

Hacia una Revisión Sistemática de la Calidad de Servicios en la Nube en Combinación con el Internet de las Cosas: Protocolo y Definición del Problema

Priscila Cedillo¹, Juan Pérez-Zúñiga², Andrea Guevara³

¹ Departamento de Ciencias de la Computación,

² Maestría en Gestión Estratégica de Sistemas de la Información,

³ Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,
Universidad de Cuenca,
Cuenca - Ecuador

{priscila.cedillo, andrea.guevara}@ucuenca.edu.ec, juan.perez@ucuenca.ec

Resumen. La computación en la nube constituye una solución atractiva debido a sus características de calidad propias e indiscutiblemente interesantes, que solventan de una manera efectiva las necesidades de disponibilidad, rendimiento, escalabilidad y elasticidad a un bajo costo y con una baja inversión de mantenimiento e infraestructura por su modelo de facturación “*pay as you go*”. Por otro lado, dada la aparición del Internet de las Cosas, es importante determinar las ventajas y desventajas la combinación de estas dos tecnologías a fin de lograr software de calidad. Este artículo constituye una primera aproximación de un trabajo de investigación que busca definir las características de calidad a tener en cuenta al momento de utilizar la computación en la nube en soluciones de Internet de las Cosas. Para ello, se propone un protocolo de un mapeo sistemático hacia la búsqueda de criterios y características críticas al momento de combinar estas tecnologías.

Palabras clave: *Cloud Computing*, computación en la nube, internet de las cosas, *IoT*, calidad, *Software as a Service*, SaaS

1 Introducción

La computación en la nube es un modelo que permite el acceso conveniente y bajo demanda a un conjunto de recursos de computación (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios), los mismos que pueden ser adoptados por organizaciones y que operan con un mínimo esfuerzo de mantenimiento [1].

Por tanto, las características de la computación en la nube han hecho de ésta una opción atractiva a ser considerada como solución para la provisión de infraestructura, plataforma o servicios, lo que ha permitido su vertiginoso crecimiento y adopción como una solución adecuada, altamente disponible y económica para soluciones que buscan minimizar costes de mantenimiento y evitar las inversiones excesivas dado su modelo de pago por uso (“*pay as you go*”) [2].

Por otro lado, el Internet de las Cosas (*IoT*), permite la interconexión de dispositivos físicos, vehículos, edificios entre otros, siendo definida como “La infraestructura de la sociedad de la información” [3]. Además, el IoT, permite la generación de una inteligencia ambiental que contribuye a la integración de la informática en el entorno de la persona, de modo que los ordenadores no sean percibidos, pero sin embargo abarquen la mayoría de los objetos utilizados de manera cotidiana [4]. Cabe destacar que el IoT demanda características de calidad, las mismas que en gran medida dependen de la aplicación de los artefactos a la vida diaria, como por ejemplo en caso de necesitarse IoT para censar signos vitales se requieren características de precisión o eficiencia, mientras que cuando se requiere la realización de transacciones, las características de seguridad de la información pueden ser críticas.

En la computación en la nube, como en otras arquitecturas orientadas a servicios, los requisitos de calidad son definidos través de los acuerdos de nivel de servicio (SLA), los mismos que especifican de una forma detallada las condiciones bajo las cuales los servicios serán provistos, así como también especifican las penalizaciones en caso de que éstos no sean entregados de la manera acordada [5].

Si bien existe investigación que aborda ciertas características que deben ser tomadas en cuenta a la hora de adoptar la computación en la nube dentro de una organización [6], muchas de éstas no han considerado las últimas tecnologías que han aparecido y hacen uso de la nube (p. ej. Internet de las Cosas, Mobile Cloud Computing) [7] [8], así como tampoco presentan una relación entre los conceptos de calidad expresados en un estándar de calidad de producto como por ejemplo ISO 25010 [9] y las características de calidad necesarias en IoT cuando esta tecnología hace uso de la computación en la nube.

Este trabajo constituye una primera aproximación hacia la búsqueda de criterios que nos permitan determinar las características de calidad que deben ser abordadas cuando se utilizan éstas dos tecnologías en conjunto, a través del protocolo de una revisión sistemática, así como también presenta los resultados de las búsquedas preliminares para la selección de artículos de investigación en éste campo, para ello se hace uso de un protocolo de revisión de estudios primarios presentados por Kitchenham et al. [10]

El artículo está estructurado de la siguiente manera: la sección 1 presenta una introducción a los conceptos y la necesidad de éste estudio, la sección 2 presenta los trabajos relacionados, la sección 3 presenta el protocolo de la revisión sistemática que será ejecutada como siguiente paso, la sección 4 los resultados preliminares de las búsquedas y finalmente, la sección 5 las conclusiones y trabajos futuros.

2 Trabajo Relacionado

La combinación de la computación en la nube y el Internet de las Cosas (IoT), ha despertado ya el interés de muchas comunidades de investigación, quienes han visto que al combinar estas dos tecnologías se obtienen muchos resultados deseables para la solución de problemas actuales dentro de la sociedad de la información. Tal es el caso del estudio presentado por Cavalcante et al. [11], cuyo trabajo analiza y recoge sistemáticamente trabajos acerca de la integración entre la computación en la nube e

IoT, además provee una revisión del estado actual en materia de investigación en este tema y finalmente identifican las actuales brechas de investigación en el área. Como resultado ellos obtienen 35 estudios donde se presentan estrategias y soluciones de cómo integrar estas dos tecnologías así como también los retos y oportunidades en este contexto. Sin embargo en este artículo no se hace mención a temas de calidad necesarios en la integración de IoT con la computación en la nube.

Otros estudios tales como los realizados por Lew [12] mencionan temas de seguridad envueltos en IoT, sin embargo en su estudio no aborda temas relacionados con la computación en la nube.

Existe otro estudio secundario presentado por Atzori et al. [13], en el cual se abordan temas generales sobre IoT y cómo ésta tecnología se integra con otras disciplinas, siendo un artículo que presenta unas sólidas bases respecto a IoT, sin embargo poco se habla sobre temas específicos de calidad que involucren la computación en la nube.

Así también se han tratado temas de calidad en la nube y monitorización [14], [15] sin embargo en éstos no se aborda el tema del IoT.

Teniendo estos estudios en consideración y en base a lo conocido al momento de realizar el presente trabajo, no se han encontrado trabajos que determinen puntualmente los aspectos de calidad involucrados con estas dos tecnologías (IoT y computación en la nube) en conjunto, por lo que se ha visto necesaria la elaboración de un estudio secundario, en donde se establezcan las características de calidad más importantes al momento de que estas tecnologías son combinadas.

3 Protocolo de la Revisión

El protocolo de la revisión sistemática presentado a lo largo de este trabajo, obedece a las guías planteadas por Kitchenham et al. [10], en el cual se establecen tres estados dentro de la revisión: (i) planeamiento, (ii) conducción o ejecución de la revisión y (iii) reporte de resultados, llegándose a establecer aquí el primero y parte del segundo paso hacia la elaboración del estudio secundario.

3.1. Pregunta de Investigación

La pregunta de investigación es la siguiente: *“¿Qué aspectos de calidad están contemplándose dentro de la investigación actual, al momento de combinar la computación en la nube con el Internet de las Cosas y en qué dirección se está llevando a cabo dicha investigación?”*

3.2. Sub-preguntas de Investigación

RQ1: *¿Cómo se abordan los temas de calidad cuando intervienen juntas la computación en la nube y el Internet de las Cosas?*

RQ2: *¿Cómo se está llevando a cabo actualmente la investigación dentro de la computación en la nube en combinación con el Internet de las Cosas?*

3.3. Estrategia de Búsqueda

Para las **búsquedas automáticas**, se han considerado las bibliotecas digitales: (i) ACM Digital Library, (ii) IEEE Xplore Digital Library, y (iii) Springer Link

Para las **búsquedas manuales** se han considerado las siguientes conferencias y *workshops*:

- International Conference on Internet Computing (IC)
- International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM)
- IEEE International Conference on Services Computing (SCC)

Así también se considerarán dentro de las **búsquedas manuales** las siguientes revistas y libros:

- Journal of Cloud Computing (Springer Science +Business Media)
- IEEE Internet Computing. Institute of Electrical and Electronics Engineers

Para las búsquedas automáticas, se ha planteado la cadena de búsqueda presentada en la Tabla 1.

Tabla 1. Cadena de búsqueda: Quality AND Cloud Services AND IoT

Concepto	Sub-Cadena	Conector	Términos Alternativos
IoT	IoT	Or	IoT
Internet of Things	Internet of Things	And	Internet of Things
Cloud	Cloud	And	Cloud Services, Cloud Computing
Quality	Quality	Or	Quality
QoS	QoS	Or	QoS

3.3. Período de Búsqueda

Las búsquedas se realizarán partiendo en el año 2009 en el cual Kevin Ashton le dio una segunda oportunidad a *IoT* mediante la siguiente declaración: *“El Internet de las Cosas tiene el potencial para cambiar el mundo tal y como hizo la revolución digital hace unas décadas. Tal vez incluso hasta más”* [16].

3.4. Criterios de Inclusión y Exclusión

Serán criterios para inclusión en la revisión los siguientes:

- Estudios que presenten temas de calidad siempre que estén involucrados tanto con *IoT* como con computación en la nube. Además, estudios útiles para determinar aspectos de calidad de estos dos temas funcionando en conjunto.
- Estudios que contemplen temas de calidad de cloud computing y que puedan involucrar el funcionamiento de la tecnología de Internet de las Cosas y viceversa.

Serán criterios para excluir en la revisión:

- Artículos introductorios de ediciones especiales: revistas, libros, *workshops*, etc.
- Estudios duplicados en diferentes fuentes.
- Artículos cortos con menos de cinco páginas.
- Artículos escritos en otras lenguas excepto el inglés.

3.5. Criterios de Extracción

Tabla 2. Criterios de Extracción: Clasificación de Estudios Primarios y Respuestas a las RQ.

RQ1: ¿Cómo se abordan los temas de calidad cuando intervienen juntas la computación en la nube y el Internet de las Cosas?

EC1	Características de Calidad en Computación en la Nube e Internet de las Cosas (Criterios de extracción que se tendrán en cuenta por separado para cada una de las tecnologías) según el estándar (ISO 25010)	Adecuación Funcional Eficiencia de Desempeño Compatibilidad Usabilidad Fiabilidad Seguridad Mantenibilidad Portabilidad
EC2	Modelos de Servicio en Computación en la Nube	Infraestructura como servicio Plataforma como servicio Software como servicio
EC3	Modelos de despliegue en Computación en la Nube	Red Privada Red Pública Red Híbrida
EC4	Internet de las Cosas [3]	Middleware Dispositivo / Objeto Gateway Objeto Físico Objeto Virtual
EC5	Modelo de Referencia IoT [3]	Capa de Aplicación Capa Soporte Servicios y Aplicaciones Capa de Red Capa de Dispositivo Capa de Gestión Capa de Seguridad
EC6	Sensibilidad al Contexto	Si / No

RQ2: ¿Cómo se está llevando a cabo actualmente la investigación en dentro de la computación en la nube en combinación con el Internet de las Cosas?

EC7	Fases en las cuales los estudios están basados	Análisis Diseño Implementación
EC8	Tipo de validación del estudio	Encuesta Caso de Estudio Experimentación Otros
EC9	Ámbito del enfoque	Industria Academia
EC10	Metodología	Nuevo Extensión

3.6. Aseguramiento de la Calidad de los Estudios

Además de los criterios de inclusión y exclusión, es crítico considerar la “calidad” de los estudios primarios. Para ello utilizaremos un cuestionario con una escala de Likert de tres puntos. El cuestionario consistirá en las siguientes preguntas subjetivas:

- El estudio aborda la calidad ya sea de la computación de la nube o del Internet de las cosas.
- El estudio presenta estudios del Internet de las Cosas en combinación con la computación en la nube. El estudio ha sido publicado en una conferencia o revista relevante
- El estudio ha sido citado por otros autores

Las posibles respuestas para los criterios a y b son: (+1) De acuerdo, (0) Parcialmente de acuerdo, (-1) En desacuerdo.

Finalmente, para el criterio (c) se tendrá en cuenta el número de citas puntuando con (+1) a artículos con más de 5 citas (0) a artículos con 1 a 3 citas y (-1) a artículos que no han sido citados.

4 Ejecución y Resultados Preliminares de Estudios Primarios

Con la finalidad de validar la cadena de búsqueda y los resultados, se ha realizado una ejecución preliminar de las búsquedas. Dichos resultados se presentan en la Figura 1 (a) para las búsquedas automáticas y Figura 1 (b) para las búsquedas manuales.

Como se puede apreciar, tenemos en total 105 artículos, producto de las búsquedas automáticas y 12 artículos de las búsquedas manuales, lo que nos da un total de 117 artículos que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión antes planteados. Representando estos resultados, una primera aproximación válida hacia una revisión sistemática en el campo de la calidad de la computación en la nube y el internet de las cosas (*IoT*) trabajando en conjunto. Para estas búsquedas por tanto, se ha considerado además la fecha de inicio planteada en la sub-sección 3.3.

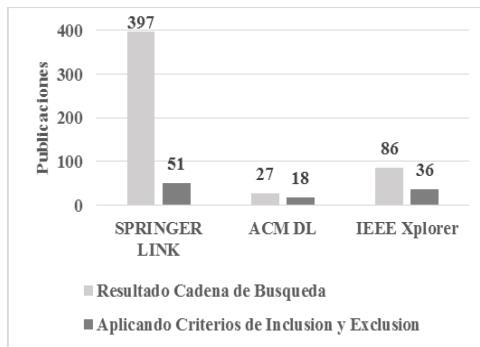
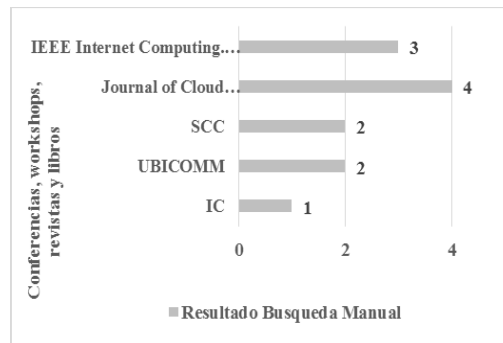


Figura 1. (a) Búsquedas Automáticas



(b) Búsquedas Manuales

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

La presente investigación nos ha permitido disponer a través del protocolo de revisión sistemática referido en la metodología de Kitchenham, de un conjunto de resultados preliminares sobre estudios que presentan evidencias en donde dos tecnologías: Computación en la Nube e IoT convergen y que además abordan temas de calidad en conjunto e individualmente, reconociendo su uso y aplicación en el entorno.

Por otro lado, mediante la definición de la cadena de búsqueda, periodo de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión y en general de este protocolo de revisión, queda sentada la base para los siguientes pasos a ser considerados dentro de una revisión completa, que permita establecer las direcciones y brechas de investigación que podrán ser abordadas en el futuro. De ahí, como próximos pasos se pretende terminar esta revisión a fin de poder plantear un estudio que aborde más a profundidad los aspectos de calidad a considerarse para futuras evaluaciones de éstas dos tecnologías trabajando en conjunto.

Agradecimientos

Este trabajo se presenta como parte de una investigación preliminar del proyecto CEPRA X-2016-04. Por lo cual se agradece a CEDIA por el soporte dado durante dicho proyecto de investigación.

References

- [1] P. Mell and T. Grance, "Definition of cloud computing. Technical report, National Institute of Standards and Technologies (NIST)," 2009.
- [2] N. Antonopoulos and L. Gillam, Eds., *Cloud Computing. Principles, Systems and Applications*, no. 1. United Kingdom: Springer, 2014.
- [3] ITU, "Internet of Things Global Standards Initiative," 2016. [Online]. Available: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>.
- [4] U. Hansmann, L. Merk, M. Nicklous, and T. Stober, *Pervasive Computing*. Berlin, Heidelberg, Germany, 2003.
- [5] M. Comuzzi, G. Jacobs, and P. Grefen, "Clearing the Sky - Understanding SLA Elements in Cloud Computing," Eindhoven, Nederland, 2013.
- [6] I. Oficial, I. Serie, and N. Febrero, "Principios rectores para la adopción y el uso de la computación en la nube," vol. 2012, 2012.
- [7] M. R. Rahimi, J. Ren, C. H. Liu, A. V. Vasilakos, and N. Venkatasubramanian, "Mobile cloud computing: A survey, state of art and future directions," *Mob. Networks Appl.*, vol. 19, no. 2, pp. 133–143, 2014.
- [8] A. Botta, W. Donato de, V. Persico, and Pescapé, "On the Integration of Cloud Computing and Internet of Things," in *International Conference on Future Internet of the Things and Cloud (FiCloud)*, 2014.

- [9] ISO/IEC, “ISO 25010,” 2015. [Online]. Available: <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>. [Accessed: 14-Oct-2015].
- [10] B. Kitchenham and S. Charters, “Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering,” 2007.
- [11] E. Cavalcante, J. Pereira, M. Pitanga, P. Maia, R. Moura, T. Batista, F. C. Delicato, and P. F. Pires, “On the interplay of Internet of Things and Cloud Computing: A systematic mapping study,” *Comput. Commun.*, vol. 89–90, pp. 17–33, 2016.
- [12] P. Lew, “Quality Challenges in the Internet of Things Era,” *International Conference on Practical Software, Quality and Testing*, 2016. [Online]. Available: http://psqtconference.com/tutorials2016/Quality_Challenges_in_the_Internet_of_Things_Era.php.
- [13] L. Atzori, A. Iera, L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A Survey The Internet of Things: A survey,” no. September 2016, 2010.
- [14] P. Cedillo, J. Gonzalez-Huerta, S. Abrahao, and E. Insfrán, “A Monitoring Infrastructure for the Quality of Cloud Services,” in *24th International Conference on Information Systems Development (ISD2015-Harbin)*, 2015.
- [15] M. A. Zúñiga-Prieto, P. Cedillo, J. González-Huerta, E. Insfrán, and S. Abrahao, “Monitoring Services Quality in the Cloud,” *ERCIM News*, vol. 2014, no. 99, pp. 19–20, 2014.
- [16] K. Ashton, “That ‘Internet of Things’ Thing,” *RFID J.*, 2009.