

Gestión de proyectos para soluciones en Internet de las Cosas

Manrique, J.A.¹, Briceño-Pineda, W.², Portocarrero, J.M.¹

Abstract— Internet of things is outlined as the third era in the development of internet and being this an emerging vision, the project management to build solutions in this area has become a challenge. Managing a project implies a methodology to guide the planning and implementation of processes to achieve the goals set from the beginning to the end of the project. This paper provides a perspective on project management in the IoT area, by considering: (i) issues relating to the level of an IoT general model; (ii) the profile of stakeholders; and (iii) a general methodology for developing a solution in this area.

Keywords— Business models, Internet of things, Project management.

I. INTRODUCCIÓN

La idea de un mundo conectado a Internet a través de dispositivos como computadores y sistemas embebidos, está abriendo nuevas oportunidades de negocio en las empresas [1]. Transferir y gestionar en tiempo real los datos que son obtenidos por estos dispositivos, genera nuevos paradigmas para el desarrollo de aplicaciones tecnológicas que brindan a las empresas nuevo conocimiento en el proceso de toma de decisiones [2].

Es por eso que Internet de las Cosas, conocida por sus siglas en inglés como *Internet of Things - IoT* se perfila como la tercera era en el desarrollo de Internet. Las dos primeras eras se caracterizaron por la conexión de personas a Internet mediante los computadores personales y los dispositivos móviles respectivamente. Ahora, el reto consiste en conectar no solo personas sino también las “cosas” a Internet [3]. IoT es definida por la *International Telecommunication Union – ITU* [4] como la “*Infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de cosas (físicas y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación presentes y futuras*”.

Este paradigma implica que exista comunicación con cualquier cosa (entre dispositivos, entre dispositivos - humanos, entre humanos) en cualquier momento y en cualquier lugar, a través de Internet. Actualmente, la proliferación de dispositivos conectados a Internet en relación con la cantidad de personas conectadas es mucho mayor.

CISCO en el 2011 mostró y proyectó algunas cifras de dispositivos conectados a Internet comparadas con la cantidad total de la población mundial [5]. A mediados del 2000 se conectaban a Internet 500 millones de dispositivos, en promedio 0.08 dispositivos por persona; en el año 2008, la cantidad de dispositivos conectados a Internet superó el número de personas en el mundo; y se espera que para el año 2020 el número de dispositivos conectados a Internet sean más de 50 mil millones, en promedio 6.58 dispositivos por persona. Esa conexión representará a las empresas más de \$3 mil millones de dólares provenientes de los usuarios finales y los procesos industriales [6]. Jim Tully, vicepresidente y analista de *Gartner Inc*³ dice que “*El verdadero valor de IoT se centra en los nuevos servicios que las organizaciones pueden ofrecer a los usuarios finales y proveedores*”.

A medida que crece IoT, ofrecer estos nuevos servicios implica que las empresas innoven en la forma como gestionan los proyectos relacionados con esta área de investigación, lo que trae consigo retos como: (i) La transformación de diferentes dominios [7] como la salud, la agricultura, las ciudades inteligentes, los vestibles, la logística, la seguridad, implica un cambio en sus modelos de negocio [8]; (ii) Las aplicaciones IoT son multidisciplinarias porque requieren de diferentes áreas su conocimiento específico como telecomunicaciones, análisis de datos, hardware, desarrollo software, entre otros.

Con base en lo anterior, este documento brinda una perspectiva al gerente que quiere gestionar proyectos para soluciones en IoT, aspectos como el modelo a seguir para el desarrollo de una solución IoT, el perfil de los involucrados y la metodología general para el desarrollo de una solución en IoT. La sección II describe qué es la gestión de proyectos y algunas de las metodologías formales existentes usadas para gestionar proyectos. La sección III describe algunos requerimientos que deben tener en cuenta los gerentes al momento de gestionar un proyecto en IoT. Por último se presentan las conclusiones y las referencias abordadas en este documento.

II. GESTIÓN DE PROYECTOS

El *Project Management Institute – PMI* [9] describe que un proyecto es una organización temporal (con principio y final definidos) que se lleva a cabo para crear un resultado único (un producto, un servicio, una mejora, una conclusión o un documento). Gestionar proyectos implica que el gerente del proyecto tenga conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para facilitar la ejecución de los objetivos planteados.

¹Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas – CEA IoT, Bucaramanga, Colombia, correo: {jmanrique4, jtalavera}@unab.edu.co

² Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Decanatura Facultad de Ingenierías, Bucaramanga, Colombia. wbriceno@unab.edu.co

³ Página Web www.gartner.com/technology/home.jsp

Un proyecto finaliza cuando: (i) se alcanzan los objetivos del proyecto; (ii) los objetivos no pueden ser cumplidos; (iii) cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto; (iv) o cuando el cliente o patrocinador desean terminar el proyecto.

Identificar las actividades que se realizan en las diferentes fases de la ejecución de un proyecto es importante para facilitar el orden de ejecución de las mismas [10]. Si el desarrollo de estas actividades se da con éxito, se contribuye a la finalización satisfactoria en cuanto al cumplimiento en tiempo, recursos económicos y objetivos establecidos. Por otra parte, la comprensión global del proyecto es de utilidad para la mitigación de los posibles riesgos.

La gestión de proyectos es aplicable en áreas donde hay una necesidad de introducir cambios para hacer frente a desafíos únicos. Los proyectos se gestionan de acuerdo con las características de los bienes que se elaboran, los servicios que se prestan y/o los beneficios que aportan a las empresas [11]. En la actualidad, existen diferentes metodologías para la gestión de estos proyectos, algunas de las cuales se describen a continuación:

A. *PRjects IN Controlled Environments - PRINCE2*⁴

Establecida en 1998 por la *Central Computer and Telecommunications Agency - CCTA*, renombrada como la *Office of Government Commerce Best Practice Management*. A partir del 2010 se trasladó al *Cabinet Office* del Reino Unido. PRINCE2 se caracteriza por: obtener resultados concretos; el comienzo, desarrollo y final del proyecto es organizado y controlado; dirección de control automática en caso de desviación del plan original gracias al principio de “Gestión por Excepción”; énfasis en dividir el proyecto en fases manejables y controlables; flexibilidad en la toma de decisiones. La metodología se explica a través de los siguientes elementos:

- Siete (7) procesos que forman la gestión de proyectos: línea de tiempo (*timeline*), puesta en marcha de un proyecto (*starting up project*), niveles de gestión (*management levels*), dirección de un proyecto (*directing a project*), nivel gerencial (*managing level*), nivel de entrega (*delivery level*) y marco de tiempo (*time-frame*).
- Siete (7) principios que forman la base de un buen método de gestión de proyectos: justificación comercial continua, aprender de la experiencia, roles y responsabilidades definidas, gestión por fases, gestión por excepción, orientación a productos y adaptación.
- Siete (7) temáticas que apoyan determinadas áreas clave de la gestión de proyectos: Casos de negocio, organización, riesgo, planes, cambio, progreso y calidad.

B. *Project Management Body Of Knowledge – PMBok*⁵

Estándar de gestión de proyectos del PMI⁶, acreditado por el *American National Standards Institute (ANSI)*. En 1987 se publicó la primera versión de la guía PMBok. El PMBok se caracteriza por definir un subconjunto de buenas prácticas

comúnmente aceptadas, relacionadas con las habilidades, herramientas y técnicas que contribuyen a las posibilidades de éxito de un proyecto. Las buenas prácticas definen que el equipo del proyecto es el responsable de determinar qué es lo apropiado para el desarrollo de un proyecto. La metodología se explica a través de los siguientes elementos:

- Dirección de proyectos: Dirigir un proyecto implica que la persona tenga conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas que contribuyan en el cumplimiento de los requisitos del mismo. La aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos en la dirección de proyectos. Los procesos del proyecto se enmarcan en dos categorías principales, aquellos orientados a la dirección de proyectos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, cierre) y los orientados al producto.
- Gestión de proyectos: Contiene nueve áreas: Gestión de la Integración del proyecto, Gestión del alcance, Gestión del tiempo del proyecto, Gestión de costes del proyecto, Gestión de la calidad del proyecto, Gestión de los recursos humanos, Gestión de la comunicación, Gestión del riesgo y Gestión de adquisiciones.

C. *IPMA Competence Baseline – ICB*

La gestión de proyectos se realiza a través de elementos de competencia: técnica, conducta y contextuales [12]. La *International Project Management Association - IPMA* comenzó a definir y evaluar la competencia requerida para un certificado de gestión de proyectos en la década de 1990. La versión 2.0 fue lanzada en el 2001, la versión 3.0 en el 2006 y actualmente se encuentra disponible de forma paga la versión 4.0. Una de sus principales características es no impedir que una persona piense de forma independiente de tal forma que tenga su propia opinión sobre el proyecto. La metodología se explica a través de tres competencias:

- Competencias técnicas: cumplir con los requisitos de las partes interesadas avanzando de forma progresiva en todas las fases del proyecto.
- Competencias de conducta: entender los elementos de competencia relacionados con el entorno en que se desenvuelven el gerente y los involucrados en el proyecto. Para determinar esos elementos, se debe tener en cuenta factores como la economía, la sociedad, la cultura, la historia.
- Competencias contextuales: entender cuál es el papel de la gestión de proyectos en la administración de las organizaciones.

Las metodologías formales para la gestión de proyectos que fueron mencionadas anteriormente contienen herramientas y técnicas estándar a nivel internacional, que son aplicadas para la creación, ejecución y culminación de un proyecto [11].

Por otra parte, existen metodologías formales específicas para el desarrollo de proyectos a nivel software, donde se gestiona y administra de forma sistemática las entradas y salidas en cada una de las etapas (ideación, implementación y mantenimiento) para el desarrollo de un proyecto de software. La *International Organization for Standardization - ISO* [13] define el ciclo de vida de un software como un “marco de

⁴ Tomado de www.prince2.com

⁵ Tomado de www.pmi.org/pmbok-guide-and-standards/pmbok-guide.aspx

⁶ Organización que gestiona y estudia las necesidades relacionadas con la gestión de los proyectos de los profesionales de cualquier disciplina

referencia que contiene las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto software, abarcando desde la definición hasta la finalización de su uso”.

Los modelos de ciclo de vida para el desarrollo de un software están divididos en tres visiones de acuerdo a lo que se quiere lograr con el proyecto [14]: (i) el alcance del ciclo de vida que depende hasta donde se desea llegar con el proyecto, saber si es viable el desarrollo de un proyecto, el desarrollo completo o las actualizaciones y mantenimiento del desarrollo; (ii) la calidad y cantidad de las etapas van relacionadas con el ciclo de vida que se adopte y el tamaño del proyecto; (iii) la estructura y sucesión de las etapas se dan si hay retroalimentación e iteración entre etapas.

Para cada uno de estos modelos, se asocian ciclos de vida con etapas y actividades específicas (requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas). Algunas de estas metodologías son: ciclo de vida lineal, en cascada, evolutivo, por prototipos, incremental, en espiral, orientado a objetos y desarrollo ágil.

Al ser IoT una visión que contiene desarrollo tecnológico a nivel hardware y software, surge la pregunta si las metodologías formales para la gestión de proyectos y las metodologías para el desarrollo software son complementarias o no. Algunas reflexiones realizadas al respecto se describen a continuación.

Las metodologías para el desarrollo software definen por lo general un desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos de la solución evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto. Además, proponen enfoques dinámicos que instan a un cambio de la cultura de trabajo de las empresas dada su agilidad e iteraciones durante el proceso de desarrollo. Sin embargo, no incluyen de forma detallada procesos clave de gestión como el recurso humano, costos, relación con programas, portafolios. Por su parte, las metodologías formales para el desarrollo de proyectos dan una visión global de varias facetas que facilitan la gestión de un proyecto, siendo útil para cualquier entorno [11].

Con base en lo anterior se puede decir que ambas metodologías son complementarias. Sin embargo, el gerente de un proyecto es quien debe elegir la metodología a utilizar de acuerdo al entorno y tipo de proyecto que se desarrolle. La eficacia de una metodología depende de que tan adaptada esté su implementación y la buena praxis que se le dé durante el desarrollo del proyecto.

III. GESTIÓN DE PROYECTOS E INTERNET DE LAS COSAS

“Cuando el Internet de las Cosas se conecta con las empresas, todo funciona como nunca antes⁷”. Con el auge de IoT, las empresas se cuestionan ¿Cuál es el valor económico que les genera la implementación de estas nuevas soluciones tecnológicas? y la forma como deberían gestionar los nuevos proyectos para obtener ese valor [15].

Por esto, un gerente de proyecto en esta área debe conocer los aspectos relevantes de este nuevo paradigma. A continuación se describe en la sección A cómo es el modelo a

seguir para el desarrollo de una solución IoT, en la sección B cuál debe ser el perfil multidisciplinar de los posibles involucrados a nivel técnico, y en la sección C la metodología general para el desarrollo de una solución en IoT.

A. Modelo de una arquitectura IoT

De forma general, el modelo de una arquitectura IoT se compone de cuatro niveles [4] como se observa en la figura 1.

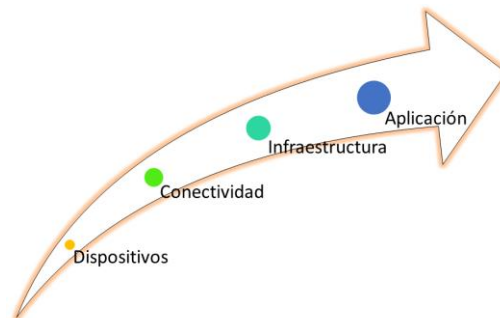


Figura 1. Modelo de una arquitectura IoT

- Dispositivos: Son los responsables de recopilar información de objetos y magnitudes físicas/químicas conectados en red. Además, permiten que las cosas puedan integrarse al ecosistema IoT haciendo posible este nuevo paradigma. Su funcionamiento depende de la forma como fueron programados. Los dispositivos más usados en diferentes dominios son los sensores.
- Conectividad: Proporciona control de acceso, conexión y recursos de transporte de datos sobre la red.
- Infraestructura: Permite el procesamiento y almacenamiento de los datos recopilados por los dispositivos.
- Aplicación: Contiene las aplicaciones IoT de acuerdo al dominio que fueron implementadas. Estas aplicaciones pueden ser de orden vertical (específica para un dominio particular) u horizontal (reutilizadas en cualquier dominio).

Para cada uno de los niveles del modelo existen tecnologías especializadas que juntas dependiendo de la aplicación, crean una cadena de valor técnica al momento de implementar proyectos para soluciones en IoT.

Un gerente de proyecto en esta área debe tener conocimiento de los niveles mencionados anteriormente. En IoT no hay soluciones absolutas. Cada solución requiere que los dispositivos se programan acorde a los requerimientos del dominio y de los posibles involucrados. No todos los dispositivos pueden conectarse directamente a Internet, lo cual requiere el uso de distintos tipos de tecnologías de comunicación al mismo tiempo. En cuanto a la infraestructura, dependiendo de la dimensión de la solución IoT, los involucrados en el desarrollo deberán tomar la decisión de implementar una solución de infraestructura propia o comprar/alquilar algún servicio de la nube. Finalmente, las aplicaciones IoT deben tener acceso disponible a cualquier hora y desde cualquier lugar, por lo cual estas soluciones deben implementar varias formas de visualización.

⁷ Tomado de http://www.cisco.com/c/m/es_mx/brand/iot/manufactura.html

B. Involucrados (Stakeholder)

Al ser IoT una visión multidisciplinaria, el gerente del proyecto debe considerar que los involucrados para el desarrollo de una solución IoT a nivel técnico tengan perfiles multidisciplinarios como los identificados por Patel y Cassou [16], con los cuales se puedan atender todos los niveles del modelo de una arquitectura IoT descritos en la sección anterior. La figura 2 ilustra los involucrados para el desarrollo de una solución IoT a nivel técnico, a saber: experto del dominio, diseñador de software, desarrollador de aplicación, desarrollador de dispositivos y administrador de redes. Cabe resaltar que existen otros involucrados en el desarrollo de un proyecto IoT tales como los usuarios, los clientes, los inversionistas u otros, que pueden participar e impactar de manera activa o pasiva durante el desarrollo del proyecto.



Figura 2. Involucrados en una solución IoT

Las principales habilidades de cada uno de los involucrados son:

- Experto del dominio: Comprende los conceptos generales del dominio, incluyendo los tipos de datos producidos por los dispositivos que hacen parte de la solución, el almacenamiento de estos datos y las interacciones entre la solución y los usuarios finales.
- Diseñador del software: Comprende los conceptos de la arquitectura del software (módulos de publicación-suscripción, petición-respuesta).
- Desarrollador de aplicación: Comprende el diseño de algoritmos y los lenguajes de programación.
- Desarrollador de dispositivos: Comprende el funcionamiento de los dispositivos, sus datos de entradas/salidas y los protocolos de comunicación.
- Administrador de redes: Comprende el área *in situ* donde la aplicación se despliega.

Los involucrados en una solución IoT deben tener competencias que les permita atender cada uno de los niveles del modelo mencionado en la sección A.

La selección de los involucrados en un proyecto es un proceso común a todas las metodologías formales para la gestión de proyectos. Sin embargo, para proyectos relacionados con IoT se deben tener en cuenta los perfiles descritos anteriormente, los cuales pueden esclarecer a un

gerente de proyecto cual debe ser el equipo que participará en la elaboración y ejecución de un proyecto a nivel técnico en esta área.

C. Metodología General

La creación de una solución IoT involucra aspectos de hardware y software que están estrechamente relacionados. Una metodología general para el desarrollo de estas soluciones tiene tantas iteraciones posibles que se van dando en la puesta en marcha, de acuerdo a la aceptación y retroalimentación que tenga la solución por parte de todos los involucrados. La figura 3 ilustra la metodología general para la elaboración de una solución de IoT. Esa metodología tiene cuatro fases que son: prototipado, piloto, producción y escalamiento.

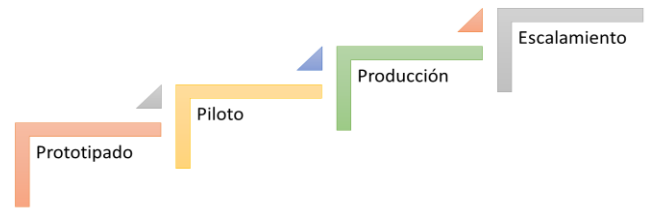


Figura 3. Metodología general

- Prototipado: Se realiza un montaje funcional de la solución IoT a pequeña escala (entre 1 a 10 dispositivos), con la cual se busca una validación temprana de la posible solución.
- Piloto: Reutiliza los componentes del Prototipado para realizar un montaje en producción (entre 10 a 100 dispositivos).
- Producción: Contempla los componentes finales (entre 100 a 1.000 dispositivos) que engloban toda la solución IoT, incluido la forma como se le muestran los datos en tiempo real al usuario final.
- Escalamiento: La solución IoT ha sido aprobada y se realiza un despliegue comercial masivo. Contempla aspectos de mantenimiento y futuras actualizaciones de la solución.

Una solución IoT no termina con la implementación de un ciclo de vida de desarrollo software. Existen algunas preocupaciones adicionales que tiene relación con la transformación del prototipo a una escala comercial y totalmente escalable.

IV. CONCLUSIONES

A lo largo de este documento se abordó una perspectiva para la gestión de proyectos en IoT teniendo en cuenta aspectos relacionados con los niveles de un modelo de una arquitectura IoT, el perfil de los involucrados y la metodología general para la puesta en marcha de una solución en esta área una vez que se realiza un prototipo funcional.

IoT es un concepto emergente que está tomando relevancia en los últimos años con el avance tecnológico a nivel hardware y software. Las soluciones en esta área están cambiando los modelos de negocio, donde cada vez más empresas quieren estar a la vanguardia tecnológica para

brindar mejores productos/servicios a sus consumidores.

Para gestionar un proyecto en IoT se considera tener un equipo multidisciplinar con capacidades específicas las cuales contribuyan en el desarrollo de cada uno de los niveles del modelo de una arquitectura IoT. Identificar de forma clara el perfil de cada involucrado en el desarrollo de una solución en esta área, ayuda al gerente del proyecto en la división adecuada del trabajo entre las partes interesadas, y ayuda a los involucrados a desempeñar su rol con eficacia.

Las soluciones IoT están relacionadas de forma cercana con el mundo físico. Si un requisito cambia, afecta de forma directa el desarrollo de la solución. Algunos de estos fenómenos se deben a la convergencia entre la heterogeneidad de tecnologías a nivel hardware y software, cambios en la funcionalidad de una aplicación, redistribución de dispositivos *in situ*, entre otros factores. Es por eso que las soluciones en IoT tienen múltiples iteraciones durante la puesta en marcha. Esto da una ventaja a los involucrados en el desarrollo dado que: pueden tratar de forma individual los cambios y reutilizar los recursos que han sido aprobados en cada iteración.

Considerando estos fenómenos, en los próximos años cuando el IoT llegue a su esplendor, los cambios sucederán tan rápidamente que nace una pregunta muy interesante: ¿Las metodologías formales para la gestión de proyectos continuarán siendo útiles?

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de todos los socios dentro del proyecto Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT). Los autores también desean agradecer a todas las instituciones que apoyaron este trabajo: el Ministerio de Tecnología de la Información y Comunicaciones – MinTIC de Colombia y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias, a través del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas (ID Proyecto: FP44842-502-2015).

REFERENCIAS

- [1] S. Ghimire, F. Luis-Ferreira, T. Nodehi, and R. Jardim-Goncalves, "IoT based situational awareness framework for real-time project management," *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, pp. 1–10, 2016.
- [2] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [3] S. Jankowski, "The sectors where the Internet of Things really matters," 2014.
- [4] International Telecommunication Union - ITU, "Recommendation Y.2060: 'Overview of Internet of Things,'" Geneva, 2012.
- [5] CISCO, "The Internet of Things: How the next evolution of the internet is changing everything," 2011.
- [6] Gartner Inc, "Gartner Says 6.4 Billion Connected 'Things' Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From

2015," *Gartner Inc*, 2015. [Online]. Available: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>.

- [7] S. C. Mukhopadhyay and N. K. Suryadevara, "Internet of Things: Challenges and Opportunities," in *Internet of Things*, Subhas, Chandra, and Mukhopadhyay, Eds. Springer International Publishing, 2014, pp. 1–17.
- [8] G. Hui, "How the Internet of Things changes Business Models," 2014.
- [9] Project Management Institute, *Fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) - Quinta Edición*. Pensilvania: Project Management Institute, Inc, 2013.
- [10] V. V. Glukhov, I. V. Ilin, and A. I. Levina, "Project Management Team Structure for Internet Providing Companies," in *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems*, Springer, 2015, pp. 543–553.
- [11] W. Wallace, "Gestión de proyectos," Reino Unido, 2014.
- [12] International Project Management Association - IPMA, *IPMA Competence Baseline - ICB*, 3.0 ed. International Project Management Association, 2006.
- [13] International Organization for Standardization - ISO, "Systems and software engineering - Software life cycle processes," *ISO/IEC 12207:2008*, 2008. .
- [14] I. Sommerville and M. I. A. Galipienso, *Ingeniería del software*, 7th ed. Pearson, 2005.
- [15] J. Hagel III, "Finding the money in the Internet of Things," 2014.
- [16] P. Patel and D. Cassou, "Enabling high-level application development for the Internet of Things," *J. Syst. Softw.*, vol. 103, pp. 62–84, 2015.



Johana Andrea Manrique Hernández, Estudiante de Maestría en Telemática, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Asistente de investigación en el Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA IoT). Ingeniera de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga (2013).



Wilson Briceño Pineda. Decano Facultad de Ingenierías. Master in Management Information System. Southern Illinois University (2002). Maestría en Administración de Negocios. Convenio UNAB – Tecnológico de Monterrey (1997). Ingeniero de Sistemas. Universidad Industrial de Santander (1990).



Jesús Martín Talavera Portocarrero. Investigador postdoctoral en el Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT). Doctor en Informática, Universidad Federal de Rio de Janeiro (2016), RJ-Brasil. Magister en Ciencia de la Computación, Universidad Federal de Sao Carlos (2010), SP-Brasil. Ingeniero de Sistemas, Universidad Católica de Santa María (2006), Perú.