



Universidad Politécnica
de Madrid

**Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Informáticos**



Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

**Introducir Soporte al Formato
GeoPackage en Herramientas de
Linked Data Geográfico Desarrolladas
por el Grupo de Ingeniería Ontológica**

Autor: Beñat Agirre Arruabarrena
Tutor(a): Oscar Corcho García

Madrid, Marzo 2021

Este Trabajo Fin de Grado se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Informática

Título: Introducir Soporte al Formato GeoPackage en Herramientas de Linked Data Geográfico Desarrolladas por el Grupo de Ingeniería Ontológica

Marzo 2021

Autor: Beñat Agirre Arruabarrena
Tutor: Oscar Corcho García
Departamento de Inteligencia Artificial
ETSI Informáticos
Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

«Aquí va el resumen del TFG. Extensión máxima 2 páginas.»

Abstract

«Abstract of the Final Degree Project. Maximum length: 2 pages.»

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Estado del Arte	1
1.2.1. GIS	1
1.2.1.1. Shapefile	2
1.2.1.2. GeoPackage	3
1.2.2. Datos enlazados	4
1.2.3. Portales de Datos abiertos	4
1.2.4. Map4RDF	4
1.2.5. GeoKettle	5
2. Desarrollo	7
2.1. Map4rdf	7
2.1.1. Instalación	7
2.2. GeoKettle	7
2.2.1. Funcionamiento	8
2.2.1.1. Shapefile File Input	9
2.2.1.2. Switch case	10
2.2.1.3. Dummy Plugin	11
2.2.1.4. Valor Java Script Modificado	11
3. Resultados y conclusiones	13
4. Análisis de impacto	15
Bibliografía	18
Anexos	19
A. Anexos	19
A.1. Glosario de términos	19

Capítulo 1

Introducción

La introducción del TFG debe servir para que los profesores que evalúan el Trabajo puedan comprender el contexto en el que se realiza el mismo, y los objetivos que se plantean.

1.1. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es introducir soporte al formato GeoPackage en herramientas de Linked Data Geográfico desarrolladas por el Grupo de Ingeniería Ontológica. En el OEG se ha venido tradicionalmente trabajando con el Instituto Geográfico Nacional para la exportación de algunos de sus datos geográficos a formato Linked Data. Un ejemplo se puede encontrar en la web del Instituto Geográfico Nacional. [7]

Recientemente, el Open Geospatial Consortium ha publicado el formato GeoPackage, que tiene el objetivo de convertirse en un estándar para la representación de datos geográficos. El objetivo de este trabajo es el de dar soporte GeoPackage para las herramientas normalmente utilizadas para este tipo de tareas.

1. Dar soporte GeoPackage a la herramienta Map4RDF.
2. Dar soporte GeoPackage a la herramienta GeoKettle y su plugin para transformar a RDF.
3. Realizar un procesado completo de todos los datos del IGN para generar este tipo de formato.

1.2. Estado del Arte

1.2.1. GIS

Los sistemas de información geográfica son herramientas que permiten almacenar y analizar datos geoespaciales. Los sistemas digitales actuales permiten realizar consultas interactivas, añadir entradas a las bases de datos y visualizarlos de manera intuitiva. La información geográfica se puede aplicar a todo

tipo de áreas, entre las que se encuentran la ingeniería, transporte, telecomunicación, economía, sociología... Debido a la gran importancia tanto en el sector público como el privado[5], los estándares abiertos cobran importancia por estar disponibles al público, no tener que pagar licencias y ser consensuados por organizaciones de estándares internacionales. Entre ellas se encuentra el Open Geospatial Consortium(OEG) que se creó en 1994 y agrupa a 521 (en marzo de 2021) miembros de organizaciones públicas y privadas.[6] El OGC trabaja junto con las principales organizaciones de estándares de su ámbito (ISO/TC 211, W3C, IETF...) [4]

Existen diversos formatos de fichero GIS, divididos en **raster** y **vector**. La diferencia es equivalente a la que existe entre imágenes con resolución limitada por el número de píxeles (raster) y las imágenes vectoriales formadas por puntos, líneas y polígonos; con resoluciones infinitas. Cada tipo de formato tiene sus ventajas y desventajas y la elección dependerá del caso de uso. Existen varios formatos vectoriales pero para este trabajo sólo se se considerarán el formato *shapefile* y el *GeoPackage* para cumplir los objetivos.

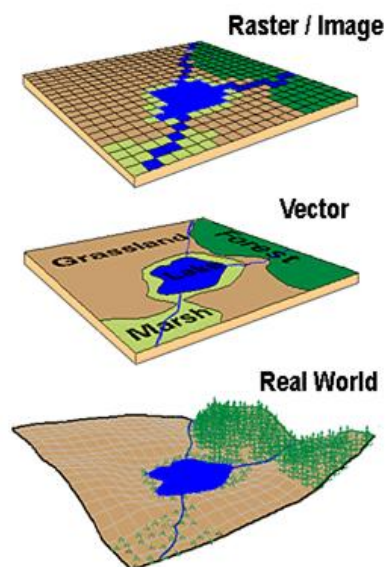


Figura 1.1: Representación del terreno mediante vectores y raster

1.2.1.1. Shapefile

El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo de datos espaciales vectorial desarrollado por la compañía ESRI a principios de la década de 1990. A pesar de ser propietario, la especificación es abierta, y se considera un estándar de facto. Debido a su popularidad, goza de grán compatibilidad con sig. Gracias al uso de un fichero índice, se obtiene una velocidad de lectura alta, y su eficiencia de tamaño produce archivos relativamente pequeños.

Sin embargo, tiene varias desventajas, algunas derivadas del uso del estándar dBase [11] [14]:

Introducción

1. No tiene definición de sistema de referencia de coordenadas ¹ , se puede usar uno pero no es parte estándar de la especificación.
2. Se reparte en múltiples ficheros: es incómodo y lleva a errores al compararlos.
3. Los nombres de atributos están limitados a 10 caracteres ASCII
4. El número máximo de campos de atributo es 255.
5. Solo admite float, integer, date y text con un máximo de 254 caracteres.
6. No se puede especificar conjunto de caracteres de la BBDD.
7. El tamaño está limitado a 4GB.
8. No admite valores NULL
9. No hay forma de describir las relaciones topológicas en el formato.
10. Solamente puede almacenar una geometría por archivo.
11. Utiliza una estructura de datos de tabla plana, sin jerarquías, relaciones ni estructura en árbol.
12. El soporte 3D es muy limitado.

1.2.1.2. GeoPackage

GeoPackage es un formato GIS implementado en SQLite publicado por el OEG en 2014. [12]

El formato geopackage tiene las siguientes ventajas [14]:

- Es abierto, no propietario, basado en estándares, independiente de plataformas, portable y compacto.
- Gracias a SQLite puede almacenar datos grandes (hasta 140TB)[17] y los atributos de las geometrías pueden contener nombres muy largos.
- Dispone de índices espaciales basados en R-trees [16] que incrementan la velocidad de búsquedas espaciales y su visualización en los SIG de escritorio.
- Todo el contenido se almacena en un único archivo .gpkg que puede almacenar multitud de tipos de geometrías
- Soporta el uso directo, para acceder a los datos de GeoPackage de forma «nativa» sin traducciones de formato intermedio.
- GeoPackage es soportado por GDAL[18], la librería de conversión de datos utilizada por multitud de programas GIS (incluido GeoKettle), y los principales programas GIS.

¹Un sistema de coordenadas es un sistema de referencia que se utiliza para representar la ubicación de entidades geográficas, imágenes y observaciones (como las localizaciones GPS) dentro de un marco geográfico común. Los sistemas de coordenadas permiten a los datasets geográficos utilizar ubicaciones comunes para la integración de datasets. [15]

1.2.2. Datos enlazados

El objetivo de los datos enlazados es utilizar la web como una única base de datos global. Tim Berners Lee, creador de la World Wide Web, quien acuñó el término linked data[13], definió sus 4 principios fundamentales:

1. Utilizar URIs para identificar los recursos publicados en la Web.
2. Utilizar URIs HTTP para que las personas puedan consultar esos recursos.
3. Cuando alguien acceda a una URI, proporcionar información útil mediante estándares (RDF*, SPARQL).
4. Incluir enlaces a otras URIs para facilitar el descubrimiento de más información relacionada.

Los datos enlazados posibilitan la web semántica, extensión de la web tradicional en la que la información tiene significado bien definido[19] y fundamentada en:

- URIs: cadena de caracteres que identifica los recursos de una red de forma unívoca.
- RDF: método para la descripción conceptual o modelado de la información.
- HTTP: protocolo de comunicación.

RDF modela información mediante triples o tripletas de sujeto-predicado-objeto. El sujeto hace referencia al recurso y el predicado a sus rasgos o aspectos y relación entre el sujeto y el objeto. SPARQL es el lenguaje para la consulta de grafos RDF.

1.2.3. Portales de Datos abiertos

Los datos abiertos parten de la idea de que los datos deberían estar disponibles de forma libre para todo el mundo, libre de derechos de autor, patentes o de otros mecanismos de control. Los portales de datos abiertos proporcionan una manera sencilla de buscar y obtener estos datos. Los datos pueden tener cualquier procedencia, pero han cobrado especial importancia los datos ligados a las políticas de Gobierno abierto, que persigue que los datos y la información, especialmente las que poseen las administraciones públicas, se publiquen de forma abierta. [20]

El tercer objetivo de este trabajo se centra en realizar un procesado completo de todos los datos del IGN. *datos.ign.es* es una iniciativa del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la generación de la información semántica de sus recursos[21]. Actualmente el dataset disponible es la Base Topográfica Nacional 1:100.000 (BTN100), un catálogo de datos geográficos agrupados por temáticas.

1.2.4. Map4RDF

Map4rdf es una herramienta para la navegación y visualización de datasets RDF con información geoespacial mediante facetas[8]. Algunos ejemplos de las facetas y sus contenidos que permiten clasificar los elementos del BTN100:

Introducción

- Altimetría: Cerro, Cordillera, Montaña...
- Hidrografía: Bahía, Cabo, Playa...
- Transporte: Aeropuerto, Calle, Faro...
- ...

El funcionamiento de Map4rdf es el siguiente:

1. El componente *DAO*² se conecta a una *triplestore*³ mediante el *endpoint SPARQL*⁴ para responder a las consultas de facetas.
2. La interfaz de navegación facetada obtiene la lista de facetas y las visualiza.
3. El usuario selecciona una faceta y el componente DAO realiza una consulta en el triplestore mediante el endpoint SPARQL para recuperarlas la información pedida.
4. La interfaz recibe toda esta información y la visualiza en el mapa.

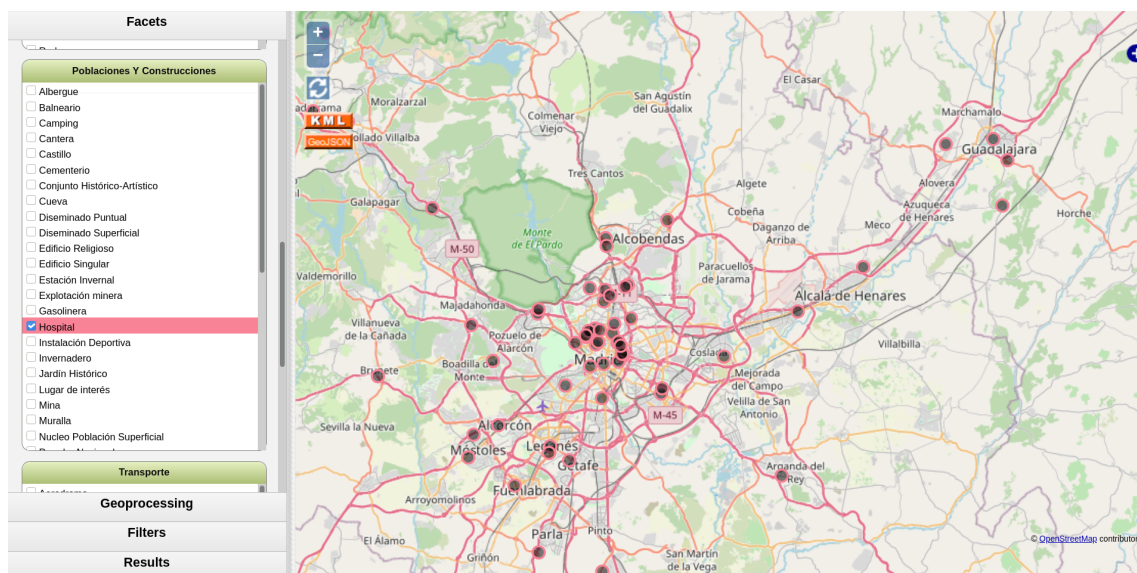


Figura 1.2: <http://certidatos.ign.es/map/> que implementa Map4Rdf

1.2.5. GeoKettle

GeoKettle es una versión de Pentaho Data Integration (Kettle)[23] con capacidad de tratamiento de datos espaciales. Es una potente herramienta ETL: extracción, transformación y carga orientada al uso de metadatos y con funcionalidades espaciales dedicada a la integración de diversos orígenes de datos para la construcción y/o actualización de bases de datos espaciales y almacenes de datos espaciales. [22]

²Data Acces Object: proporciona una interfaz abstracta a una base de datos.

³Triplestore: base de datos de tripletas

⁴SPARQL endpoint: url capaz de recibir y procesar peticiones del protocolo SPARQL

TripleGeo es un plugin para GeoKettle que transforma datos geoespaciales en tripletas RDF siguiendo el standar GeoSPARQL [24]

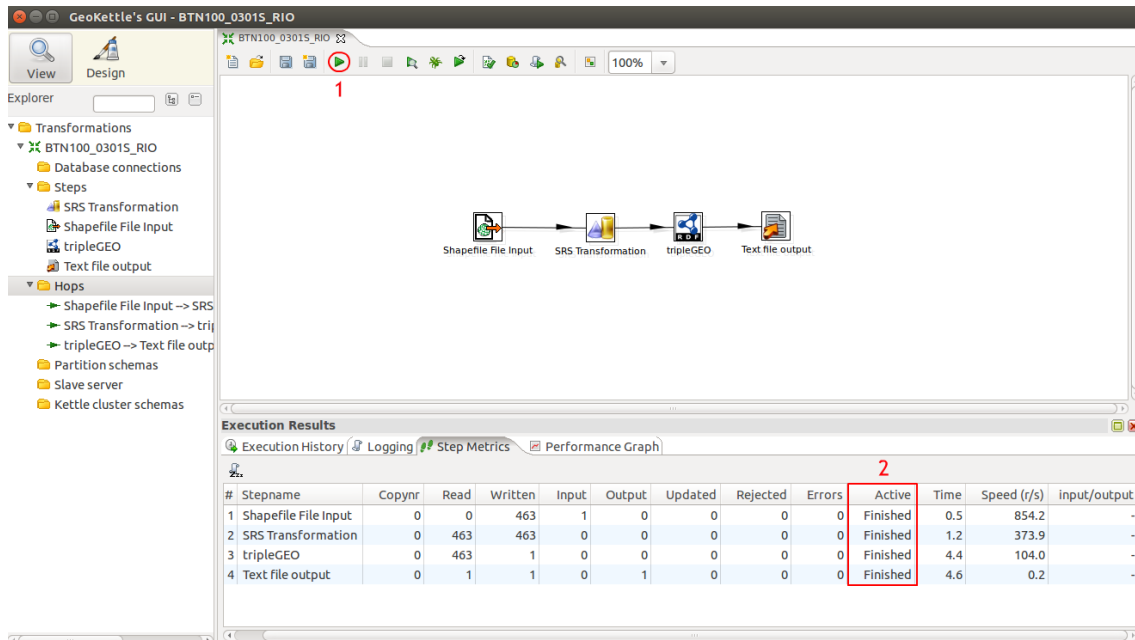


Figura 1.3: TripleGeoKettle en funcionamiento, TripleGeoKettle wiki

Capítulo 2

Desarrollo

2.1. Map4rdf

2.1.1. Instalación

Se ha optado por utilizar la máquina Virtual proporcionada en la Wiki del proyecto para minimizar la posibilidad de incompatibilidades.

2.2. GeoKettle

Desde que se publicó “A sustainable process and toolbox for geographical linked data generation and publication: a case study with BTN100” en 2019, GeoKettle ha dejado de estar soportado. La pagina oficial y de documentación ya no están disponibles. Un objetivo de este TFG es dar soporte GeoPackage a GeoKettle. No tiene sentido desarrollar soluciones de “modernización” sobre software abandonado. Por tanto, se comenzará actualizando la herramienta.

Algunas funcionalidades de GeoKettle se integraron en PDI directamente y otras desaparecieron. Actualmente, el soporte GIS de Pentaho está dentro de PDI Spoon y además hay algunas funcionalidades más en el plugin disponible en el marketplace llamado pentaho-gis-plugins. Se actualizará la primera fase a: **“replicar la funcionalidad y las transformaciones de GeoKettle + TripleGeo en la suite PDI.”** Si es sencillo, se considerará también dar soporte a GeoPackage.

Dado que se trata de replicar la funcionalidad anterior, se analizarán las transformaciones realizadas por el OEG en el repositorio de GitHub BTN100. Como se puede ver en la figura 2.1, partes del workflow fallan. Es lo que se pretende solucionar.

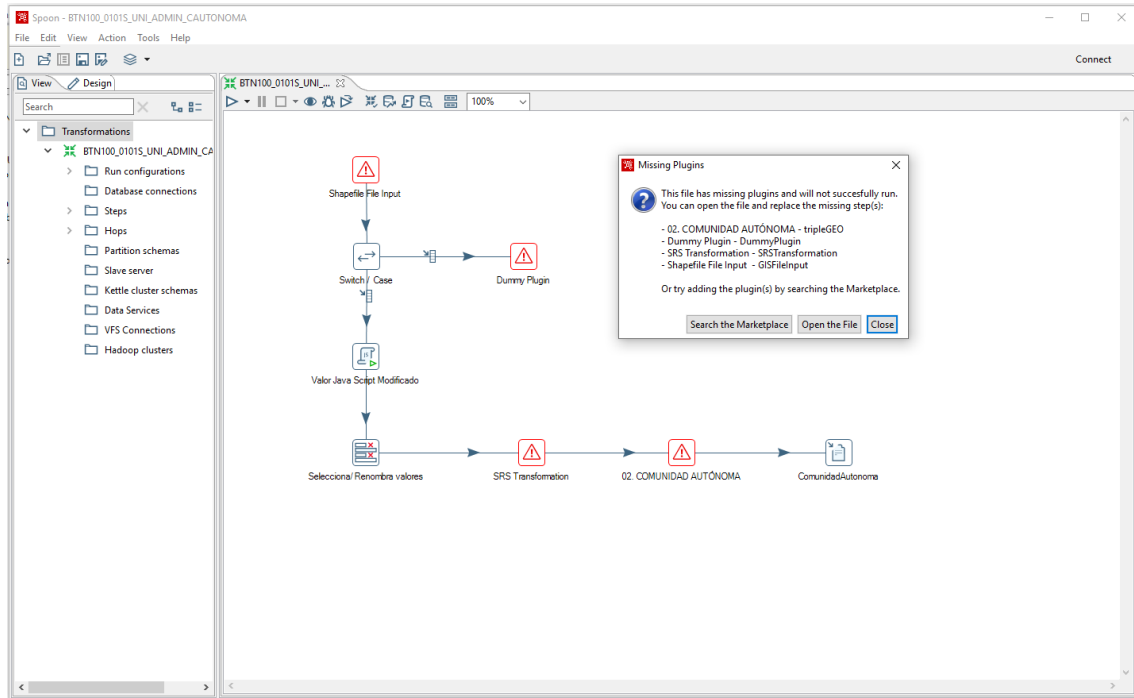


Figura 2.1: Workflow importado en la nueva suite

2.2.1. Funcionamiento

Para poder realizar el “port” de GeoKettle a Spoon, primero es necesario entender el funcionamiento y transformaciones actuales de GeoKettle. Dado que hay poca documentación se realizará ingeniería inversa observando la entrada y salida de cada paso. Además esta manera se observará mejor el flujo de datos y será más fácil añadir soporte a GeoPackage en el futuro. Como ejemplo se utilizarán los datos de BTN100_0101S_UNI_ADMIN y la transformación BTN100_0101S_UNI_ADMIN_CAUTONOMA. La transformación contiene los siguientes pasos:

1. Shapefile File Input
2. Switch Case
3. Dummy Plugin
4. Valor Java Script Modificado
5. Selecciona/Renombrar valores
6. SRS Transformation
7. TripleGeo
8. Text Output

Desarrollo

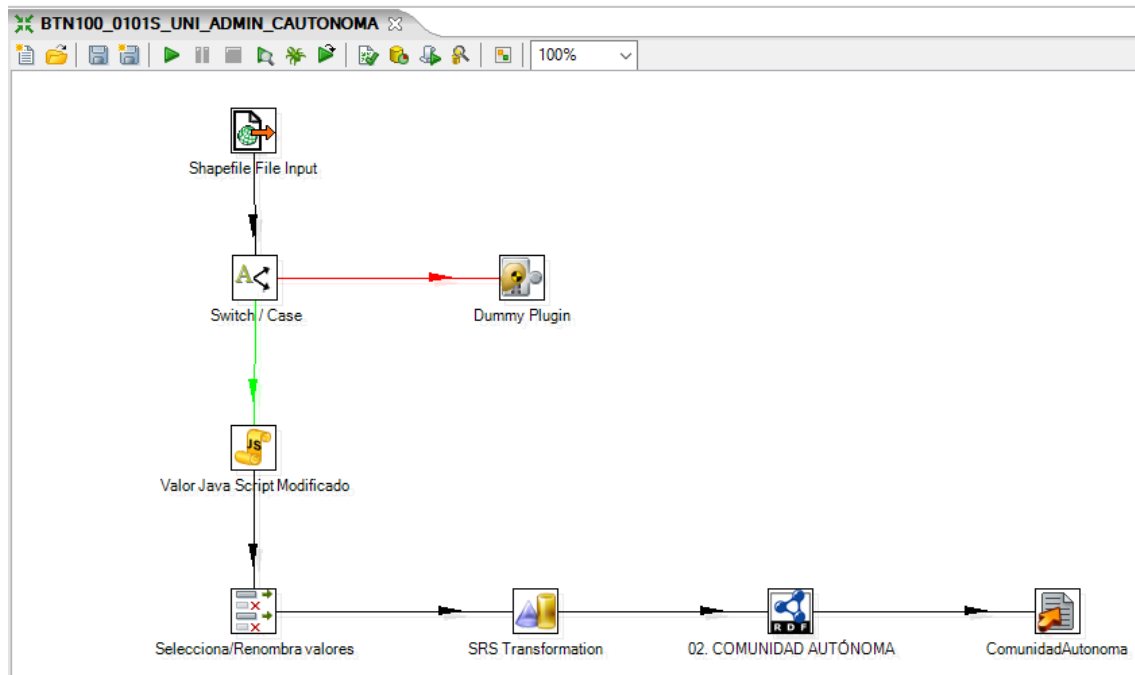


Figura 2.2: Transformación BTN100_0101S_UNI_ADMIN_CAUTONOMA

2.2.1.1. Shapefile File Input

Lee el fichero shapefile.

1. *.shp*: Geometría fig.2.3

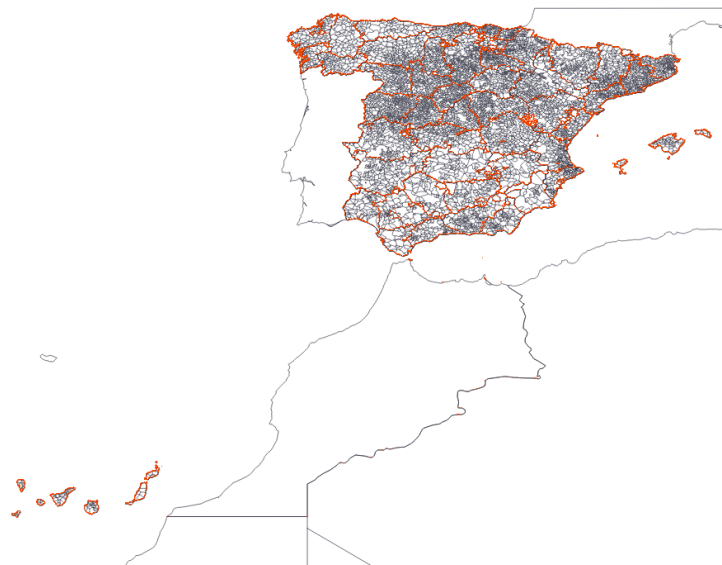
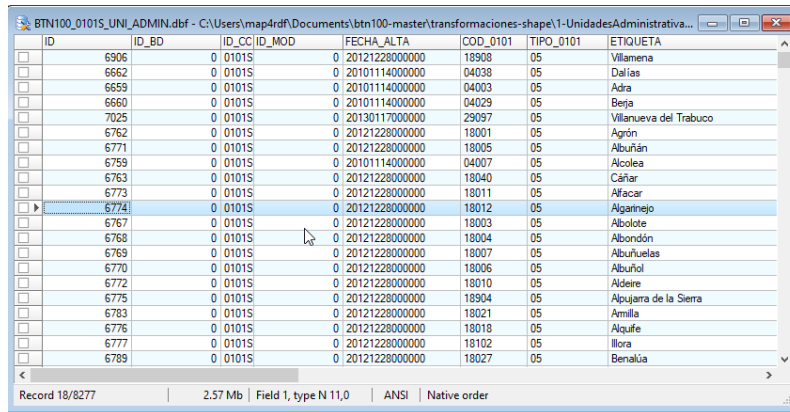


Figura 2.3: Geometría contenida en el shapefile

2. *.dbf*: Datos asociados en columnas fig.2.4



ID	ID_BO	ID_CC	ID_MOD	FECHA_ALTA	COD_0101	TIPO_0101	ETIQUETA
6906	0	0101S	0	20121228000000	18908	05	Villanueva
6662	0	0101S	0	20101114000000	04038	05	Dalías
6659	0	0101S	0	20101114000000	04003	05	Adra
6660	0	0101S	0	20101114000000	04029	05	Beja
7025	0	0101S	0	20130117000000	29097	05	Villanueva del Trabuco
6762	0	0101S	0	20121228000000	18001	05	Agrón
6771	0	0101S	0	20121228000000	18005	05	Albuñán
6759	0	0101S	0	20101114000000	04007	05	Alcolea
6763	0	0101S	0	20121228000000	18040	05	Cañar
6773	0	0101S	0	20121228000000	18011	05	Añacor
6774	0	0101S	0	20121228000000	18012	05	Algarinejo
6767	0	0101S	0	20121228000000	18003	05	Alpote
6768	0	0101S	0	20121228000000	18004	05	Albendón
6769	0	0101S	0	20121228000000	18007	05	Albuelas
6770	0	0101S	0	20121228000000	18006	05	Albuel
6772	0	0101S	0	20121228000000	18010	05	Aldeire
6775	0	0101S	0	20121228000000	18904	05	Alpujara de la Sierra
6783	0	0101S	0	20121228000000	18021	05	Amilla
6776	0	0101S	0	20121228000000	18018	05	Azuque
6777	0	0101S	0	20121228000000	18102	05	Ilora
6789	0	0101S	0	20121228000000	18027	05	Benalúa

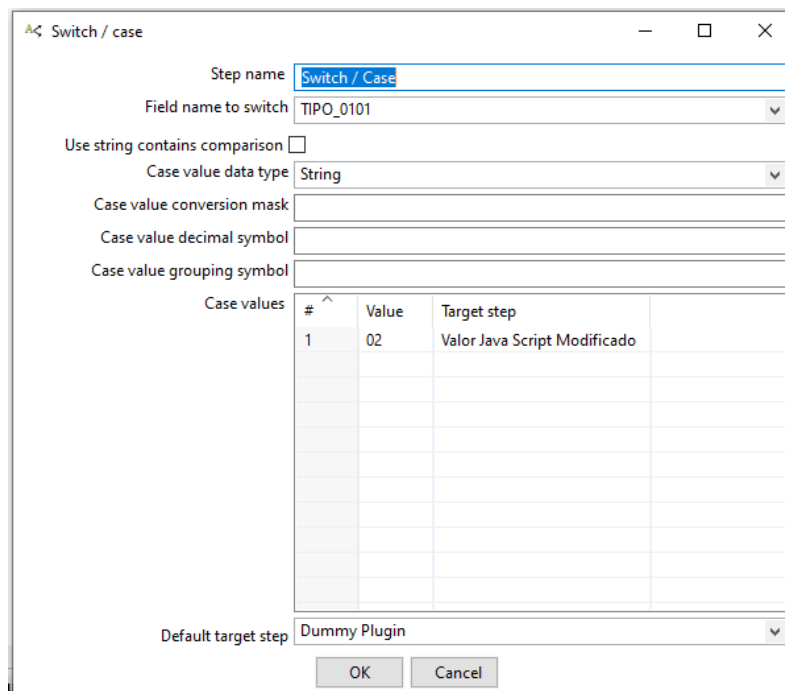
Figura 2.4: Datos columnares dbf asociados a la geometría

3. *.shx*: Índice para acelerar búsquedas

4. *.prj*: Sistema de coordenadas

2.2.1.2. Switch case

El switch case se encarga de filtrar y seleccionar las comunidades autónomas, identificadas por el valor 02 del Campo TIPO_0101. Si son una CCAA, se envían al paso 4, e.o.c. se envían al paso 3.



Switch / case

Step name: Switch / Case

Field name to switch: TIPO_0101

Use string contains comparison: ☐

Case value data type: String

Case value conversion mask:

Case value decimal symbol:

Case value grouping symbol:

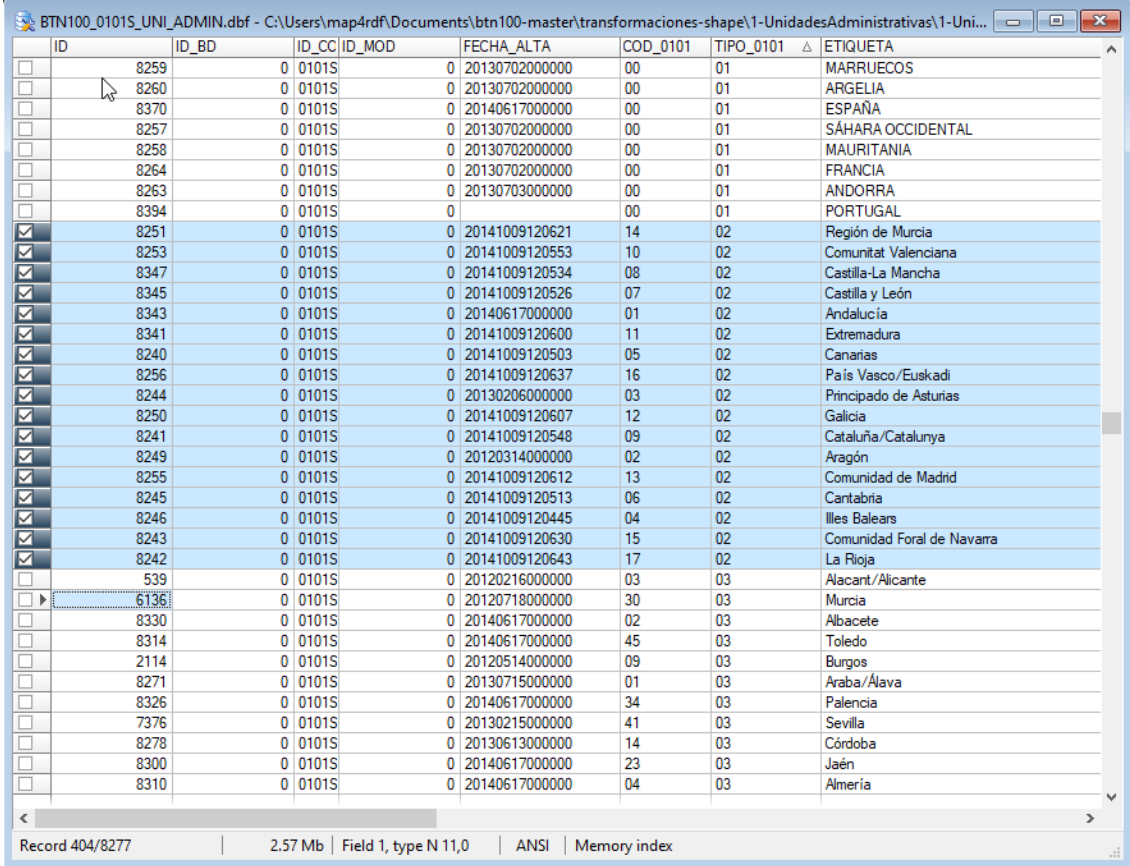
#	Value	Target step
1	02	Valor Java Script Modificado

Default target step: Dummy Plugin

OK Cancel

Figura 2.5: Paso switch

Desarrollo



ID	ID_BD	ID_CC	ID_MOD	FECHA_ALTA	COD_0101	TIPO_0101	ETIQUETA
8259	0	0101S	0	20130702000000	00	01	MARRUECOS
8260	0	0101S	0	20130702000000	00	01	ARGELIA
8370	0	0101S	0	20140617000000	00	01	ESPAÑA
8257	0	0101S	0	20130702000000	00	01	SÁHARA OCCIDENTAL
8258	0	0101S	0	20130702000000	00	01	MAURITANIA
8264	0	0101S	0	20130702000000	00	01	FRANCIA
8263	0	0101S	0	20130703000000	00	01	ANDORRA
8394	0	0101S	0	0	00	01	PORTUGAL
8251	0	0101S	0	20141009120621	14	02	Región de Murcia
8253	0	0101S	0	20141009120553	10	02	Comunitat Valenciana
8347	0	0101S	0	20141009120534	08	02	Castilla-La Mancha
8345	0	0101S	0	20141009120526	07	02	Castilla y León
8343	0	0101S	0	20140617000000	01	02	Andalucía
8341	0	0101S	0	20141009120600	11	02	Extremadura
8240	0	0101S	0	20141009120503	05	02	Canarias
8256	0	0101S	0	20141009120637	16	02	País Vasco/Euskadi
8244	0	0101S	0	20130206000000	03	02	Principado de Asturias
8250	0	0101S	0	20141009120607	12	02	Galicia
8241	0	0101S	0	20141009120548	09	02	Cataluña/Catalunya
8249	0	0101S	0	20120314000000	02	02	Aragón
8255	0	0101S	0	20141009120612	13	02	Comunidad de Madrid
8245	0	0101S	0	20141009120513	06	02	Cantabria
8246	0	0101S	0	20141009120445	04	02	Illes Balears
8243	0	0101S	0	20141009120630	15	02	Comunidad Foral de Navarra
8242	0	0101S	0	20141009120643	17	02	La Rioja
539	0	0101S	0	20120216000000	03	03	Alicant/Alicante
8136	0	0101S	0	20120718000000	30	03	Murcia
8330	0	0101S	0	20140617000000	02	03	Albacete
8314	0	0101S	0	20140617000000	45	03	Toledo
2114	0	0101S	0	20120514000000	09	03	Burgos
8271	0	0101S	0	20130715000000	01	03	Araba/Álava
8326	0	0101S	0	20140617000000	34	03	Palencia
7376	0	0101S	0	20130215000000	41	03	Sevilla
8278	0	0101S	0	20130613000000	14	03	Córdoba
8300	0	0101S	0	20140617000000	23	03	Jaén
8310	0	0101S	0	20140617000000	04	03	Almería

Figura 2.6: La filas correspondientes a las CCAA

2.2.1.3. Dummy Plugin

No hace ninguna transformación, su propósito es recoger los datos innecesarios del switch.

2.2.1.4. Valor Java Script Modificado

El script cambia el formato de la fecha para facilitar la lectura: de YYYYMMDDHHMMSS a YYYY-MM-DD. También crea un nuevo campo llamado identificador a partir del campo etiqueta, cambiando espacios por barras bajas, mayúsculas por minúsculas, quitando tildes y signos de puntuación.

2.2.1.5. Selecciona/Renombrar valores

Cambia los metadatos de la columna FECHA_ALTA para que sea reconocida como fecha.

```

Script1
//Script here

var aux = FECHA_ALTA.match(/^(\\d{4})(\\d{2})(\\d{2})/);

//Here we fix the date
if(!aux || aux.length < 4){
    FECHA_ALTA = "";
}
else{
    FECHA_ALTA = new Date(aux[1], aux[2]-1, aux[3]);
    FECHA_ALTA = date2str(FECHA_ALTA, "yyyy-MM-dd");
}

var etiq = ETIQUETA.toLowerCase().replace(' ','-');
etiq = etiq.replace(/\\s/g, '-').replace('á','a').replace('Á','A').replace('é','e').replace('É','E').replace('í','i')
.replace('Í','I').replace('ó','o').replace('Ó','O').replace('ú','u').replace('Ú','U').replace('ñ','n');
etiq = etiq.replace(' ','').replace(';', '').replace('.', '');
identificador = etiq

```

Figura 2.7: Script Javascript

Examine preview data

Standard view Geographic view											
Rows of step: Valor Java Script Modificado (17 rows)											
#	the_geom	ID	ID_BD	ID_CODIGO	ID_MOD	FECHA_ALTA	COD_0101	TIPO_0101	ETIQUETA	identificador	
1	MULTIPO...	8251	0	0101S	0	2014-10-09	14	02	Región de Murcia	region-de-murcia	
2	MULTIPO...	8253	0	0101S	0	2014-10-09	10	02	Comunitat Valenciana	comunitat-valenciana	
3	MULTIPO...	8347	0	0101S	0	2014-10-09	08	02	Castilla-La Mancha	castilla-la-mancha	
4	MULTIPO...	8345	0	0101S	0	2014-10-09	07	02	Castilla y León	castilla-y-leon	
5	MULTIPO...	8343	0	0101S	0	2014-06-17	01	02	Andalucía	andalucia	
6	MULTIPO...	8341	0	0101S	0	2014-10-09	11	02	Extremadura	extremadura	
7	MULTIPO...	8240	0	0101S	0	2014-10-09	05	02	Canarias	canarias	
8	MULTIPO...	8256	0	0101S	0	2014-10-09	16	02	País Vasco/Euskadi	pais-vasco/euskadi	
9	MULTIPO...	8244	0	0101S	0	2013-02-06	03	02	Principado de Asturias	principado-de-asturias	
10	MULTIPO...	8250	0	0101S	0	2014-10-09	12	02	Galicia	galicia	
11	MULTIPO...	8241	0	0101S	0	2014-10-09	09	02	Cataluña/Catalunya	cataluna/catalunya	
12	MULTIPO...	8249	0	0101S	0	2012-03-14	02	02	Aragón	aragon	
13	MULTIPO...	8255	0	0101S	0	2014-10-09	13	02	Comunidad de Madrid	comunidad-de-madrid	
14	MULTIPO...	8245	0	0101S	0	2014-10-09	06	02	Cantabria	cantabria	
15	MULTIPO...	8246	0	0101S	0	2014-10-09	04	02	Illes Balears	illes-balears	
16	MULTIPO...	8243	0	0101S	0	2014-10-09	15	02	Comunidad Foral de Navar...	comunidad-foral-de-nav...	
17	MULTIPO...	8242	0	0101S	0	2014-10-09	17	02	La Rioja	la-rioja	

Figura 2.8: Resultado del cambio de formato de fecha

Capítulo 3

Resultados y conclusiones

Resumen de resultados obtenidos en el TFG. Y conclusiones personales del estudiante sobre el trabajo realizado.

Capítulo 4

Análisis de impacto

En este capítulo se realizará un análisis del impacto potencial de los resultados obtenidos durante la realización del TFG, en los diferentes contextos para los que se aplique:

- Personal
- Empresarial
- Social
- Económico
- Medioambiental
- Cultural

En dicho análisis se destacarán los beneficios esperados, así como también los posibles efectos adversos.

Se recomienda analizar también el potencial impacto respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de la Agenda 2030, que sean relevantes para el trabajo realizado (ver enlace)

Además, se harán notar aquellas decisiones tomadas a lo largo del trabajo que tienen como base la consideración del impacto.

Bibliografía

- [1] Publicaciones utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo. Hay que utilizar un sistema internacional para referencias bibliográficas, de acuerdo con las indicaciones del tutor. Por ejemplo, el **sistema de IEEE**.
- [2] A. de León, V. Saquicela, LM. Vilches-Blázquez, B. Villazón-Terrazas, F. Priyatna and Oscar Corcho, "Geographical Linked Data: a Spanish Use Case", in *Proceedings of the In I-SEMANTICS '10 6th International Conference on Semantic Systems*
- [3] Espinoza-Arias, P., García-Delgado, M., Corcho, O. et al. "A sustainable process and toolbox for geographical linked data generation and publication: a case study with BTN100.", in *Open geospatial data, softw. stand. 4, 2 (2019)*.
- [4] OGC, "OGC's Role in the Spatial Standards World", in *An Open GIS Consortium (OGC) White Paper*
- [5] OGC, ISO, TC/ 211, IHO, "A Guide to the Role of Standards in Geospatial Information Management", in *Fifth Session of the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). Held from 3-7 August 2015 at the United Nations Headquarters in New York*.
- [6] Miembros del OGC, "<https://www.ogc.org/ogc/members>",
- [7] Web de datos del Instituto Geográfico Nacional, <http://datos.ign.es/>
- [8] Leon, Alexander de; Wisniewski, Filip; Villazón-Terrazas, Boris y Corcho, Oscar "Map4rdf - Faceted Browser for Geospatial Datasets", in *PMOD workshop, 2012*
- [9] Web de Map4rdf "<https://oeg-upm.github.io/map4rdf/>",
- [10] "ESRI Shapefile Technical Description", *An ESRI White Paper—July 1998*
- [11] ESRI, "Geoprocessing considerations for shapefile output", *Arcgis Desktop 9.3 Help*
- [12] OGC® GeoPackage Encoding Standard 1.3
"<http://www.geopackage.org/spec/>",
- [13] Tim Berners-Lee "Linked Data Design Issues", in *W3C 2009*

- [14] Aurelio Morales “Di no al Shapefile y sí al GeoPackage”, in *mappingis.com* 2018
- [15] ESRI ArcMap 10.8 Docs, “¿Qué son las proyecciones cartográficas?”, in <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/map/projections/what-are-map-projections.htm>
- [16] Antonin Guttman “1984. R-trees: a dynamic index structure for spatial searching”, in *Proceedings of the 1984 ACM SIGMOD*
- [17] “Limits In SQLite”, in <https://www.sqlite.org/limits.html>
- [18] “GDAL”, in <https://gdal.org/>
- [19] Tim Berners-Lee, James Hendler, Eric Miller, “Integrating Applications on the Semantic Web”, in *Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan*, Vol 122(10), October, 2002, p. 676-680.
- [20] “¿Qué son Datos Abiertos?”, in <https://datos.madrid.es>
- [21] “<http://datos.ign.es/>”,
- [22] “OSGeo Live Wiki”,
- [23] “Pentaho Data Integration 9.1 Documentation”,
- [24] “TripleGeo Documentation”, in *Github*
- [25] ab “cd”, in *ef*

Apéndice A

Anexos

A.1. Glosario de términos

- *OGC*: Open Geospatial Consortium
- *GIS*: Geographic Information System
- *ESRI*: Environmental Systems Research Institute
- *IGN*: Instituto Geográfico Nacional
- *GDAL*: Geospatial Data Abstraction Library
- *URI*: Uniform Resource Identifier
- *RDF*: Resource Description Framework
- *SPARQL*: SPARQL And Rdf Query Language
- *ETL*: Extract, Transform and Load
- *KETTLE*: Kettle Extraction Transformation Transport Load Environment
- *PDI*: Pentaho Data Integration
- *ab*: cd