

## Garantizando la calidad en la interoperabilidad entre repositorios de objetos de aprendizaje

Salvador Otón<sup>1</sup>, José R. Hilera, Antonio Ortíz<sup>1</sup>, Roberto Barchino<sup>1</sup>, José M. Gutiérrez<sup>1</sup>, José A. Gutiérrez<sup>1</sup>, José J. Martínez<sup>1</sup>, Luis de-Marcos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Alcalá.

Ctra Barcelona km 33.6, 28871, Alcalá de Henares, Madrid, Spain  
{salvador.oton, jose.hilera, roberto.barchino,  
josem.gutierrez, jantonio.gutierrez, josej.martinez,  
luis.demarcos}@uah.es ortiz.baillo@gmail.com

**Resumen.** La creciente proliferación del uso de servicios web que se dan actualmente es debido a que son herramientas muy útiles para proporcionar un medio flexible para la integración de diferentes aplicaciones y el descubrimiento de recursos en Internet. Dentro del ámbito del e-learning existen en la actualidad una gran cantidad de repositorios de objetos de aprendizaje cuyo objetivo fundamental es la reutilización del contenido docente que contienen. Existen una serie de estándares y especificaciones de obligada utilización para el correcto funcionamiento de estos repositorios basados en servicios web. Estos servicios web se utilizan desde la construcción de los propios repositorio, basados en arquitecturas SOA, hasta la gestión y búsqueda del contenido docente que alberga. En este trabajo se realiza un estudio sobre cómo podemos garantizar la calidad en la aplicación de los principales estándares y especificaciones en el ámbito de la interoperabilidad entre repositorios de objetos de aprendizaje.

### 1 Introducción

Los repositorios digitales, en el sentido más amplio de la definición, se emplean para almacenar cualquier tipo de material digital. No obstante, los repositorios digitales para objetos de aprendizaje son mucho más complejos en términos de qué es necesario almacenar y cómo se almacenará. El término “objeto de aprendizaje” se refiere a cualquier elemento digital que pueda ser usado para permitir el aprendizaje o la enseñanza. El propósito de un repositorio digital de objetos de aprendizaje no es simplemente almacenar y distribuir dichos objetos, sino permitir que los mismos sean compartidos por distintos usuarios y, sobre todo, facilitar su reutilización en diferentes actividades formativas. La ventaja de los repositorios desde el punto de vista de los usuarios, es el hecho de tener acceso a los contenidos depositados en el mismo. Para que esto sea posible, estos contenidos deben confeccionarse mediante unos procedimientos, normas y estándares cuya aplicación va dirigida a potenciar la reutilización de los objetos de aprendizaje. Además el propio repositorio debe seguir

una serie de especificaciones y estándares para permitir la búsqueda de los contenidos que almacena y permitir la interoperabilidad con otros repositorios.

Estas especificaciones y estándares que garantizan la interoperabilidad se basan en servicios Web y en arquitecturas orientadas a servicios (SOA), si estos servicios no tienen la suficiente calidad podrán ir en detrimento del funcionamiento del sistema de aprendizaje que el alumno esté utilizando. A continuación se describen los principales estándares y especificaciones en el ámbito de la interoperabilidad y como se puede garantizar su calidad.

## 2 Interoperabilidad

La IEEE define interoperabilidad como la capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información que se ha intercambiado [1]. En el ámbito de los repositorios de objetos de aprendizaje se puede hablar de especificaciones y estándares (desde ahora normas) que permiten el intercambio del contenido docente que almacenan y por tanto conseguir su reutilización en diversos proyectos formativos.

Se pueden clasificar estas normas de la siguiente forma:

- Las dedicadas a construir y definir el propio objeto de aprendizaje, es decir, su contenido y sus metadatos.
- Las dedicadas a la búsqueda de objetos de aprendizaje, facilitando la localización de recursos en diversos repositorios.
- Las encargadas de ayudar a diseñar repositorios cuyo objetivo sea la interoperabilidad y por tanto especifiquen arquitecturas software para su construcción.

En la actualidad podemos encontrar una gran cantidad de tecnologías para el desarrollo de aplicaciones basadas en web, muchas de ellas incompatibles entre sí. Los servicios web se proponen como una alternativa para facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas generalmente basados en arquitecturas de componentes distribuidos, ofreciendo una visión de dichas arquitecturas basada en servicios.

Un servicio web es una aplicación que desempeña una actividad de negocio, que proporciona una interfaz a llamar desde otro programa, se registra y puede localizarse por medio de un servicio de registro. Los servicios web hacen uso de protocolos abiertos y estándares de Internet, como HTTP, XML, UDDI [2], SOAP [3] y WSDL [4] que solucionan el problema de la interoperabilidad presente en las tecnologías actuales.

En los siguientes apartados se identificarán las principales normas de diversas instituciones dentro del ámbito del e-learning y más concretamente las relacionadas con los repositorios de objetos de aprendizaje relacionadas con la tecnología de los servicios web y como se pueden aplicar criterios de calidad a estas normas.

### 3 Calidad en servicios web

Con la gran proliferación de servicios web en el uso actual de Internet se ha hecho necesaria la creación de unos requisitos capaces de cuantificar la calidad del servicio [5]. De esta forma se pueden clasificar a los proveedores de servicios por su calidad.

Los requisitos para medir la calidad de los servicios web los podemos encontrar en las diferentes capas de su pila de protocolos (figura 1) y abarcan aspectos tales como el rendimiento, la fiabilidad, la escalabilidad, la disponibilidad, la accesibilidad, la interoperabilidad y la seguridad. A continuación se presentan los más significativos.

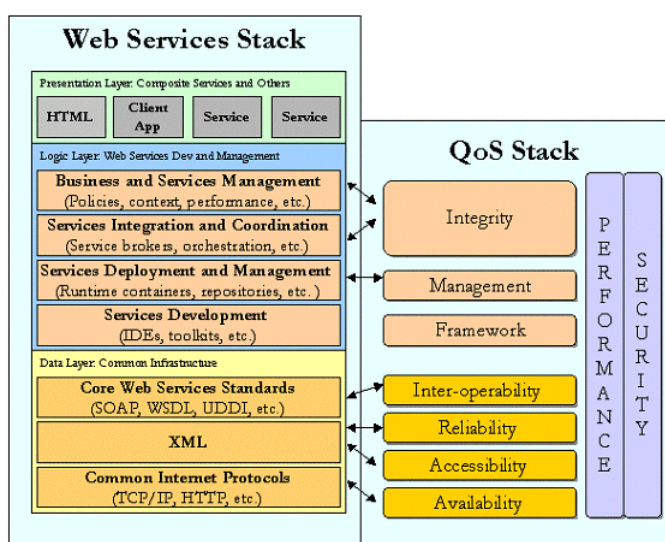


Figura 1. Pila de protocolos de los servicios web.

El **rendimiento** de un servicio web representa la velocidad con que una solicitud de servicio se puede completar. Se puede medir en términos de rendimiento, tiempo de respuesta, latencia, tiempo de ejecución, y tiempo de transacción. En general, los servicios web de alta calidad deberían proporcionar un mayor rendimiento, tiempo de respuesta más rápida, menor latencia, menor tiempo de ejecución, y menor tiempo de operación.

Los servicios web deben contar con una alta **fiabilidad**. Representa la capacidad de un servicio web para realizar sus funciones necesarias en las condiciones establecidas durante un intervalo de tiempo específico. La fiabilidad es una medida general de un servicio web para mantener su calidad. Ésta medida está relacionada con el número de fallos por día, semana, mes o año. La fiabilidad está también relacionada con la entrega segura y ordenada de los mensajes que son transmitidos y recibidos entre el solicitante y el proveedor de servicios.

Los servicios web deben contar con alta **escalabilidad**. Representa la capacidad de aumentar la capacidad de cálculo del sistema informático del proveedor de servicios y la capacidad del sistema para procesar las solicitudes de más usuarios, operaciones o

transacciones en un intervalo de tiempo dado. Los servicios web deben ser escalables en función del número de operaciones o transacciones.

Los servicios web deben tener suficiente **capacidad**, entendida como el límite máximo de solicitudes simultáneas que pueden gestionar, de esta forma se tiene un rendimiento garantizado.

Los servicios web deben contar con altos índices de **robustez**. Representa el grado en que un servicio web puede funcionar correctamente incluso en presencia de entradas no válidas, incompletas o contradictorias.

Los servicios web deben contar con un mecanismo de **manejo de excepciones**. Dado que no es posible que el servicio se diseñe para soportar todos los posibles resultados y alternativas, las excepciones deben ser manejadas adecuadamente.

Los servicios web deben contar con una alta **precisión**. La precisión se define como la tasa de errores generados por el servicio web.

La **integridad** de los servicios web se proporciona si se impide el acceso no autorizado o la modificación del propio servicio o de los datos que maneja.

Los servicios web deben contar con alta **accesibilidad**. Representa si el servicio web es capaz de atender las peticiones de los clientes. Esto se puede conseguir mediante la construcción de sistemas altamente escalables.

El servicio web debe estar listo (es decir, estar disponible) para el consumo inmediato. Esta **disponibilidad** es la probabilidad de que el sistema está en marcha y está relacionada con la fiabilidad. Time-to-Repair (TTR) se asocia con la disponibilidad y representa el tiempo que se necesita para reparar el servicio web.

Los servicios web deben ser **interoperables**, es decir, independientes de los diferentes entornos de desarrollo en que se hayan implementado y los servidores que los alojen.

Los servicios web deben contar con mecanismos de **seguridad**. El proveedor de servicios web puede aplicar diferentes enfoques y niveles de prestación de la política de seguridad en función del solicitante del servicio. Los aspectos que se pueden programar en la seguridad de los servicios web podrían ser: autenticación, autorización, confidencialidad, trazabilidad, auditoría, cifrado de datos y no repudio.

## 4 Especificaciones y estándares en interoperabilidad

Dentro del mundo del e-learning se han definido una serie de normas (estándares y especificaciones) para garantizar la interoperabilidad entre diferentes sistemas de aprendizaje y más concretamente en las relacionadas con los repositorios de objetos de aprendizaje [6]. De estas normas nos centraremos principalmente en las que hacen uso de la tecnología de los servicios web como base para su construcción.

Las primeras normas están dirigidas a la generación, catalogación y empaquetado de los objetos de aprendizaje, su principal característica reside en la descripción del objeto mediante metadatos. La principal norma a seguir en la descripción de los metadatos de un objeto de aprendizaje es LOM [7]. Con respecto al empaquetado podemos reseñar las dos normas más utilizadas hoy en día que son SCORM [8] e IMS [9] Common Cartridge perteneciente a una norma más amplia denominada Digital Learning Services Standards. Estas normas guían al creador de contenidos en la forma

en que debe agrupar los datos con los metadatos de forma que el objeto de aprendizaje resultante sea reutilizable. Es interesante destacar que dentro del Common Cartridge se ha añadido una nueva característica no presente hasta ahora en el empaquetado de contenidos educativos llamada IMS Authorization Web Service. Consiste en un protocolo de autorización basado en servicios web que permite al editor de un paquete controlar el acceso a sus contenidos.

Uno de los pilares básicos en la interoperabilidad entre los repositorios de objetos de aprendizaje es el poder realizar búsquedas de su contenido. Actualmente los sistemas de búsqueda han evolucionado pasando de realizarse en un solo repositorio a su ejecución simultánea en varios repositorios distribuidos, esto se conoce como búsqueda federada. En este tipo de búsquedas se ha generalizado la utilización de los servicios web de forma que éstos servicios hacen de intermediarios entre los distintos repositorio de objetos de aprendizaje. Buena prueba de ello lo encontramos en la norma SQI [10]. Ejemplos de repositorios que implementan búsquedas federadas mediante SQI los encontramos en Merlot [11], Ariadne [12] o GLOBE [13].

SQI está definido por el CEN (Comité Europeo de Normalización). Forma parte de una iniciativa pública conocida como CEN/ISSS Learning Technologies Workshop encargada de garantizar la interoperabilidad entre repositorios de objetos de aprendizaje. Gracias a este trabajo aparecieron tres API's (Application Programme Interface):

- Learning Object Interoperability Framework. Se trata de un framework que define cómo debería ser el proceso de comunicación entre repositorios, así como el conjunto de tecnologías que se podrían utilizar para ello.
- Authentication and Session Management. Esta especificación se centra en la definición de los procesos de establecimiento de la sesión entre repositorios.
- Simple Query Interface Specification. Se trata de un API para la realización de consultas sobre repositorios de objetos de aprendizaje.

SQI utiliza XML como lenguaje tanto para recibir las solicitudes de información, como para la devolución de resultados.

También destaca la norma SPI (Simple Publishing Interface) también elaborada por el CEN. En este caso se trata de una API, también basada en servicios web, para la publicación de datos y metadatos en un repositorio. Provee un protocolo simple y fácil de implementar y de integrar en aplicaciones ya existentes.

Por último hay que señalar que las arquitecturas orientadas a servicios se empiezan a utilizar de forma masiva en la construcción de sistemas de e-learning y en repositorios de objetos de aprendizaje. Podemos encontrarnos con una serie de normas interesantes en cuanto al diseño de estos sistemas para garantizar su interoperabilidad ya que definen como deben ser las arquitecturas de los sistemas informáticos que los sustentan. La más interesante por parte de IMS es su Abstract Framework, se trata de un framework que cubre todo el rango de posibles arquitecturas e-learning que se podrían construir a partir de un conjunto de servicios, basado en SOA (Service Oriented Architecture). Está centrado en el soporte de los sistemas de formación distribuidos y uno de sus principios es la interoperabilidad.

Por otro lado nos encontramos con CORDRA [14] que representa una de las arquitecturas más detalladas, es un modelo abierto y basado en estándares, que permite diseñar e implementar sistemas software destinados al descubrimiento, compartición y reutilización de material docente a través de repositorios

interoperables. Desde Ariadne se propone una arquitectura para repositorios que implementen búsquedas federadas basadas en SQL.

## 5 Garantizando la calidad en interoperabilidad

Después de estudiar los principales requisitos que garantizan la calidad en los servicios web y los estándares y especificaciones más importantes en el ámbito de la interoperabilidad de los repositorios de objetos de aprendizaje podemos realizar un estudio de cómo podemos aplicar estos requisitos para garantizar su calidad.

Empezaremos con el diseño y la construcción del propio sistema informático que representa el repositorio de objetos de aprendizaje. El sistema tendrá una arquitectura orientada a servicios (SOA) por lo tanto además de seguir las indicaciones que nos proporcionan las principales instituciones como IMS o Ariadne debemos aplicar los siguientes requisitos para garantizar la calidad del sistema final:

- Robustez
- Manejo de excepciones
- Precisión
- Integridad
- Accesibilidad
- Interoperabilidad
- Seguridad

Como se vio en el apartado anterior los repositorios de objetos de aprendizaje actuales realizan búsquedas de objetos distribuidas en varios repositorios, lo que se conoce como búsqueda federada. Es precisamente en este tipo de búsquedas donde hay que asegurar la calidad. Pensemos en un usuario que realiza una búsqueda de una materia muy general, se puede dar el caso de que la respuesta a este tipo de búsqueda sea muy lenta debido a la cantidad de objetos de aprendizaje encontrados o debido al gran número de repositorios consultados. Para paliar este problema se puede restringir la búsqueda a solo aquellos repositorios que garanticen una buena calidad. Pero la cuestión es ¿cómo se puede medir la calidad de un repositorio?

Cuando incorporamos un repositorio a un sistema de búsqueda federada hay que tratar de medir de forma clara su calidad, para ello tendremos que realizar una serie de pruebas sobre el repositorio. Las pruebas consistirán en medir los requisitos de rendimiento, fiabilidad, capacidad, robustez, manejo de excepciones, precisión, accesibilidad, disponibilidad y seguridad sobre los servicios web que implementan la especificación SQL. También sería interesante saber si el repositorio ha implementado en su totalidad la especificación porque como demostramos en [15] no todos los repositorios implementan completamente la especificación.

El rendimiento se medirá mediante la ejecución de diversas búsquedas en el repositorio de objetos de aprendizaje objeto de evaluación. Estas búsquedas tendrán que realizarse de forma que el número de objetos de aprendizaje coincidentes con los parámetros de búsqueda sea suficiente para poder tener resultados de distinto tipo, es decir, realizar búsquedas sobre conceptos muy generales a más concretos para tener un abanico amplio de casos de prueba. La fiabilidad se medirá por el número de fallos detectados en un intervalo de tiempo dado. La capacidad vendrá dada mediante la

ejecución en paralelo de varias búsquedas para determinar el número máximo de búsquedas simultáneas que puede soportar el repositorio acorde con un rendimiento aceptable. La robustez y el manejo de excepciones se podrán cuantificar al realizar búsquedas con parámetros de entrada incorrectos y examinado la respuesta del servicio en forma de códigos de error recibidos, estos códigos deben ser los preestablecidos por SQI. La precisión vendrá dada por la exactitud en los resultados de las búsquedas y los fallos cometidos. La accesibilidad y la disponibilidad representan la fiabilidad del repositorio y vendrán dadas por la capacidad del repositorio de responder de forma satisfactoria a todas las peticiones de búsqueda que se realicen, pudiendo cuantificar cuantas han fallado o han presentado resultados inválidos. Por último tenemos el tema de la seguridad, esta se da de una forma directa en la gestión de aquellos objetos de aprendizaje sujetos a derechos de autor e incluso asociados a pagos por uso. Habría que realizar pruebas que aseguraran tanto el uso protegido como el pago de estos objetos de aprendizaje.

Por lo tanto el administrador de un sistema de búsqueda federada debería realizar una batería de pruebas como las planteadas anteriormente a cada repositorio y clasificarlos por su calidad, de esta forma se le proporciona al usuario la posibilidad de realizar búsquedas solo en repositorios de calidad. También cabe la posibilidad de asignar un peso a cada uno de estos requisitos de forma que se de más importancia a unos requisitos que a otros.

## 6 Conclusiones

La proliferación de estándares y especificaciones basados en servicios web que se centran en la interoperabilidad entre sistemas de e-learning y más concretamente de los repositorios de objetos de aprendizaje es muy amplia, por esta razón se hace imprescindible aportar técnicas y mecanismos para garantizar la calidad de estos servicios.

Podemos afirmar que para construir un sistema de e-learning o un repositorio de objetos de aprendizaje totalmente interoperable y de calidad se deben seguir una serie de normas muy claras y aplicar los requisitos de calidad vistos anteriormente. Se puede hacer un resumen de los pasos a seguir si se quiere que un repositorio sea interoperable y de calidad:

1. En el análisis y diseño del sistema software que lo albergará se debe utilizar una arquitectura orientada a servicios.
2. Para integrar el repositorio en un sistema de búsqueda federada se debe seguir la especificación SQI.
3. Se deben aplicar los requisitos de calidad sobre los servicios web que implementemos.

Como se ha visto en el apartado 5 la utilización de los servicios web y las arquitecturas orientadas a servicios forman una parte fundamental de muchas de las normas que las principales instituciones publican dentro del mundo del e-learning, por esta razón se hace imprescindible la aplicación de medidas de calidad para garantizar que los sistemas resultantes sean lo suficientemente buenos para satisfacer las necesidades del cliente.

## 7 Referencias

1. IEEE standard glossary of software engineering terminology. IEEE Std 610.12-1990.
2. Universal Description, Discovery and Integration (UDDI): <http://uddi.xml.org/>
3. World Wide Web Consortium (W3C), 2007. Simple Object Access Protocol (SOAP). <http://www.w3.org/TR/SOAP/>
4. World Wide Web Consortium (W3C), 2001. Web Services Description Language (WSDL). <http://www.w3.org/TR/wsdl>
5. World Wide Web Consortium (W3C), 2003. QoS for Web Services: Requirements and Possible Approaches. <http://www.w3c.or.kr/kr-office/TR/2003/ws-qos/>
6. Otón, S., Ortiz, A., Hiler, J.R., Barchino, R., Gutiérrez, J.M., De Marcos, L., Martínez, J.J., Gutiérrez, J.A.: Requirements to ensure interoperability between learning object repositories. In Proceedings of the IEEE2009 (Las Vegas, EEUU, 13-16 Julio, 2009). CSREA Press, pp. 391 - 396.
7. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002. IEEE Learning Object Metadata (LOM). <http://ltsc.ieee.org>
8. ADL Advanced Distributed Learning Initiative, 2009. <http://www.adlnet.gov/Pages/Default.aspx>
9. The IMS Global Learning Consortium, 2008. <http://www.imsglobal.org/>
10. SQI: Simple Query Interface. European Committee for Standardization, 2005. <ftp://ftp.cenorm.be/PUBLIC/CWAs/e-Europe/WS-LT/CWA15454-00-2005-Nov.pdf>.
11. MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching). <http://www.merlot.org/Home.po>
12. ARIADNE (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Network for Europe). <http://www.ariadne-eu.org/>
13. The Global Learning Objects Brokered Exchange (GLOBE). 2009. <http://www.globe-info.org/>
14. CORDRA (Content Object Repository Discovery and Registration/Resolution Architecture). 2005. <http://cordra.net>
15. Otón, S., Ortiz, A., Hiler, J.R., Martínez, J.J., Barchino, R., Gutiérrez, J.M., Gutiérrez, J.A., De Marcos, L.: The Integration of SQI in a Reusable Learning Objects System: Advantages and Disadvantages. In Proceedings of the IIVAS2008 (Linz, Austria, 24-26 Noviembre, 2008). ACM Press, pp. 600-603.



# *Certificado*

**Don José Antonio Gutiérrez de Mesa**

ha presentado:

***“Garantizando la calidad en la interoperabilidad  
entre repositorios de objetos de aprendizaje”***

en el

**I Congreso Iberoamericano sobre  
Calidad de la Formación Virtual  
(CAFVIR 2010)**

que ha tenido lugar

en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática,  
de la Universidad de Alcalá los días 24, 25 y 26 de Febrero de 2010.



*Luis Bengochea Martínez  
Presidente del Comité Organizador*