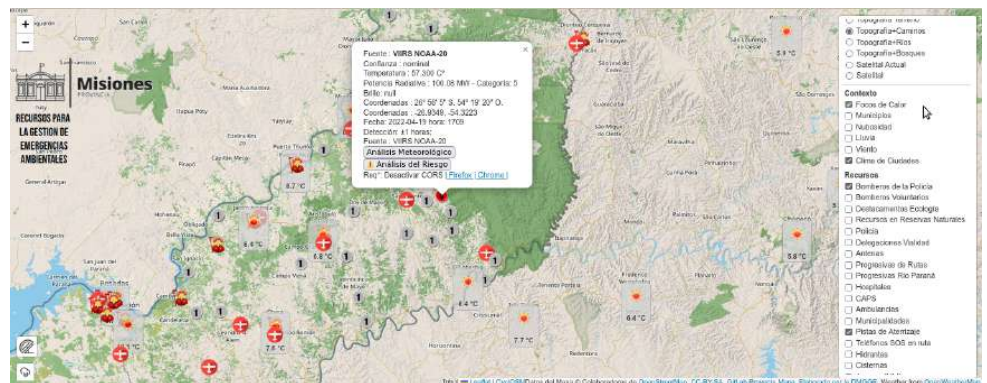


Figure 10. Resources for Environmental Emergency Management Interactive Map

- We calculated the descriptive values of the topography using our algorithm to determine the terrain aspect.
- We determined the possible trajectory of each hot spot over a 6-h period.

The behavioral predictions of our model were contrasted with the post-facto measurements of the fires, and we obtained a 95% correspondence with respect to the initial detected point and the extinction point.

Our model predicted the propagation distance value with an error margin of ± 120 m. with respect to the heat source reported by the VIIRS satellite, which has an accuracy of 375 m.

More field measurements are needed to make the estimates more precise, for which the Provincial Fire Management Plan has incorporated drones that will operate in the disaster areas generating the affected areas, generating real-time photogrammetry, which we consider more accurate than the ex-post-facto analysis of satellite images.

The limitation of the experimental analysis is that to obtain empirical values, a highly destructive and non-repeatable event is needed, making it difficult to repeat the experiment under similar conditions. On the other hand, the use of our proposed fire taxonomy and ontology makes inter-institutional communication improve the response to the fast extinction of fire outbreaks, limiting their impact.

Conclusions

In this work, we have presented a methodology to assess the potential risk of a forest fire in near real-time with open data sources. Unlike most existing readings that evaluate risks with punctual data and post-facto facts, our model can analyze situations by choosing places dynamically on demand and with data obtained in almost real-time.

We have proposed an original approach that changes the way risk situations are analyzed, where decision makers on emergencies point to a place on the interactive online map, and using data from open sources render the different scenarios by predicting a future of six hours. It dates from the standard web technology that we use. The model is used

online directly from a web page. It can even be used on mobile devices.

We incorporated into our model other factors that significantly affect the speed of fire spread, such as the alignment of the wind direction with the terrain aspect and the time of day when the hotspot is detected.

Considering the complex and changing conditions that alter the behavior and rate of fire spread depending on the combustible material in the ground, we consider incorporating machine learning techniques to achieve increasingly accurate estimates based on expert observations and empirical historical data.

As a result, we offer an analytical system to firefighters brigade members with combined information on topography, meteorology, and land use so that they can plan the strategy and decision-making in the best possible way when attacking a forest fire.

The innovation and novelty of our solution proposal compared with the studied models can be viewed in Table 12, where we show that the model allows situations to be analyzed in real-time, online, of any fire hotspot detected in the region under control, directly from a web page and without the need to resort to a data processing center. All calculations are made under demand using the Javascript language on the client's web browser. As a technological requirement, our model only needs a standard web server and connection to the open data sources to access free online resources via API queries.

In conclusion, the proposed model is a significant advance in the evolution of non-urban fire behavior forecasting systems. This proposal allows all those involved in an emergency to know the possible future scenarios and to be able to communicate efficiently using standard semantics provided by an ontology for fire management.

We provide governments and forestry companies with an open system for fire forecasting and behavior, allowing them to extend and evolve the model and adjust it to their geographical and climatic realities.

This proposal has been validated in real scenarios during wildfires in January 2022 in Cerro Corá, Salto Encantado, and the Guaraní Experimental Reserve Area in the province

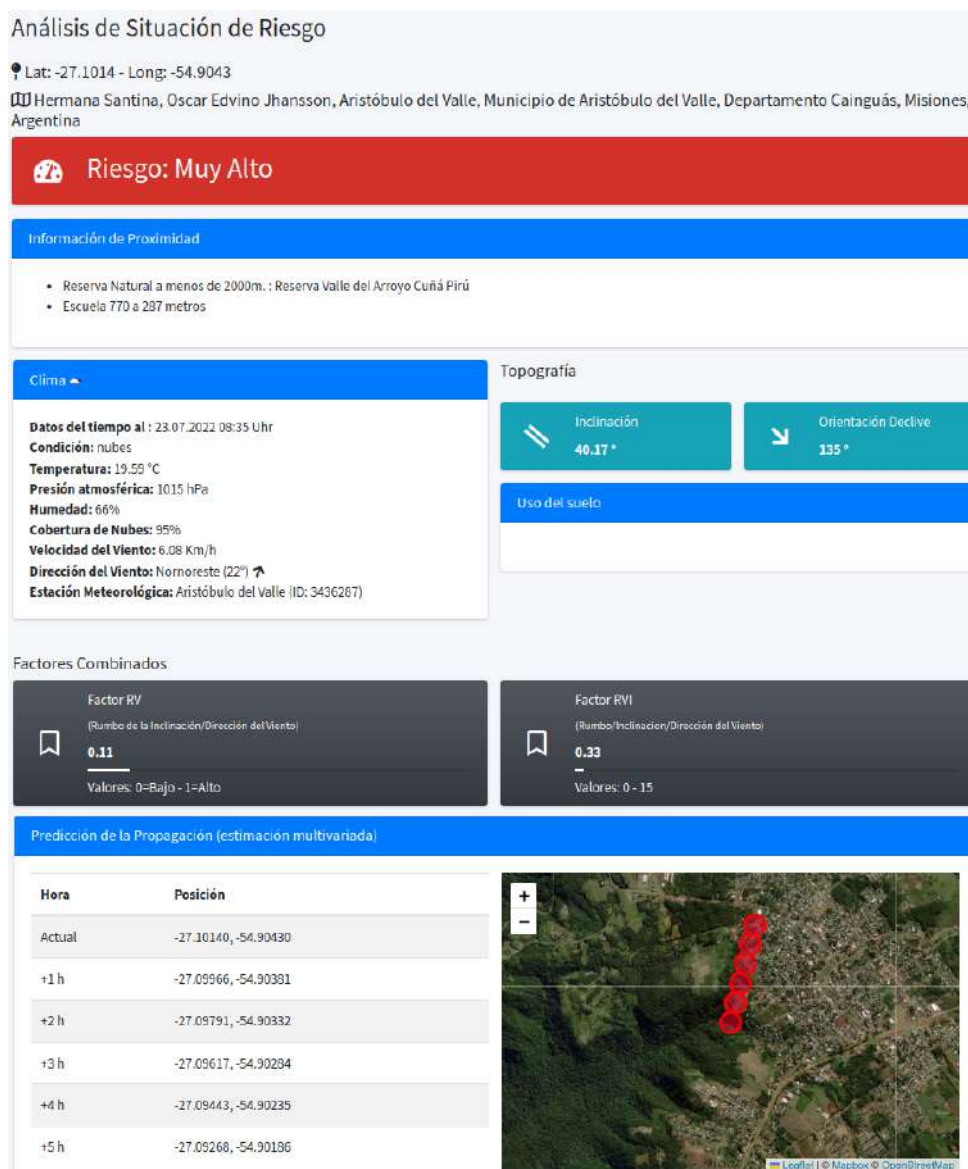


Figure 11. Risk Evaluation Analysis Screenshot

of Misiones, Argentina. This evaluation has been performed on data from previous fires and observations of hot spots detected by NASA satellites, estimating the accuracy of this approach in actual cases. The results show that the fire spread model (ROS) based on soil fuel and climatic and topographic conditions has an error of less than 10%. On the other hand, the 6-hour displacement prediction model has an error margin of 120 m.

Limitations of This Work

Although this work has achieved significant advances in the classification of forest fire sources, the prediction of fire behavior in the short term, and has optimized fire suppression processes, some limitations should be mentioned.

The proposed algorithm, relying on open online data and input from empirical experts in fire management, may

Prepared using sagej.cls

Table 12. General Comparison of Related Work and Our Model

Reviewed Models	Our Model
Descriptive	Predictive
Offline post-facto analysis	On-demand analysis on an interactive real-time map
Satellite images	FIRMS-NASA hourly downloaded data
Historical images	Data in real-time
Image processing	Data analysis
Historical weather information	Real-time weather information
Does not consider the relationship of the wind direction with the terrain aspect	Considers the relationship of the wind direction with the terrain aspect
Does not consider the time of day	Considers the time of day in which each heat source is analyzed as a potential factor
Analysis of burned areas	Point analysis of any LatLon coordinate in the region
Historical reports	Real-time reports on demand

encounter challenges regarding accuracy and generalization across diverse geographical and climatic contexts. One limitation of this approach lies in the reliance on empirical values, and conducting repeated experiments under similar conditions can be arduous. However, enhancing the solution with machine learning techniques could lead to progressively more precise estimates by leveraging expert observations and historical empirical data to surmount these constraints. Nevertheless, further research and evaluation would be necessary to gauge the algorithm's effectiveness in different regions and environmental conditions.

We have considered several static and dynamic factors in the proposed model. However, many other factors can still influence fire behavior, such as more detailed topography or the specific characteristics of different fuels on the ground. It would be necessary to investigate how these additional factors could be incorporated into the model to improve its accuracy.

We have considered several static and dynamic factors in the proposed model, but there are still many other factors that can influence fire behavior, such as more detailed topography or the specific characteristics of different fuels on the ground. It would be necessary to investigate how these additional factors could be incorporated into the model to improve its accuracy.

Although we have proposed a methodological framework for forest fire risk management, much remains to be done to implement these strategies practically. Greater collaboration between government agencies and local communities would be needed to implement effective fire prevention and mitigation measures and deepen public awareness campaigns to introduce changes in people's behavior.

Future Work

Based on this study's advances and contributions, several areas could be the subject of future research. Among them, the fire source classification algorithm's accuracy could be improved through advanced machine learning techniques, neural networks, and data analytics. This would allow better identification and prioritization of potentially dangerous hot spots and a faster and more effective response by the responsible agencies.

It would be interesting to investigate how changes in climate and environment can affect the spread and behavior

of fire in different geographic regions. This could help to predict future forest fire patterns better and develop more effective strategies for prevention and mitigation.

It could be explored how ontologies can improve interoperability and data integration between different systems and organizations involved in forest fire risk management. This would allow for better coordination between different stakeholders and faster response to critical situations.

Furthermore, there is a need for additional development of the proposed fire taxonomy and ontology to enhance inter-institutional communication and enable a swift response to extinguishing fire outbreaks. The suggested solution can effectively address the limitations associated with combining open data and expert fire knowledge by continuously updating and refining the ontology while integrating machine learning techniques. These updates, in turn, will lead to improved accuracy and reliability in predicting wildfire risk and behavior.

It would be interesting to evaluate how emerging technologies, such as drones and satellites, can improve early detection and real-time monitoring of forest fires. This could help detect fires more quickly and intervene before they spread too far.

Finally, it could be analyzed how public policies and government strategies can be improved to prevent and mitigate the harmful effects of forest fires in different socioeconomic contexts. This could include evaluating education and awareness programs, enhancing infrastructure and equipment for fire prevention and control, and identifying best practices for involving local communities in forest fire risk management.

Declaration of conflicting interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

This work has been partially funded by grant (funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/) PID2020-112540RB-C41, AETHER-UMA (A smart data holistic approach for context-aware data analytics: semantics and context exploitation), and the Junta de Andalucía, Spain,

under contract QUAL21 010UMA. Funding for open access charge: Universidad de Málaga / CBUA.

References

- [1] Martell DL. Forest fire management. In *International Series In Operations Research and Management Science*. Springer US, 2011. pp. 489–509.
- [2] Rothermel RC. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels, 1972.
- [3] Hofstede R, Groenendijk J, Coppus R et al. Impact of pine plantations on soils and vegetation in the ecuadorian high andes. *Mountain Research and Development* 2002; 22: 159–167. DOI:10.1659/0276-4741(2002)022[0159:IOPPPOS]2.0.CO;2.
- [4] Prados A. Análisis de la incidencia de las variaciones climáticas en el régimen de incendios forestales de la comuna de valparaíso (chile) entre 1986 y 2014.
- [5] McAlpine R, Lawson B and Taylor E. Fire spread across a slope. In *Proceedings, 11th Conference on Fire and Forest Meteorology*. Society of American Foresters: Bethesda, p. 218–225.
- [6] Sharples J. Review of formal methodologies for wind–slope correction of wildfire rate of spread. *International Journal of Wildland Fire* 2008; 17: 179–193. DOI:10.1071/WF06156.
- [7] Sun T, Zhang L, Chen W et al. Mountains forest fire spread simulator based on geo-cellular automaton combined with wang zhengfei velocity model. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 2013; 6(4): 1971–1987. DOI:10.1109/JSTARS.2012.2231956.
- [8] Morandini F, Silvani X, Dupuy JL et al. Fire spread across a sloping fuel bed: Flame dynamics and heat transfers. *Combustion and Flame* 2018; 190: 158–170. DOI:10.1016/j.combustflame.2017.11.025.
- [9] Cruz ME M G Alexander. The 10% wind speed rule of thumb for estimating a wildfire's forward rate of spread in forests and shrublands. In *Annals of Forest Science*, volume 76. ISBN 978-3-030-67834-0, p. 44. DOI:doi:10.1007/s13595-019-0829-8.
- [10] Gai C, Weng W and Yuan H. Gis-based forest fire risk assessment and mapping. 2011 Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (CSO), IEEE.
- [11] Tomar R, Tiwari R and Sarishma. Information delivery system for early forest fire detection using internet of things. In *Communications in Computer and Information Science*, volume 33. Springer Singapore, 2019. pp. 477–486.
- [12] Toledo-Castro J, Caballero-Gil P, Rodríguez-Pérez N et al. Forest Fire Prevention, Detection, and Fighting Based on Fuzzy Logic and Wireless Sensor Networks. *Complexity* 2018; 2018: 1–17. DOI:10.1155/2018/1639715. URL <https://ideas.repec.org/a/hin/complx/1639715.html>.
- [13] Sikkink PG and Keane RE. Predicting fire severity using surface fuels and moisture. Technical Report RMRS-RP-96, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ft. Collins, CO, 2012. DOI: 10.2737/RMRS-RP-96. URL <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/41470>.
- [14] Roozbeh I, Ozlen M and Hearne JW. An adaptive large neighbourhood search for asset protection during escaped wildfires. *Computers & Operations Research* 2018; 97: 125–134. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.05.002>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054818301151>.
- [15] Keramitsoglou I, Kiranoudis CT, Sarimvels H et al. A multidisciplinary decision support system for forest fire crisis management. *Environmental Management* 2004; 33(2): 212–225. DOI:10.1007/s00267-003-0092-4.
- [16] Kalabokidis K, Xanthopoulos G, Moore P et al. Decision support system for forest fire protection in the euro-mediterranean region. *European Journal of Forest Research* 2011; 131(3): 597–608. DOI:10.1007/s10342-011-0534-0.
- [17] Avesani P, Perini A and Ricci F. Information delivery system for early forest fire detection using internet of things. *Applied Intelligence* 2000; 13(1): 41–57. DOI:10.1023/a:1008327312956.
- [18] Apostolakis A, Girtsou S, Charalabos K et al. Implementation of a random forest classifier to examine wildfire predictive modelling in greece using diachronically collected fire occurrence and fire mapping data. ISBN 978-3-030-67834-0. DOI:10.1007/978-3-030-67835-7-27.
- [19] Jafrin R. *Data Annotation and Ontology Provisioning for Semantic Applications in Virtualized Wireless Sensor Networks*. masterthesis, Concordia University, Montréal, Québec, Canada, 2015.
- [20] Santos L, Sicilia MA and Padrino S. Ontologies for emergency response: Effect-based assessment as the main ontological commitment. In *Metadata and Semantic Research*, volume 33. Springer Berlin Heidelberg, 2011. pp. 93–104.
- [21] Kalabokidis K, Athanasis N and Vaitis M. Ontofire: an ontology-based geo-portal for wildfires. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 2011; 11(12): 3157–3170. DOI:10.5194/nhess-11-3157-2011. URL <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-11-3157-2011>.
- [22] Kyzirakos K, Karpathiotakis M, Garbis G et al. Wildfire monitoring using satellite images, ontologies and linked geospatial data. *Journal of Web Semantics* 2014; 24: 18–26. DOI:10.1016/j.websem.2013.12.002. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.websem.2013.12.002>.
- [23] T B. The interaction of wind and fire. *Boundary-Layer Meteorology* 1991; 54: 287–308. DOI:doi:10.1007/bf00183958.
- [24] Brys C, Navas-Delgado I, Aldana-Montes JF et al. Lego: Linked electronic government ontology. *Journal of Information Science* 2023; 0(0). DOI:10.1177/01655515231161562. URL <https://doi.org/10.1177/01655515231161562>.
- [25] Fernández-López M, Gómez-Pérez A and Juristo N. Methontology: From ontological art towards ontological engineering. In *Proceedings of the Ontological Engineering AAAI-97 Spring Symposium Series*. American Association for Artificial Intelligence. URL <https://oa.upm.es/5484/>. Ontology Engineering Group - OEG.
- [26] Caceres F. The unified command for forest fire fighting, 2022. URL <https://diputadosmisiones.gov.ar/nuevo/expedientes&id=79935>. Accessed [2023-05-10].

Prepared using sagej.cls

- [27] Jain P, Castellanos-Acuna D, Coogan S et al. Observed increases in extreme fire weather driven by atmospheric humidity and temperature. *Nature Climate Change* 2022; 12: 63–70. DOI:10.1038/s41558-021-01224-1.
- [28] Trucchia A, D'Andrea M, Baghino F et al. Propagator: An operational cellular-automata based wildfire simulator. *Fire* 2020; 3(3). DOI:10.3390/fire3030026. URL <https://www.mdpi.com/2571-6255/3/3/26>.
- [29] Center CP. Enso diagnostic discussion, 2022. URL https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.shtm.
- [30] Misiones MDEGG. Fire behavior analysis. salto encantado provincial park, 2022. URL <https://sig.misiones.gob.ar/mapas/emergencia/SaltoEncantado.html>.

Parte V

Referencias

Bibliografía

Libros

- Blumauer, A., & Nagy, H. (2020). *The Knowledge Graph Cookbook*. edition mono/monochrom, Vienna, Austria.
- Brys, C. (2005). *Plan Estratégico para el Gobierno Electrónico de la Provincia de Misiones* (E. U. de Misiones, Edición). Editorial Universitaria de Misiones. <https://bibliotecadigital.fce.unam.edu.ar/handle/bhp/445>
- Calderón, C., & Lorenzo, S. (2010). *Open Government - Gobierno Abierto* (Algón, Edición). Algón.
- Clad. (2007). *Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico* [Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo]. <https://www.clad.org/declaraciones/carta-iberoamericana-de-gobierno-electronico>
- Fensel, D., Şimşek, U., Angele, K., Huaman, E., Kärle, E., Panasiuk, O., et al. (2020). *Knowledge Graphs; Methodology, Tools and Selected Use Cases*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37439-6>
- Goldstuck, A. (2003). *Government Unplugged: Mobile and wireless technologies in the public service*. Centre for Public Service Innovation. <http://www.mgov.cn/lab/Archives/EuromGov2005/Government%20unplugged.pdf>
- Heath, T., & Bizer, C. (2011). *Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space* (Volumen 1). Morgan & Claypool publishers. <https://doi.org/10.2200/s00334ed1v01y201102wbe001>
- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., & Sattler, U. (2021). *Knowledge Graphs: Principles, Techniques, and Applications*. Morgan & Claypool Publishers.
- Ojo, A., & Millard, J. (2017). *Government 3.0 – Next Generation Government Technology Infrastructure and Services*. Government 3.0.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2014). *Government 3.0: A New Era for Government and Citizens*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264201442-en>
- Sowa, J. (1984). *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*. Brooks/Cole.
- Suresh, A., & Srinivasan, N. (2006). *OWL and its Applications*. Springer-Verlag.
- Tambouris, E., Gorilas, S., Kavadias, G., Apostolou, D., Abecker, A., Stojanovic, L., Mentzas, G., Archetypon, S. A., Ernst, P., & Tower, A. (2004). *Knowledge Management in Electronic Government* (M. A. Wimmer, Edición; Volumen 3035). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/b97726>

- van Harmelen, F., Smith, M. R., & Horrocks, I. (2008). *The OWL 2 Web Ontology Language: A Comprehensive Guide*. Cambridge University Press.
- Yu, L. (2014). *A Developer's Guide to the Semantic Web*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43796-4>
- Zeller, N. (2000). *Organización del Estado y de la Administración Pública Nacional de la República Argentina* (Tercera). Inap. <http://www.sgp.gob.ar/contenidos/inap/publicaciones/docs/modernizacion/ORG3V.pdf>

Artículos

- Abbas, S., & Ojo, A. (2013). Towards a Linked Geospatial Data Infrastructure. ... *-Enabled Innovation for Democracy, Government and ...*, 196-210. <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40160-2%7B%5C.%7D16>
- Alakeel, M., & Al-Sudais, A. (2016). Transforming OWL ontologies to Neo4j graph databases for efficient querying. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 7, 1-8.
- Alakeel, M., & Al-Sudais, A. (2018). Transforming RDFS ontologies to Neo4j graph databases. *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, 8, 1-8.
- Andreas, A., Dimitris, A., Knut, Y., Fabian, P., & Ljiljana, S. (2003). Ontology-enabled E-Government Service Configuration-the OntoGov Approach. *195.251.230.144*, (March), 1-6. <http://195.251.230.144/Publications/c16.pdf>
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2006). The Semantic Web: A New Vision for the Web of Documents. *Scientific American*, 293(5), 34-43.
- Brys, C., & Aldana-Montes, J. (2016). A Semantic Model for Electronic Government and Its Enforcement in the Province of Misiones, Argentina. *Electronic Government, an Int. J.*, 12(4), 337-356. <https://doi.org/10.1504/eg.2016.080438>
- Brys, C., Navas-Delgado, I., & Aldana-Montes, J. F. (2023). Wildfire risk weighting and behavior prediction using open geospatial data and ontologies [Publisher: SAGE Publications Ltd]. *Journal of Information Science*. <https://doi.org/10.1177/01655515231202757>
- Brys, C., Navas-Delgado, I., Aldana-Montes, J., & Roldán-García, M. (2023). LEGO: Linked electronic government ontology. *Journal of Information Science*. <https://doi.org/10.1177/01655515231161562>
- Gascó-Hernández, M. (2014). Open Government: Opportunities and Challenges for Public Governance. <https://doi.org/1007/978-1-4614-9563-5>
- Gómez-Pérez, A., Ortiz-Rodríguez, F., & Villazón-Terrazas, B. (2005). Legal Ontologies for the Spanish e-Government, 301-310.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
- Harmelen, F. v. (2008). The OWL 2 Web Ontology Language. *W3C Recommendation*, 150. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85555-9_1
- Harrison, T. M., Pardo, T. A., & Cook, M. (2012). Creating Open Government Ecosystems: A Research and Development Agenda. *Future Internet*, 4(4), 900-928. <https://doi.org/10.3390/fi4040900>
- Hreño, J., Bednár, P., Furdík, K., & Sabol, T. (2011). Integration of government services using semantic technologies. *Journal of theoretical and ...*, 6(1), 143-154. <https://doi.org/10.4067/s0718-18762011000100010>

- Isuani, A. (2020). El concepto de Estado. *Estado abierto. Revista sobre el Estado, la administración y las políticas públicas*, 5(1), 13-49. <https://doi.org/10.18566/ea.n05.01.02>
- Juhász, L., & Hochmair, H. H. (2016). Cross-linkage Between Mapillary Street Level Photos and OSM Edits (T. Sarjakoski, M. Y. Santos & L. T. Sarjakoski, Edición), 141-156. <https://doi.org/10.1111/tgis.12190>
- Kalabokidis, K. [K.], Athanasis, N., & Vaitis, M. (2011). OntoFire: an ontology-based geo-portal for wildfires. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(12), 3157-3170. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-3157-2011>
- Kalabokidis, K. [Kostas], Xanthopoulos, G., Moore, P., Caballero, D., Kallos, G., Llorens, J., Roussou, O., & Vasilakos, C. (2011). Decision support system for forest fire protection in the Euro-Mediterranean region. *European Journal of Forest Research*, 131(3), 597-608. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0534-0>
- Keramitsoglou, I., Kiranoudis, C. T., Sarimvels, H., & Sifakis, N. (2004). A Multidisciplinary Decision Support System for Forest Fire Crisis Management. *Environmental Management*, 33(2), 212-225. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0092-4>
- Krötzsch, M., Vrandečić, D., & Völkel, M. (2006). Semantic MediaWiki. *Lecture Notes in Computer Science*, 4273, 172-186. https://doi.org/10.1007/11843812_13
- Kyzirakos, K., Karpathiotakis, M., Garbis, G., Nikolaou, C., Bereta, K., Papoutsis, I., Herekakis, T., Michail, D., Koubarakis, M., & Kontoes, C. (2014). Wildfire monitoring using satellite images, ontologies and linked geospatial data. *Journal of Web Semantics*, 24, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2013.12.002>
- Lee, G., & Kwak, Y. H. (2012). An Open Government Maturity Model for Social Media-based Public Engagement. *Government Information Quarterly*, 29(4), 492-503. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.06.001>
- López-Rodríguez, V., & Ceballos, H. G. (2022). Modeling scientometric indicators using a statistical data ontology. *Journal of Big Data*, 9(1), 1-17.
- McDermott, P. (2010). Building Open Government. *Government Information Quarterly*, 27(4), 401-413. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2010.07.002>
- Mika, P. (2017). What Happened To The Semantic Web? *Proceedings of the 28th ACM Conference on Hypertext and Social Media*. <https://doi.org/10.1145/3078714.3078751>
- Moulin, C., Bettahar, F., Barthès, J.-P., & Sbodio, M. L. (2007). Ontology based categorization in e-government application. *On the Move to Meaningful ...*, 1153-1160. <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-76848-7%7B%5C.%7D75>
- O'Donnell, G. (1993). On the State, Democratization and Some Conceptual Problems: A Latin American View. *World Politics*, 45(4), 559-596. <https://doi.org/10.1017/s004388710000845x>
- O'Leary, D. E., Kuokka, D., & Plant, R. (1997). Artificial Intelligence and Virtual Organizations. *Communications of the ACM*, 40(1), 52-59. <https://doi.org/10.1145/242857.242871>
- Ortiz-Rodríguez, F., & Villazón-Terrazas, B. (2006). EGO Ontology Model: Law and Regulation Approach for e-Government. *Proceedings of the 3rd European Semantic Web Conference, ESWC 2006*, 13-24. https://doi.org/10.1007/11762180_2
- Ouchetto, H., Ouchetto, O., & Roudiès, O. (2012). Ontology-oriented e-gov services retrieval. *IJCSI International Journal of Computer Science*, 9(2), 99-107. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1205.5960>
- Poveda-Villalón, M., Gómez-Pérez, A., & Suárez-Figueroa, M. C. (2014). OOPS! (Ontology Pitfall Scanner!): An On-line Tool for Ontology Evaluation. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 10(2), 7-34.
- Selma, K., Ilyès, B., Ladjel, B., Eric, S., Stéphane, J., & Michael, B. (2012). Ontology-based structured web data warehouses for sustainable interoperability: requirement modeling, design methodology and tool [Special Issue on Sustainable Interoperability: The Future of Internet Based Industrial Enterprises].

- Computers in Industry*, 63(8), 799-812. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.08.001>
- Stadler, C., Lehmann, J., Höffner, K., & Auer, S. (2012). Linkedgeodata: A core for a web of spatial open data. *Semantic Web*, 3(4), 333-354. <https://doi.org/10.3233/sw-2011-0052>
- Sun, T., Zhang, L., Chen, W., Tang, X., & Qin, Q. (2013). Mountains Forest Fire Spread Simulator Based on Geo-Cellular Automaton Combined With Wang Zhengfei Velocity Model. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(4), 1971-1987. <https://doi.org/10.1109/jstars.2012.2231956>
- Ularu, E. G., Puican, F. C., Apostu, A., & Velicanu, M. (2012). Perspectives on big data and big data analytics. *Database Systems Journal*, 3(4), 3-14.
- Vassilakis, C., & Lepouras, G. (2004). An Ontology for e-Government Public Services, 1-9. <https://doi.org/10.1.1.76.2496>
- Wu, J., Zhang, Z., Chen, W., & Liu, Y. (2016). Ontology-based graph querying. *Information Sciences*, 349, 47-55.
- Yu, H., & Robinson, D. G. (2012). The New Ambiguity of "Open Government". *UCLA Law Review Disclosure*, 59, 178-208. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2012489>
- Zhao, L., & Ichise, R. (2014). Ontology Integration for Linked Data. *Journal on Data Semantics*. <https://doi.org/10.1007/s13740-014-0041-9>

Memorias de Congresos

- Álvarez Sabucedo, L., & Anido-Rifón, L. Semantic Service Oriented Architectures for eGovernment Platforms (Aaai, Edición). En: *AAAI Spring Symposium: Semantic Web Meets eGovernment* (Aaai, Edición). Editado por Aaai. 2006, 111-113. <https://doi.org/10.1145/1151677.1151700>
- Apostolakis, A., Girtsou, S., Charalabos, K., Papoutsis, I., & Tsoutsos, M.-C. Implementation of a Random Forest Classifier to Examine Wildfire Predictive Modelling in Greece Using Diachronically Collected Fire Occurrence and Fire Mapping Data. En: 2021, junio. ISBN: 978-3-030-67834-0. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_27
- Bednar, P., Furdik, K., Kleimann, M., Klischewski, R., Skokan, M., & Ukena, S. Semantic Integration of eGovernment Services in Schleswig-Holstein (M. A. Wimmer, H. J. Scholl & E. Ferro, Edición). En: *Electronic Government* (M. A. Wimmer, H. J. Scholl & E. Ferro, Edición). Editado por Wimmer, M. A., Scholl, H. J., & Ferro, E. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, 315-327. ISBN: 978-3-540-85204-9. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85204-9_27
- Brusa, G., Calusco, M. L., & Chiotti, O. Gestión del Conocimiento en el Gobierno Abierto: Ontologías de Dominio (Jaiio, Edición). En: *42 Jorandas Argentinas de Informática. 7mo Simposio Argentino De Informatica En El Estado* (Jaiio, Edición). Editado por Jaiio. Córdoba, 2013, 8-22. <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/SIE/12.pdf>
- Cretton, F., Liu, Z., & Le Calvé, A. Linked Data Integration and Consumption: A Case of Open-Interconnected Application in Swiss Administration. En: *International Conference on Semantic Web Business and Innovation (SWBI2015)*. 2015, 13-22. ISBN: 9781941968192. <https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2717.3845>
- Ding, Y., Yu, H., Huang, R., & Gu, Y. Complex Network Based Knowledge Graph Ontology Structure Analysis. En: *2018 1st IEEE International Conference on Hot Information-Centric Networking (HotICN)*. 2018. <https://doi.org/10.1109/hoticn.2018.8606002>

- Ehrlinger, L., & Wöß, W. Towards a Definition of Knowledge Graphs (M. C. Michael Martin & E. Folmer, Edición). En: *Joint Proceedings of the Posters and Demos Track of the 12th International Conference on Semantic Systems - SEMANTiCS2016 and the 1st International Workshop on Semantic Change & Evolving Semantics (SuCESS'16)* (M. C. Michael Martin & E. Folmer, Edición). Editado por Michael Martin, M. C., & Folmer, E. 1695. Ceur-ws. Leipzig, Germany, 2016. <http://ceur-ws.org/Vol-1695/paper4.pdf>
- Fernández, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. METHONTOLOGY from Ontological Art towards Ontological Engineering - Fernandez. En: *En Proceedings of AAAI97 Spring Symposium Series, Workshop on Ontological Engineering*. 1997, 33-40.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering [Ontology Engineering Group - OEG]. En: *En Proceedings of the Ontological Engineering AAAI-97 Spring Symposium Series*. Ontology Engineering Group - OEG. American Association for Artificial Intelligence, 1997, marzo. <https://oa.upm.es/5484/>
- Hassan, I. A., & Ojo, A. Enabling Gov 3.0 Through Semantic Web, Natural Language Processing and Text Analytics. En: *En t-Gov Workshop'14*. 446. Communications in Computer and Information Science. 2014, 64-81. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10241-0_6
- Jain, P., Hitzler, P., Sheth, A. A. P., Verma, K., & Yeh, P. P. Z. Ontology Alignment for Linked Open Data. En: *En Proceedings of the 9th International Semantic Web Conference on The Semantic Web - Volume Part I*. Shanghai, China: Springer-Verlag, 2010, 402-417. ISBN: 978-3-642-17745-3. <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-17746-0%7B%5C.%7D26%7B%5C%7D5Cnhttp://dl.acm.org/citation.cfm?id=1940281.1940308>
- Johnpaul, C. I., & Mathew, T. A Cypher query based NoSQL data mining on protein datasets using Neo4j graph database. En: *En 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*. Ieee. 2017, 1-6.
- Klischewski, R. Semantic Web for e-Government. En: *En Proceedings of the 1st International Conference on Semantic Web (ISWC 2003)*. 2003, octubre, 288-295. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39627-3_25
- Nam, T. Government 3.0 in Korea: Fad or Fashion? En: *En ICEGOV 2013: Proceedings of the 7th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. 2013. <https://doi.org/10.1145/2591888.2591896>
- Song, G., & Cornford, T. Mobile Government: Towards a Service Paradigm. En: *En Proceedings of the 2nd International Conference on e-Government*. (80). Pittsburgh, 2006, 208-218. ISBN: 978-1-905305-34-6. <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un-dpadm/unpan043294.pdf>
- Vilches-Blázquez, L., & Sánchez, C. S. Combinando Linked Data con servicios geoespaciales. En: *En IV Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*. Toledo, Spain, 2013, 1-10. <http://oa.upm.es/21659/>
- Zeng, W., Liu, H., & Feng, Y. Construction of Scenic Spot Knowledge Graph Based on Ontology. En: *En 18th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES)*. 2019. <https://doi.org/10.1109/dcabes48411.2019.00037>

Memorias de Congresos

- Brys, C. (2015). El Gobierno Electrónico en la Era de la Sociedad de la Información: Hacia los Datos Abiertos como Servicio (ODaaS). En R. de Universidades con Carreras en Informática RedUNCI (Edición), *V ETHICOMP Latinoamérica and XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC*.

<https://cacic2015.unnoba.edu.ar/wp-content/uploads/2015/11/Libro%5C.de%5C.Actas%5C.CACIC2015.pdf>

- Brys, C., & Aldana-Montes, J. (2011). "Gobierno Electrónico 3.0" Aplicaciones de la Web Semántica a la Administración Pública. En Sadio (Edición), *40 Jornadas Argentinas de Informatica* (Páginas 15-30). <https://40jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/T2011/SIE/592.pdf>
- Brys, C., & Aldana-Montes, J. (2015). Knowledge Representation of Intelligent Public Services through a Semantic Model. En Sadio (Edición), *Argentine Symposium on Artificial Intelligence ASAI* (Páginas 9-16). <http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/asai9-16.pdf>
- Brys, C., Aldana-Montes, J., & La Red Martinez, D. (2015). Un Modelo Ontológico para el Gobierno Electrónico. En Sadio (Edición), *SAOA - Simposio Argentino de Ontologias y sus Aplicaciones* (Páginas 81-90). <http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/saoa81-90.pdf>
- Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2006). Ontological Engineering: Principles, Methods, Tools and Languages. En C. Calero, F. Ruiz & M. Piattini (Edición), *Ontologies for Software Engineering and Software Technology* (Páginas 1-48). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-34518-3_1
- Hodgson, R., & Allemang, D. (2006). Semantic Technology For e-Government. En J. Cardoso & A. P. Sheth (Edición), *Semantic Web Services, Processes and Applications* (Páginas 283-303). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-34685-4_11
- Kushchu, I., Arat, S., & Borucki, C. (2007). The Impact of M-Government on Organisations: A Mobility Response Model. En I. Kushchu (Edición). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-884-0>
- Lacasta Miguel, J., López Pellicer, F. J., Jusué, J. F., Nogueras Iso, J., & javier Zarazaga Soria, F. (2006). Unidades administrativas, una perspectiva ontológica. En U. J. I. de Castellón (Edición), *Avances en las infraestructuras de datos espaciales* (Páginas 85-94). <http://iaaa.cps.unizar.es/curriculum/08-Publicaciones-Articulos/cap%7B%5C.%7D2006%7B%5C.%7DAvancesEnIDES%7B%5C.%7DUnidades.pdf>
- Martell, D. L. (2011). Forest Fire Management. En *International Series in Operations Research & Management Science* (Páginas 489-509). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71815-6_26
- Orthofer, G., & Wimmer, M. (2006). An Ontology for eGovernment: Linking the Scientific Model with Concrete Projects. En *Papers from the 2006 AAAI Spring Symposium: Semantic Web Meets eGovernment* (Páginas 96-98). <http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/2006/SS-06-06/SS06-06-016.pdf>
- Santos, L., Sicilia, M.-A., & Padrino, S. (2011). Ontologies for Emergency Response: Effect-Based Assessment as the Main Ontological Commitment. En E. García-Barriocanal, Z. Cebeci, M. C. Okur & A. Öztürk (Edición), *Metadata and Semantic Research* (Páginas 93-104). Springer Berlin Heidelberg.
- Zook, M., & Breen, J. (2017). Volunteered Geographic Information. En S. Shekhar, H. Xiong & X. Zhou (Edición), *Encyclopedia of GIS* (Páginas 2434-2438). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17885-1_1656

Tesis

- Jafrin, R. (2015). *Data Annotation and Ontology Provisioning for Semantic Applications in Virtualized Wireless Sensor Networks* [mastersthesis]. Concordia University, Montréal, Québec, Canada.
- Sfoungari, A. (2021). *Automatic maintenance of COVID-19 related Knowledge Graphs based on large-scale information extraction in scientific literature* [Tesis de maestría].

Informes Técnicos

Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology* (Technical Report). <https://ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/kono1-noy-mcguinness.pdf>

Páginas Web y Monografías

Arazyan, H. (2002). *m-Government: Definition and Perspectives*. <http://zunia.org/sites/default/files/media/node-files/za/131432%7B%5C.%7DZalesak.pdf>

Barrasa, J., & Cowlwy, A. (2020). *GitHub repository*.

Berners-Lee, T. (2009). *Putting Government Data online*. <http://www.w3.org/DesignIssues/GovData.html>

Burleson, C. (2015). *The Awesome Power of the Link in Linked Data*. <https://web.archive.org/web/20161011180001/http://codyburleson.com/2015/07/28/the-amazing-power-of-the-link-in-linked-data/>

DuCharme, B. (2013). *Using SPARQL queries from native Android apps*. <http://www.snee.com/bobdc.blog/2013/11/using-sparql-queries-from-nati.html>

Egw3c. (2008). *eGovernment at W3C. Use Case: Open Government: Linked Open Data*. <http://www.w3.org/egov/wiki/Use%5C.Case%5C.8%5C.-%5C.Linked%5C.Open%5C.Government>

Gpsw. (2011). *The Geoportal of the Swiss Confederation*. <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/en/home.html>

Grimes, S. (2009). *Making Sense of Gov2.0*. Space-Time Research Pty Ltd y Alta Plana Corporation. <https://bit.ly/45gOwXP>

Inap. (2009). *Acuerdo Federal para la Gestión Pública* [Argentina. Subsecretaría de Gestión y Empleo Público. Consejo Federal de la Función Pública]. <https://biblioteca.inap.gob.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1456>

Mjdh. (2003). *Decreto 1172-2003* [Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación Argentina Acceso a la Información Pública]. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/90000-94999/90763/norma.htm>

Mjdh. (2016a). *Decreto 117-016* [Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación Argentina Plan de Apertura de Datos]. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/90000-94999/90763/norma.htm>

Mjdh. (2016b). *Ley 27275* [Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación Argentina Ley de Derecho de Acceso a la Información Pública]. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/265000-269999/265949/texact.htm>

Ogwk. (2007). *Open Government Working Group. 8 Principles of Open Government Data*. <http://www.opengovdata.org/home/8principles>

Okfn. (2012). *Open Knowledge Foundation. Open Data Handbook*. <http://opendatahandbook.org>

O'Reilly, T. (2005). *What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>

W3c. (2009). *Publishing Open Government Data*. <https://www.w3.org/TR/gov-data/>

W3c. (2012). *OWL 2 Web Ontology Language*. <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

W3c. (2013). *The World Wide Web Consortium (2013). Recommendation for "The Organization Ontology"*. <http://www.w3.org/TR/vocab-org/>

