

Modelo de Interoperabilidad Basado en Metadatos (MIBM)

M.A. Manso¹, M. Wachowicz¹, MA. Bernabé¹, A. Sanchez² y A.F. Rodriguez².

¹Depto. de Ingeniería Topográfica y Cartográfica. ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid
Ctra/ Valencia Km 7.5, 28031 Madrid
{m.manso, [ma.bernabe](mailto:ma.bernabe@upm.es)}@upm.es, monicawachowicz@gmail.com

²Dirección general del Instituto Geográfico Nacional
C/ General Ibáñez de Ibero, 3 28003, Madrid
{asmaganto, afrodriguez}@fomento.es

Resumen

Un objetivo fundamental de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) es dotar de interoperabilidad a los sistemas que han de intercambiar datos geográficos. La interoperabilidad es, en sí misma, un objetivo, así como lo es el análisis y la medida del grado de interoperabilidad entre dos sistemas. Tanto en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) [1] como en el de la ingeniería del *software* [2] o el de las organizaciones, se ha estudiado la interoperabilidad y se han propuesto modelos de la misma para los sistemas, las organizaciones y los sistemas de sistemas. En el contexto de las IDE no se ha desarrollado apenas investigación relacionando la interoperabilidad y los metadatos de la Información Geográfica. Los objetivos de este documento son: presentar un modelo de interoperabilidad de 7 niveles (técnica, sintáctica, semántica, pragmática, dinámica, conceptual y organizacional) así como los resultados de analizar las aportaciones, en términos de interoperabilidad, de los ítems contenidos en ISO19115 [3] según dicho modelo. Se concluye este trabajo enumerando una serie de conclusiones preliminares obtenidas de la validación.

Palabras clave: Interoperabilidad, modelo, niveles, metadatos, IDE.

1 Introducción

El acceso a datos, distribuidos por medio de buscadores Web especializados, obliga a que los datos estén catalogados y descritos de una manera eficaz, lo que se consigue por medio de sus metadatos. Esta es la principal razón por la que los metadatos son una pieza fundamental de las IDE. Estos pueden considerarse como una herramienta y como un formalismo necesarios para poder acceder a los datos espaciales de una forma automatizada [4], de manera que los sistemas que manejan información espacial puedan interoperar. Los metadatos son “*datos acerca de datos*” [5][6][7], concepto que se amplía a “*datos acerca de recursos*” (*Dublín Core*) y se aplica profusamente en todo tipo de recursos electrónicos de información [8], y en el caso especial de la información geográfica (IG). Se utilizan para describir el contenido, la calidad, las condiciones y otras características de los datos de forma que, los usuarios de IG puedan acceder y explotar dicha información.

En la práctica, los metadatos han ocupado un papel secundario y, generalmente, se crean con posterioridad a la producción o adquisición de los datos, ya que las organizaciones consideran que la producción de metadatos supone, en muchos casos, un coste añadido [9].

La interoperabilidad, entendida como la capacidad de intercambiar información entre dos sistemas, puede ser analizada desde distintos puntos de vista: el de los datos, el de los servicios, el de las aplicaciones y el de las organizaciones, entre otros [10][11]. También puede ser analizada a distintos niveles: tecnológico, sintáctico y semántico [12][2][13]. En el contexto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG/GIS), la interoperabilidad se ha convertido, desde hace una década, en un objetivo de investigación, con la finalidad de implementar aplicaciones informáticas orientadas al intercambio de datos y al encadenamiento de servicios. Ya entonces se identificaron ocho niveles de interoperabilidad: 1) usuarios e instituciones, 2) empresas o compañías, 3) aplicaciones, 4) herramientas y utilidades, 5) intermediarios, 6) almacenes de datos, 7) computación distribuida y 8) red [1].

La formulación de modelos de interoperabilidad es una tarea esencial para el desarrollo de abstracciones que permitan realizar medidas de la conectividad a diferentes niveles de interoperabilidad de una forma crítica. En 2004, NATO definió su primer modelo de interoperabilidad para definir infraestructuras para arquitecturas de sistemas (NC3SAF), basada en la Directiva para el desarrollo de

arquitecturas de sistemas. Posteriormente, el Instituto de Ingeniería del Software (*SEI: Carnegie Mellon University*) ha propuesto varios modelos de interoperabilidad tales como: niveles de interoperabilidad para sistemas de información (LISI), niveles de interoperabilidad conceptual (LCIM), interoperabilidad para sistemas de sistemas (SOSI) y niveles para la interoperabilidad conceptual (LCI) [2]. Aunque existe abundante literatura sobre modelos de interoperabilidad y sobre sus respectivos niveles, no se ha realizado una investigación en el desarrollo de modelos de interoperabilidad para el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales [14][15], y tampoco se han encontrado referencias sobre el uso de los ítems almacenados en los metadatos de la IG, en relación con los modelos de interoperabilidad. Actualmente no se conocen modelos de interoperabilidad basados en metadatos (MIBM) con aplicación a las IDE.

El presente documento se estructura de la siguiente forma: en el siguiente apartado se presenta las principales características de los niveles de interoperabilidad revisados; a continuación se presenta el modelo de interoperabilidad de 7 niveles aplicado a las IDE y las definiciones propuestas para cada uno de los mismos; posteriormente se presentan los resultados de analizar los niveles de interoperabilidad que facilitan los ítems que componen un registro de metadatos ISO19115 [3], considerando el núcleo esencial (*core*) o todo el conjunto de metadatos; una vez expuesto esto se presentan los resultados preliminares alcanzados en el proceso de validación del modelo que se está llevando a cabo, y finalmente, se presentan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo, seguidas de los agradecimientos y las referencias bibliográficas.

2 Definiciones de interoperabilidad

En este capítulo se presentan varias definiciones del término “interoperabilidad” en el contexto de la información geográfica. Además de presentar una síntesis de dichas definiciones, se exponen los distintos niveles de interoperabilidad que se citan en la literatura, en algunos casos alejados del contexto IDE y, en general, aplicables a dicho contexto. El objetivo final de este apartado es presentar la visión actual y general de la interoperabilidad en distintos escenarios.

La interoperabilidad se define como la capacidad de intercambiar y compartir datos entre dos sistemas o componentes informáticos sin la intervención de un tercer sistema, de modo que la información o datos compartidos puedan ser utilizados sin requerir una comunicación previa [16][17][18][19][20]. *The Police Information Technology Organisation (PITO)* añade a la definición de interoperabilidad, la

capacidad de proporcionar o recibir servicios de otros sistemas. Paul Miller [21] define la interoperabilidad como un proceso encaminado a que los procedimientos, los sistemas y la propia cultura de una organización sean tratados de modo que se maximicen las oportunidades de intercambiar y reutilizar la información, definición similar a la que propone Roger Longhorn [22] para las Infraestructuras de Datos Espaciales: “son un proceso”.

Desde un punto de vista normativo, la Norma Internacional ISO19101:2002 [13] con título “*Modelo de referencia*” propone como definición de interoperabilidad: “*la capacidad de los sistemas o componentes de intercambiar información y de poder controlar el procesamiento cooperativo entre aplicaciones. Para ello se precisan: capacidades de localización de la información y las herramientas de proceso; entender y usar la información y las herramientas descubiertas; poder desarrollar entornos de proceso para uso comercial sin restricciones de la oferta única en el mercado; poder desarrollar infraestructuras de información y procesamiento para servir a los distintos tipos de mercado y promover un mercado libre de competencia entre los consumidores*”. En la misma norma se citan aspectos de la interoperabilidad entre sistemas y se proponen los siguientes niveles: interoperabilidad a nivel de protocolos de comunicación en redes, interoperabilidad a nivel de sistema de ficheros, las llamadas a procedimientos remotos (RPC) y la búsqueda y el acceso a las bases de datos. Esta misma norma, cita finalmente dos niveles de interoperabilidad: sintáctica y la semántica.

En el mismo sentido de los niveles de interoperabilidad, en el glosario de metadatos de la iniciativa de *Dublín Core*, se citan los niveles de interoperabilidad: semántico, estructural y sintáctico.

En la tabla 1 se muestran los distintos niveles de interoperabilidad que han sido localizados en la literatura junto a la fecha y el autor. Se puede observar que se han identificado 15 niveles diferentes de interoperabilidad: Semántica, Técnica, Sintáctica, Pragmática, Organizacional, Conceptual, Dinámica, Legal, Social, Esquemática o Estructural, Intracomunitaria, Política-Humana, Internacional, Empírica y Física.

Autor	Año	Técnica	Esquemática/estructural	Semántica	Organizacional	Física	Empírica	Sintáctica	Pragmática	Social	Política / Humana	Legal	Internacional	Dinámica	Conceptual
ISO	1990	x		x				x							
Goh [23]	1997		x												
Goodchild [1]	1997	x	x		x			x	x			x		x	X
Bishr [24]	1998		x	x				x							
Shanzhen [25]	1999			x	x			x	x					x	
Ouksef & Sheth [26]	1999	x	x	x				x	x	x				x	
Miller [21]	2000	x		x							x	x	x		
Tolk [2]	2003				x										
Tolk, Muguira [27]	2003	x		x				x	x						x
Bermudez [28]	2004			x											
Shekhar [29]	2004		x	x				x							
Schekkerman [30]	2004	x	x	x											
Stroetmann [31]	2005			x				x							
Ding [32]	2005			x				x							
Nowak [33]	2005		x	x				x							
Mohammadi [34]	2006	x			x					x	x	x			
Kalantari [35]	2006	x		x								x			
Assche [36]	2006					x	x	x	x	X					
Turnitsa & Tolk [12]	2006	x		x				x	x					x	X
Dekkers [37]	2007	x		x	x										

Tabla 1: Niveles de interoperabilidad según autor y año

A continuación, mediante la figura 1 se muestra el histograma con las frecuencias de la aparición de los distintos niveles de interoperabilidad en la literatura.

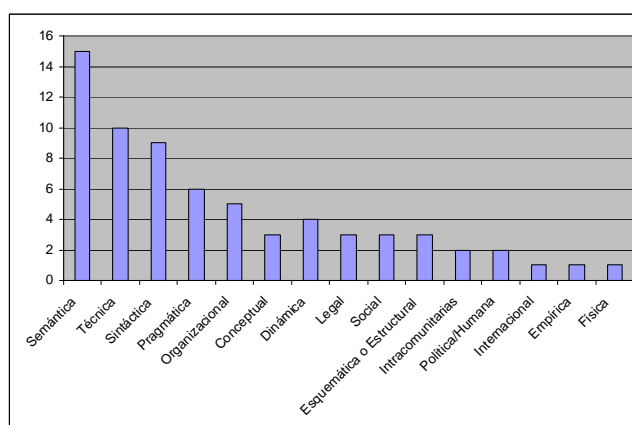


Figura 1: Histograma de los niveles de interoperabilidad

De la figura 1 se deduce que los niveles de interoperabilidad más citados son tres: semántica, técnica y sintáctica, seguidos de la interoperabilidades pragmática y dinámica.

3 Modelo de Interoperabilidad propuesto

Una vez revisada la literatura en torno al concepto de interoperabilidad y a la taxonomía de los niveles de la misma, se procede a analizar algunos tipos de interoperabilidad en el contexto IDE y a proponer un modelo de interoperabilidad reducido a 7 niveles de interoperabilidad ya que centrándose en las definiciones que proponen los autores para los niveles de interoperabilidad menos citados, se puede realizar un conjunto de reflexiones encaminadas a simplificar el modelo, reduciendo el número de niveles previamente enumerados.

- Las interoperabilidades *física* y *empírica* [36] atienden aspectos de interoperabilidad en el contexto de la enseñanza electrónica, (e-Learnig) e inciden en la interacción hombre-máquina y en la cantidad de información expuesta al estudiante.
- Los niveles de interoperabilidad *internacionales, políticos/humanos, sociales y/o culturales, inter-comunitarios, legales y de políticas*, pueden ser englobados como aspectos que afectan a usuarios, instituciones y/u organizaciones. Los aspectos legales escapan, en muchas ocasiones, a las competencias de las instituciones, al ser éstos impuestos por normativas que emanan de estamentos superiores como pueden ser las leyes nacionales para las comunidades autónomas o regiones estatales o las internacionales para las naciones. La colaboración y cooperación son aspectos que afectan tanto a las instituciones como a las organizaciones, permitiéndoles definir las interrelaciones a niveles regionales, nacionales, inter-comunitarios e internacionales. Algunos de los autores citados hablan de las carencias a nivel social y las relacionan con los aspectos políticos, culturales y de valores. Teniendo presentes las anteriores reflexiones y la relevancia de las opiniones y las conclusiones del grupo de expertos, que citan este tipo de interoperabilidad como el más difícil de alcanzar [1], se ha considerado englobar todos estos aspectos de la interoperabilidad en un único nivel denominado *organizacional*.
- Los aspectos *esquemáticos* o *estructurales* citados por Nowak, Goh y Shekhar pueden verse incluidas en otros tipos de interoperabilidades. Así, por ejemplo, Nowak [33] identifica como falta de interoperabilidad esquemática o

estructural a las diferencias en los modelos de datos. Esta falta de interoperabilidad también puede ser considerada como falta de interoperabilidad *conceptual*, dado que en muchos casos la definición de los propios modelos de datos no se describe mediante lenguajes de modelado que independicen el modelo de su implementación. Goh [23] y Shekhar [29] también tratan estos aspectos, si bien pueden ser considerados como aspectos sintácticos y conceptuales, al considerar los modelos de datos y los metadatos como mecanismos que permiten compartir los esquemas de los datos.

Adicionalmente se han tenido en cuenta los siguientes modelos de interoperabilidad: *Integrated Interoperability in GIS* [25][1], *Coalition Model* [2] e *Integrated Interoperability Model* [12].

Teniendo en cuenta cada una de estas reflexiones, el modelo o estructura de niveles de interoperabilidad que se deduce de este estudio es el compuesto por los niveles: Técnico, Sintáctico, Semántico, Pragmático, Dinámico, Conceptual y Organizacional.

Interoperabilidad Técnica:

Como Turnitsa [12] y por similitud de modelos, definimos interoperabilidad técnica como aquella que posibilita la interconexión de los sistemas a nivel de protocolos y el intercambio de información en su nivel más básico: bits.

Se han identificado algunos ejemplos relacionados con la IDE como pueden ser: los juegos de caracteres, la codificación de los caracteres, identificadores de archivos, descripción del entorno de procesamiento, los nombres de los archivos, tipos de servicios y versiones, tamaño de transferencia, formatos y versiones de los archivos, medios de almacenamiento, así como enlaces y protocolos.

Interoperabilidad Sintáctica:

Es aquella que posibilita el intercambio de información en un formato común, incluyendo en este tipo de interoperabilidad aspectos como los formatos estandarizados de datos que intercambian los sistemas.

Se entiende por “aspectos de la interoperabilidad sintáctica” los formatos estandarizados de intercambio de información, como puede ser el formato XML y los esquemas XML (XSD) para todo tipo de información alfanumérica, y los formatos gráficos de imágenes (JPEG, PNG, GTIFF), en otros casos. En el contexto de las IDE, serán aspectos de la interoperabilidad semántica, todos los

esquemas XML definidos por el *OpenGeospatial Consortium* (OGC) para aplicaciones y servicios Web (WMS, WFS, WCS, CS-W, WPS, SOS) además de los formatos para la codificación de los datos (GML, O&M, SensorML, TML) así como la definición de los estilos de presentación de los objetos (SLD) o la sintaxis para definir los filtros (FE). Todos ellos han sido identificados como iniciativas que incrementan la interoperabilidad sintáctica.

Interoperabilidad Semántica:

Es aquella que posibilita el intercambio de información, utilizando un vocabulario común y compartido que evite las inexactitudes en la interpretación del significado de los términos.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad semántica” a los estándares y/o especificaciones que definen los esquemas de intercambio de información y el significado de cada uno de los ítems sin ambigüedades. Por ejemplo *Web Service Description Language* (WSDL) y *Simple Object Access Protocol* (SOAP) a nivel de interconexión de los servicios, *Geographic Mark-Up Language* (GML) en el transporte de IG vectorial, *Style Layer Description* (SLD) en la definición de un estilo de visualización, *Common Query Language o Filter* (CQL) para las consultas y los filtros, etc. La mayoría de las normas ISO de la familia 19100 incluyen un apartado de vocabulario común y listas controladas de términos, que ayudan a compartir un significado común. La propia norma de metadatos ISO19115 [3] contiene al menos 24 listas de términos enumerados. La directiva INSPIRE también está adoptando listas de términos controladas para clasificar los temas contenidos en los anexos en las categorías definidas por ISO9115 [3] para la clasificación de los recursos.

Interoperabilidad pragmática:

Es aquella que posibilita que los sistemas conozcan y exploten los métodos y procedimientos de los demás sistemas.

Se entiende por aspectos de interoperabilidad pragmática a los estándares y especificaciones que definen las taxonomías de servicios y sus interfaces de explotación. Por ejemplo el estándar ISO19128 [38], las especificaciones de servicios OGC (WFS, WCS, CS-W, SOS, WNS, WAS, LSB, etc.), en los que la especificación o la norma define las interfaces de explotación de los mismos y los parámetros que son capaces de manejar. Un aspecto a destacar en el contexto IDE y de OGC es la operación *getCapabilities*, que ofrecen obligatoriamente todos los servicios. Esta operación permite interrogar a cualquier servicio por sus

capacidades, obteniendo una descripción de los servicios y operaciones implementadas, además de aportar el punto de acceso a los mismos. Esto también ocurre de una forma similar, aunque menos enriquecedora en los servicios Web y el lenguaje de descripción de servicios WSDL.

Interoperabilidad dinámica:

Es aquella que permite a los sistemas autocorregir su funcionamiento ante los cambios en la transferencia de información, y sacar partido de ello.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad dinámica” aquellos que tienen la capacidad de suplantar dinámicamente un servicio por otro, si la calidad del servicio no cubre las necesidades, o si el servicio es inaccesible. En este sentido, los sistemas deben de disponer de mecanismos que les permitan descubrir dinámicamente la existencia de servicios que cumplan los requisitos solicitados. Éste nivel requiere un fuerte componente semántico, que posibilite el descubrimiento de los servicios en base a información (metadatos) que les describe. A este nivel las reglas de implementación para los metadatos según INSPIRE [39] establecen el uso de un conjunto de identificadores para los servicios, además de establecer una taxonomía. Esta clasificación agrupa los servicios por su función en: descubrimiento, visualización, descarga y transformación. También la directiva INSPIRE [39] establece una clasificación de los temas en las categorías definidas por ISO19115, posibilitando el intercambio de servicios de un modo dinámico desde un punto de vista teórico.

Interoperabilidad conceptual:

Es aquella que permite conocer y reproducir el funcionamiento de un sistema en base a la documentación usualmente expresada en un formato de ingeniería.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad conceptual” aquellos que describen los modelos de datos y sistemas en forma de documentación estandarizada e intercambiable, desde un punto de vista de la ingeniería, sin depender del modelo utilizado para describirlo. La descripción mediante UML del modelo de datos de un almacén de datos, o el proporcionado por un servicio, posibilita este tipo de interoperabilidad. Algunos de las especificaciones de servicios del OGC, como WFS (ISO19142 [40]), proporcionan una descripción conceptual de las entidades accesibles como respuesta a las peticiones *describeFeatureType*. En estos casos se está recuperando una descripción conceptual de la entidad en forma de esquema de aplicación GML. En la mayoría de los casos, como ocurre con los grupos de trabajo de INSPIRE para los distintos temas, están definiendo los modelos de datos

mediante herramientas CASE que permiten intercambiar dichos modelos de clases UML y las restricciones en formatos estandarizados de intercambio como es el XMI.

Interoperabilidad organizacional:

Es aquella que permite conocer los objetivos de negocio, los modelos de procesos, las leyes y políticas de acceso y el uso de los datos y los servicios.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad organizacional” aquellos que posibilitan conocer y entender las políticas de acceso y uso de datos y/o servicios, las responsabilidades personales o institucionales, los objetivos y los fines perseguidos por la organización al crear un dato o proporcionar un servicio. Mucha información relacionada con el conocimiento del propósito, las responsabilidades, las políticas de uso y acceso, se consideran como información sobre restricciones o de identificación, que son muy útiles para evaluar el uso de los objetos descritos por los metadatos.

4 Evaluación de los niveles de interoperabilidad de los metadatos ISO19115

Con el objeto de analizar la intensidad de interoperabilidad que proporcionan los ítems de un registro de metadatos, así como las intensidades de las relaciones entre pares de niveles de interoperabilidad del modelo propuesto, se han clasificado cada uno de los ítems de que consta un ítem de metadatos, en uno o varios de los niveles de interoperabilidad del modelo propuesto en este documento.

En esta sección se describe cómo se ha analizado de forma individualizada cada ítem de un registro de metadatos ISO 19115 [3] -19139 [41], de acuerdo con nuestro modelo. Dado que la norma de metadatos ISO19115 [3] contempla un número elevado y variable de ítems, que puede superar la cantidad de 400, se ha realizado el análisis siguiendo la estructura de paquetes y clases de los ítems que define la propia norma de metadatos. El estudio ha sido materializado en una hoja de cálculo, creando tantas hojas como paquetes y clases de ítems existen en la norma, de modo que el análisis y tratamiento posterior pueda ser más sencillo y completo. En éstas hojas se han incorporado los nombres de los ítems, una descripción resumida y las columnas en las que se identificaba los distintos tipos de interoperabilidad del modelo propuesto.

La figura 2 muestra un ejemplo de dicho trabajo para el paquete de metadatos MD_Metadata.

El trabajo se ha desarrollado para toda la norma de metadatos ISO19115 [3], aunque sólo se ha realizado una justificación textual para los ítems obligatorios de la misma.

La primera columna de la figura 2 incluye el nombre del atributo designado por ISO en la norma; la segunda, la descripción del ítem y, las 7 columnas siguientes, sirven para señalar los distintos niveles de interoperabilidad que posibilita dicho ítem. Finalmente, en una columna, que no se muestra en la figura, se describe de forma narrativa las justificaciones de la elección de los niveles de interoperabilidad identificados para cada ítem mediante las marcas en las 7 columnas. Las casillas identificadas con el color rojo de fondo indican la obligatoriedad del ítem según define la norma ISO1915. Las celdas marcadas en naranja identifican los ítems que son obligatorios, si se cumple una determinada condición para el ítem.

Una vez realizada la identificación de los niveles de interoperabilidad que puede aportar cada ítem de la norma de metadatos, se ha procedido al análisis de los resultados.

Se han realizado tres análisis cuyos resultados pueden verse de forma gráfica en la figura 3 y en las tablas 2a y 2b.

El primer resultado es el cómputo de los ítems pertenecientes al núcleo de metadatos de la norma, que proporcionan cada uno de los niveles de interoperabilidad del modelo. Puede observarse en la figura 3 que en este análisis de frecuencias destaca la predominancia de la interoperabilidad organizacional, frente a los demás tipos de interoperabilidad, seguido de las interoperabilidades semántica y dinámica.

Los resultados del mismo análisis aplicado a todos los ítems de la norma son cualitativamente similares.

Paquete/Clase	MD_Metadata	Tipos de Interoperabilidad						
Ítem	Descripción	Técnica	Sintáctica	Semántica	Pragmática	Dinámica	Conceptual	Organizacional
fileIdentifier	Identificador del fichero	x						
language	Idioma			x				x
characterSet	Conjunto de caracteres	x	x					
parentIdentifier	Identificador del padre	x						
hierarchyLevel	Nivel jerárquico			x			x	x
hierarchyLevelName	Nombre del nivel jerárquico							x
contact (CI_ResponsibleParty)	Contacto							
dateStamp	Fecha de Creación		x	x		x		x
metadataStandardName	Norma de Metadatos		x	x				x
metadataStandardVersion	Versión de la Norma de Metadatos		x	x				x
dataSetURI	Uri del Conjunto de Datos	x		x	x			
locale (PT_Locale) (ISO19139)	Información sobre alternativa lingüística							
spatialRepresentationInfo (MD_SpatialRepresentationInfo)	Información sobre la Representación Espacial							
referenceSystemInfo (MD_ReferenceSystemInfo)	Información del Sistema de Referencia							
metadataExtensionInfo (EX_Extent)	Información de Extensiones de Metadatos							
identificationInfo (MD_identification)	Información de identificación							
contentInfo (MD_ContentInformation)	Información del Contenido							
distributionInfo (MD_Distribution)	Información de Distribución							
dataQualityInfo (DQ_DataQuality)	Información sobre Calidad de los datos							
portrayalCatalogueInfo (MD_PortrayalCatalogueInfo)	Información del Catálogo de Representación							
metadataConstraints (MD_Constraints)	Constricciones de los metadatos							
applicationSchemaInfo (MD_ApplicationSchemaInfo)	Información del Modelo de Aplicación							
metadataMaintenance (MD_MaintenanceInfo)	Mantenimiento de los metadatos							
PT_Locale	Identificador de idioma, país y tipo de codificación							
language	Idioma			x				x
country	País			x				x
characterEncoding	Juego de caracteres de la codificación	x	x					

Figura 2: Esquema de datos del documento de análisis de interoperabilidad.

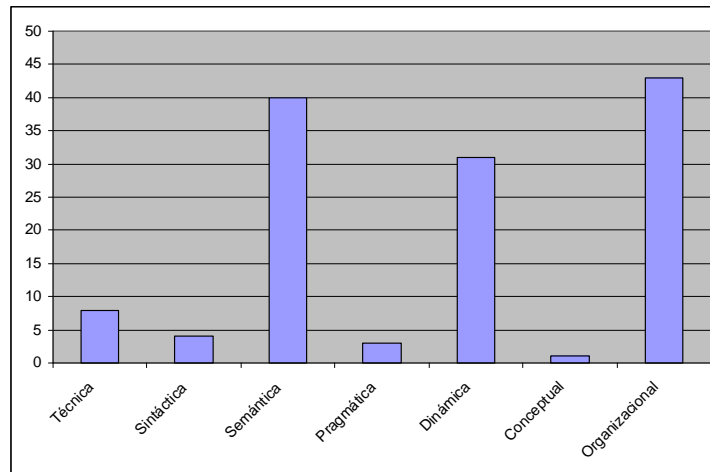


Figura 3: Intensidades de los niveles de Interoperabilidad proporcionados por los ítems del núcleo (Core) de la norma ISO19115.

El segundo y el tercer resultados del análisis han consistido en el cómputo de las relaciones entre pares de niveles de interoperabilidad aportados por los metadatos. La finalidad de estos análisis es observar cómo son las relaciones entre los niveles de interoperabilidad desde el punto de vista de la utilidad de la información contenida en los metadatos. La diferencia entre ambos análisis es su alcance. En el segundo se ha establecido como alcance el núcleo esencial de la norma y en el tercero todos los ítems de la misma.

Las siguientes tablas 2a y 2b muestran, de una forma cuantitativa, las intensidades de las relaciones de interoperabilidad alcanzables con la información contenida en los metadatos. Se pueden destacar las intensidades de las relaciones entre los niveles semántico, dinámico y organizacional, frente a otros tipos de relaciones de menor intensidad. Se observa que las intensidades de las relaciones permanecen en ambos casos: núcleo esencial de la norma y la norma completa.

	Técnica	Sintáctica	Semántica	Pragmática	Dinámica	Conceptual	Organizacional
Técnica	8	0	4	2	3	0	3
Sintáctica	0	3	3	0	1	0	2
Semántica	4	3	40	0	28	1	29
Pragmática	2	0	0	4	2	0	1
Dinámica	3	1	28	2	31	0	23
Conceptual	0	0	1	0	0	1	1
Organizacional	3	2	29	1	23	1	43

(a) Núcleo de ISO 19915 Metadata

	Técnica	Sintáctica	Semántica	Pragmática	Dinámica	Conceptual	Organizacional
Técnica	32	3	11	8	10	0	22
Sintáctica	3	6	3	3	4	0	3
Semántica	11	3	196	4	127	6	181
Pragmática	8	3	4	24	21	0	19
Dinámica	10	4	127	21	151	0	143
Conceptual	0	0	6	0	0	7	7
Organizacional	32	3	181	19	143	7	229

(b) ISO 19915 Metadata

Tabla 2: Relaciones entre los niveles de interoperabilidad proporcionados por los ítems de la norma de metadatos ISO19115 (a) contemplando los ítems del núcleo fundamental de la norma o (b) su totalidad.

5 Proceso de validación y resultados obtenidos

Una vez definido el modelo de interoperabilidad formado por los siete niveles de interoperabilidad: técnica, sintáctica, semántica, pragmática, dinámica, conceptual y organizacional y, analizada la interoperabilidad que pueden aportar los elementos de información que contiene un ítem de metadatos, se ha procedido a la validación de los resultados obtenidos anteriormente. El proceso de validación se ha planificado como una consulta a expertos y se ha realizado mediante una encuesta, dirigida a personas con experiencia en creación de metadatos y conectoras de la norma de metadatos ISO19115.

Para el proceso de validación se ha solicitado la participación de 5 expertos de distintos dominios de conocimiento (Informática, Geodesia y Cartografía, Topografía), de 3 diferentes nacionalidades (argentina, colombiana y española), involucrados en mayor o menor medida en temas relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales. Se ha solicitado que ratifiquen, incluyan o excluyan niveles de interoperabilidad a los ítems de los metadatos, por medio de una hoja de cálculo. También se ha solicitado que clarifiquen el criterio por el que han modificado dichos niveles de interoperabilidad.

Dado que los resultados del análisis de las intensidades de las relaciones entre niveles de interoperabilidad anteriores son similares, tanto para los ítems del núcleo de metadatos ISO19115 [3] como para la norma de metadatos completa, se ha optado por simplificar el proceso de validación y analizar sólo los ítems pertenecientes al núcleo esencial de la norma.

Los resultados preliminares del análisis de las encuestas de los 5 participantes apuntan en la dirección de que el modelo propuesto es correcto. No se encuentran discrepancias significativas entre los encuestados y el modelo a evaluar.

La figura 4 contiene los gráficos de las frecuencias, a nivel individual de cada uno de los encuestados y el modelo a validar, para los distintos niveles de interoperabilidad.

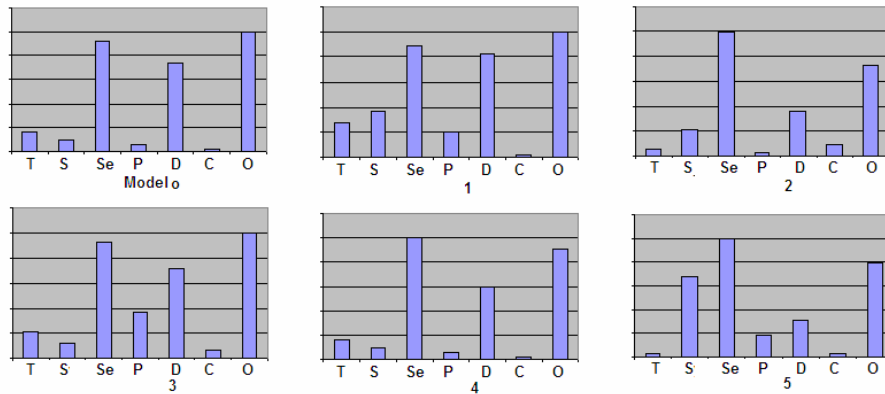


Figura 4 Diagramas de frecuencias de los niveles de interoperabilidad ratificados o modificados para los ítems del núcleo de metadatos de la norma ISO19115.

De la interpretación visual de los histogramas de la figura 4 se deducen las siguientes conclusiones:

- Para los encuestados 1, 2, 3 y 4 se observa que se mantienen fuertes los niveles de interoperabilidad de tipo Semántico, Dinámico y Organizacional, con intensidades diferenciadas del resto de niveles de interoperabilidad.
- Para el encuestado 5, se puede decir que muchos de los aspectos que los restantes encuestados consideran aspectos dinámicos él considera aspectos sintácticos.
- El encuestado 2 identifica más ítems que proporcionan interoperabilidad semántica que organizacional, en concordancia también con el encuestado 5, y a diferencia de los demás y del modelo que se pretende validar.
- Todos los encuestados identifican pocos ítems entre los metadatos del núcleo esencial de la norma ISO19115, que proporcionen interoperabilidad conceptual, en concordancia con el modelo propuesto.

6 Conclusiones y futuras líneas de trabajo

Hasta el momento, se ha realizado una revisión en profundidad del concepto de interoperabilidad y las clasificaciones de la interoperabilidad en forma de niveles. Se ha propuesto un modelo de interoperabilidad aplicable a los sistemas de sistemas y en especial a las infraestructuras de datos espaciales. Se ha analizado los ítems de la norma de metadatos ISO 19115 desde el punto de vista de los niveles de

interoperabilidad que pueden facilitar. Finalmente se ha realizado una primera validación del modelo mediante una encuesta.

El trabajo de análisis y de validación del modelo aún tiene un largo recorrido por delante, y se ha de analizar para cada ítem qué niveles de interoperabilidad ha considerado el encuestado. Hay también que analizar conjuntamente las aportaciones de todos los encuestados en relación con la propuesta, para obtener las consonancias y las discordancias para, finalmente, deducir las conclusiones pertinentes de dicho análisis.

Sería aconsejable extender la población de personas encuestadas en la fase de comprobación del modelo, para tener retroalimentación de un abanico cultural mayor teniendo en cuenta, por ejemplo, a la cultura anglosajona

El siguiente paso, una vez analizados con mayor profundidad los resultados de las encuestas y una vez que el modelo haya sido refinado -incorporando o eliminando los niveles de interoperabilidad de cada ítem de los metadatos que se estime oportuno- se deben extender los cambios a todos los ítems de la norma de metadatos ISO19115 y consolidar así el modelo.

Una vez consolidado el modelo para toda la norma de metadatos ISO19115, se procederá a analizar la interoperabilidad que proporcionan distintos perfiles de metadatos, que se definan en el marco de dicha norma y también a medir los grados de interoperabilidad que aportan los metadatos creados de acuerdo con dichos perfiles de la norma.

La principal ventaja que aporta un modelo de interoperabilidad basado en metadatos es el conocimiento de las fortalezas y las debilidades de la norma de metadatos o de sus perfiles, desde la perspectiva de la interoperabilidad entre sistemas.

La principal aplicabilidad del modelo es la ayuda para crear metadatos que sean óptimos para uno o varios objetivos de interoperabilidad. También puede utilizarse para valorar la interoperabilidad que facilita un determinado metadato de modo que pueda mejorarse.

Una futura línea de trabajo consistirá en analizar cómo los aspectos relacionados con la Adaptabilidad Lingüística y Cultural pueden afectar al modelo de interoperabilidad propuesto.

Actualmente en las IDE no se había considerado la aplicabilidad de los modelos de interoperabilidad para metadatos, este trabajo se presenta como el principio de una nueva línea con posibilidades muy interesantes.

Agradecimientos

En los resultados de la investigación descrita en este documento ha contribuido el Instituto Geográfico Nacional a través del convenio de colaboración “*Para el desarrollo de un modelo de interoperabilidad basado en metadatos y para la investigación de la aplicabilidad y la puesta en marcha de las nuevas reglas de implementación de metadatos de la directiva INSPIRE*” suscrito con la Universidad Politécnica de Madrid.

Referencias

- [1] Goodchild M, Egenhofer M, Fegeas R 1997 Interoperating GISs: Report of a specialist meeting held under the auspices of the VARENIUS project, WWW http://www.ncgia.ucsb.edu/Publications/Varenius_Reports/Interop.pdf
- [2] Tolk A 2003 Beyond Technical Interoperability—Introducing a Reference Model for Measures of Merit for Coalition Interoperability, Proceedings of the 8th ICCRTS, Washington, D.C., June 17-19, 2003
- [3] ISO 19115 2003 Geographic Information – Metadata
- [4] Najjar C, Giger C 2006 Spatial Data and Metadata Integration for SDI interoperability Under review for the international Journal of Spatial Data Infrastructures Research, submitted 2006-09-25.
- [5] ANZLIC 1997 Core Metadata Elements for Land and Geographic Directories in Australia and New Zealand. The Australian New Zealand Land Information Council. WWW <http://www.auslig.gov.au/pipc/anzlic/metaelem.html>.
- [6] ANZLIC 1996 ANZLIC Guidelines: Core Metadata Elements Version 1 Report: ANZLIC Working Group on Metadata, July 1996,
- [7] Kildow M 1996 The value of Metadata (A NSDI report). US Fisheries and Wildlife Services. WWW document, <http://www.r1.fws.gov/metadata/meta.html>.
- [8] Milstead, J. and S. Feldman, 1999. "Metadata: Cataloging by any other name..." Online, Inc. (magazine article, published January 1999):. WWW document, <http://www.onlineinc.com/onlinemag/metadata/>

- [9] Najar, C. (2006). A model-driven approach to management of integrated metadata – spatial data in the context of spatial data infrastructure. Doctoral Thesis. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:28733>
- [10] Gordon D 2003 What is Interoperability and why does it matter? MapInfo Magazine Volume 7, n°4. 2003. WWW document, http://resource.mapinfo.com/static/files/document/1074288321775/mapinfomag_summer2003.pdf
- [11] William A et al. 2002 A Spectrum of Interoperability: The Site for Science Prototype for the NSDL. D-Lib Magazine, 8(1), January 2002. WWW document, <http://www.dlib.org/dlib/january02/arms/01arms.html>
- [12] Turnitsa C and Tolk A 2006 Battle Management Language: A Triangle with Five Sides Proceedings of the Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) Spring Simulation Interoperability Workshop (SIW), Huntsville, AL, April 2-7, 2006
- [13] ISO 19101 2002 Geographic Information – Reference Model. International Standard Organization
- [14] Groot, R. and J. McLaughlin, Eds. 2000. Geospatial data infrastructure - Concepts, cases, and good practice. Oxford, Oxford University Press.
- [15] Bernard, L., Kanellopoulos, I., Annoni, A., Smits, P. 2005 The European Geoportal - One step towards the Establishment of a European Spatial Data Infrastructure. Computers, Environment and Urban Systems, 29: 15-31.
- [16] IEEE 1990 Standard Computer Dictionary—A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. New York, NY: 1990.
- [17] Dublin Core glossary metadata 2001. WWW document, <http://library.csun.edu/mwoodley/dublincoreglossary.html>
- [18] NISO 2004, National Information Standards Organization. (2004). Understanding Metadata. WWW document, <http://www.niso.org/standards/resources/UnderstandingMetadata.pdf>
- [19] ALCTS 2004 ALCTS/CCS/Committee on Cataloguing: Description and Access Task Force on Metadata, Summary Report. WWW document, <http://www.libraries.psu.edu/tas/jca/ccda/tf-meta3.html>
- [20] Taylor 2004 The Organization of Information. 2nd ed. Westport, CN: Libraries Unlimited
- [21] Miller P 2000 Interoperability. What is it and Why should I want it? Ariadne Issue 24. 21-Jun-2000. WWW document, <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/intro.html>

- [22] Longhorn, R. 2008. Burning Issue. WWW document, http://www.geoconnexion.com/burning_issue_int.php.
- [23] Goh CH 1997 Representing and Reasoning about Semantic Conflicts in Heterogeneous Information Sources, Ph.D. Thesis, MIT Sloan School of Management, 1997.
- [24] Bishr Y 1998 Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability. *Int. Journal for Geographical Information Science*, 12(4), 299–314
- [25] Shanzhen Yi et al 1999. An interoperability GIS model based on the spatial information infrastructure. *Geoinformatics and Socioinformatics*. The Proceedings of Geoinformatics'99 Conference. Ann Arbor, 12-21 June.
- [26] Ouksel A, Sheth A 1999: Semantic Interoperability in Global Information Systems: A Brief Introduction to the Research Area and the Special Section. *SIGMOD Record* 28(1): 5-12(1999)
- [27] Tolk A, Muguira K 2003 The Levels of Conceptual Interoperability Model (LCIM). Proceedings of the 2003 Fall Simulation Interoperability Workshop, Orlando, FL, September 2003
- [28] Bermudez L 2004 Doctoral Thesis: ONTOMED: Ontology Metadata Framework, Drexel University, December 2004. WWW document, http://dspace.library.drexel.edu/bitstream/1860/376/8/Bermudez_Luis.pdf
- [29] Shekhar S 2004 Spatial Data Mining and Geo-spatial Interoperability. Report of the NCGIA Specialist Meeting on Spatial Webs, Santa Barbara, December 2-4 2004, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California
- [30] Schekkerman J 2004 President of the Institute for Enterprise Architecture Development (IFEAD). Roadmap to implementation. WWW document, <http://web-services.gov/region4soa10104.ppt>
- [31] Stroetmann K 2005 Towards an Interoperability framework for European e-Health Research area. Brussels, Feb. 14-15, 2005. WWW document, http://www.i2-health.org/i2-h-presentations/WHO-WS_Semantic-IOP_KAS_2005-02-14.pdf
- [32] Ding H 2005 Challenges in Building Semantic Interoperable Digital Library System. WWW document, <http://www.idi.ntnu.no/grupper/su/courses/dif8901>
- [33] Nowak J, Nogueras J 2005 Issues of multilingualism in creating a European SDI – The perspective for Spatial Data Interoperability. 29 June- 1 July 2005

Sardinia. 11th EC-GI & GIS Workshop. WWW document, <http://www.ec-gis.org/Workshops/11ec-gis/>

- [34] Mohammadi M, Binns A, Rajabifard A and Williamson I 2006 Spatial Data Integration. 17th UNRCC-AP Conference and 12th Meeting of the PCGIAP, Bangkok, 18-22 September 2006. WWW document, http://www.geom.unimelb.edu.au/research/SDI_research/publications/files/Spatial%20Data%20Integration.doc
- [35] Kalantari, Mohsen, Abbas Rajabifard, Jude Wallace and Ian Williamson 2006 An interoperability toolkit for e-Land administration, Williamson, Enemark and Wallace (eds), Sustainability and Land Administration Systems, Department of Geomatics, Melbourne , 213-222
- [36] Assche F van 2006 An Interoperability Framework. (Learning Interoperability Framework for Europe). WWW document, <http://www.intermedia.uio.no/confluence/display/life/An+Interoperability+Framework>
- [37] Dekkers M 2007 Metadata and modelling for Interoperability. WWW document, http://library2.nalis.gov.tt/Portals/0/cdl_Makx_Dekkers_20070712.pdf
- [38] ISO 19128 2005 Geographic Information – Web Map Service Interface
- [39] INSPIRE Metadata IR 2008. Draft Guidelines – INSPIRE metadata implementing rules based on ISO 19115 and ISO 19119. WWW document, http://www.ec-gis.org/inspire/reports/ImplementingRules/metadata/Draft_Guidelines%20INSPIRE_metadata_implementing_rules.pdf
- [40] ISO 19142 Geographic Information – Web Feature Service
- [41] ISO 19139 2007 Geographic Information – Metadata - XML schema implementation