

Análisis del Paradigma Fog y Edge Computing

Sara Inés Díaz Guerrero*, Junior Alejandro Córdoba Carrero *, Oscar Andrés Corzo Gómez*

* Facultad de Fisicomecánicas, Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, Colombia

Resumen

Se ha buscado por mucho tiempo la expansión de los dispositivos conectados, el internet de las cosas (IoT), las redes 5G o la industria 4.0, así como su relación con el Cloud y el Big Data, para esto se han encontrado dos conceptos de Fog computing y de Edge Computing. Sin embargo, no siempre quedan claros los conceptos del mismo, por tal razón con este artículo se pretende aclarar las diferencias entre estos dos conceptos además de las definiciones de los mismos, también sus relaciones e incluso, porque no se pueden separar los dos paradigmas ilustrando mejor este hecho con un ejemplo analizando el caso de la Universidad Industrial de Santander. Se presentan también los desafíos que esto implica, su funcionamiento, aprovechamiento y adaptabilidad en diferentes áreas del conocimiento, y así incentivar su desarrollo e investigación.

Abstract

The expansion of connected devices, the Internet of Things (IoT), 5G networks or Industry 4.0, as well as its relationship with Cloud and Big Data has been sought for a long time, for this two concepts of Fog computing and Edge Computing. However, the concepts of the same are not always clear, for this reason this article aims to clarify the differences between these two concepts as well as the definitions of them, also their relationships and even, because the two paradigms can not be separated by illustrating better this fact with an example analyzing the case of the Industrial University of Santander. The challenges that this implies, its operation, use and adaptability in different areas of knowledge are also presented, and thus encourage its development and research.

I. INTRODUCTION

A partir de su creación, aproximadamente en 2005, la computación en la nube ha cambiado nuestra forma de vida diaria, ya sea en el ámbito escolar o profesional. Por ejemplo, los diferentes servicios tales como Google Apps, Twitter, Facebook y Flickr, se han convertido en herramientas de trabajo y de comunicación[1].

Además, las infraestructuras escalables, así como los motores de procesamiento desarrollados para soportar el servicio en la nube, también influyen significativamente en la forma en que funcionan las empresas, por ejemplo, Google File System, MapReduce, Apache Hadoop, entre otros[2]. Internet de las cosas (IoT) se introdujo por primera vez en la comunidad en 1999 para

la gestión de la cadena de suministro[2], ahora con IoT, llegaremos a la era posterior a la nube, donde habrá una gran cantidad de datos generados por cosas que están inmersas en nuestra vida diaria, y también se desplegarán muchas aplicaciones para consumir estos datos. Para 2019, los datos producidos por personas, máquinas y cosas llegarán a 500 zettabytes, según lo estimado por el Índice Global de Nube de Cisco, sin embargo, el tráfico IP del centro de datos global solo alcanzará los 10.4 zettabytes en ese momento[3]. Para 2019, el 45 % de los datos creados por la IoT se almacenarán, procesarán, analizarán y actuarán cerca o en el borde de la red[4].

Una ola emergente de implementaciones de Internet, especialmente la Internet de las cosas (IoT), requiere soporte de movilidad y geo-distribución además de reconocimiento de ubicación y baja latencia. Argumentamos que se necesita una nueva plataforma para cumplir con estos requisitos; una plataforma que llamamos Fog Computing, o, brevemente, Niebla, simplemente porque la niebla es una nube cerca del suelo. También afirmamos que en lugar de canibalizar la computación en la nube, la computación en niebla permite una nueva clase de aplicaciones y servicios, y que existe una interacción fructífera entre la nube y la niebla, en particular cuando se trata de análisis y gestión de datos. En algunos casos tenemos que edge computing es más eficiente que la computación en nube para algunos servicios informáticos, todo a raíz que teniendo el impulso de los servicios en la nube y el IoT[1], sumado a la alta demanda que día a día va en aumento, debido a los millones de datos y a la cantidad de usuarios, es necesario innovar y buscar métodos más eficientes para suplir estas necesidades y estar a la vanguardia tecnológica.

II. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad la computación en la nube se está enfrentando a grandes retos relacionados con la eficiencia en el procesamiento de datos y en los tiempos de respuesta para los diversos servicios que esta ofrece, la propuesta del paradigma de la computación en la niebla y la computación en el borde como soluciones a dichos retos son las que más se están manejando hoy en día en la industria[5]. Con estos nuevos conceptos se abre paso a nuevos y mejores modelos de tecnología que antes eran imposibles por su costo en infraestructura, hoy en día se están llevando a cabo proyectos en diferentes campos de la industria tecnológica gracias a las ventajas que nos brindan estos nuevos paradigmas para la computación en la nube, aquí mencionaremos algunos.

Uno de los campos que están implementando la computación en la niebla es el de la salud, un buen ejemplo es el proyecto CAREBOT impulsado por la Unión Europea (UE) por medio del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) se basa en desarrollar unidades robóticas inteligentes que están diseñadas para brindar apoyo, asistencia y compañía a pacientes en todos los aspectos médicos, con el fin de mejorar la calidad de los servicios de salud, la implementación de la computación en la niebla está en dar soporte a la plataforma que va a gestionar el proceder de las unidades robóticas y el control de los procesos médicos de los pacientes, estas unidades robóticas podrán estar en el centro médico y en las casas de los pacientes, aquí se ve el papel de la computación en la niebla a la hora de necesitar tiempos de respuesta extremadamente bajos[6].



Figura 1: Unidades Roboticas

Otros campos son la vigilancia-seguridad y el sostenimiento ambiental, la compañía de NVIDIA implementó la Ciudad Inteligente en la ciudad de Bangalore de India con el uso de cámaras de seguridad y con sensores de calidad del aire, el papel que desempeña la computación en la niebla y en el borde está presente a la hora del monitoreo y acción de respuesta en tiempo real del sistema de vigilancia urbano[7]. Partiendo de este modelo de ciudad se esta desarrollando un proyecto de experimentación para la Ciudad de La Habana en Cuba, impulsado por la Unión de Informáticos de Cuba (UCI) la cual es una organización sin ánimo de lucro de Cuba, donde van a implementar un sistema de información inteligente de transporte, el cual será de ayuda tanto para las personas locales como para los turistas, tanto la computación en el borde como en la niebla vuelven a evidenciar su importancia como en el anterior ejemplo, en su eficiencia con el tiempo de respuesta.

III. CONTENIDO

A. *Cloud Computing*

Es importante en este artículo tener el concepto claro de Cloud Computing pues de esta forma se podrá tener una vista mas amplia de los demas conceptos. Cloud o "nube" no es un lugar, sino un método de gestión de recursos de TI que reemplaza las máquinas locales y los centros de datos privados con infraestructura virtual[8]. En este modelo, los usuarios acceden a los recursos virtuales de computación, red y almacenamiento que están disponibles en línea a través de un proveedor remoto. Estos recursos se pueden aprovisionar de manera instantánea, lo que es particularmente útil para las empresas que necesitan escalar verticalmente su infraestructura o reducirla rápidamente en respuesta a una demanda fluctuante[1].

B. Fog Computing

Fog computing se considera como una extensión del paradigma de computación en nube desde el núcleo de la red hasta el borde de la red[9]. Esta plataforma proporciona servicios de computación, almacenamiento y trabajo en red entre dispositivos finales y servidores en la nube tradicionales[9]. Por lo general tiene tareas que pueden ser para admitir funciones de red básicas o nuevos servicios y aplicaciones que se ejecutan en un entorno de espacio aislado.

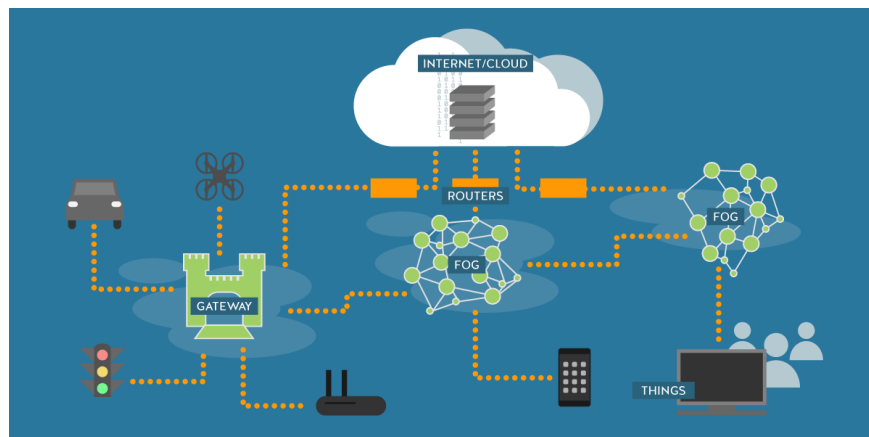


Figura 2: Fog Computing

C. ¿Cómo funciona Fog computing?

Cada día va creciendo la producción de datos gracias a los dispositivos y sensores, pero estos no tienen los recursos de cómputo y almacenamiento para realizar análisis avanzados y tareas de aprendizaje automático. En algunos casos los servidores en la nube tienen la capacidad de hacerlo, pero no son lo suficientemente adecuados para procesar los datos y lo más importante, hacerlo de manera oportuna.

En Fog computing, el procesamiento tiene lugar en un centro de datos en un dispositivo inteligente, o en un enrutador o puerta de enlace inteligente, lo que reduce la cantidad de datos enviados a la nube[9]. Pero estas redes complementan más no reemplazan, la computación en la nube; el empañamiento permite la analítica a corto plazo, y la nube realiza análisis a largo plazo que requieren muchos recursos.

D. Características de Fog Computing

1) *Calidad de servicio*: Es una métrica importante para el servicio de niebla y se puede dividir en cuatro aspectos: conectividad, confiabilidad, capacidad y retardo.

2) *Modelo de interfaz y programación*.: Se necesita una interfaz unificada y un modelo de programación, todo para facilitar el esfuerzo de los desarrolladores para trasladar sus aplicaciones a la plataforma de cómputo de niebla(Fog computing). La computación centrada en la aplicación será un importante modelo de computación de niebla, en el que los componentes del entorno

serán conscientes de la aplicación y permitirán optimizaciones adecuadas para diferentes tipos de aplicaciones.

3) *Descarga de computación*: La descarga de computación puede superar las restricciones de recursos en dispositivos móviles, ya que algunas tareas que requieren un uso intensivo de computación pueden beneficiarse de la descarga en el rendimiento de las aplicaciones, ahorrando el almacenamiento y la vida útil de la batería. El trabajo existente de descarga de computación para la computación en nube móvil se puede clasificar en seis indicadores: objetivos, granularidad, esquema, adaptación, ejecución distribuida y comunicación. Se propone el método de descarga de código y descarga de perfil para tomar decisiones sobre futuras invocaciones que se adapten al cambio de conectividad de red, ancho de banda y latencia.

4) *Contabilidad, facturación y seguimiento*.: Fog computing no puede ser próspero sin un modelo de negocio sostenible. Los usuarios finales, que desean intercambiar sus equipos de cómputo de repuesto, almacenan su nube privada local para reducir el costo de propiedad. Por lo tanto, para poder realizar "Pago por uso", debemos resolver muchos problemas. Por ejemplo, en términos de facturación, se necesita averiguar cómo establecer el precio para diferentes recursos y cómo establecer la fracción del pago que se destina a diferentes partes de fog computing. Para hacer cumplir esas políticas de precios, necesitamos contabilidad y monitoreo.

5) *Aprovisionamiento y gestión de recursos*.: Aprovisionamiento consciente de la aplicación, es uno de los desafíos se encuentran en la movilidad del nodo final, ya que las métricas como el ancho de banda, el almacenamiento, el cálculo y la latencia se cambiarán dinámicamente. Con el fin de cumplir con el requisito de calidad de servicio, como el retardo, debemos realizar el aprovisionamiento a fin de preparar los recursos para proporcionar la movilidad del servicio. Al planear la migración del operador hacia adelante, garantiza restricciones de latencia de extremo a extremo y reduce la utilización de la red.

6) *Seguridad y privacidad*: Se caracteriza por usar diferentes métodos para garantizar la seguridad de sus usuarios, tales como seguridad biométrica, uso de códigos adicionales, entre otros. Todo esto con el fin de proteger todos los datos que cada día se suben a la nube, y garantizar la seguridad para sus usuarios.

E. Edge Computing

Con los inicios del concepto "La nube" en informática causó un gran avance, pues esto abrió la puerta a innumerables dispositivos que sin tener altas capacidades de computo podían trabajar con buen rendimiento permitiendo la conexión de las máquinas al internet el cual es cada vez es más amplio. Sin embargo, en muchos casos los tiempos de respuesta o la velocidad que requieren algunas operaciones es mayor que lo que la nube puede ofrecer. Los procesos más complejos y de gran tamaño necesitan un poder computacional cada vez más rápido y efectivo, sin poder esperar para conectarse a alguna red y teniendo esta situación es ahí donde tenemos a Edge Computing[10].

Edge Computing hace referencia a cómo los procesos computacionales se realizan al interior de los dispositivos edge: aparatos IoT con capacidad de análisis y procesamiento como routers o

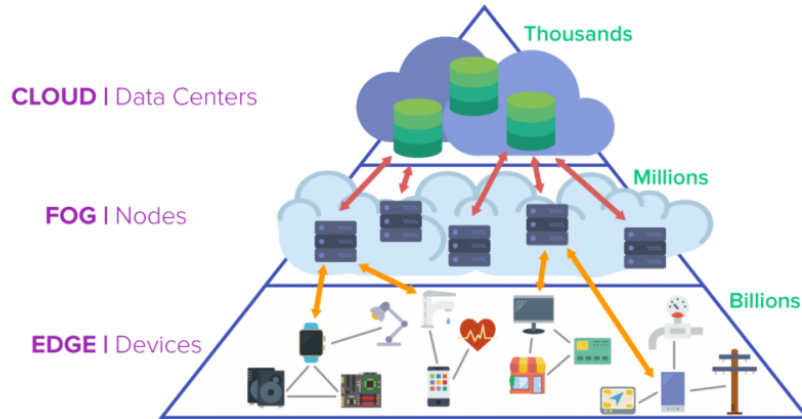


Figura 3: Fog, Edge and cloud Computing
Fuente: <https://erpnews.com/fog-computing-vs-edge-computing>

gateways de red, la “periferia” (edge) de la red[1]. Al procesar la información obtenida cerca de donde fue creada, sin tener que enviarla a centros de datos lejanos se reducen latencias, se consume un menor ancho de banda y se puede hacer análisis y evaluación inmediata de la información generada por los sensores y dispositivos[10].

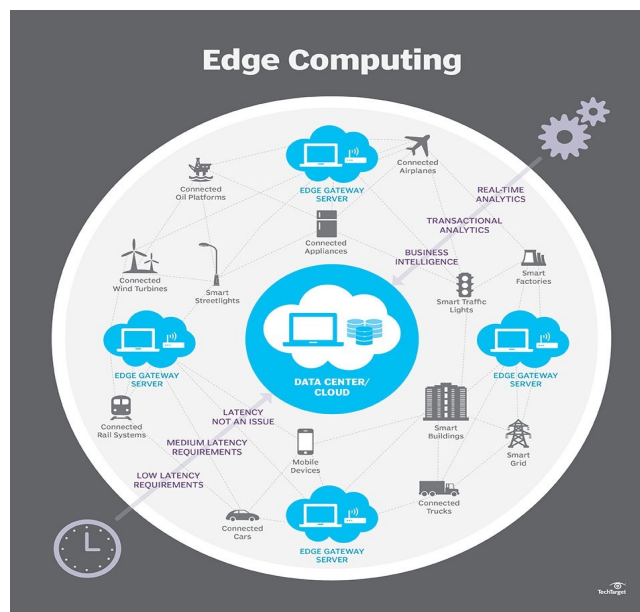


Figura 4: Representación Edge Computing

F. ¿Cómo funciona Edge computing?

Edge Computing es una red de malla de micro centros de datos que procesa o almacena datos críticos localmente y empuja todos los datos recibidos a un centro de datos central o repositorio

de almacenamiento en la nube, en una superficie de menos de 30 metros cuadrados[11]. Así, se trata de un concepto estrechamente relacionado con la idea de Internet de las cosas. Al alejarse de los centros de datos centrales, los centros de datos periféricos, se reduce la latencia y mejora el rendimiento general, mejorando notablemente la entrega de servicios digitales[12]. Mediante la optimización y el futuro de los centros de datos de borde, las aplicaciones pueden reducir los fallos del servidor[1].

G. Características Edge Computing

1) *Velocidad*: Edge computing hace decrecer en gran manera la latencia ya que los datos no tienen que viajar sobre la red hasta un centro de datos remoto o mediante la nube para ser procesados.

2) *Seguridad*: Como los datos permanecen cercanos a la dirección donde fueron creados entonces se mejora la seguridad de dicha información.

3) *Escalabilidad*: Edge computing es fundamentalmente cómputo distribuido, lo que significa mejorar la resiliencia, reducir las cargas de red y que es más fácil de escalar.

4) *Costos bajos*: Los costos de transmisión de datos son mejores porque es reducida la cantidad de datos transferidos hacia una ubicación central para almacenarlos.

H. ¿Cómo trabajan juntas estas dos tecnologías?

Para saber con más detalle cómo trabajan estas dos tecnologías es importante analizarlo desde la problemática en este caso se tienen muchos dispositivos y quizá demasiados dispositivos IoT. Firmas como McKinsey Co. estiman que la llamada Industrial Internet of Things (IIoT) producirá ingresos de 7,5 billones de dólares en 2025[10].

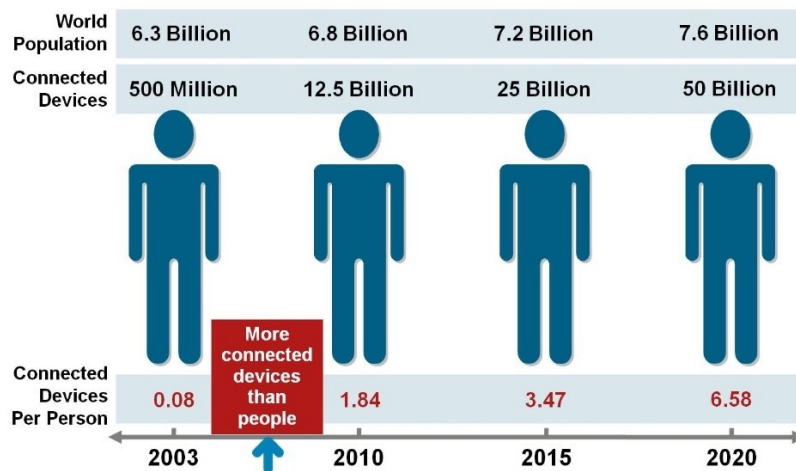


Figura 5: The internet of Things was "Born" between 2008 and 2009

El problema en cuanto a esta predicción es cómo se podrá gestionar la inmensa cantidad de datos de todos esos dispositivos. Se pueden encontrar diferentes predicciones frente a las cifras de los próximos años, unas muy positivas, pero como explicaba un analista de Gartner, "si participas en esta industria, y estás lanzando nuevos productos, hay mucho entusiasmo al respecto

y muchísimas expectativas”. Lo cierto es que muchos de esos dispositivos conectados tendrán capacidad no solo de recolección, sino de proceso de datos. Y si no lo tienen ellos, lo tendrán nodos en esas redes empresariales o industriales. Es allí donde la filosofía Edge Computing toma forma, y donde entre otras cosas se producirá una mejora en eficiencia pues no tener que transmitir todos los datos a la nube ya supondrá un ahorro importante. Aun así, tenemos también un segundo término el cual se relaciona directamente con Edge Computing pues se usa cada vez más en este ámbito, el cual es Fog Computing, como se mencionó anteriormente esta filosofía podría decirse que permite que los grandes centros de datos de la nube ”deleguen” parte de sus responsabilidades a dispositivos Edge Computing, y lo hagan a través de esa Fog Computing que define requisitos o necesidades en ese extremo de todo este ecosistema[13].

La Edge Computing se refiere de forma específica a cómo los procesos computacionales se realizan en los dispositivos IoT con capacidad de análisis y procesos como routers o gateways de red mientras que Fog Computing se refiere a las conexiones de red entre los dispositivos edge y la nube. Hace tiempo que el OpenFog Consortium formado por Cisco, Intel, Microsoft, Dell EMD y algunas instituciones académicas trabaja en especificaciones para ese tipo de implantaciones en las que los sistemas Edge Computing, los Fog Computing y los Cloud Computing interactúan para tener un sistema aún más óptimo en cuanto a la problemática planteada[9].

I. Análisis

En esta sección se menciona el servicio de la nube a la comunidad de EISI como: los servicios que presta, características de los servidores, de la plataforma y el acceso a los usuarios. Con esta información se hace un análisis en cuanto a la implementación de una nueva forma de organizar la capacidad de cómputo en la red.

La infraestructura como servicio CloudEISI le presta a la comunidad EISI el servicio de instanciación de máquinas virtuales para el desarrollo de proyectos de grado, actividades de investigación, hosting para asignaturas que implementan aplicaciones web, repositorio de aplicaciones web, repositorio de imágenes digitales, servicios de aulas virtuales LMS (Learning Management System). Está soportada por tres servidores de altas prestaciones, su esquema cuenta con las siguientes características generales:

- Sistemas operativos basados en Linux tipo servidor.
- Uso de máquinas virtuales configuradas con los componentes base de la infraestructura.
- Sistema de alta disponibilidad para asegurar el continuo servicio en caso fallas por parte de uno de los nodos que pertenecen al cluster.
- Servicio de asignación de instancias virtuales.
- Repositorio de imágenes virtuales preconfiguradas con servicios listos para ser usados.
- Interfaz administrativa para manejo de recursos virtuales.
- Acuerdo de prestación de servicios con los usuarios.

- Esquema de red interna virtual para la comunicación entre instancias virtuales.
- Punto de salida para la comunicación hacia internet de los servicios virtuales.

Dicha infraestructura ha estado evolucionando desde su creación como un cluster de alta disponibilidad, hoy día es un cluster de alta disponibilidad que ofrece servicios en la nube.

En cuanto a la estructura esta plataforma de computación en la Nube CloudEISI tiene como usuarios finales a los miembros de la comunidad UIS. El punto de acceso del servicio es una máquina virtual configurada como frontend, esta instancia virtual es la encargada de administrar y monitorear las máquinas virtuales usados por los usuarios. Como las instancias de servicio pueden estar en diferentes servidores, el frontend tiene la tarea de realizar el direccionamiento del tráfico a través de la red interna de la infraestructura.

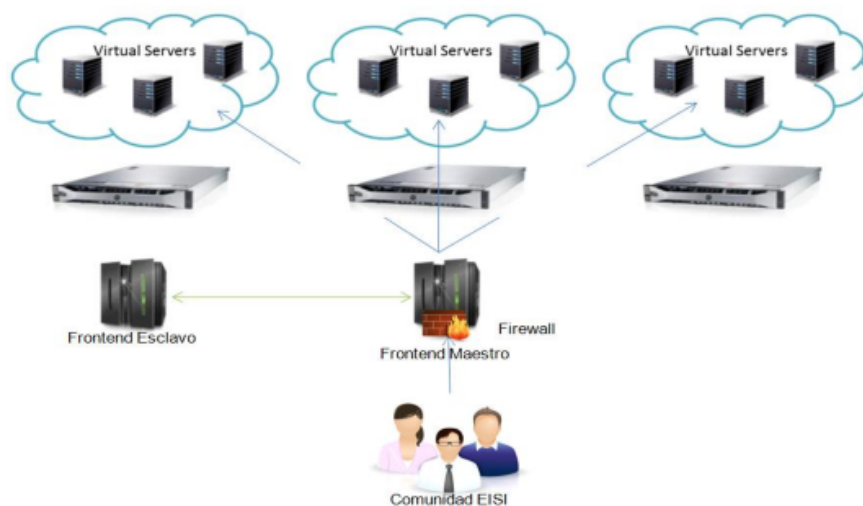


Figura 6: Componentes Servicio Computación en la Nube.

Otra de las funciones del frontend es la de filtrado de peticiones que van de la red externa a la interna bloqueando a los usuario malintencionados. Como función administrativa tiene la capacidad de crear instancias virtuales para usuarios finales según los requerimientos. La herramienta usada en el frontend para la administración de la nube es OpenNebula, se trata de una herramienta de administración para centros de datos virtualizados bajo la premisa de infraestructura como servicio para la nube.

Teniendo esta información en cuenta se puede observar que se dispone de servidores agrupados en centros de datos que ponen al servicio de usuarios y desarrolladores, no solo la potencia, sino también la adaptabilidad, flexibilidad y escalabilidad características de la computación Cloud a entornos en los que, por limitaciones técnicas, no sería posible ofrecer. En cuanto a la universidad no tenemos una problemática tan grande ahora como para querer optimizar con tecnologías como edge/fog computing pues se puede fortalecer la tecnología que ya se tiene. En otros casos uso de los servicios cloud no resulta adecuado para aquellos en los que el procesado de los datos

tenga unos requisitos temporales fuertes, como puede ser la detección de alarmas en una fábrica o la gestión de la conducción de un vehículo autónomo.

IV. CONCLUSIONES

Gracias a los beneficios de estos dos paradigmas se puede expandir y mejorar el uso de la computación en la nube, derivando en el desarrollo de mejores sistemas de información para diferentes campos que se benefician de la tecnología como la salud, el medio ambiente, el transporte, la seguridad, la economía, etc. Una de las tecnologías más beneficiadas es la internet de las cosas gracias a los bajos tiempos de respuesta (baja latencia). También se observan nuevas oportunidades y desafíos en fog computing para técnicas relacionadas y se resaltan los temas relacionados con la calidad de servicio, la interconexión, la gestión de recursos, la seguridad y la privacidad.

REFERENCIAS

- 1 Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., and Xu, L., "Edge computing: Vision and challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, no. 5, pp. 637–646, 2016.
- 2 Hu, Y. C., Patel, M., Sabella, D., Sprecher, N., and Young, V., "Mobile edge computing—a key technology towards 5g," *ETSI white paper*, vol. 11, no. 11, pp. 1–16, 2015.
- 3 Luan, T. H., Gao, L., Li, Z., Xiang, Y., Wei, G., and Sun, L., "Fog computing: Focusing on mobile users at the edge," *arXiv preprint arXiv:1502.01815*, 2015.
- 4 Stojmenovic, I. and Wen, S., "The fog computing paradigm: Scenarios and security issues," in *2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*. IEEE, 2014, pp. 1–8.
- 5 Roman, R., Lopez, J., and Mambo, M., "Mobile edge computing, fog et al.: A survey and analysis of security threats and challenges," *Future Generation Computer Systems*, vol. 78, pp. 680–698, 2018.
- 6 Mach, P. and Becvar, Z., "Mobile edge computing: A survey on architecture and computation offloading," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 3, pp. 1628–1656, 2017.
- 7 Zhu, J., Chan, D. S., Prabhu, M. S., Natarajan, P., Hu, H., and Bonomi, F., "Improving web sites performance using edge servers in fog computing architecture," in *2013 IEEE Seventh International Symposium on Service-Oriented System Engineering*. IEEE, 2013, pp. 320–323.
- 8 Gupta, H., Vahid Dastjerdi, A., Ghosh, S. K., and Buyya, R., "ifogsim: A toolkit for modeling and simulation of resource management techniques in the internet of things, edge and fog computing environments," *Software: Practice and Experience*, vol. 47, no. 9, pp. 1275–1296, 2017.
- 9 Yi, S., Hao, Z., Qin, Z., and Li, Q., "Fog computing: Platform and applications," in *2015 Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb)*. IEEE, 2015, pp. 73–78.
- 10 Taleb, T., Samdanis, K., Mada, B., Flinck, H., Dutta, S., and Sabella, D., "On multi-access edge computing: A survey of the emerging 5g network edge cloud architecture and orchestration," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 3, pp. 1657–1681, 2017.
- 11 Mao, Y., Zhang, J., and Letaief, K. B., "Dynamic computation offloading for mobile-edge computing with energy harvesting devices," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 34, no. 12, pp. 3590–3605, 2016.
- 12 Dastjerdi, A. V. and Buyya, R., "Fog computing: Helping the internet of things realize its potential," *Computer*, vol. 49, no. 8, pp. 112–116, 2016.
- 13 Mao, Y., You, C., Zhang, J., Huang, K., and Letaief, K. B., "A survey on mobile edge computing: The communication perspective," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2322–2358, 2017.