

ESTÁNDARES PARA CLOUD COMPUTING: ESTADO DEL ARTE Y ANÁLISIS DE PROTOCOLOS PARA VARIAS NUBES

Jhon Jairo Padilla Aguilar¹, Javier Pinzón Castellanos².
Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana
Recibido abril 6 de 2015 – Aceptado mayo 9 de 2015
<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v9n2.a04>

Resumen— La computación en la Nube ó Cloud Computing ha despertado gran interés en la industria del software debido a la simplificación de la organización de las empresas y el ahorro de costos en los departamentos de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de las mismas. Sin embargo, la tecnología de Computación en la nube ha ido creciendo sin unos criterios de estandarización claros. Es por esto, que en este artículo se presentan los resultados de una investigación sobre el estado del arte de la estandarización en los sistemas de Computación en la Nube y también un estudio inicial de los protocolos usados en varios tipos de Nubes de diferentes fabricantes con el fin de entender el comportamiento de las redes de comunicación que operan bajo estos ambientes.

Palabras clave— Cloud Computing, Estándares, Computación distribuida.

Abstract— Recently, Cloud computing has aroused great interest in the software industry due to the simplification of business organization and cost savings in the departments of Information Technology and Communications of Enterprises. However, the technology of cloud computing has been growing without clear criteria for standardization. Then, in this article, we show the results of our research into the state of the art of standardization for Cloud Computing systems; also, we developed an initial study of the protocols used in various types of clouds from different manufacturers in order to understand the behavior of communication networks that operate under these environments.

Keywords— Cloud Computing, Standards, Distributed Computing.

I. INTRODUCCIÓN

La computación en la Nube, o Cloud Computing, es una tecnología que ha tenido un rápido crecimiento en los últimos años. Al intentar entender la forma en que está construida esta tecnología, nuestro Grupo de Investigación ha encontrado que se encuentra

mucha información sobre la arquitectura del Software, pero la información sobre los protocolos de Comunicación utilizados es muy escasa o nula. Es por esto que nos decidimos a indagar sobre este tema, encontrando que la Computación en la Nube se ha ido desarrollando por diferentes fabricantes de Software, pero hasta el momento no se tienen unos criterios de estandarización ni para la arquitectura del software, ni para los esquemas de comunicación que se utilizan. La falta de normas es el mayor problema para la nube.

No existen aún marcos ampliamente aceptados para ayudar a la integración de los servicios en la nube en las arquitecturas empresariales, para apoyar la transferencia de información entre diferentes nubes o para permitir rápida adquisición y negociación de contratos [1]. Sin embargo, se puede partir del hecho que los servicios de Computación en la Nube, tales como IaaS (Infraestructura como Servicio), PaaS (Plataforma como servicio) y SaaS (Software como Servicio), se basan en los protocolos de comunicaciones TCP/IP y que las aplicaciones y servicios ofrecidos por los sistemas de Cloud Computing están basados en Servicios Web, Protocolos y Formatos de datos Web con estándares bien establecidos [1].

En este artículo se presentan algunos avances en la investigación que estamos realizando en la búsqueda de los estándares de Cloud Computing. El artículo se estructura así: en la sección II se describe el estado actual de la estandarización de Cloud Computing; en la sección III se hace describen los resultados del análisis de tráfico de varias nubes, y en la sección IV se relatan las conclusiones.

I. ESTADO ACTUAL DE LA ESTANDARIZACIÓN DE CLOUD COMPUTING

Desde el punto de vista de los estándares, la Computación en la Nube puede ser vista como una red de comunicaciones con servidores, clientes y servicios similares a los de cualquier otra red de comunicaciones basada en una Internet. Es así, que el intercambio de paquetes está regido por protocolos de comunicaciones típicos en un ambiente de computación distribuido tales como TCP, IP, SMTP y HTTP. El cambio de los

¹ Jhon Jairo Padilla Aguilar. Universidad Pontificia Bolivariana. Email: jhon.padilla@upb.edu.co

² Javier Pinzón Castellanos. Universidad Pontificia Bolivariana. Email: javierpinzonc@gmail.com

modelos de servicio tales como SMTP o DNS hacia modelos basados en la Nube (Cloud Based), en principio no genera cambios en los procesos de comunicación. Sin embargo, es necesario hablar de estándares, pues los fabricantes de software están desarrollando sus propias nubes y cada uno hace las cosas a su manera, lo que puede traer problemas de interconexión entre nubes de diferentes fabricantes. Esto puede inducir a problemas con los usuarios y también problemas de inestabilidad de los sistemas de Computación en la Nube [2][3].

En [4], McDonald describe 16 cuestiones legales y cuasi-legales que se deben tener en cuenta en los contratos entre Proveedores y clientes de Cloud Computing. Estos temas incluyen la privacidad, la confidencialidad, la ubicación, propiedad de los datos, el uso no autorizado de los datos y los acuerdos de nivel de servicio.

Según [2], los estándares para los servicios de Computación en la Nube, pueden ser divididos en dos clases: estándares prescriptivos y estándares evaluativos. Los primeros se refieren a los estándares de comunicaciones, tales como los protocolos TCP, IP, SNMP, HTTP, etc. De otra parte, los estándares evaluativos se refieren a estándares de Calidad de los sistemas de Cloud Computing, los cuales se encargan de describir y evaluar los procedimientos seguidos en los procesos en general, como es el caso de la familia de estándares ISO 9000, y procedimientos específicos para seguridad de la información como los de la familia ISO 27000. Algunos aspectos de Calidad de los proveedores de Servicios de Cloud Computing incluyen características medibles como: el tiempo de actividad, el rendimiento, la disponibilidad, la seguridad, la privacidad, el cumplimiento, el servicio al cliente y portabilidad a través de los vendedores.

Entre los principales esfuerzos de estandarización de la Computación en la Nube se encuentran los realizados por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones ó ITU por sus siglas en inglés). La ITU-T estudia la computación en nube mediante el FG (Grupo Focal sobre la computación en nube), y se decidió que el grupo de trabajo SG13 dirigirá la actividad de normalización de Cloud Computing, y el grupo SG17 cubrirá la seguridad en la nube. Algunas de las recomendaciones que han sido desarrolladas por estos grupos son según [5]:

- ITU-T Y.3501: Esta recomendación proporciona un marco de referencia para Cloud Computing mediante la identificación de requisitos de alto nivel para la computación en nube. La Recomendación trata los requisitos generales y los casos de uso de: (a) la computación en nube;

(b) Infraestructura como Servicio (IaaS), la Red como un Servicio (NaaS) y el escritorio como servicio (DaaS); y también (c) interconexión entre las nubes, la gestión de extremo a extremo de los recursos y la infraestructura Cloud.

- UIT-T Y.3510: Esta Recomendación identifica los requisitos para las capacidades de infraestructura en la nube para apoyar los servicios de nube. El alcance de esta Recomendación incluye: visión general de la infraestructura de la nube, los requisitos para los recursos informáticos, los requisitos de recursos de la red, los requisitos de recursos de almacenamiento, y los requisitos para la abstracción y control de recursos. La abstracción y control de los recursos físicos son medios esenciales para alcanzar a la carta y las características elásticas de infraestructura Cloud.
- UIT-T Y.3520: Describe la plataforma de computación en nube necesaria para la gestión de recursos de los usuarios finales; por tanto, proporciona un marco para la gestión de extremo a extremo de los recursos de computación en nube. Esta Recomendación incluye (a) conceptos generales de extremo a extremo la gestión de recursos de Cloud Computing, (b) una visión para la adopción de la gestión de recursos de computación en nube en un entorno rico en telecomunicaciones, y (c) la gestión de extremo a extremo de los recursos y servicios de la nube a través de múltiples plataformas, es decir, la gestión de todo el hardware y el software utilizado en favor de la prestación de servicios en la nube.
- UIT-T Y.3511: Marco de la computación en nube para la comunicación inter-redes y la infraestructura. Esta recomendación describe el marco para las interacciones de múltiples proveedores de servicios Cloud (CSP) que se conoce como inter-Cloud Computing. Sobre la base de los casos de uso que implican varios CSP y la consideración de los diferentes tipos de ofertas de servicios, esta recomendación se describe la posible relación entre varios CSP, las interacciones, y los requisitos funcionales pertinentes.
- UIT-T X.1600: Marco de seguridad para el Cloud Computing. En esta recomendación se analizan las amenazas y los retos en el entorno de Cloud Computing en cuanto a seguridad; también describe las capacidades de seguridad que podrían mitigar estas amenazas y desafíos a la seguridad. Se proporciona una metodología marco para determinar cuál de estas capacidades de seguridad requerirá de especificación para mejorar la mitigación de las amenazas de

seguridad y hacer frente a los desafíos de seguridad de la computación en nube.

De otra parte, la ITU-T también ha hecho esfuerzos conjuntos con la ISO (International Standards Organization) y la IEC (International Electrotechnical Commission), y han desarrollado algunas recomendaciones conjuntas a través de la JTC (Joint Technical Commission) ó Comisión Técnica Conjunta denominada ISO/IEC 1, encargada de Tecnologías de la Información, y el sub-comité 38, conocido como DAPS (Distributed application platforms and services). Estas normas son:

- UIT-T Y.ccdef | ISO / IEC 17788: Información general y vocabulario de Cloud Computing. Esta Recomendación proporciona una visión general de la computación en nube, junto con un conjunto de términos, definiciones y conceptos. Es aplicable a todo tipo de organización (por ejemplo, empresas comerciales, agencias gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro).
- UIT-T Y.ccr | ISO / IEC 17789: Esta Norma Internacional especifica la arquitectura de referencia de Cloud Computing.
- También se está trabajando en aspectos de Calidad del Servicio en Cloud Computing tales como el Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA-Service Level Agreement), en sus aspectos básicos y su terminología. Allí se describe una visión general de los SLA de servicios en la nube, conceptos y requerimientos que pueden ser usados para construir los SLA, y los términos y las métricas de uso común en los SLA de servicios en la nube. Esta norma es para el beneficio y el uso tanto del proveedor y del cliente. Esta norma no proporciona una estructura estándar que se utiliza para los contratos de SLA. Esta norma tiene por objeto establecer un conjunto de bloques de construcción de SLA comunes (conceptos, términos, definiciones, contextos) que luego pueden ser utilizados para crear SLAs, lo que ayudará a evitar confusiones y facilitar la comprensión común entre los proveedores de servicios Cloud y los clientes de servicios Cloud.

Otra entidad que ha iniciado labores de estandarización es la IETF (Internet Engineering Task Force), entidad que genera los estándares de Internet. La IETF tiene un grupo de trabajo en Cloud Computing y hasta el momento ha generado el RFC 6208 [6], que describe los tipos de medios para las interfaces de Gestión de Datos de Nubes (Cloud Data Management Interface-CDMI- Media Types). En este

documento se describen varios tipos de medios de internet definidos para la Interfaz de Manejo de Datos en la Nube (CDMI) por la Asociación de industrias de Redes de Almacenamiento (SNIA). Los tipos de medios son:

- Aplicación / CDMI-objeto
- Aplicación / CDMI-contenedor
- Aplicación / CDMI-dominio
- Aplicación / CDMI-capacidad
- Aplicación / CDMI-cola

La CDMI propone un grupo de interfaces funcionales entre datos y la gestión de los mismos (control) para crear, editar, actualizar y borrar los datos en un almacenamiento en la nube. Otro concepto es el estándar de metadatos, Los metadatos facilitan el flujo de trabajo convirtiendo datos automáticamente de un formato a otro. Para eso es necesario que los metadatos describan el contenido y estructura de los datos. Algunos metadatos hacen posible una compresión de datos más eficaz. Por ejemplo, si en un vídeo el software sabe distinguir el primer plano del fondo puede usar algoritmos de compresión diferentes y así mejorar la cuota de compresión.

Otros esfuerzos de estandarización de la IETF aún se encuentran en su fase de borrador (draft), entre los cuales se pueden mencionar los descritos en [7] y [8]. El primero presenta una estructura de referencia para los Sistemas Cloud Computing e intenta proveer una base para el diseño de servicios Cloud interoperables y su integración dentro de una Internet abierta e infraestructuras de Tecnologías de la información empresariales. El segundo documento presenta un escenario de interoperación entre nubes o una federación de nubes, el cual presenta requisitos de transcodificación e interoperabilidad que afectan el proceso total del envío de contenidos multimedia. Allí se describe una arquitectura detallada, patrones y protocolos de comunicación que se presentan en diferentes escenarios, y algunos factores claves en estos entornos.

Otras organizaciones que han tomado un papel importante en la estandarización de los sistemas de Cloud Computing por las vías de hecho son:

- Open Grid Forum (OGF): Es una comunidad abierta comprometida en ir con la rápida evolución y la adopción de Computación distribuida aplicada. El propósito de este grupo es la creación de una solución práctica para interconectarse con Infraestructuras de Nubes expuestas como Servicio (IaaS). Esta comunidad

complementa su trabajo con foros abiertos que construye la comunidad, explora tendencias, comparte buenas prácticas y consolida estas prácticas en estándares [9].

- Cloud Computing Interoperability Forum (CCIF) [10]: Fue conformado para dinamizar el ecosistema de Cloud Computing de manera que las empresas trabajen de manera conjunta para la adopción amplia de la tecnología de Cloud Computing y servicios relacionados. Se ha puesto especial énfasis en la creación de una estructura común que permita la capacidad de intercambiar información entre dos plataformas de Cloud Computing de manera unificada.
- DMTF [11]: Está trabajando en los estándares de virtualización en la Iniciativa de Gestión de la Virtualización (VMAN-Virtualization Management Initiative). En el 2009 anunció los estándares de Formatos de Virtualización abiertos (OVF- Open Virtualization Format), los cuales simplifican la interoperabilidad, seguridad y gestión del ciclo de máquina virtual mediante la descripción de un formato extensible, abierto, seguro, portable y eficiente para el empaquetado y distribución de una o más aplicaciones virtuales. Esto permite a los desarrolladores de Software lanzar soluciones pre-configuradas y listas para implementar, permitiendo a los usuarios finales distribuir aplicaciones en sus ambientes con mínimo esfuerzo. Este estándar también puede servir como bloques de construcción para Cloud Computing.
- Open Cloud Consortium (OCC) [12]: Es una organización sin ánimo de lucro establecida y dirigida por la Universidad de Illinois en Chicago, que está investigando la creación de interfaces entre nubes con el objetivo de desarrollar estándares de Compatibilidad. El objetivo de tales estándares es permitir las transiciones suaves de un servicio Cloud a otro. Esta organización también está investigando sobre el uso del protocolo UDP-Based Data Transfer (UDT) en la capa de transporte para lograr el volcado de transferencia de datos de alta velocidad.
- Cloud Security Alliance [13]: Es una organización sin ánimo de lucro formada para promover el uso de mejores prácticas para proveer aseguramiento de la seguridad dentro de sistemas Cloud Computing. También trabaja en proveer educación en el uso de Cloud Computing para ayudar a asegurar otras formas de Computación.
- ETSI [14]: El comité Técnico GRID de la ETSI, está actualizándose en términos de referencia

para incluir las tendencias comerciales emergentes con énfasis en acceso de red ubicuo para recursos de almacenamiento y computación escalables. TC GRID tiene un interés particular en desarrollar soluciones interoperables en situaciones que envuelven las industrias de TI y Telecomunicaciones, en particular en el modelo de entrega de IaaS (Infrastructure as a Service).

II. ANÁLISIS DE TRÁFICO DE VARIAS III. NUBES

Uno de los objetivos de esta investigación fue el de hacer un análisis de los protocolos de Comunicaciones utilizados en diferentes tipos de Sistemas Cloud Computing. Para ello, realizamos cargas de archivos de diferentes tamaños en diferentes Nubes. Los archivos cargados fueron archivos zip de 5MB, 10MB, 20MB y 100MB. Las nubes utilizadas fueron: Dropbox, Google Drive, One Drive y Own Cloud. La última fue una Nube propia montada por nuestro equipo de trabajo en una red LAN privada, mientras que las demás nubes utilizaron una Internet.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis de tráfico se detallan a continuación.

En la TABLA I se observan los protocolos que se utilizan para subir un archivo de 10MB en Dropbox. Por cuestión de espacio, no se muestran las tablas para las demás nubes estudiadas. Sin embargo, este ejemplo nos sirve para analizar los protocolos típicos encontrados en cualquier nube. Se observan protocolos usados en servicios de transferencia de archivos y páginas web tales como TCP y HTTP. También se encuentra el protocolo SSL para manejo seguro de sockets. En el caso de Dropbox tiene particular importancia el uso del protocolo Dropbox LAN para la compartición y sincronización de los archivos en diferentes computadores. Adicionalmente se encuentran los protocolos normalmente usados en una red LAN como NetBios Name Service, NetBios Datagram Service, Bootstrap Protocol, Spaning Tree Protocol, Address Resolution Protocol y SNMP para gestión de la red.

De otro lado, se realizó una comparación de los porcentajes de los protocolos para la carga de un mismo archivo en diferentes tipos de redes. En la Figura 1 se observa el porcentaje de paquetes de diferentes protocolos al cargar un archivo de 10MB. Se observa que el protocolo UDP tiene mayor porcentaje en la nube One Drive, mientras que el menor porcentaje de este protocolo se presenta en la nube Dropbox. Google Drive y OwnCloud tienen porcentajes similares de paquetes

UDP. De otra parte, el protocolo TCP tiene un mayor porcentaje en la Nube Dropbox, mientras que tiene el menor valor en la nube OneDrive, permaneciendo con porcentajes similares en Google Drive y Own Cloud. En todas las nubes hay algún porcentaje del protocolo Dropbox LAN.

En la Fig. 1. no se observa la variación de los porcentajes con respecto a varios tamaños de archivos, por lo que también se hizo una comparación con cargas de diferentes tamaños de archivos en la

misma nube. En la Figura 2 se observa el caso de la Nube Dropbox.

Para el caso de Dropbox se observa que al aumentar el tamaño de los archivos, el porcentaje de paquetes TCP aumenta, con excepción del archivo de 10MB. La tendencia general descrita para TCP puede deberse a que este protocolo es el utilizado para la transferencia de archivos y, al aumentar el tamaño del archivo se aumenta la cantidad de mensajes TCP a usar para transferir una mayor cantidad de datos.

TABLA I.
PROTOCOLOS USADOS EN UNA TRANSFERENCIA DE UN ARCHIVO DE 10MB EN DROPBOX.

SERVICIOS	DROPBOX				
PROTOCOLOS	%PACKETS	PACKETS	%Bytes	Bytes	Mbit/seg
TCP	99,74%	32433	99,93%	13192237	1,465
HTTP*	0,01%	2	0,00%	425	0
SSL*	31,69%	10306	46,01%%	6074841	0,675
Malformed Packet*	0,03%	9	0,04%	5310	0,001
Data*	0,00%	0	0,00%	0	0
UDP	0,20%	64	0,06%	8161	0,001
Dropbox LAN**	0,04%	14	0,02%	2904	0
Domain Name Service**	0,10%	32	0,03%	3378	0
NetBIOS Name Service (SMB)**	0,05%	17	0,01%	1636	0
NetBIOS Datagram Service**	0,00%	1	0,00%	243	0
Data**	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Simple Network Management Protocol**	0,01%	4	0,00%	222	0
Bootstrap Protocol**	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
DATA	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Logical-Link Control / Spanning Tree Protocol	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
IPv6	0,03%	9	0,01%	999	0
Address Resolution Protocol	0,02%	8	0,00%	390	0
Total	100%	32514	100%	13201787	1,466

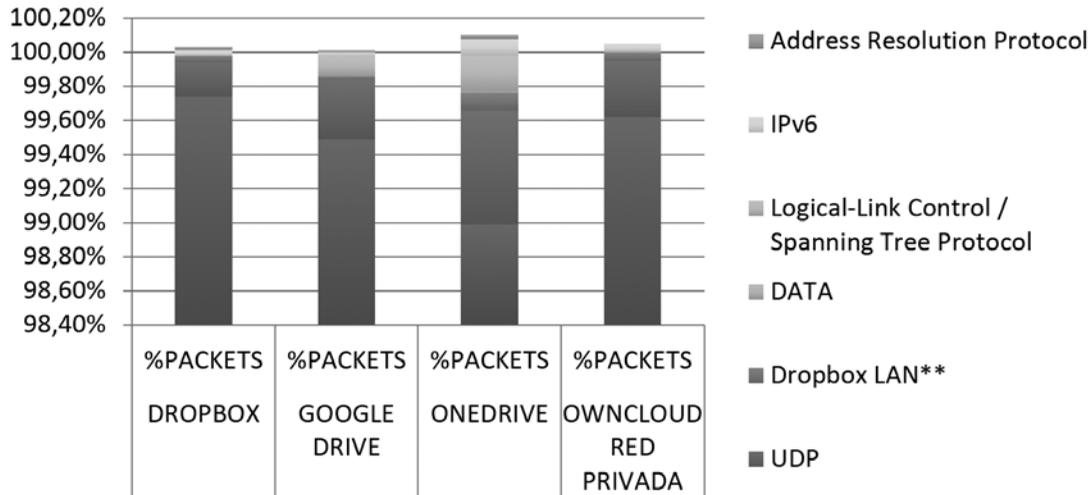


Fig. 1. Porcentaje de paquetes de diferentes protocolos para la transferencia de un archivo de 10MB en diferentes nubes.

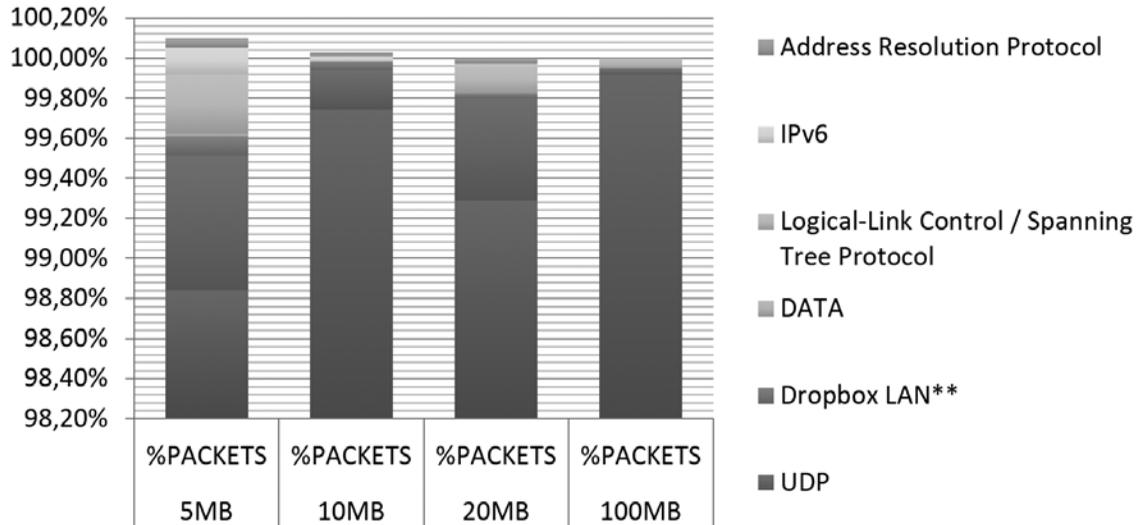


Fig. 2. Distribución de Protocolos en la Carga de archivos de diferentes tamaños en Dropbox.

En la Fig. 3. se observa la distribución de los porcentajes de los protocolos para diferentes tamaños de archivos en la Nube Google Drive. Aquí es más clara la tendencia de aumentar la cantidad de paquetes TCP con el aumento del tamaño de los archivos, con la consiguiente disminución en el porcentaje de paquetes UDP, para el cual se observa que el porcentaje de paquetes es inversamente proporcional al tamaño de los archivos.

En la Fig. 4. se observa la distribución de los porcentajes de los protocolos para diferentes tamaños de archivos en la nube One Drive. Se observa que, al igual que en el caso anterior, el

porcentaje de paquetes TCP se incrementa con el tamaño del archivo, y que el porcentaje de paquetes UDP se decreta al aumentar el tamaño de los archivos.

En la Fig. 5. se observa la distribución de los porcentajes de los protocolos para diferentes tamaños de archivos en la Nube OwnCloud. Se observa que el porcentaje de paquetes del protocolo TCP es proporcional al tamaño de los paquetes para los tamaños de archivos de 5MB, 10MB y 20MB, sin embargo, para el caso del archivo de 100MB esto no se cumple, pues el porcentaje de paquetes TCP decrece.

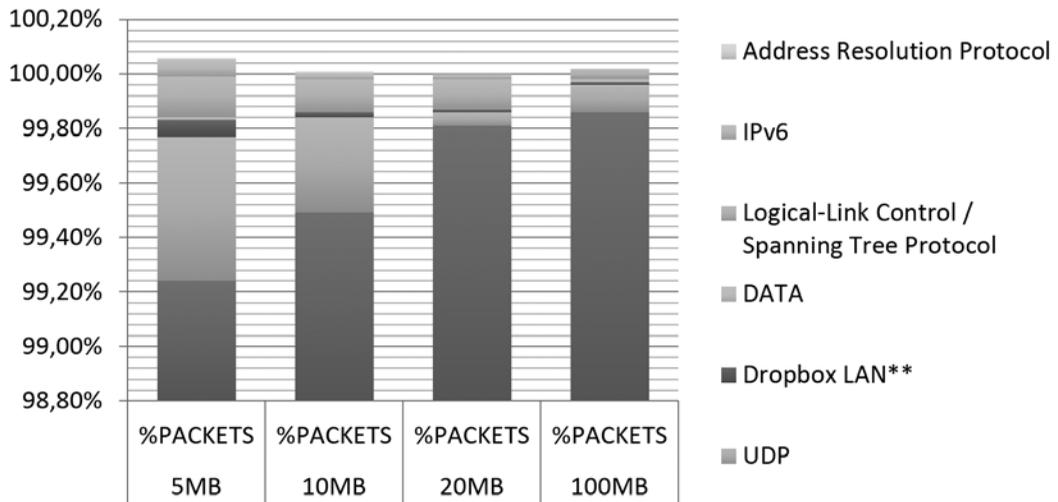


Fig. 3. Distribución de los porcentajes de los protocolos para diferentes tipos de archivos en Google Drive.

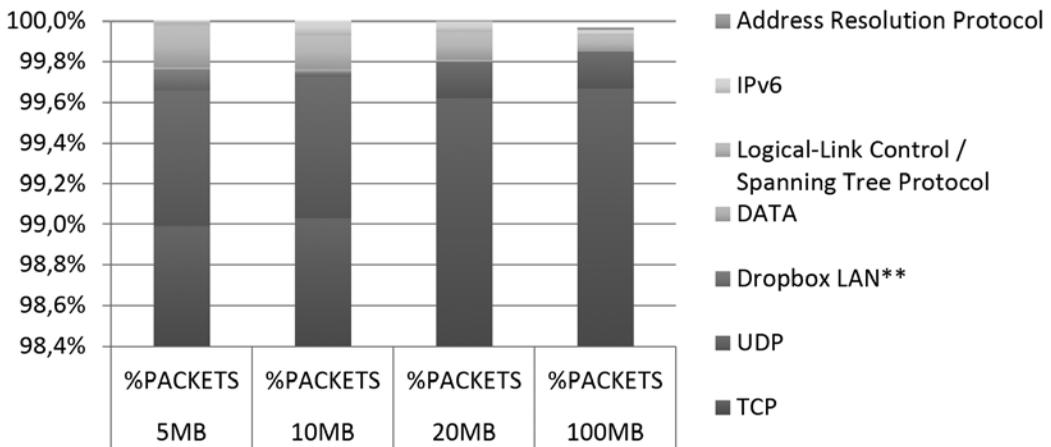


Fig. 4. Distribución de los porcentajes de los protocolos para diferentes tamaños de archivos en la nube One Drive.

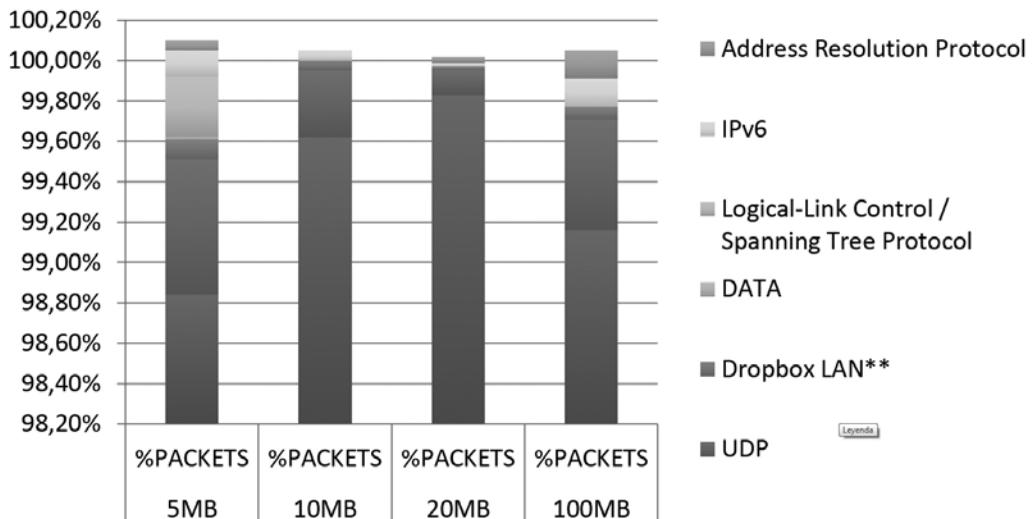


Fig. 5. Distribución de los porcentajes de los protocolos para diferentes tamaños de archivos en OwnCloud.

III. CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentó un estado del arte de los estándares de la tecnología Cloud Computing hasta la fecha. Este es un tema de gran interés, pues es una tecnología joven y hasta el momento cada fabricante de software ha ido construyendo sus nubes por su propia cuenta. Esto trae problemas de incompatibilidades entre Nubes de diferentes fabricantes, lo que afecta a los usuarios finales.

Por otro lado, en este artículo también se presentaron los resultados parciales de una investigación con respecto a los protocolos de comunicación usados en diferentes tipos de nubes, tema que no ha sido descrito bien hasta el momento en la literatura actual de los estándares de Cloud Computing. Estos análisis mostraron que se utilizan protocolos tipos de cualquier red basada en la arquitectura TCP/IP; también se observa, con respecto a los porcentajes de los protocolos, resultados con tendencia a aumentar el porcentaje de paquetes TCP cuando se aumenta el tamaño de los archivos, y a disminuir el porcentaje de paquetes UDP al incrementar el tamaño de los archivos. Esto no se cumple en todos los casos pero se tiene esta tendencia.

REFERENCIAS

- [1] C. Harding, "Standards for a better cloud," *Baseline*, no. 106, pp. 28–29, 2010.
- [2] N. Borenstein and J. Blake, "Cloud Computing Standards: Where's the Beef?," *IEEE Internet Computing*, vol. 15, no. 3, pp. 74–78, May 2011.
- [3] S. Ortiz Jr, "The problem with cloud-computing standardization," *Computer*, vol. 44, no. 7, pp. 13–16, 2011.
- [4] S. (Rhode I. S. of D. McDonald, "Legal and Quasi-Legal Issues in Cloud Computing Contracts."
- [5] K. Lee, S. Lee, and H.-D. Yang, "Towards on Cloud Computing Standardization.," *International Journal of Multimedia & Ubiquitous Engineering*, vol. 9, no. 2, 2014.

- [6] K. (Ed. C. Sankar and A. (SNIA) Jones, *Cloud Data Management Interface (CDMI) Media Types*. 2011.
- [7] B. (ZT. T. I. . Khasnabish, J. (ZTE T. I. . Chu, and S. (ZTE T. I. . Ma, "Cloud Reference Framework." 2014.
- [8] M. (Kyung H. U. Aazam and E.-N. (Kyung H. U. Huh, "Inter-Cloud Computing Architecture." 2014.
- [9] "Open Grid Forum." [Online]. Available: www.ogf.org.
- [10] "Cloud Computing Interoperability Forum." [Online]. Available: www.cloudforum.org.
- [11] "Distributed Management Task Force." [Online]. Available: www.dmtf.org.
- [12] "Open Cloud Consortium." [Online]. Available: www.opencloudconsortium.org.
- [13] "Cloud Security Alliance." [Online]. Available: www.cloudsecurityalliance.org.
- [14] "European Telecommunications Standards Institute." [Online]. Available: www.etsi.org.

BIOGRAFÍA



Jhon Jairo Padilla A. Se graduó como Doctor en Telemática por la Universidad Politécnica de Cataluña en el año 2008. Se graduó como Ingeniero en Electrónica de la Universidad del Cauca en 1993, y como Master en Informática en la Universidad Industrial de Santander en 1998. Actualmente es profesor Asociado en la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, Colombia. Es el líder del Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la UPB Bucaramanga. Sus investigaciones se realizan en temas de Ingeniería de Tráfico, Calidad de Servicio, Redes Móviles, Enrutamiento en Internet y Desarrollo de prototipos de Routers y switches con FPGAs.



Javier Pinzón Castellanos. Se graduó de la Universidad Pontificia Bolivariana como Ingeniero Electrónico en 2014. Actualmente está cursando la Maestría en Telemática de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Sus intereses se centran en los sistemas de Cloud Computing.