

**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE POSGRADOS**



**“CALIDAD DE SERVICIOS EN LA NUBE EN COMBINACIÓN
CON EL INTERNET DE LAS COSAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA
DE LA LITERATURA Y MODELO DE CALIDAD”**

*Tesis de grado previa a la obtención del Título de Magister en
Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información*

**AUTOR: Ing. Juan Gabriel Pérez Zúñiga
CI: 0102780269**

**DIRECTOR: Ing. Irene Priscila Cedillo Orellana Ph.D.
CI: 0102815842**

**CUENCA-ECUADOR
2017**



RESUMEN

La Computación en la Nube (Cloud Computing) 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 con una mínima inversión de mantenimiento e infraestructura por su modelo de facturación “pay as you go”. Tras la aparición del Internet de las Cosas (IoT) se hace imperativo conocer las ventajas y desventajas cuando se combinan estas dos tecnologías a fin de lograr soluciones de calidad.

El presente estudio tiene como propósito determinar las características de calidad a considerar al momento de combinar el Internet de las Cosas y la Computación en la Nube (Cloud Computing). Para ello, se plantea una revisión sistemática hacia la búsqueda de criterios, propuestas existentes, características de calidad fundamentales y finalizar con una propuesta de modelo de calidad para la aplicación de estas dos tecnologías.

Palabras clave: Cloud Computing - Computación en la Nube, Internet de las Cosas - IoT, calidad.



ABSTRACT

Cloud Computing is an attractive solution due to its interesting quality characteristics, which effectively solve the needs of availability, performance, scalability and elasticity, with a minimum investment of maintenance and infrastructure because of its billing model " pay as you go ". After the appearance of the Internet of Things (IoT), it becomes imperative to know the advantages and disadvantages when combining these two technologies in order to achieve quality solutions.

The purpose of this study is to determine the quality characteristics to consider when combining the Internet of Things and Cloud Computing. For this, a systematic review has been performed in order to analyze primary studies, which include fundamental quality characteristics. Finally, in this study it has been proposed a quality model to support the evaluation of these technologies.

Keywords: Cloud Computing, Internet of Things - IoT, quality.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	8
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	9
DEDICATORIA.....	10
AGRADECIMIENTO.....	11
Capítulo 1 . Introducción	12
1.1 Motivación	13
1.2 Objetivo General	13
1.3 Objetivos Específicos	14
1.4 Estructura del trabajo de titulación	14
Capítulo 2 . Base Tecnológica.....	16
2.1 Computación en la Nube (<i>Cloud Computing</i>).....	16
2.1.1 Características Esenciales	16
2.1.2 Modelos de Servicio de Cloud Computing	17
2.1.3 Modelos de Despliegue	19
2.1.4 Ventajas y Desventajas Cloud Computing.....	20
2.1.5 Proveedores de Servicios Cloud Computing	21
2.2 Internet de las Cosas (<i>IoT</i>).....	23
2.2.1 Dispositivos	24
2.2.2 Aplicaciones.....	24
2.2.3 Redes de Comunicaciones	24
2.2.4 Características fundamentales	24
2.2.5 Modelo de referencia de IoT	25
2.2.6 Ventajas y Desventajas de IoT.....	28
2.2.7 Proveedores de Servicios IoT	30



2.3	Modelo de Calidad ISO/IEC 25010	32
Capítulo 3 . Estado del Arte.....		38
Capítulo 4 . Revisión Sistemática.....		41
4.1	<i>Fase de planeamiento de la revisión</i>	41
4.1.1	Identificación de la necesidad de la revisión.....	41
4.1.2	Formulación de las preguntas y sub-preguntas de investigación .	41
4.1.3	Estrategia de búsqueda	42
4.1.3.1	<i>Búsquedas manuales</i>	42
4.1.3.2	<i>Búsquedas automáticas</i>	43
4.1.3.3	Período de Búsqueda.....	43
4.1.3.4	Criterios de Inclusión y Exclusión.....	43
4.1.3.5	Criterios de extracción de datos	44
4.1.3.6	Métodos de Síntesis	46
4.2	<i>Fase de ejecución de la revisión</i>	46
4.2.1	Identificación de la Investigación	46
4.2.2	Aseguramiento de la calidad de los estudios.....	48
4.2.3	Extracción y monitoreo de los datos	48
4.2.4	Síntesis de los datos.....	48
4.3	<i>Fase de reporte de resultados</i>	49
Capítulo 5 . Modelo de Calidad		57
5.1	Definición de Modelo de Calidad.....	57
5.2	Definición de los Objetivos de Calidad	57
5.3	Descripción del Modelo de Calidad.....	59
5.4	Características de Calidad del Modelo Propuesto	59
	Eficiencia de desempeño	60
	Usabilidad	67
	Portabilidad.....	72
Capítulo 6 . Conclusiones y Trabajo Futuro		75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		77
ANEXOS		81



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Características Esenciales Cloud Computing	17
Tabla 2-2. Modelos de Despliegue.....	19
Tabla 2-3. Proveedores Cloud Computing	22
Tabla 2-4. Características IoT	24
Tabla 2-5. Capacidades de Soporte Genéricas y Específicas	25
Tabla 2-6. Capacidades de Red.....	26
Tabla 2-7. Manejo Conversión de Protocolo	27
Tabla 2-8. Proveedores de IoT.....	31
Tabla 2-9. Subcaracterísticas Adecuación Funcional.....	33
Tabla 2-10. Subcaracterísticas Eficiencia de desempeño	33
Tabla 2-11. Subcaracterísticas Compatibilidad	34
Tabla 2-12. Subcaracterísticas Usabilidad	34
Tabla 2-13. Subcaracterísticas Fiabilidad	35
Tabla 2-14. Subcaracterísticas Seguridad	35
Tabla 2-15. Subcaracterísticas Mantenibilidad.....	36
Tabla 2-16. Subcaracterísticas Portabilidad.....	37
Tabla 4-1. Cadena de Búsqueda: “Quality AND Cloud Services AND IoT”	43
Tabla 4-2. Criterios de extracción de datos.....	44
Tabla 4-3. Síntesis de datos.....	49
Tabla 4-4. Resultados de aseguramiento de calidad de los estudios.....	50
Tabla 4-5. Resultados de criterios de extracción de datos	51
Tabla 5-1. Aplicación del modelo Goal-Question-Metric (GQM).....	58
Tabla 5-2. Modelo de Calidad - Característica Eficiencia de Desempeño.....	61
Tabla 5-3. Modelo de Calidad - Característica Usabilidad	67
Tabla 5-4. Característica Portabilidad	72
Tabla a-1. Extracción de datos.....	81
Tabla a-2. Modelo de calidad IoT – Cloud Computing	87



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Estructura del trabajo	15
Figura 2-1. Representación de la definición de Cloud Computing del NIST.....	16
Figura 2-2. Modelos de Servicio Cloud Computing.	19
Figura 2-3. Representación IoT.....	23
Figura 2-4. Modelo de Referencia IoT.....	28
Figura 2-5. Características del Modelo de Calidad ISO/IEC 25010.....	32
Figura 3-1. Convergencia Cloud Computing e IoT	38
Figura 4-1. Resultados de las búsquedas	47
Figura 4-2. Relaciones entre criterios de extracción: EC5- modelo IoT, EC2- modelo de servicio de Cloud Computing, EC6-sensibilidad de contexto y EC4- IoT	53
Figura 4-3. Relaciones entre criterios de extracción: EC1- características de calidad ISO25010, EC3- modelo de despliegue de Cloud Computing, EC4- IoT y EC8-tipo de validación de estudio	54
Figura 4-4. Relaciones entre criterios de extracción: EC9- ámbito de enfoque, EC6-Sensibilidad de contexto, EC10- metodología, EC2-Modelo de servicio de Cloud Computing.....	55
Figura a-1. Modelos de servicio de cloud computing	83
Figura a-2. Características de Calidad de Cloud Computing e IoT – ISO/IEC 25010	83
Figura a-3. Modelos de despliegue de cloud computing	83
Figura a-4. Internet de las cosas	84
Figura a-5. Modelo de Referencia IoT.....	84
Figura a-6. Sensibilidad de contexto	84
Figura a-7. Fases en las cuales los estudios están basados	85
Figura a-8. Tipo de validación del estudio	85
Figura a-9. Ámbito del enfoque	85
Figura a-10. Metodología	86
Figura a-11. Ambiente de uso	86



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL



Universidad de Cuenca

Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Juan Gabriel Pérez Zúñiga, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "CALIDAD DE SERVICIOS EN LA NUBE EN COMBINACIÓN CON EL INTERNET DE LAS COSAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA Y MODELO DE CALIDAD" reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 29 de septiembre del 2017

Juan Gabriel Pérez Zúñiga

C.I: 0102780269



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Cláusula de Propiedad Intelectual

Juan Gabriel Pérez Zúñiga, autora del trabajo de titulación “CALIDAD DE SERVICIOS EN LA NUBE EN COMBINACIÓN CON EL INTERNET DE LAS COSAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA Y MODELO DE CALIDAD”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 29 de septiembre del 2017



Juan Gabriel Pérez Zúñiga

CI. 0102780269



DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada de manera muy especial a mi familia y todos aquellos que con su apoyo me alentaron en el desarrollo de esta tesis.



AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios por darme la fortaleza para cumplir esta meta.

Un sincero agradecimiento a todos los que conforman el Centro de Posgrados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, y de manera especial a mi directora, Ing. Priscila Cedillo y al Ing. Diego Ponce, que hicieron posible la culminación de este trabajo de tesis.

Así mismo agradezco a todos mis familiares que siempre están a mi lado apoyándome e impulsándome a superarme en mi formación académica y vida profesional.



Capítulo 1 . Introducción

Las características de la computación en la nube (cloud computing) han hecho de ésta una opción atractiva a ser considerada como alternativa para la provisión de infraestructura, plataforma o software; lo que ha permitido su vertiginoso crecimiento y adopción como una solución ajustada a las necesidades actuales de las organizaciones modernas, ya que ésta constituye una solución altamente disponible y económica, que permite minimizar costos de mantenimiento y evita las inversiones excesivas dado su modelo de pago por uso (“pay as you go”) (Antonopoulos & Gillam, 2014).

Por otro lado, el Internet de las Cosas (IoT) busca contribuir con soluciones hacia una inteligencia ambiental que favorece la integración de la informática al entorno de las personas, de modo que los ordenadores no sean percibidos, pero sin embargo abarquen la mayoría de los objetos utilizados de manera cotidiana (Hansmann, Merk, Nicklous, & Stober, 2003). 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 la toma de signos vitales se requieren características de precisión o eficiencia, mientras que cuando se necesita la realización de transacciones, las características de seguridad de la información pueden ser críticas (Cedillo & Pérez, 2016).

En cloud computing, 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 explican 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 (Comuzzi, Jacobs, & Grefen, 2013).

Si bien existe investigación que aborda ciertas características que deben ser tomadas en cuenta a la hora de adoptar cloud computing dentro de una organización (Oficial, Serie, & Febrero, 2012), muchas de éstas no han considerado las últimas tecnologías que han aparecido y hacen uso de cloud



computing (p. ej. Internet de las Cosas, Mobile Cloud Computing) (Rahimi, Ren, Liu, Vasilakos, & Venkatasubramanian, 2014) (Botta, Donato de, Persico, & Pescapé, 2014), así como tampoco presentan una relación entre los conceptos de calidad expresados en un estándar de calidad de producto como por ejemplo ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015) y las características de calidad necesarias en IoT cuando esta tecnología hace uso de cloud computing.

Dada la importancia de determinar las características de calidad que deben ser abordadas cuando se utilizan éstas dos tecnologías en conjunto, el presente trabajo desarrolla una revisión sistemática a través de la búsqueda de respuestas a preguntas de investigación; para ello se hace uso de la metodología de revisiones sistemáticas propuesta por Kitchenham et al. (Barbara Kitchenham & Charters, 2007), para finalmente proponer un modelo de calidad que sirva como insumo para futuras propuestas de evaluación de la calidad de estas tecnologías.

1.1 Motivación

- Existen estudios primarios de características de calidad como base en este tipo de tecnologías, sin embargo, no se han reportado estudios secundarios que permitan unificar y dar una idea global sobre la calidad de producto.
- Para la evaluación de la calidad de producto en aplicaciones que combinen IoT con Cloud Computing, es necesario contar con un modelo de calidad de producto alineado con una normativa, en este caso la ISO/EC 25010.
- Contribuir con una investigación clara y fundamentada en las normas existentes con el fin de determinar las principales características de calidad a ser consideradas a la hora de evaluar este tipo de aplicaciones.

1.2 Objetivo General

Investigar y analizar los aspectos de calidad que deben ser considerados al momento de combinar la computación en la nube (cloud computing) con el Internet de las cosas (IoT), a fin de proponer un modelo de calidad que sirva como insumo para evaluar estas tecnologías trabajando en conjunto.



1.3 Objetivos Específicos

- Seleccionar los principales estudios primarios que abordan la calidad de Cloud Computing e IoT.
- Ejecutar una revisión sistemática de la literatura, con el fin de analizar los principales estudios primarios seleccionados en busca de los aspectos de calidad.
- Proponer con los resultados obtenidos, un modelo de calidad que pueda servir de insumo a un método de evaluación de la calidad de Cloud Computing e IoT.

1.4 Estructura del trabajo de titulación

El presente trabajo consta de 5 partes fundamentales, distribuidas de la siguiente manera:

Capítulo 1. Introducción, se realiza la presentación del trabajo dando una idea amplia sobre la motivación para realización de este estudio, objetivo general, objetivos específicos y los contenidos a desarrollar.

Capítulo 2. Base Tecnológica, se muestra todos los conceptos necesarios para un mejor entendimiento del lector de los temas a tratar.

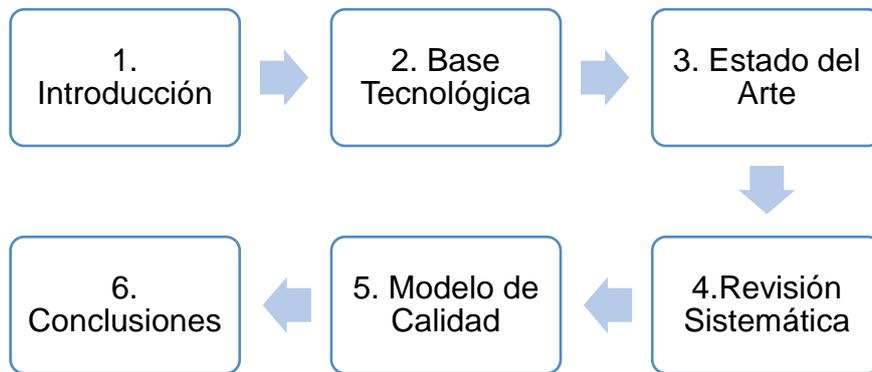
Capítulo 3. Estado del arte, incluye el estado actual de la investigación que aborda la combinación de las dos tecnologías en estudios secundarios.

Capítulo 4. Revisión Sistemática, búsqueda de criterios mediante el cumplimiento de los tres pasos del protocolo de revisión: planeamiento, conducción o ejecución de la revisión y reporte de resultados.

Capítulo 5. Modelo de Calidad, esquematiza una propuesta de modelo de calidad basados en el ISO/ICE 25010.

Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro.

Figura 1-1. Estructura del trabajo

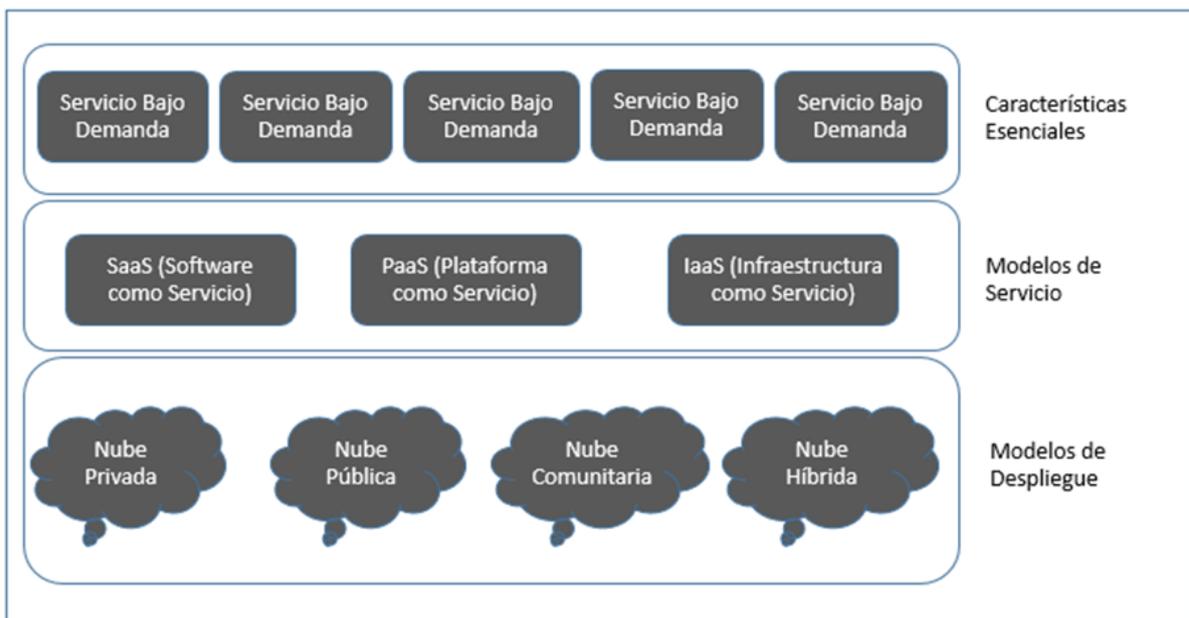


Capítulo 2 . Base Tecnológica

2.1 Computación en la Nube (*Cloud Computing*)

Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) en la publicación especial No. 800-145 define Cloud Computing como un modelo que permite el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda a una gran cantidad de servicios configurables (ej., redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser provistos eficientemente y manejados con un bajo esfuerzo e interacción mínima del proveedor del servicio (Mell & Grance, 2011). La Figura 2-1 muestra una mejor apreciación de la definición y esquematización de Cloud Computing.

Figura 2-1. Representación de la definición de Cloud Computing del NIST.



Fuente: ICIC (M. del Rio, 2010)

2.1.1 Características Esenciales

El modelo está compuesto por 5 características esenciales que se detallan a continuación:



Tabla 2-1. Características Esenciales Cloud Computing

Característica	Descripción
<u>Servicio Bajo Demanda</u>	Son las capacidades de computación que se ajustan a las necesidades, como el tiempo del servidor y el almacenamiento en red, sin interacción con el proveedor de servicios.
<u>Acceso Amplio a la Red</u>	Son capacidades que están disponibles mediante el uso de la red hacia la nube pública, privada e híbrida y se accede a través de mecanismos que permiten la utilización de plataformas heterogéneas (ej., tablets, teléfonos móviles, computadoras portátiles y estaciones de trabajo).
<u>Pila de Recursos</u>	Son los elementos informáticos agrupados del proveedor que brindan un servicio a múltiples consumidores, mediante un modelo multiusuario (multitenant) con recursos físicos y virtuales que son asignados de acuerdo a la demanda del consumidor.
<u>Elasticidad Rápida</u>	Son las capacidades que pueden rápidamente adicionar o disminuir recursos en algunos casos automáticamente, según la demanda. Estas capacidades suelen ser ilimitadas en cantidad y en cualquier momento.
<u>Servicio a la Medida</u>	Son capacidades de la nube que monitorizan, controlan y mejoran automáticamente el uso de los recursos valiéndose de la capacidad de medición según el nivel de abstracción apropiado.

Fuente: NIST (Mell & Grance, 2011)

2.1.2 Modelos de Servicio de Cloud Computing

La prestación de servicios de cloud computing, se describen de la siguiente manera:

2.1.2.1 Software como Servicio (SaaS):

Destinado al consumidor que utiliza aplicaciones que se ejecutan en una infraestructura cloud computing. Las aplicaciones son asequibles desde varios



dispositivos cliente a través de una interfaz de cliente, como un navegador web (por ejemplo, correo electrónico basado en la Web), o una interfaz de programa. El consumidor no administra redes, servidores, sistemas operativos, capacidades en la aplicación, excepto usuarios específicos (Mell & Grance, 2011).

2.1.2.2 *Plataforma como Servicio (PaaS):*

Es la capacidad destinada al consumidor desarrollador y desplegada en la infraestructura de cloud computing, elaboradas con un lenguaje de programación, servicios y herramientas soportados por el proveedor. La infraestructura y recursos como redes, servidores, sistemas operativos de almacenamiento son exclusivamente controlados por el proveedor, sin embargo, el consumidor maneja las aplicaciones desplegadas y configuración del entorno de hospedaje de aplicaciones (Mell & Grance, 2011).

2.1.2.3 *Infraestructura como Servicio (IaaS):*

Destinada al consumidor, es la capacidad que permite el procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos donde es capaz de desplegar y ejecutar software arbitrario, como sistemas y aplicaciones. El consumidor no administra la nube; sin embargo, controla los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones desplegadas, y limitadamente componentes de red (Mell & Grance, 2011).

La infraestructura de cloud computing es la colección de hardware y software que permite a las cinco características esenciales; puede verse como el conjunto de una capa física (hardware) y una capa lógica (software) desplegada a través de la anterior (Mell & Grance, 2011).

A continuación las especificaciones y características de los modelos de servicio en la siguiente figura:

Figura 2-2. Modelos de Servicio Cloud Computing.



Fuente: Microsoft (Microsoft, 2017)

2.1.3 Modelos de Despliegue

Existen cuatro modelos que caracterizan el despliegue de la Computación en la Nube (Cloud Computing) que se describen en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Modelos de Despliegue

Modelo	Descripción
<u>Nube Privada</u>	Orientado para el uso exclusivo de la organización, puede tener múltiples consumidores o clientes internos, que podría ser propiedad o administrada por una tercera persona.
<u>Nube Pública</u>	Es de uso general y abierto para el público, puede pertenecer a una organización comercial, académica u gubernamental y ser administrada por la misma.
<u>Nube Comunitaria</u>	Es de uso exclusivo para una comunidad de consumidores u organizaciones con similares intereses. Puede ser administrada y operada por una o más de las organizaciones dentro de la comunidad dentro o fuera de las instalaciones.
<u>Nube Híbrida</u>	Está compuesta de dos o más nubes distintas (privadas, comunitarias o públicas) que siguen siendo entidades únicas.

Fuente: NIST (Mell & Grance, 2011)



2.1.4 Ventajas y Desventajas Cloud Computing

Con el fin de dar un mejor enfoque a esta tecnología es necesario determinar el valor objetivo de esta tecnología. A continuación, se detalla sus ventajas y desventajas.

Ventajas:

- La organización se enfoca en el core del negocio exclusivamente, el proveedor de cloud computing se encarga del aprovisionamiento de servicio(s) como tal que involucra el área de TI de la organización.
- La contratación de servicios de cloud computing se realiza en base al dimensionamiento de los recursos, además de adicionar o eliminar servicios a la medida impulsando un ahorro presupuestario en inversiones.
- Mejoras en equipamiento o infraestructura y consecuentemente la optimización en recursos de tecnologías de la Información.
- Disponibilidad de datos e información para ser gestionados en tiempo real desde cualquier lugar a través de cualquier dispositivo o equipo lo que conlleva una independencia del puesto o espacio físico de trabajo.
- Contingente tecnológico necesario en caso de eventos o desastres por parte de la mayoría de proveedores de servicios de cloud computing.
- Tiempos de implementación, personalización y ejecución al momento, basados en la experiencia de miles de usuarios o consumidores de servicios de cloud computing.

Desventajas:

- Aspectos legales y regulatorios para datos e información sensible, personal, entre otros.
- Dependencia total del proveedor de servicios en cuanto a la gestión y preservación de los datos e información de la organización.
- Dependencia del correcto funcionamiento de las vías de acceso hacia la información ya sea internet u otro canal de datos.
- Tiempo de valoración de riesgos previo a la implementación y



direccionamiento del negocio mediante el uso de servicios de cloud computing.

- Periodo de habituación, uso y resistencia del personal de la empresa bajo los parámetros de servicios de cloud computing implementados.
- El manejo de la seguridad es un punto clave para el uso de estos servicios, la eficiencia a la vanguardia depende del proveedor.

2.1.5 Proveedores de Servicios Cloud Computing

En la siguiente tabla se ejemplifica los proveedores de mayor renombre y posicionamiento en el mercado. Se incluye una breve descripción de los servicios y soluciones ofertadas enfocándose a aquellos que se refiere en el estudio y establecidos en NIST (Mell & Grance, 2011).

Tabla 2-3. Proveedores Cloud Computing

Proveedor	Modelo de Servicio en los cuales se enfoca			Descripción
	SaaS	PaaS	IaaS	
<i>SalesForce</i>	X			Expertos en el manejo de CRM es una solución completa e integrada para gestionar todas las interacciones con sus clientes y prospectos. No hay software, no hay hardware.
<i>Microsoft Azure</i>		X		Es una colección de servicios en la nube integrados para desarrolladores y profesionales de TI al momento de crear, implementar y administrar aplicaciones.
<i>Amazon Web Services (AWS)</i>			X	Ofrece soluciones de confianza basadas en la nube para atender las necesidades del negocio, almacenamiento, máquinas virtuales, redes y contenido, herramientas para desarrolladores, entre otras.
<i>Google App Engine</i>		X		Permite construcción de nuestra aplicación y en la posibilidad de ejecutarla directamente sobre la infraestructura de Google, es decir, la que Google usa para sus propios productos.
<i>Rackspace</i>			X	Responde con facilidad tanto al iniciarse en este tipo de recursos, como para avanzar y escalar en contenidos y soluciones.
<i>IBM SmartCloud</i>		X		Permite la implantación de aplicaciones de alto rendimiento en la nube que simplifica la instalación, puesta en marcha, configuración y gestión de aplicaciones, middleware y herramientas.
<i>VMware Cloud Foundation</i>			X	Ofrece una infraestructura de nube empresarial para la nube privada y pública que combina la virtualización del entorno de TI.
<i>Oracle Cloud</i>			X	Provee una serie de prestaciones como almacenamiento, redes y computación flexible, funciones nativas, herramientas de migración y contenedores.
<i>Cisco Spark</i>	X			Permite el uso de servicios de colaboración en la nube basado en web y aplicación facilitando un flujo de trabajo continuo.
<i>Arsys Cloud Hosting</i>		X		Mantiene el propósito de facilitar la puesta en marcha de proyectos web a agencias interactivas, desarrolladores y diseñadores web.
<i>Alibaba Cloud Services</i>			X	Ofrece soluciones de almacenamiento, seguridad, IoT, computación, red, almacenamiento y contenido de medios digitales, entre otros.
<i>NetSuite</i>	X			Trabaja en los segmentos de contabilidad y ERP del mercado de SaaS, proporciona una integración completa entre la gestión del negocio y las aplicaciones en la nube.
<i>Claro Cloud</i>	X		X	Con operaciones en el país, su línea de negocio se orienta a soluciones de colaboración, infraestructura y seguridad en el mercado de Cloud

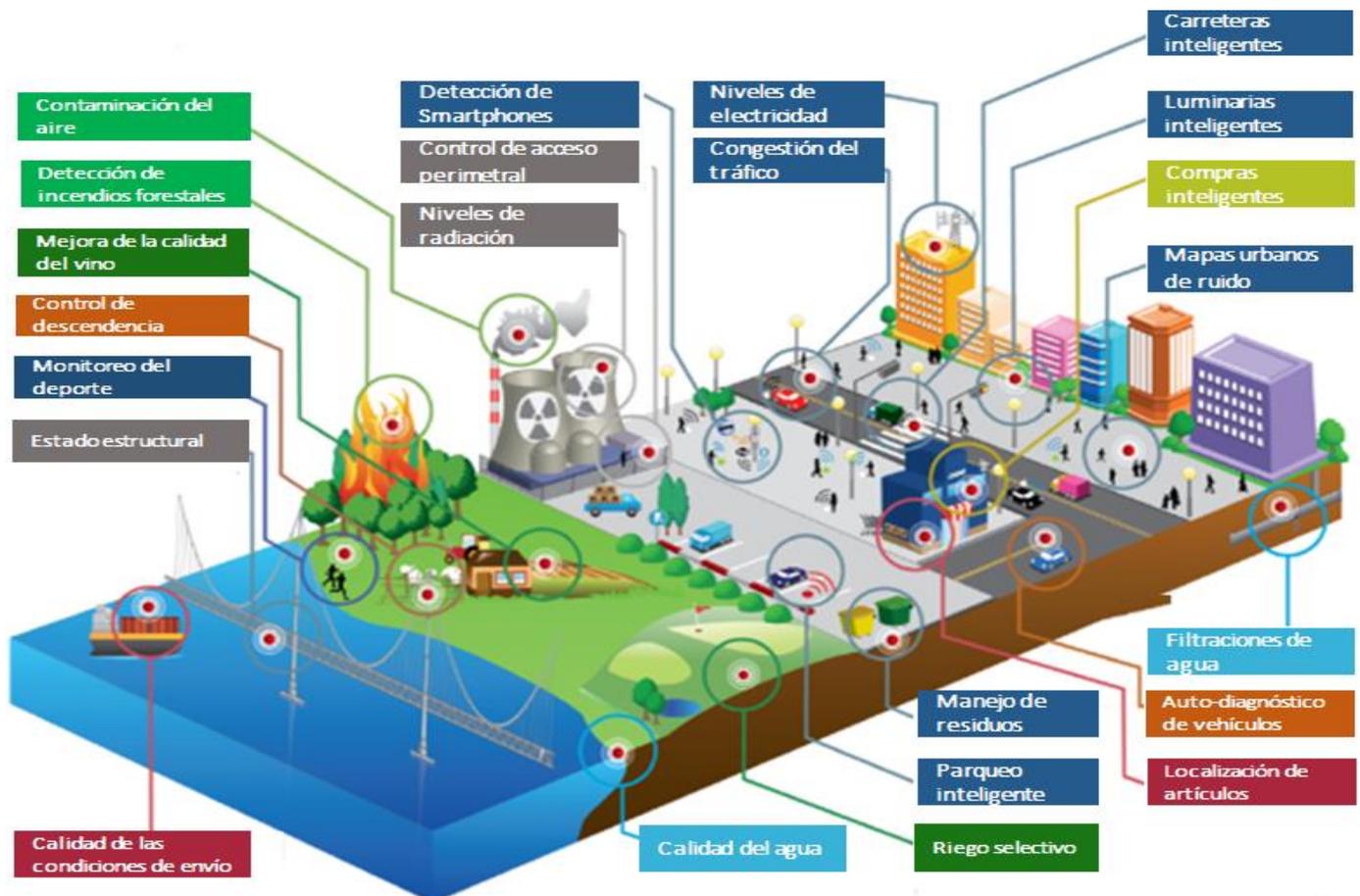
Fuente: Microsoft(Microsoft, 2017); Comparativa de Servicios (Palazón, 2017);(Rodríguez, 2015)

2.2 Internet de las Cosas (IoT)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones en la recomendación UIT-T Y-2060, define a IoT como la infraestructura a nivel global para la sociedad de la información que permite la prestación de servicios prósperos mediante la interconexión de objetos ya sean estos físicos o virtuales; gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información (TI) y comunicación en la actualidad y a futuro (ITU Corporation, 2015).

IoT utiliza los “objetos” para la identificación y detección, adquisición, procesamiento y comunicación de datos, de esta manera ofrecer servicios a todos los tipos de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad (ITU Corporation, 2015).

Figura 2-3. Representación IoT - Mundo Inteligente



Fuente: IoT España (IOT - ESPAÑA, 2017)



2.2.1 Dispositivos

Describen a elementos importantes que permiten comunicación y detección, adquisición, almacenamiento, operación y procesamiento de datos (UIT-T, 2014). Obtienen y ejecutan información la cual es entregada a las redes de información y comunicación para el procesamiento respectivo.

2.2.2 Aplicaciones

Pueden basarse en plataformas patentadas o de servicios/aplicaciones comunes con capacidades genéricas, destinadas para conseguir un propósito determinado, como recopilar información, autenticación, gestión de dispositivos, entre otros (UIT-T, 2014). Como ejemplos tenemos el seguimiento biométrico de los animales y su geolocalización, gestión de almacén de logística, gestión de suministros, monitoreo a pacientes, domótica (hogar inteligente), gestión ambiental.

2.2.3 Redes de Comunicaciones

Destinadas para la transferencia de datos adquiridos por los dispositivos a aplicaciones y otros dispositivos, así como instrucciones de las aplicaciones a los dispositivos. Ofrecen capacidades de transferencia de datos fiables y eficientes (UIT-T, 2014).

2.2.4 Características fundamentales

Las características fundamentales de IoT son las siguientes:

Tabla 2-4. Características IoT

Característica	Descripción
<u>Interconectividad</u>	Es la característica que permite la comunicación con la infraestructura mundial de la información y la comunicación.
<u>Servicios relacionados con objetos</u>	Permiten suministrar servicios relacionados con objetos físicos y virtuales, como medida de protección a la privacidad y coherencia semántica entre los mismos.



<u>Heterogeneidad</u>	Es la interacción entre los dispositivos en diferentes entornos/ambientes de TI.
<u>Cambios dinámicos</u>	Permite que los dispositivos cambien de estado del modo reposo al activo, conectado y/o desconectado, así como el contexto del dispositivo, como la ubicación y velocidad.
<u>Escala enorme</u>	El incremento de dispositivos conectados a internet puede ocasionar que se requiera mayores prestaciones en la comunicación para su correcto funcionamiento, gestión y conexión.

Fuente: UIT-T (UIT-T, 2014)

2.2.5 Modelo de referencia de IoT

De acuerdo a la UIT (UIT-T, 2014), el modelo consta de cuatro capas y capacidades de gestión y de seguridad que se describen a continuación:

Capa de Aplicación, contiene las aplicaciones de la IoT.

Capa de Apoyo de Servicios y Aplicaciones, consiste en los dos siguientes grupos de capacidades:

Tabla 2-5. Capacidades de Soporte Genéricas y Específicas

Capacidades de soporte genéricas	Capacidades de soporte específicas
Se pueden utilizar en aplicaciones de procesamiento o almacenamiento de datos. Son capacidades comunes y pueden ser usadas por otras específicas.	Son exclusivas y permiten atender las necesidades particulares de diversas aplicaciones. Consisten en diversos grupos de capacidades particulares que ofrecen distintas funciones de apoyo a las diferentes aplicaciones IoT.

Fuente: (UIT-T, 2014)

Capa de Red, consiste en dos tipos de capacidades:

Tabla 2-6. Capacidades de Red

Capacidades de red	Capacidades de transporte
Ofrecen funciones de control en la conectividad en red. Como: control de acceso y de recursos de transporte, gestión de la movilidad y autenticación, autorización y contabilidad.	Permiten la conectividad para el transporte de datos e información específica en IoT (servicios y aplicaciones), también al transporte de información de control y gestión relacionada con IoT.

Fuente: UIT-T (UIT-T, 2014)

Capa de Dispositivo, la clasificación lógica de las capacidades de la capa de dispositivo se divide en dos tipos:

- **Capacidades de dispositivo**, son las siguientes:
 - Interacción directa con la red de comunicaciones, donde los dispositivos pueden obtener, cargar y recibir directamente información, con el uso de las capacidades de la pasarela.
 - Interacción indirecta con la red de comunicación, donde los dispositivos pueden obtener, cargar y recibir indirectamente información, mediante las capacidades de la pasarela.
 - Redes ad-hoc, pueden construir una red temporal específica para aumentar la capacidad evolutiva y la velocidad de despliegue.
 - Modo reposo y activo, deben disponer de mecanismos para pasar a los modos "reposo" y "activo" a fin de ahorrar energía.
- **Capacidades de la pasarela**, son las siguientes:
 - Soporte de interfaces múltiples, dichas capacidades soportan dispositivos conectados mediante diferentes tipos de tecnologías alámbricas e inalámbricas. En la capa de red, pueden comunicarse a través de diversas tecnologías, ejemplo: redes telefónicas conmutadas, redes (2G o 3G, LTE), Ethernet, entre otras.
 - Conversión de protocolo, maneja dos tipos de escenarios como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2-7. Manejo Conversión de Protocolo

Escenario 1	Escenario 2
Para comunicaciones de la capa de dispositivo que utilizan protocolos diferentes. Ejemplo: protocolos de tecnología ZigBee y Bluetooth.	Para comunicaciones que trabajan en la capa de dispositivo y de red, con protocolos diferentes. Ejemplo: protocolos de tecnología ZigBee en la capa de dispositivo y 3G en la capa de red.

Fuente: UIT-T (UIT-T, 2014)

A continuación, se describen las capacidades de gestión y de seguridad que interactúan con todo el modelo de IoT:

Capacidades de Gestión, comprende gestión de fallos, configuración, contabilidad, del rendimiento y de la seguridad. Estas capacidades se clasifican de la siguiente manera:

- **Capacidades de gestión genéricas:**
 - *Gestión de dispositivos*, es el activar y desactivar remotamente, el diagnóstico, actualización del firmware y/o del software.
 - *Gestión del estado de trabajo del dispositivo*.
 - *Gestión de la topología de red local*.
 - *Gestión del tráfico y la congestión*, como la detección en la saturación de red y la aplicación de reserva de recursos.
- **Capacidades de gestión específicas**, relacionadas directamente con los requisitos específicos de la aplicación.

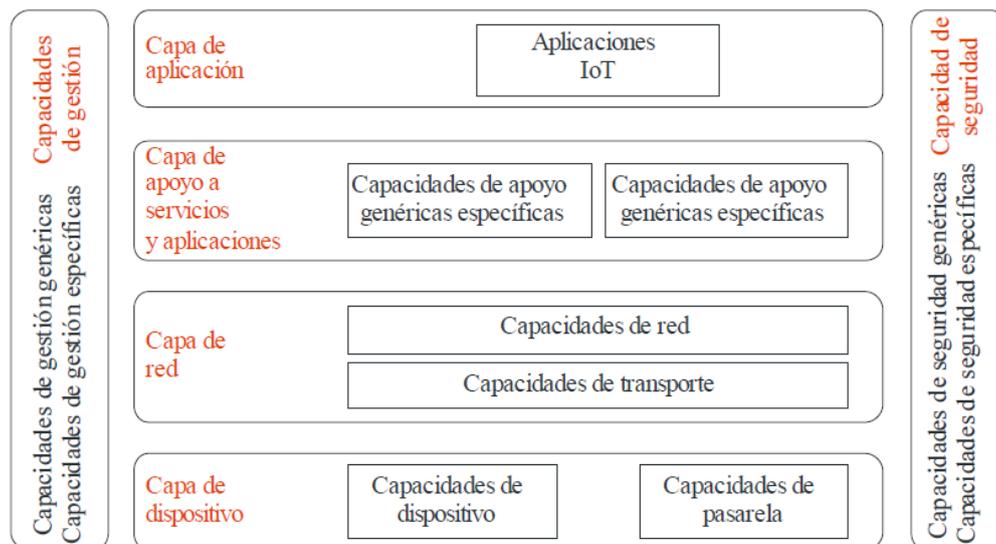
Capacidades de Seguridad, hay dos tipos de capacidades de seguridad: genéricas y específicas.

- **Capacidades de gestiones genéricas**, independientes de las aplicaciones:
 - *En la capa de aplicación*: autorización, autenticación, confidencialidad de datos de aplicación y protección de la integridad, protección de la

- privacidad, auditorías de seguridad y antivirus.
- *En la capa de red:* autorización, autenticación, confidencialidad de datos de señalización y de datos de uso, además de protección de la integridad de señalización.
 - *En la capa de dispositivo:* autenticación, autorización, validación de la integridad del dispositivo, control de acceso, confidencialidad de datos y protección de la integridad.
 - **Capacidades de seguridad específicas**, relacionadas directamente con los requisitos específicos de la aplicación.

Mediante la siguiente figura se esquematiza la estructura general del modelo tratado.

Figura 2-4. Modelo de Referencia IoT



Fuente: (UIT-T, 2014)

2.2.6 Ventajas y Desventajas de IoT

Para precisar un mayor enfoque del IoT, se detalla a continuación sus ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Este tipo de tecnología facilita la vida diaria de las personas y organizaciones



públicas/privadas con un excelente tratamiento de la información. Permite monitorear las actividades y signos vitales de los individuos además ayuda en la planificación y mejoramiento de cualquier proceso.

- Permite que las actividades cotidianas sean más fáciles para los usuarios dando paso a nuevas posibilidades de vida más confortable mediante la interacción de la persona, el mundo real y las máquinas.
- Inteligencia ambiental sostenible que contribuye a la integración de la Informática en el entorno de la persona.
- Mediante la red de comunicaciones, esta tecnología permite la interacción de objetos inteligentes con la visión de "en cualquier momento, en cualquier lugar, cualquier medio, cualquier cosa". ("anytime, anywhere, anymedia, anything") (Atzori, Iera, & Morabito, 2010).
- Con la aplicación de servicios autónomos se puede disponer de la información actualizada y totalmente al alcance para el análisis que se requiera.
- Ahorro de tiempo y dinero en tareas de gestión de monitorización de presupuestos y suministros.
- Como nuevo modelo de negocio basados en las oportunidades ofrecidas por esta tecnología.

Desventajas:

- Al realizar transacciones, las características de seguridad de la información pueden ser críticas (Cedillo & Pérez, 2016).
- Demanda características de calidad, las mismas que en gran medida dependen de la aplicación de los artefactos.
- La seguridad y privacidad depende de las aplicaciones de los artefactos de IoT.
- La red de comunicación en caso de fallas interrumpirá el funcionamiento de las aplicaciones y servicios de IoT.
- Se requiere un manejo de un estándar definido de otras tecnologías como: USB, Wifi, entre otras.
- Regulación y políticas no están muy bien establecidas en el aspecto legal.
- Se debe mantener un juicio crítico para discernir qué información es fiable y veraz al momento de hacer uso de la misma.



2.2.7 Proveedores de Servicios IoT

En la siguiente tabla se ejemplifica los proveedores IoT más citados en el mercado. Se incluye una breve descripción y características de servicios y soluciones ofertadas:



Tabla 2-8. Proveedores de IoT

Proveedor	Descripción	Características
<i>Oracle IoT</i>	Solución de Java Oracle mediante una plataforma integrada, segura y completa. Direccionada al manejo de una gran cantidad de datos facilitando la comunicación perfecta entre todos los elementos.	Captura de datos en tiempo real para el apoyo a dispositivos. Integra con los sistemas de TI y maneja Plataforma M2M. Facilita las comunicaciones entre dispositivos.
<i>HP news</i>	HP utiliza una forma revolucionaria en la recopilación y análisis de datos con CeNSE (Sistema Nervioso Central para la Tierra). Es una red altamente inteligente que consiste en miles de millones de sensores nanométricos capaces de gusto, el olfato, la visión, el tacto y el oído.	Sensores capaces de detectar fugas de gas y otras cuestiones. Útil para carreteras, edificios y otras obras de infraestructura. Uso potencial para la detección de alimentos / contaminación de las aguas. Para el control de enfermedades y monitorización de pacientes. Podría extender la vida útil de los componentes de fabricación en un 50%.
<i>Sensor Cloud News</i>	SensorCloud ofrece análisis Big Data integrados, alertas automáticas e informes accionables para el mantenimiento predictivo y seguimiento ágil de dispositivos conectados.	Almacenamiento de datos ilimitado, Fiabilidad Triple-redundante. Fácil de navegar a través de grandes cantidades de datos. Analizar a puntos singulares de interés. Flexible SMS / email scripting alerta.
<i>IBM - MessageSight, MobileFirst, BlueMix</i>	MessageSight Mensajería para datos de máquina a máquina (M2M). MobileFirst da a los objetos capacidades móviles. BlueMix plataforma de desarrollo para aplicaciones que pueden gestionar la recopilación y el análisis de datos IoT.	Conectar millones de objetos y millones de sucesos. Dar soporte a nuevos sistemas de interacción con personas, dispositivos móviles, sensores, máquinas y aplicaciones. Dirigir el negocio prácticamente desde cualquier lugar y en cualquier momento, con cualquier dispositivo. Recibir y responder a sucesos en prácticamente tiempo real.
<i>Microsoft Research de las Cosas</i>	Plataforma para la investigación experimental, permite la interconexión de dispositivos, aplicaciones para implementar y supervisar los estudios de campo, análisis de datos experimentales, compartir datos y código.	HomeOS plataforma de código de componente / fuente del lado del cliente, desplegadas en la PC basado en Windows (HomeHub). Aplicaciones y ejemplos de código fuente. Alertas, Camera Viewer, Sensor, dispositivos personalizados.
<i>General Electric - Predix</i>	Predix fue diseñado para atacar las fábricas, y dar sus ecosistemas la misma función simple y productiva como sistemas operativos que transformaron los teléfonos móviles.	Manejo de dispositivos conectados a los sectores comercial y de manufactura. Plataforma de software que integra los datos generados por la máquina con bases de datos tradicionales y en la nube. Dispone de productos para la gestión de las operaciones en los hospitales, así como la optimización de combustible para aviones y soluciones.
<i>Jasper IoT</i>	Utilizado por algunas de las corporaciones más grandes del mundo para lanzar, gestionar y monetizar los dispositivos conectados y potentes aplicaciones de IoT.	Integración con la infraestructura de TI existente, visibilidad de red completa. Analizar los patrones de comportamiento y rendimiento. Monitoreo, identificación, solución de problemas en tiempo real. Establecer las ofertas, eventos de campaña, alertas de servicio.
<i>Google NEST</i>	Nest es un termostato inteligente de Google que reúne dos características muy interesantes: diseño y eficiencia.	Aprender patrones que interactúan con los sistemas de la calefacción, iluminación y todos los aparatos que estén conectados para que brinden auto respuesta a los usuarios. Para ahorrar en la factura eléctrica y de gas es usar un termostato inteligente. Permitirá controlar la temperatura de tu casa desde el smartphone.
<i>Qualcomm AllJoyn</i>	Permite a los dispositivos inteligentes compatibles dentro de la proximidad de reconocer mutuamente, comunicar y compartir datos a través de las marcas, redes y sistemas operativos.	Reducir el tiempo, esfuerzo y costo para aplicaciones. Soporta una gran variedad de sistemas operativos. Optimizado para el uso en los móviles. Alto rendimiento y baja latencia. Controlar de forma segura el acceso de los usuarios a sus recursos y productos. Permite recopilar, ver y analizar métricas.
<i>AWS Kinesis</i>	Amazon Kinesis Streams permite crear aplicaciones personalizadas que procesan o analizan datos de streaming para necesidades especiales.	Rotar los archivos, crear puntos de restauración y realizar reintentos cuando se producen errores.
<i>BoschSI</i>	Permite la gestión de dispositivos, gestión de procesos de negocio y gestión de reglas de negocio. Conectividad simplificada y análisis de datos mejorados. Conecta cuatro elementos clave del ecosistema: Personas (Usuarios), las cosas, las empresas y Partners.	Sistema modular, rápido, fácil integración con los sistemas de TI. Proceso, regla y gestión de dispositivos Mejorar los proyectos existentes e iniciar nuevos modelos de negocio. Instalado en más de 600 proyectos internacionales.

Fuente: SoloElectronicos (Soloelectronicos, 2015); CIO (Butler, 2014); IBM (IBM, 2016); AWS (AWS Documentation, 2017)

2.3 Modelo de Calidad ISO/IEC 25010

La organización internacional para la estandarización ISO ha venido desarrollando distintos modelos acoplados a los requerimientos de evaluación de calidad del software (ISO/IEC 25010, 2015).

El modelo de calidad ISO/IEC 25010 determina un sistema de evaluación predilecto al momento de examinar el software, que será usado para este trabajo como referencia o guía con el fin de realizar un esquema que maneje los aspectos de calidad a considerar al momento de combinar Cloud Computing e IoT.

El modelo de calidad del producto definido por la ISO/IEC 25010 consta de ocho características de calidad que se muestran en la siguiente figura:

Figura 2-5. Características del Modelo de Calidad ISO/IEC 25010



Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

A continuación, se describirán cada una de estas características:

Adecuación Funcional, es la determinación del producto cuando tiene la capacidad de soportar necesidades declaradas e implícitas en condiciones específicas (ISO/IEC 25010, 2015). Contiene las siguientes subcaracterísticas:



Tabla 2-9. Subcaracterísticas Adecuación Funcional

Subcaracterística	Descripción
<u>Complejidad funcional</u>	Capacidad del producto cuando sus funcionalidades cubren todas las solicitudes y requerimientos del usuario.
<u>Corrección funcional</u>	Capacidad del producto que admite proporcionar resultados correctos con el nivel de precisión y exactitud requeridas.
<u>Pertinencia funcional</u>	Capacidad del software para suministrar funciones para tareas y objetivos de usuario específicos.

Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Eficiencia de desempeño, describe el rendimiento de la cantidad de recursos utilizados en determinadas condiciones (ISO/IEC 25010, 2015). Contiene las siguientes subcaracterísticas:

Tabla 2-10. Subcaracterísticas Eficiencia de desempeño

Subcaracterística	Descripción
<u>Comportamiento temporal</u>	Factores de rendimiento de un sistema como tiempos de respuesta, procesamiento al cumplir tareas en ciertas condiciones de relación con lo establecido o impuesto.
<u>Utilización de recursos</u>	Son las cantidades y tipos de recursos utilizados cuando el software lleva a cabo su función en condiciones definidas.
<u>Capacidad</u>	Grado en que los límites superiores de un parámetro de un producto o sistema software cumplen con los requisitos.

Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Compatibilidad, cuando la capacidad de dos o más sistemas, o conjunto de componentes para intercambiar información para realizar funciones demandadas y específicas, al compartir el mismo entorno hardware o software (ISO/IEC 25010, 2015). Contiene las siguientes subcaracterísticas:



Tabla 2-11. Subcaracterísticas Compatibilidad

Subcaracterística	Descripción
<u>Coexistencia</u>	Capacidad del software que tiene para interactuar con otro en un mismo ambiente de trabajo al compartir recursos por igual.
<u>Interoperabilidad</u>	Capacidad de intercambiar información de dos o más sistemas, con interfaces conocidas y sin restricción de acceso.

Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Usabilidad, es la capacidad del software de ser entendido, aprendido, usado y que es relevante para el usuario en condiciones particulares (ISO/IEC 25010, 2015). Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes subcaracterísticas:

Tabla 2-12. Subcaracterísticas Usabilidad

Subcaracterística	Descripción
<u>Capacidad para reconocer su adecuación</u>	Capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
<u>Capacidad de aprendizaje</u>	Capacidad del producto que permite al usuario comprender su aplicación.
<u>Capacidad para ser usado</u>	Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
<u>Protección contra errores de usuario</u>	Capacidad del sistema para proteger a los usuarios de cometer errores.
<u>Estética de la interfaz de usuario</u>	Es la manera en la que luce la interfaz hacia el usuario.
<u>Accesibilidad</u>	Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con características especiales.



Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Fiabilidad, la capacidad de un sistema o conjunto de elementos de realizar funciones especificadas mediante ciertas condiciones en periodos de tiempo determinados (ISO/IEC 25010, 2015). Contiene las siguientes subcaracterísticas:

Tabla 2-13. Subcaracterísticas Fiabilidad

Subcaracterística	Descripción
<u>Madurez</u>	Estado de completo desarrollo de un sistema para satisfacer las necesidades de fiabilidad en condiciones normales.
<u>Disponibilidad.</u>	Capacidad del sistema de ser accesible para su uso cuando se requiera.
<u>Tolerancia a fallos</u>	Capacidad para operar según lo previsto en presencia de fallos de hardware o software de un sistema.
<u>Capacidad de recuperación</u>	Disponer de mecanismos de recuperación de datos afectados y reestablecer el estado correcto/deseado de un sistema en caso de interrupción o fallo.

Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Seguridad, la capacidad de protección de la información y los datos de manera que personas o sistemas exclusivamente autorizados puedan revisarlos o modificarlos (ISO/IEC 25010, 2015). Contiene las siguientes subcaracterísticas:

Tabla 2-14. Subcaracterísticas Seguridad

Subcaracterística	Descripción
<u>Confidencialidad</u>	Es la protección de la información contra el acceso no autorizados, ya sea accidental o mal intencionado.
<u>Integridad</u>	Permite al sistema manejar mecanismos para prevenir accesos o modificaciones no autorizados a datos o programas de ordenador.



<u>No repudio</u>	Capacidad de demostrar las acciones o eventos que han tenido lugar, de manera que no puedan ser depuestos posteriormente.
<u>Responsabilidad</u>	Capacidad de rastrear de forma inequívoca las acciones de una entidad.
<u>Autenticidad</u>	Es el demostrar identidad de un sujeto o un recurso.

Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Mantenibilidad, la capacidad del producto software para ser transformado de manera efectiva y eficientemente, según necesidades crecientes, reformatorias o perfectivas (ISO/IEC 25010, 2015). Consta de las siguientes subcaracterísticas:

Tabla 2-15. Subcaracterísticas Mantenibilidad

Subcaracterística	Descripción
<u>Modularidad</u>	Es la protección contra el acceso de datos e información no autorizados, ya sea de manera accidental o mal intencionada.
<u>Reusabilidad</u>	La capacidad del producto de software de utilizar una parte o componente en otro proyecto o producto.
<u>Analizabilidad</u>	Facilita la evaluación del impacto de un determinado cambio sobre el resto del software, diagnosticar las deficiencias o causas de fallos en el software, o identificar las partes a modificar.
<u>Capacidad para ser modificado</u>	Capacidad del producto que permite que sea cambiado efectiva y eficientemente, sin provocar defectos o disminuir su desempeño.
<u>Capacidad para ser probado</u>	Facilita establecer criterios de prueba para un sistema o componente.



Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

Portabilidad, es la capacidad de ser transferido de forma efectiva y eficiente de un entorno hardware, software, operacional o de utilización a otro (ISO/IEC 25010, 2015). Contiene las siguientes subcaracterísticas:

Tabla 2-16. Subcaracterísticas Portabilidad

Subcaracterística	Descripción
<u>Adaptabilidad.</u>	Permite que el producto se acople efectiva y eficientemente a distintos entornos de hardware, software, operacionales o de uso.
<u>Capacidad para ser instalado</u>	Permite que el producto pueda instalarse y/o desinstalarse exitosamente dentro de un determinado entorno.
<u>Capacidad de ser reemplazado</u>	Capacidad del producto para ser utilizado exitosamente en lugar de otro software.

Fuente ISO 25010 (ISO/IEC 25010, 2015)

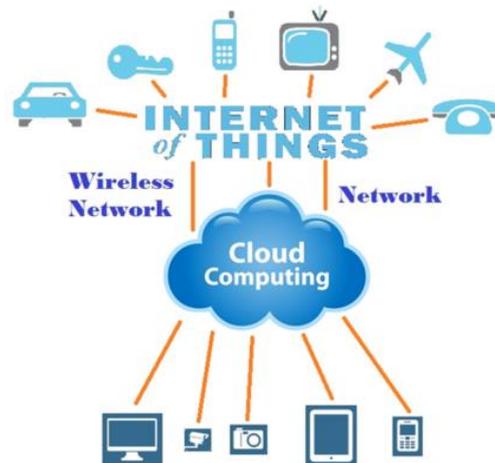
Capítulo 3 . Estado del Arte

Los avances tecnológicos proporcionan ciertos hitos clave para la construcción de plataformas y sistemas novedosos de última generación que permiten a organizaciones e instituciones a mejorar a tiempo real sus modelos de negocio (Core de negocio), así también transformarlas en nuevas oportunidades.

La combinación y convergencia de la tecnologías: computación en la nube (Cloud Computing) e Internet de las Cosas (IoT) atraen el interés de muchas comunidades de investigación y organizaciones, esto ha permitido la creación y mejoramiento de servicios, aplicaciones, eficiencia energética, capacidad computacional (Stergiou, Psannis, Kim, & Gupta, 2016), además del manejo de datos masivos en el uso de estas dos tecnologías, ocasionando a nivel macro mayor agilidad, productividad, desempeño, disminución de costo para la sociedad de la información.

En la figura 3-1 se puede observar las diferentes aplicaciones y dispositivos IoT – Cloud Computing y cómo interactúan entre ellas en la actualidad.

Figura 3-1. Convergencia Cloud Computing e IoT



Fuente: Future Generation Computer Systems (Stergiou et al., 2016)

Es trascendental disponer de estas tecnologías en evolución que ofrezcan la mejor gestión de comunicación y garantía de calidad (Barbucha, Thanh, & John,



2015). Un tema muy importante, ya que sin un modelo a seguir no se podría evaluar los servicios ofertados.

El estudio presentado por Cavalcante (Cavalcante et al., 2016) en el año 2016, provee una revisión del estado actual en materia de integración entre cloud computing e IoT. Dicho estudio arroja un resultado de 35 estudios donde se presentan estrategias, soluciones, retos y oportunidades en este contexto. Sin embargo, en este artículo no se hace mención a temas de calidad necesarios en la integración de Cloud Computing e IoT.

Otro estudio secundario es el realizado por Atzori (Atzori et al., 2010), aborda temas generales sobre IoT y la integración con otras disciplinas. Así como también actividades sinérgicas realizadas en diferentes áreas del conocimiento, como telecomunicaciones, informática, electrónica, entre otras. Si bien es cierto presenta bases sólidas trata levemente temas específicos de calidad que involucren en su defecto ambas tecnologías

La calidad juega un papel importante cuando convergen estas dos tecnologías, con la expectativa de una nueva revolución industrial los dispositivos integrados en la red distorsionan aún más la línea entre el mundo real y el virtual. (Fortino & Trunfio, 2014). Los beneficios pueden llegar a ser tangibles en las áreas claves de innovación y crecimiento económico, tales como ciudades inteligentes, energía, automatización industrial. Tal es el caso del nuevo paradigma llamado "Cloud Robótica" (Koubaa & Shakshuki, 2016) que se viabilizará en un futuro cercano, este combina la tecnología robótica con networking y cloud computing que enlazan una gran cantidad de robots, sensores, dispositivos portátiles y centros de datos en tiempo real.

Estudios como: *"Monitorización de calidad de servicios cloud mediante modelos en tiempo de ejecución"* (Cedillo, 2016), *"A Monitoring Infrastructure for the Quality Assessment of Cloud Services"* (Cedillo, Gonzalez, Abrahao, & Insfran, 2016), han tratado temas de cloud computing y monitorización, sin embargo no han abordado temas referentes a IoT.



La heterogeneidad de servicios y aplicaciones a la cual se enfoca la convergencia de IoT y Cloud Computing, comúnmente llamado “Cloud of Things” envuelve cierta infraestructura, equipamiento, networking, sensores, entre otros actores involucrados, ya sean en el área física o lógica (Hardware o Software). Todo esto funciona a merced de las grandes compañías Amazon, Google, IBM, Microsoft lo que ocasiona un retraso contundente al momento de establecer los parámetros que definirán la calidad y eficiencia.

Por otro lado Stergiou y colaboradores (Stergiou et al., 2016) realizaron una investigación en donde abordan temas relacionados específicamente a la seguridad cuando se integran estas dos tecnologías en esquemas propios sobre procesos y almacenamiento de datos soportados en redes inalámbricas.

Tomando en cuenta los estudios antes expuestos y en base a lo conocido al de realizar la presente tesis no se han encontrado trabajos que determinen puntualmente los aspectos de calidad en que se integran IoT y Cloud Computing al momento, por lo que se ha visto necesaria la elaboración de un estudio secundario en donde se establezcan características de calidad de relevancia.



Capítulo 4 . Revisión Sistemática

El presente protocolo de revisión (Cedillo & Pérez, 2016), presentado a lo largo de este trabajo obedece a las guías planteadas por Kitchenham (B. Kitchenham, Kitchenham, & Charters, 2007) en el cual se establecen tres fases dentro de la revisión: (i) planeamiento, (ii) conducción o ejecución de la revisión y (iii) reporte de resultados.

4.1 Fase de planeamiento de la revisión

En esta fase se realizan los pasos necesarios para planificar y delimitar la revisión sistemática que permitirá abstraer las características principales de la computación en la nube cuando trabaja en conjunto con el Internet de las Cosas.

4.1.1 Identificación de la necesidad de la revisión

Al momento de realización de este trabajo de titulación y tomando en cuenta estudios secundarios relacionados con las bases de este trabajo, se establece que no se han encontrado investigaciones que determinen puntualmente los criterios de calidad cuando se combinan Cloud Computing e IoT, por lo que se ha visto necesaria la elaboración de una revisión sistemática de cuyos resultados se pueda obtener una base sólida hacia la búsqueda de hallazgos referentes a temas de calidad relacionados con estas tecnologías funcionando en conjunto.

4.1.2 Formulación de las preguntas y sub-preguntas de investigación

4.1.2.1 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 (cloud computing) con el Internet de las Cosas (IoT) y en qué dirección se está llevando a cabo dicha investigación?*”



4.1.2.2 Sub-preguntas de Investigación

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

RQ2: *¿Cómo se aborda en la actualidad la investigación dentro de la computación en la nube (cloud computing) en combinación con el Internet de las Cosas (IoT)?*

4.1.3 Estrategia de búsqueda

El protocolo de esta revisión sistemática ha sido presentado en el VII Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2016) (Cedillo & Pérez, 2016), en el cual se hace una introducción hacia la revisión sistemática llevada a cabo en este capítulo.

4.1.3.1 Búsquedas manuales

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 consideraron 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.



4.1.3.2 **Búsquedas automáticas**

Para las búsquedas automáticas, se han considerado las bibliotecas digitales: (i) ACM Digital Library, (ii) IEEE Xplore Digital Library, y (iii) Springer Link y se ha planteado una cadena de búsqueda como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-1. 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

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3 **Período de Búsqueda**

Se seleccionaron los artículos cuya fecha de publicación fue desde 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*” (Ashton, 2009).

4.1.3.4 **Criterios de Inclusión y Exclusión**

Los criterios de inclusión en la revisión fueron los siguientes:

- Estudios que presenten temas de calidad siempre que estén involucrados tanto con IoT como con cloud computing. 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.

Los criterios de exclusión en la revisión fueron los siguientes:

- 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.

4.1.3.5 Criterios de extracción de datos

Los criterios de extracción fueron seleccionados cuidadosamente con el fin de contestar la pregunta y sub-preguntas de investigación y de realizar métodos de síntesis apropiados que permitan tener una idea global del tema. A continuación en la Tabla 4-2 se encuentran cada uno de ellos.

Tabla 4-2. Criterios de extracción de datos

RQ1: ¿Cómo se aborda en la actualidad la investigación dentro de la computación en la nube (cloud computing) y el Internet de las Cosas (IoT)?		
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 (Mell & Grance, 2011)	Infraestructura como servicio Plataforma como servicio Software como servicio
EC3	Modelos de despliegue en Computación en la Nube (Mell & Grance, 2011)	Red Privada Red Pública Red Híbrida



EC4	Internet de las Cosas [ref. ITU]	Middleware
		Dispositivo / Objeto
		Gateway
		Objeto Físico
		Objeto Virtual
EC5	Modelo de Referencia IoT [ref. ITU]	Capa de Aplicación
		Capa de Soporte de Servicios y Aplicaciones
		Capa de Red
		Capa de Dispositivo
		Capa de Gestión
		Capa de Seguridad
EC6	Sensibilidad al Contexto	Si
		No
<hr/> RQ2: ¿Cómo se está llevando a cabo actualmente la investigación dentro de la computación en la nube (cloud computing) en combinación con el Internet de las Cosas (IoT)? <hr/>		
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



EC11 Ambiente de uso

Prototipo

Framework

Tool

Lenguaje de Programación

App

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.6 Métodos de Síntesis

La síntesis de datos se llevó a cabo mediante métodos cuantitativos y cualitativos.

La síntesis cuantitativa se realizó de la siguiente manera:

- Se hizo un conteo de los estudios primarios que fueron clasificados de acuerdo a los criterios.
- Se realizó el diagrama de burbujas con el fin de combinar los resultados de las sub-preguntas de investigación.
- Se contó el número de artículos clasificándolos por año de publicación y fuente bibliográfica.

Por otro lado, la síntesis cualitativa se basó en:

- La inclusión de estudios representativos para cada criterio según la relevancia resultante de la pregunta de investigación.

4.2 Fase de ejecución de la revisión

4.2.1 Identificación de la Investigación

La búsqueda para identificar los estudios primarios se realizó en bibliotecas digitales, conferencias, workshops, revistas y libros descritos previamente en la estrategia de búsqueda en el periodo de diciembre 2016 a marzo 2017.

La aplicación del protocolo de revisión arrojó los siguientes resultados:

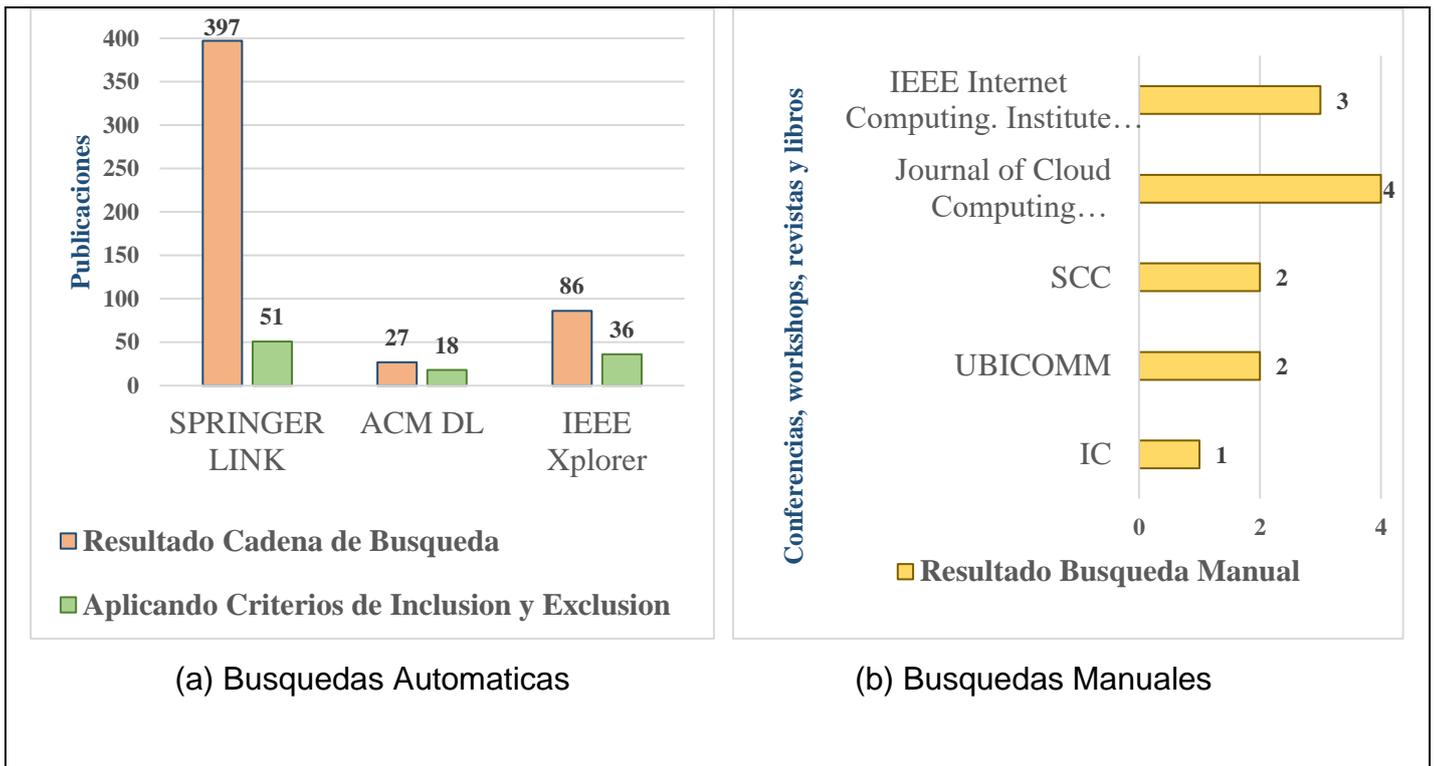


Se obtuvo 105 artículos producto de la búsqueda automática de las bases digitales ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library y Springer Link.

De la misma manera, se obtuvieron 12 trabajos fruto de las búsquedas manuales como: International Conference on Internet Computing (IC), International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM), IEEE International Conference on Services Computing (SCC), Journal of Cloud Computing (Springer Science +Business Media), IEEE Internet Computing. Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Esto da un total de 117 estudios que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión antes planteados como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4-1. Resultados de las búsquedas



Fuente: Elaboración propia.



4.2.2 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 se utilizó un cuestionario con una escala de Likert de tres puntos.

- a. El cuestionario consistirá en las siguientes preguntas subjetivas:
El estudio aborda la calidad ya sea de la computación de la nube (cloud computing) o del Internet de las cosas (IoT).
- b. El estudio presenta estudios del Internet de las Cosas en combinación con la computación en la nube (cloud computing). El estudio ha sido publicado en una conferencia o revista relevante.
- c. 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 y (-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.

4.2.3 Extracción y monitoreo de los datos

Una vez seleccionados los estudios pertinentes se extraen los datos y se procede a registrarlos en una matriz donde constan desde la fuente bibliográfica, año, el título de la publicación de acuerdo a las sub-preguntas de investigación planteadas con sus respectivos criterios de extracción y atributos (Ver en anexos Tabla a-1. Extracción de datos).

Para una mejor comprensión de cada criterio de extracción y de sus atributos se incluye en la sección de anexos las respectivas figuras.

4.2.4 Síntesis de los datos

Se realizó la síntesis de los datos como se muestra la Tabla 4-3, en la que consta la distribución de las diferentes fuentes bibliográficas en los años de publicación:



Tabla 4-3. Síntesis de datos

IEEE	ACM	SPRINGER	IEEE Computing. Institute of Electrical and Electronics Engineers	Journal of Cloud Computing	IEEE International Conference on Services Computing	International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies	International Conference on Internet Computing	TOTAL
2009								0
2010		1		1				2
2011	1	2	2					5
2012			4			1		5
2013	2		4		1			7
2014	8	6	7	2	1			24
2015	14	5	19	2	1			41
2016	11	3	13	1		1	1	30
2017	1	2						3
TOTAL	37	18	50	1	0	1	0	117

Fuente: Elaboración Propia

De estos datos se puede obtener las siguientes apreciaciones:

1. En el año 2009, estipulado como inicio del período de búsqueda no existen publicaciones que contemplen información válida para este estudio.
2. Se puede observar que desde el año 2014 existe un notable incremento de publicaciones que involucran la combinación de CC e IoT.
3. En el año 2016 el tema de investigación toma fuerza, demostrando la tendencia que se ha venido desarrollando en el uso de dispositivos con estas tecnologías.

4.3 Fase de reporte de resultados

Tras completar el protocolo de revisión se obtuvieron 105 artículos producto de las búsquedas automáticas y 12 trabajos de las búsquedas manuales, dando un total de 117 estudios que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión antes planteados.



Cuando se aplicó el cuestionario para aseguramiento de la calidad de los 117 estudios se obtuvo como resultado lo mencionado en la tabla siguiente:

Tabla 4-4. Resultados de aseguramiento de calidad de los estudios

Preguntas (a) (b)	Respuestas		
	(+1) de acuerdo	(0) parcialmente de acuerdo	(-1) en desacuerdo
a. El estudio aborda la calidad ya sea de la computación de la nube (cloud computing) o del Internet de las cosas (IoT).	25	44	48
b. El estudio presenta estudios del Internet de las Cosas (IoT) en combinación con la computación en la nube (cloud computing). El estudio ha sido publicado en una conferencia o revista relevante	18	77	22
Pregunta (c)	(+1) estudios con más de 5 citas	(0) estudios con 1 a 3 citas	(-1) estudios no citados
c. El estudio ha sido citado por otros autores	5	18	94

Fuente: Elaboración propia

Cuando se analiza la pregunta literal “a.” de la Tabla 4-4 se puede observar que 25 de los 117 estudios (21%) abordan temas de calidad individualmente por tecnología, por otro lado, un 38% es decir 44 de las 117 investigaciones tienen un pronunciamiento parcial sobre la calidad y los 48 estudios restantes (41%) no mencionan este tema.

En el caso de la pregunta literal “b.” de la Tabla 4-4 al menos 18 estudios que corresponden al 15% del total de las investigaciones presentan convergencias de IoT y Cloud Computing en publicaciones relevantes, 77 estudios (66%) tienen un abordaje parcial de esta combinación de tecnologías, mientras que 22 investigaciones (19%) no la mencionan en absoluto.

Finalmente, al considerar la pregunta literal “c.” de la Tabla 4-4 se observa que 94 investigaciones (80%) no son citadas por otros autores, 18 estudios (15%) son citados de 1 a 3 ocasiones y únicamente 5 trabajos (4%) son citados por más de 5 veces.



Tabla 4-5. Resultados de criterios de extracción de datos

Código	Subpreguntas de Investigación	Respuestas Posibles	#	%
			Estudios	Porcentaje
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.	Adecuación Funcional	40	34,19
		Eficiencia de Desempeño	49	41,88
		Compatibilidad	31	26,50
		Usabilidad	69	58,97
		Fiabilidad	46	39,32
		Seguridad	40	34,19
		Mantenibilidad	49	41,88
		Portabilidad	71	60,68
EC2	Modelos de Servicio en Computación en la Nube	IaaS	38	32,48
		PaaS	37	31,62
		SaaS	94	80,34
EC3	Modelos de despliegue en Computación en la Nube	Red Privada	33	28,21
		Red Pública	32	27,35
		Red Híbrida	73	62,39
EC4	Internet de las Cosas	Middleware	40	34,19
		Dispositivo / Objeto	71	60,68
		Gateway	34	29,06
		Objeto Físico	56	47,86
		Objeto Virtual	61	52,14
EC5	Modelo de Referencia IoT	Capa de Aplicación	36	30,77
		Capa Soporte Servicios y Apl	58	49,57
		Capa de Red	25	21,37
		Capa de Dispositivo	59	50,43
		Capa de Gestión	38	32,48
		Capa de Seguridad	15	12,82
EC6	Sensibilidad de contexto	sí	55	47,01
		no	62	52,99
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	42	35,90
		Diseño	57	48,72
		Implementación	20	17,09
		Despliegue	56	47,86
EC8	Tipo de validación del estudio	Encuesta	1	0,85
		Caso de Estudio	34	29,06
		Experimentación	44	37,61
		Otros	52	44,44
EC9	Ámbito del enfoque	Industria	75	64,10
		Academia	82	70,09
EC10	Metodología	Nuevo	20	17,09
		Extensión	84	71,79
EC11	Ambiente de uso	Prototipo	54	46,15
		Framework	45	38,46
		Tool	15	12,82
		Lenguaje de Programación	1	0,85
		App	6	5,13

Fuente: Elaboración propia



Cuando se analiza la Tabla 4-5 de resultados de criterios de extracción de datos se observa que los criterios no necesariamente suman 100% ya que los estudios pueden ser clasificados en más de una respuesta.

En la Tabla 4-5 se puede notar que la característica usabilidad se trata en repetidas oportunidades en la gran mayoría de los estudios debido a que permite trabajar en determinadas condiciones.

En cuanto a modelos de servicio de cloud computing se ratifica la orientación del medio en el uso del modelo de software como servicio, liderando en la mayoría de las publicaciones y cuando se habla de modelos de despliegue la orientación es el uso de una red híbrida (Tabla 4-5).

Al analizar IoT y su modelo de referencia de la Tabla 4-5 se establece que los dispositivos y capa de dispositivo son preponderantes al momento de integrar estas dos tecnologías en constante evolución.

Se observa también que el ambiente de uso se inclina al manejo de prototipos y se presenta como la opción más perfilada de las expuestas.

Si hablamos de la capacidad de adaptación del software al usuario se puede decir que la sensibilidad de contexto está presente en aproximadamente la mitad de los estudios (47%) (Tabla 4-5).

En cuanto a las fases en las cuales los estudios están basados, el diseño y el despliegue son enormemente valorados en las diferentes investigaciones (Tabla 4-5).

En cuando a el tipo de validación del estudio se vio que los métodos tradicionales como encuestas, casos de estudio y experimentación no son los predilectos, más bien otros métodos son usados para este tipo de validaciones.

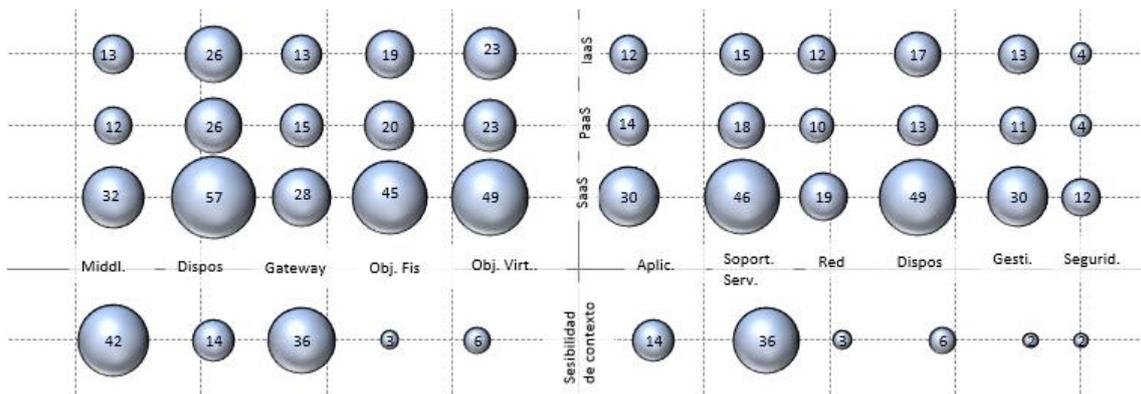
Los estudios seleccionados tienen un enfoque importante al área académica; sin embargo, no descuidan el ámbito empresarial e industrial (Tabla 4-5).

Así mismo el análisis deja ver que en muy pocas investigaciones plantean nuevas metodologías y la mayoría únicamente se reformular las ya existentes (Tabla 4-5).

También se realizó un diagrama de burbujas en donde se puede observar las relaciones e interacción entre los criterios de extracción como se observa en las Figuras 4-2, 4-3 y 4-4.

Este tipo de representación es una variación del gráfico de dispersión que permite visualizar la afectación de los datos según la disposición horizontal y vertical representada por el indicador, adicionalmente determina la dimensión de estos datos mediante el tamaño de la burbuja.

Figura 4-2. Relaciones entre criterios de extracción: EC5- modelo IoT, EC2- modelo de servicio de Cloud Computing, EC6-sensibilidad de contexto y EC4-IoT



Fuente: Elaboración propia

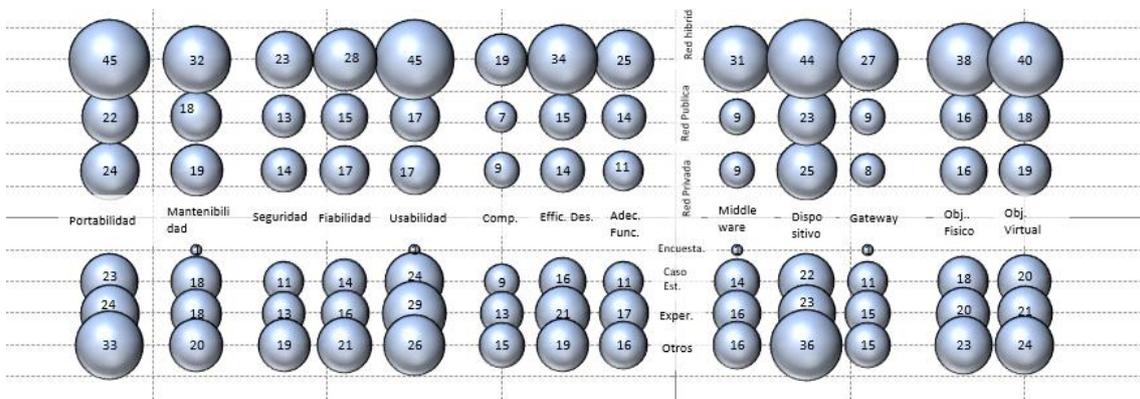
El grafico anterior representa aspectos y criterios de calidad donde la relación entre cada uno de ellos permite disponer de aspectos clave derivados de la revisión sistemática.

Las series conformadas por los aspectos de cada uno de los criterios de extracción EC5, EC2, EC6, EC4, demuestran que dentro del modelo de servicio de Cloud Computing, la magnitud de las burbujas pertenecientes al Software como Servicio (SaaS) tiene un valor importante cuando se manejan estas dos tecnologías ya sea en su aplicación mediante dispositivos u objetos

(físicos/virtuales). Por otro lado se mantiene una congruencia vital en la relación al modelo de referencia de IoT en la parte de soporte de servicio y dispositivos.

Mientras tanto que la parte del software en cuanto a la adaptación al usuario o sensibilidad de contexto, mantiene una relación con una magnitud preponderante con la capa de comunicación y gestión de los datos en las aplicaciones (middleware) y de igual manera con el modelo de referencia de IoT en la serie de soporte de servicios y dispositivos.

Figura 4-3. Relaciones entre criterios de extracción: EC1- características de calidad ISO25010, EC3- modelo de despliegue de Cloud Computing, EC4- IoT y EC8-tipo de validación de estudio



Fuente: Elaboración propia

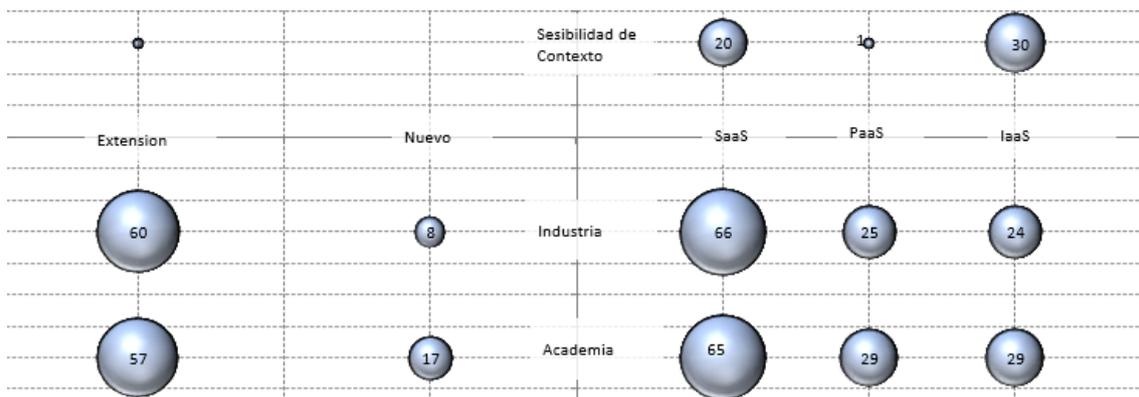
La Figura 4.3 describe el gráfico de burbujas con aspectos y criterios de calidad de los criterios de extracción EC1, EC3, EC4, EC8.

En el caso de las relacionadas con las características de calidad ISO/IEC 25010 como son Usabilidad y Potabilidad mantienen un valor significativo por no decir de relevancia para con los modelos de despliegue de Cloud Computing particularmente en una red híbrida. De la misma manera este indicador de red híbrida mantiene una relación estrecha con el Internet de la cosas (IoT) ya sea mediante dispositivos u objetos (físicos/virtuales). Sin menospreciar la fijación de una relación de tamaño preponderante con la capa de comunicación y gestión de los datos en las aplicaciones (middleware).

El gráfico de burbujas dentro de la serie compuesta por el tipo de validación del estudio que refieren a casos de estudio y otros mantiene un valor de tamaño

significado en la relación con las características del estándar de calidad ISO/IEC 25010 como son Usabilidad y Portabilidad. De la misma manera este gráfico de burbujas demuestra una relación sobresaliente de estos tipos de validación de estudios en relación al conjunto de series de Internet de la cosas (IoT) ya sea mediante dispositivos u objetos (físicos/virtuales)

Figura 4-4. Relaciones entre criterios de extracción: EC9- ámbito de enfoque, EC6-Sensibilidad de contexto, EC10- metodología, EC2-Modelo de servicio de Cloud Computing



Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior está seleccionado para obtener una representación de aspectos y criterios de calidad, donde se presenta el enfoque del tipo de estudios investigados hacia la industria y academia los cuales mantienen tamaños apreciativos de indicadores relacionados con los modelos de servicio de Cloud Computing, como es Software como Servicio (SaaS) e Infraestructura como Servicio (IaaS) e inclusive con la sensibilidad de contexto.

De la misma manera la relación existente por parte de estos dos modelos de servicio de Cloud Computing (SaaS y IaaS) con la parte del software en cuanto a la adaptación al usuario o sensibilidad de contexto. Además representa de la metodología usada en las investigaciones en particular como extensión con una magnitud predominante en la relación con el entorno académico e industrial.

Cabe mencionar que estos mapeos permiten obtener información del resultado de la relación entre criterios para conocer qué aspectos de la investigación de han sido abordados.



De manera general se puede decir que la mayoría de estudios tienen presente los estándares y normativas para evaluar la calidad del software, en especial el modelo ISO/25010, lo que hace pensar que IoT y Cloud Computing son dos hitos representativos en este ambiente tecnológico en el que nos desenvolvemos y que permite la elaboración no solo de uno sino de varios modelos de calidad específicos, siendo más exactos por uso y aplicación de servicio.

Limitaciones de la Validación

Entre las limitaciones de esta revisión, se pueden indicar las siguientes:

- Sesgo de publicación
- Sesgo en la selección de las preguntas de investigación
- Extracción de los datos no precisa.
- Errores de clasificación

En cuanto al sesgo de publicación, en este estudio se utilizaron exclusivamente los trabajos de mayor relevancia y que incluyan información necesaria para este estudio. Sin embargo, existen publicaciones de buena calidad que no se tomaron en cuenta por falta de enfoque relacionado al tema.

Si bien existe sesgo en la selección de las preguntas de investigación, esto minimizo al hacer una elección minuciosa de las fuentes bibliográficas mayormente usadas.

Los errores de la extracción de datos y de la clasificación debidos a la variación del investigador al momento de ejecutarlas, se disminuyeron al realizar un consenso para solucionar discrepancias con un revisor adicional.



Capítulo 5 . Modelo de Calidad

En este capítulo, se realiza una propuesta de un modelo de calidad que servirá durante la evaluación de calidad del producto o servicio en aplicaciones que combinen el IoT con Cloud Computing. Para el efecto, este modelo de calidad se ha realizado alineándolo al estándar de calidad de la ISO/IEC 25010.

5.1 Definición de Modelo de Calidad

De acuerdo a Estayno et al. (Estayno, Dapozo, Cuenca Pletsch, & Greiner, 2009) se describe como modelo de calidad a un conjunto de necesidades, requisitos, características que un sistema o componente debe cumplir para satisfacer la expectativa de clientes y usuarios, en particular del desarrollo y funcionamiento de los servicios de software.

El modelo de calidad planteado en esta propuesta permitirá servir como soporte a la evaluación de aplicaciones que utilicen la computación de la nube e internet de las cosas. De ahí, el modelo de calidad está alineado con el estándar ISO/IEC 25010 del cual se ha puesto énfasis en las características de eficiencia de desempeño, usabilidad y portabilidad.

5.2 Definición de los Objetivos de Calidad

La gestión de productos de software a corto y largo plazo con su correcto funcionamiento debe cumplir características de calidad de manera global, lo que representa un entorno ideal para proveedores y usuarios de servicios que combinen Cloud Computing e IoT.

En este punto se definen las características, subcaracterísticas, atributos y métricas del modelo de calidad, basado en el modelo Goal-Question-Metric (GQM) (Basili & Weiss, 1984) que define objetivos mediante preguntas y métricas que intentan dar información para responder a estas preguntas. La siguiente tabla muestra las definiciones del presente modelo de calidad con sus objetivos:

Tabla 5-1. Aplicación del modelo Goal-Question-Metric (GQM)

Facetas	Pregunta	Descripción
<u>Objeto</u>	¿Qué debe ser analizado?	Especificaciones/características de la calidad del producto/servicio que combine Cloud Computing e IoT
<u>Propósito</u>	¿Por qué debería analizar el objeto planteado?	Evaluar la calidad del producto/servicio
<u>Enfoque de calidad</u>	¿Qué características del objeto deben ser analizadas?	Ciertas características obtenidas del protocolo de revisión sistemática y ajustadas al estándar ISO/EC 25010 (USABILIDAD, PORTABILIDAD, EFICIENCIA DE DESEMPEÑO)
<u>Punto de vista</u>	¿Quién(es) utilizará(n) la información?	Usuarios del producto
<u>Contexto</u>	¿En qué entorno de uso se realiza el análisis?	Organizaciones

Fuente: A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data (Basili & Weiss, 1984)

Los **objetos** son todos aquellos artefactos que corresponden al funcionamiento de los servicios o productos. El modelo tendrá los mecanismos y herramientas de valoración de requerimientos (Navas, 2016).

Se debe incluir todos los requisitos que conforman las características propias del servicio (Navas, 2016). Por lo tanto, este modelo deberá proporcionar atributos y métricas que permitan evaluar la calidad.

El **propósito** del modelo de calidad es la evaluación de la calidad del producto o servicio. En ciertos casos, se puede incluir a manera de retroalimentación para el diseño de productos o servicios (Cloud Computing + IoT) y de esta manera maximizar características de calidad (Navas, 2016).

El **enfoque de calidad**, representa el ámbito concreto de análisis, es decir las características a ser evaluadas (Navas, 2016), las cuales se alinean se al estándar ISO/IEC 25010.



Los **puntos de Vista**, están orientados a proveedores, consumidores y usuarios, figuras importantes en la prueba, funcionamiento y manejo de estas dos tecnologías (Cloud Computing + IoT). La finalidad del modelo es ser comprensible y de fácil uso (Navas, 2016).

El **Contexto** se establece al ámbito educativo para el mejor entendimiento en la evaluación de calidad en servicios que combinen las dos tecnologías (Cloud Computing e IoT) y para organizaciones en general (Navas, 2016).

5.3 Descripción del Modelo de Calidad

La descripción del modelo de calidad como se detalla a lo largo del estudio se fundamenta en las características y subcaracterísticas del estándar para evaluar la calidad ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 25010, 2015). Se han adaptado las definiciones de las principales sub-características y atributos, además se ha agregado otras adicionales; como resultado la noción de usuario se amplía tanto a operadores como a programadores y usuarios, ya sean para su uso individual u organizacional (Navas, 2016).

Se busca plantear atributos medibles y cuantificables a fin de disponer de métricas que permitan una evaluación sólida para servicios que usen la combinación de estas dos tecnologías.

Cabe mencionar que esta propuesta de modelo de calidad al momento del uso de dispositivos o equipos (físicos/lógicos) debe contemplar que el medio de comunicación hacia la nube este operativo y en correcto funcionamiento. De igual manera se enfoca a la evaluación de servicios que combinen Cloud Computing e Internet de las Cosas.

5.4 Características de Calidad del Modelo Propuesto

El modelo basado en el estándar ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 25010, 2015) muestra atributos y métricas enmarcadas en la norma y en la información obtenida de las investigaciones o artículos además de casos prácticos e investigaciones en planes de calidad de gestión y aseguramiento de TI y normativas internacionales (Mell & Grance, 2011; Perez Cervantes, 2017; Scalone, 2006) (Coloma, 2011).



El objetivo es poner a disposición de consumidores y proveedores valores clave a la hora de evaluar calidad en aplicaciones y servicios. Por otro lado, es preciso informar que podrían existir casos en entornos o ambientes aislados donde los atributos de evaluación puedan no tener las condiciones necesarias para su uso.

Los atributos son propiedades que clarifican a nivel cualitativo y cuantitativo (preferiblemente). Las métricas mayoritariamente son abstractas, sin embargo, demandan formulas numéricas que permiten obtener un resultado mucho más preciso en la evaluación y obtener una medida (Coloma, 2011).

La Tabla a-2. Modelo de calidad IoT – Cloud Computing, que se incluye en anexos muestra las características empleadas para el presente modelo, las mismas que se detallan a continuación:

EFICIENCIA DE DESEMPEÑO

Esta característica es la primera referida para el modelo de calidad, representa el desempeño relativo a la cantidad de recursos utilizados bajo determinadas condiciones (ISO/IEC 25010, 2015), de todas sus subcaracterísticas se utilizó la de comportamiento temporal. Como se explica en la siguiente tabla:



Tabla 5-2. Modelo de Calidad - Característica Eficiencia de Desempeño

Características	Subcaracterísticas	Sub-subcaracterística / atributo	Atributo	Heurística	Métrica	
1. EFICIENCIA DE DESEMPEÑO	1.1 Comportamiento temporal	1.1.1 Capacidad de carga solicitudes del servicio entre el artefacto (thing) y la nube		Es la capacidad de carga procesamiento que gestiona el servicio de solicitudes realizadas en un momento dado	Capacidad procesamiento servicio por solicitudes	
		1.1.2 Consumo recursos de comunicación		Uso del recurso de comunicación ya sea mediante Internet o RDD	Uso recurso	
		1.1.3 Capacidad de rendimiento del servicio	1.1.3.1 Capacidad de procesamiento componentes cloud		Consiste en evaluar la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio cloud	Capacidad procesamiento cloud
			1.1.3.2 Capacidad de procesamiento del dispositivo IoT		Consiste en evaluar la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio IoT	Capacidad de procesamiento IoT
			1.1.3.3 Capacidad de almacenamiento componentes cloud		Consiste en evaluar el almacenamiento de la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio Cloud	Capacidad de almacenamiento Cloud
			1.1.3.4 Capacidad de almacenamiento temporal componente IoT		Consiste en evaluar almacenamiento de la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio IoT	Capacidad de almacenamiento Temporal IoT
			1.1.3.5 Capacidad de memoria de componentes del servicio		Evaluar la capacidad del manejo y uso de memoria en funcionamiento del servicio	Capacidad de memoria
		1.1.4 Monitorización del consumo de energía		Medición, monitorear el estado del consumo de energía	Consumo de energía	
		1.1.5 Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA)		Es la garantía del servicio, parámetro de disponibilidad que refiere al correcto funcionamiento según la escala definida.	SLA	
		1.1.6 Latencia del servicio		Es el tiempo requerido para una solicitud sea gestionada por los recursos y componentes del servicio	Tiempo de latencia servicio	
		1.1.7 Elasticidad del servicio		Capacidad de adicionar o disminuir recursos del servicio según la demanda .	Capacidad de elasticidad	
1.1.8 Escalabilidad del servicio		Capacidad del servicio de adaptarse, crecimiento continuo en proporción.	Capacidad de escalabilidad			
1.1.9 Información de rendimiento -throughput servicio		Detalla la información de cuantos datos son transferidos a través de la red.	Rendimiento del servicio			

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las subcaracterísticas, sub-subcaracterísticas, atributos, heurísticas, métricas y operacionalización (método de cálculo) de la característica de *eficiencia de desempeño*:



Comportamiento temporal

Esta subcaracterística consta de sub-subcaracterísticas y atributos como: capacidad de carga de solicitudes de servicio entre el artefacto (thing) y la nube, consumo de recursos de comunicación, capacidad de rendimiento de servicio, monitorización del consumo de energía, acuerdo de nivel de servicio (SLA), latencia del servicio, elasticidad del servicio, escalabilidad del servicio e información de rendimiento – throughput del servicio, que serán descritas a continuación:

Capacidad de carga de solicitudes de servicio entre el artefacto (thing) y la nube

Permitirán conocer el valor de procesamiento de carga cuando se generen peticiones o solicitudes en funcionamiento y momento dados para el servicio a través de los artefactos y dispositivos. La *métrica capacidad de servicio* para este atributo corresponde al valor que será medido en base a la relación de servicio de la carga procesamiento del servicio actual y lo definido por el proveedor para el servicio:

$$\left(\text{Carga procesamiento del servicio actual} / \text{carga procesamiento instaurado por el proveedor} \right) * 100$$

Se establecen los siguientes rangos, de acuerdo a la estrategia del atributo para el modelo de evaluación de calidad:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------

En la mayoría de los casos, independiente de la unidad establecida por los recursos, las métricas son obtenidas porcentualmente para su mejor interpretación.

Consumo de recursos de comunicación



Se establece para la medición del consumo de la conectividad entre recursos y equipamiento desde la detección, recolección y almacenamiento de datos para el fin determinado. La *métrica uso de recurso* para este atributo corresponde al valor de la relación de la capacidad (velocidad Mbps) de comunicación consumida al momento y la contratada o proporcionada por el proveedor:

$$\left(\frac{\text{Capacidad (Mbps) Consumida}}{\text{Capacidad (Mbps) Contratados}} \right) * 100$$

Se establecen los siguientes rangos, de acuerdo a la estrategia del atributo para el modelo de evaluación de calidad:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------

Capacidad de rendimiento del servicio

Esta sub-subcaracterística indica las capacidades de procesamiento, almacenamiento y memoria de recursos, dispositivos, entre otros (ISO/IEC 25010, 2015); que facultan el uso de tecnologías en cuestión (Cloud Computing e IoT). Esto permitirá a usuarios finales y organizaciones prever, monitorear recursos por tecnología que orienten a una ejecución del panorama total de los servicios, además de la demanda de ser necesaria.

Para esta sub-subcaracterística se describen los siguientes atributos:

Capacidad de procesamiento de componentes Cloud: representa la composición actual o de la misma manera la capacidad a nivel general de procesamiento de los recursos en relación a lo fijada o establecida por el proveedor. La métrica lleva por nombre *capacidad de procesamiento Cloud*.

Capacidad de procesamiento del dispositivo IoT: representa la composición actual frente a la establecida por el proveedor lo que busca es la relación de estos dos indicadores para obtener una medición que permita la toma de decisiones. La métrica lleva por nombre *capacidad de procesamiento IoT*.



Capacidad de almacenamiento de componentes Cloud: consiste en disponer de información de la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio de cloud computing que representa el almacenar todos los datos provenientes de los distintos dispositivos censados que según su orientación alimentan al sistema del servicio. La métrica lleva por nombre *Capacidad de almacenamiento Cloud*.

Capacidad de almacenamiento temporal del componente IoT: de igual manera que el atributo anterior, representa el almacenamiento, pero refiriendo a un estado temporal por orientación de este tipo de objetos y/o dispositivos de la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio IoT. La métrica lleva por nombre *capacidad de almacenamiento temporal IoT*.

Cabe indicar que el nombre de las métricas para los atributos antes mencionados es distinto, pero el método de cálculo es mismo para todos, y corresponde al valor de la relación de composición actual y la composición establecida o proporcionada por el proveedor:

$$(\text{Composicion actual} / \text{Composicion establecido}) * 100$$

Se establecen los siguientes rangos, de acuerdo a la orientación de los atributos para el modelo de evaluación de calidad:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------

Capacidad de memoria de componentes del servicio: este atributo aborda la representación de capacidad del uso de memoria en funcionamiento del servicio, parte fundamental de los componentes para una correcta prestación. La métrica *capacidad de memoria*, corresponde al valor de la relación de la memoria en uso y la memoria establecida:

$$(\text{Memoria en uso} / \text{Memoria Establecida}) * 100$$



Se establecen los siguientes rangos:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------

Monitorización de consumo de energía eléctrica

Este atributo representa la medición y el monitoreo del estado del consumo de energía eléctrica de todos los componentes del servicio. El nombre de la métrica es *consumo de energía eléctrica*, corresponde al valor de la relación del consumo de Kilovoltios Amperios (KVA) en uso y el KVA determinado por el proveedor.

$$(KVA \text{ en uso} / KVA \text{ determinado por el proveedor}) * 100$$

Se establecen los siguientes rangos:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------

Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA)

Permite conocer a ciencia cierta la comprobación y el cumplimiento de los niveles de servicio, es el parámetro de correcto funcionamiento según la escala definida. La métrica lleva por nombre SLA y se cumple cuando la disponibilidad es superior a 99,8%, mediante el siguiente método de cálculo:

$$100 * (\text{Tiempo Total} - \text{Tiempo con pérdida de servicio}) / \text{Tiempo Total}$$

Latencia de servicio

Es el tiempo requerido para que una solicitud sea gestionada por los recursos y componentes del servicio. Su métrica lleva por nombre *tiempo de latencia del*



servicio, se interpreta mediante el siguiente método de cálculo donde se asume que cumple cuando hay un tiempo de latencia inferior a 100 milisegundos.

Tiempo de ejecución de la solicitud + Tiempo de respuesta de la solicitud

Elasticidad del servicio

Permite el adicionar o disminuir recursos del servicio según la demanda. La métrica lleva por nombre *capacidad de elasticidad*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Escalabilidad del servicio

Representa la capacidad del servicio de adaptarse al crecimiento continuo. La métrica lleva por nombre *capacidad de escalabilidad*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Información de rendimiento Throughput servicio

Detalla la información de cuantos datos son transferidos a través de la red. La métrica se llama *detalle del rendimiento de servicio* y corresponde al resultado de la evaluación de cumplimiento (Sí/No).

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)



USABILIDAD

Es la capacidad del producto para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario bajo determinadas condiciones (ISO/IEC 25010, 2015).

Las siguientes subcaracterísticas serán tomadas en cuenta para nuestro modelo: inteligibilidad, aprendizaje, accesibilidad, operatividad. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5-3. Modelo de Calidad - Característica Usabilidad

Características	Subcaracterísticas	Sub-subcaracterística / atributo	Atributo	Heurística	Métrica
2. USABILIDAD	2.1 Inteligibilidad	2.1.1 Fácil comprensión	2.1.1.1 Expresión sencilla	Expresiones sencillas y naturales para el usuario, comprensión de un idioma del entorno.	Disposición de Naturalidad
			2.1.1.2 Predictibilidad	La característica de ser anticipado previo indicios de uso e inducción.	Disposición Predictibilidad
	2.2 Aprendizaje	2.1.2 Retención de conocimiento/información	El servicio provee herramientas para anotar información útil y bitácoras de actividades		Información de recordación
			2.1.3 Documentación	Proveer información y tutoriales sobre funcionalidades, según utilidad y cantidad	Relación densidad/utilidad
	2.3 Accesibilidad	2.1.4 Cumplimiento con las guías W3C	Grado de cumplimiento con las guías W3C		Acceso y disponibilidad de la información
	2.2 Operatividad	2.2.1 Controlabilidad	2.2.1.1 Mecanismos de cancelación	Control de usuarios sobre servicios y procesos de ejecución de cancelación	cancelación servicio
			2.2.1.2 Mecanismos de suspensión	Control de usuarios sobre servicios y procesos de ejecución de suspensión	suspensión servicio
			2.2.1.3 Mecanismos de gestión	Control de usuarios sobre servicios y procesos de configuración según necesidades	Administración / manejo
		2.2.2 Funcionalidad	La utilización de servicios que esta de acuerdo al usuario sus requerimiento organizacionales		Utilidad de los servicios y contenidos
		2.2.3 Estado del Servicio	Disposición del servicio para conocer el monitoreo de procesos en ejecución, visible, claro, con detalles e implicaciones		Estado de Servicio
		2.2.4 Prevención, recuperación, diagnostico de errores	El servicio debe mantener la capacidad de recuperarse fácilmente, identificar causas y soluciones cuando se de fallos o errores de usuario o sistema.		Manejo de contingencia
	2.2.5 Facilidad de ejecución	Dificultad en la carga de los componentes de servicios		Carga de componentes	
	2.2.6 Transparencia de nuevos componentes	Que tan fácil resulta adherir componentes		Adhesión de componente	

Fuente: Elaboración propia



A continuación, se describen las subcaracterísticas, sub-subcaracterísticas, atributos, heurísticas, métricas y operacionalización (método de cálculo) de la característica de *usabilidad*:

Inteligibilidad

Esta subcaracterística se define como la capacidad de entender si el servicio es adecuado para sus necesidades. Está conformado sub-subcaracterística llamada fácil comprensión.

Fácil comprensión

Permite conocer cuan fácil es el lenguaje, tiene los siguientes atributos: lenguaje sencillo y predecible.

Expresión sencilla: es el uso de expresiones sencillas y naturales para el usuario, comprensión de un idioma del entorno. El nombre de la métrica es *disposición de naturalidad*.

Predictibilidad: es la característica de ser anticipado previo indicio de su uso e inducción. El nombre de la métrica es *disposición de predictibilidad-*

La métrica para estos dos atributos corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)
--

Aprendizaje

Esta subcaracterística se define como la capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación. Tiene dos atributos como:

Retención de conocimiento/información



Este atributo permite conocer si el servicio provee herramientas de anotación útil, y bitácoras de actividades. La métrica se llama *información de recordación* y corresponde al valor del rango de cumplimiento (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Documentación

Este atributo representa la provisión de información y tutoriales funcionales dentro del servicio. Permitiendo en caso de eventualidades disponer de herramientas útiles. La métrica se llama *relación/utilidad*, corresponde a la relación cantidad de información útil y la cantidad información presentada:

$(\text{Cantidad información útil} / \text{cantidad información presentada}) * 100$

Se establecen los siguientes rangos:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------

Accesibilidad

Esta subcaracterística posee el atributo cumplimiento con las guías W3C que aborda la verificación de la información disponible, de fácil ubicación y consulta mediante el grado de cumplimiento de las guías W3C. La métrica se llama *acceso y disponibilidad de información*, corresponde al valor del rango de cumplimiento (Sí/No).

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Operatividad



Esta subcaracterística tiene las siguientes sub-subcaracterísticas: controlabilidad, funcionalidad, estado del servicio, prevención, recuperación y diagnóstico de errores, facilidad de ejecución, transparencia de nuevos componentes que son de vital importancia para la funcionalidad de la organización y usuarios finales, la situación del servicio, la gestión de errores que se activarían en el caso de eventualidades.

Controlabilidad

Permite a los distintos mecanismos apoyar las necesidades del usuario proveyéndole de herramientas significativas. Tiene los siguientes atributos:

Mecanismos de cancelación: nos permite control de usuarios sobre servicios y procesos de ejecución de cancelación. La métrica se llama *cancelación de servicio*, corresponde al rango de cumplimiento (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Mecanismos de suspensión: es el control de usuarios sobre servicios y procesos de ejecución de suspensión. La métrica se llama *suspensión de servicios*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Mecanismos de gestión: representa el control de usuarios sobre servicios y procesos de configuración según necesidades. La métrica se llama *administración/manejo*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (Sí=1,NO=0)

Funcionalidad



Este atributo está orientado a la verificación de la utilización de los servicios que están de acuerdo al usuario y los requerimientos organizacionales. La métrica se llama *utilidad de los servicios y contenidos*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

Estado del Servicio

Este atributo es la disposición del servicio para conocer el monitoreo de procesos en ejecución. La métrica se llama *estado de servicio* y corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

Prevención, Recuperación, Diagnostico de errores,

Facilita visualizar y verificar la capacidad de recuperarse fácilmente, identificar causas y soluciones cuando se de fallos o errores de usuario o sistema. La métrica lleva por nombre *manejo de contingencia* y corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

Facilidad de ejecución

Este atributo permite interpretar la dificultad en la carga de los componentes de servicios. La métrica lleva por nombre *carga de componentes* y corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

**Transparencia de nuevos componentes**

Permite conocer que tan fácil resulta adherir los componentes del servicio sin que perciba el usuario. La métrica lleva por nombre *adhesión de componentes* y corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

PORTABILIDAD

Esta característica representa la capacidad de ser transferido de forma efectiva y eficiente de un entorno hardware, software, operacional o de utilización a otro (ISO/IEC 25010, 2015). Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5-4. Característica Portabilidad

Características	Subcaracterísticas	Atributos	Heurística	Métrica
3. PORTABILIDAD	3.1 Adaptabilidad	3.1.1 Adaptabilidad del servicio	Capacidad del servicio de adaptarse a los cambios que requiere el usuario.	Capacidad de adaptación
		3.1.2 Completitud del Servicio	La compatibilidad del servicio con las necesidades y demandas del cliente	Completitud del servicio
		3.1.3 Heterogeneidad	Manejo de servicios de Hardware y Software de distintos fabricantes la relación de estos.	Servicio heterogeneidad
	3.2 Facilidad de instalación	3.2.1 Capacidad de instalación del servicio	Representa la cantidad de tiempo usado y el esfuerzo necesario para poner en marcha el producto o servicio.	Tiempo estimado en el proceso de instalación

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las subcaracterísticas, atributos, heurísticas, métricas y operacionalización (método de cálculo) de la característica de *portabilidad*:

Adaptabilidad



Esta subcaracterística contiene los atributos: adaptabilidad del servicio, completitud del servicio, heterogeneidad, los mismos se detallan a continuación

Adaptabilidad del servicio

Este atributo representa la capacidad del servicio de adaptarse a los cambios que requiere el usuario. La métrica lleva por nombre *capacidad de adaptación*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

Completitud del Servicio

Es la compatibilidad del servicio con las necesidades y demandas del cliente. La métrica lleva por nombre *completitud del servicio*, corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

Heterogeneidad

Es el manejo de servicios de Hardware y Software de distintos fabricantes la relación de estos. La métrica se llama *Servicio heterogeneidad* corresponde al rango de cumplimiento del valor (Sí/No):

Evaluación por cumplimiento: (SÍ=1,NO=0)

Facilidad de instalación

Esta subcaracterística contiene el atributo *capacidad de instalación del servicio*.

Capacidad de Instalación del servicio



Este atributo representa la cantidad de tiempo usado y el esfuerzo necesario para poner en ejecución o marcha el producto o servicio. La métrica lleva por nombre *tiempo estimado en el proceso de instalación*, corresponde de manera general a:

$$(\text{Tiempo estipulado por el Proveedor} - \text{Tiempo usado}) * (-1)$$

Se establecen el siguiente rango:

Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
----------------------	----------------------	-----------------------



Capítulo 6 . Conclusiones y Trabajo Futuro

La presente investigación ha permitido recabar información de relevancia que aborda aspectos de calidad cuándo se combinan las dos tecnologías: Cloud Computing e IoT, esto se realizó tras obtener resultados de estudios primarios y secundarios al completar la revisión sistemática basada en la metodología de Kitchenham.

Mediante la elaboración, desarrollo y finalización del protocolo de revisión, iniciando en la cadena de búsqueda, periodo de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión se obtuvo como fuente de investigación clara un total de 117 estudios los cuales demuestran claras bases del manejo de normativas y estándares definidos en el entorno particularmente del modelo ISO/IEC 25010; donde se presentan como hitos clave IoT y Cloud Computing en el ambiente tecnológico que permitió definir el modelo de calidad.

Para el modelo se seleccionó tres características fundamentales del estándar ISO/IEC 25010 como: *eficiencia de desempeño, usabilidad y portabilidad*, las subcaracterísticas particularmente que se establecieron refieren a *comportamiento temporal, aprendizaje, operatividad, inteligibilidad y adaptabilidad*. De manera general los atributos y subatributos se enmarcan en temas relevantes como gestión de servicio, procesamiento, manejo de errores, adaptación entre otros, que creemos que son fundamentales a la hora de evaluar servicios de estas dos tecnologías y que tiene el soporte de la revisión sistemática realizada.

Ciertas métricas definidas permitirán cuantificar aspectos de oportunidad y riesgos a tomar al momento de adoptar servicios donde convergen Cloud Computing e IoT que dan paso a la evolución de la comunicación y transferencias de la información.

De ahí, como perspectivas futuras se pretende viabilizar la propuesta de modelo para su ejecución con la participación de directores de tecnología o alta gerencia en servicios y aplicando estas tecnologías trabajando en conjunto.



Finalmente se tomarían aspectos de retroalimentación y nuevas definiciones para robustecer la propuesta actual.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Antonopoulos, N., & Gillam, L. (Eds.). (2014). *Cloud Computing. Principles, Systems and Applications. Igarss 2014*. United Kingdom: Springer. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
2. Ashton, K. (2009). RFIDjournal-That Internet of Things Thing. *That "Internet of Things" Thing, RFID J*. Retrieved from <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That Internet of Things Thing.pdf>
3. ATICA. (2016). *Tecnología y accesibilidad*.
4. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). A Survey of the Internet of Things. *The Internet of Things: A Survey*, (October), 358–366. <http://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
5. AWS Documentation. (2017). Escritura en Amazon Kinesis Firehose mediante el agente de Kinesis, 1–28. Retrieved from http://docs.aws.amazon.com/es_es/firehose/latest/dev/writing-with-agents.html
6. Barbucha, D., Thanh, N., & John, N. (2015). *New Trends in Intelligent Information and Database Systems* (Vol. 598). <http://doi.org/10.1007/978-3-319-16211-9>
7. Basili, V., & Weiss, D. (1984). A methodology for Collecting Valid Software Engineering Data.pdf.
8. Botta, A., Donato de, W., Persico, V., & Pescapé. (2014). On the Integration of Cloud Computing and Internet of Things. In *International Conference on Future Internet of the Things and Cloud (FiCloud)*. Barcelona, Spain. <http://doi.org/10.1109/FiCloud.2014.14>
9. Butler, B. (2014). Las 10 empresa de internet de las cosas más poderosas, 1–12. Retrieved from <http://cioperu.pe/fotoreportaje/16123/las-10-empresas-de-internet-de-las-cosas-mas-poderosas/?foto=11>
10. Cavalcante, E., Pereira, J., Alves, M. P., Maia, P., Moura, R., Batista, T., ... Pires, P. F. (2016). On the interplay of Internet of Things and Cloud Computing: A systematic mapping study. *Computer Communications*, 89–90, 17–33. <http://doi.org/10.1016/j.comcom.2016.03.012>
11. Cedillo, P. (2016). Monitorización de calidad de servicios cloud mediante modelos en tiempo de ejecución, (January), 1–361.



12. Cedillo, P. &, Gonzalez, J., Abrahao, S., & Insfran, E. (2016). A Monitoring Infrastructure for the Quality Assessment of Cloud Services, *17*, 185–197. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-30133-4>
13. Cedillo, P. &, & Pérez, J. (2016). 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. *ATICA, VOL II*, 8.
14. Coloma, N. (2011). *CAPÍTULO III, TÉCNICAS Y MÉTRICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD*.
15. Comuzzi, M., Jacobs, G., & Grefen, P. (2013). *Clearing the Sky - Understanding SLA Elements in Cloud Computing*. Eindhoven, Nederland.
16. Estayno, M. G., Dapozo, G. N., Cuenca Pletsch, L. R., & Greiner, C. L. (2009). Modelos y métricas para evaluar calidad de software. *XI Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación*, (1). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10915/19762>
17. Fortino, G., & Trunfio, P. (2014). *Internet of Things Based on Smart Objects*. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-00491-4>
18. Hansmann, U., Merk, L., Nicklous, M., & Stober, T. (2003). *Pervasive Computing*. Berlin, Heidelberg, Germany.
19. IBM. (2016). IBM - Internet De Las Cosas, 1–2. Retrieved from <https://www-01.ibm.com/software/es/info/internet-of-things/>
20. IOT - ESPAÑA. (2017, June). NOTICIAS, APLICACIONES, TECNOLOGÍA DEL INTERNET OF THINGS, 0. Retrieved from <http://www.iot-espana.com/tecnologia/que-es-iot-internet-las-cosas/>
21. ISO/IEC 25010. (2015). ISO 25010.
22. ITU Corporation. (2015). Internet of Things Global Standards Initiative. Retrieved from <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
23. Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*.
24. Kitchenham, B., Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.117.471>
25. Koubaa, A., & Shakshuki, E. (2016). *Robots and Sensor Clouds* (Vol. 36).



- <http://doi.org/10.1007/978-3-319-22168-7>
26. M. del Rio, M. (2010). ¿ QUÉ ES EL CLOUD COMPUTING ? Recomendaciones para Empresas, 1–5. Retrieved from <http://docshare01.docshare.tips/files/24455/244559459.pdf>
27. Mell, P. M., & Grance, T. (2011). SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards & Technology.
28. Microsoft. (2017). Modelos de Servicio, Microsoft Azure. Retrieved from <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-paas/>
29. Navas, R. (2016). *Modelo de Calidad para Servicios Cloud*.
30. Oficial, I., Serie, I., & Febrero, N. (2012). Principios rectores para la adopción y el uso de la computación en la nube, 2012.
31. Palazón, F. J. (2017, May). Comparativa de Proveedores Servicios Cloud, 1–9. Retrieved from <http://www.revistabyte.es/comparativa-byte-ti/comparativa-de-proveedores-servicios-cloud/>
32. Perez Cervantes, Y. (2017). COMPARACION DEL MODELO DE CALIDAD DE MCCALL, NORMA ISO/IEC 9126 Y NORMA ISO/IEC 25000, 1–5. Retrieved from <http://yennyperezcervantes.blogspot.com/2012/05/comparacion-del-modelo-de-calidad-de.html>
33. Rahimi, M. R., Ren, J., Liu, C. H., Vasilakos, A. V., & Venkatasubramanian, N. (2014). Mobile cloud computing: A survey, state of art and future directions. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 133–143. <http://doi.org/10.1007/s11036-013-0477-4>
34. Rodriguez, A. S. (2015). *PROTOTIPO DE PLATAFORMA COMO SERVICIO (PaaS*. Escuela Superior Politecnica del Ejercito.
35. Scalone, F. (2006). *Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software*. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19762/Documento_completo.pdf?sequence=1
36. Soloelectronicos. (2015, February). 50 proveedores de IoT, 1–25. Retrieved from <http://soloelectronicos.com/2015/02/22/50-proveedores-de-iot/>
37. Stergiou, C., Psannis, K. E., Kim, B. G., & Gupta, B. (2016). Secure



integration of IoT and Cloud Computing. *Future Generation Computer Systems*, (December). <http://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.031>

38. UIT-T. (2014). SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN. *UIT-T Y.2060 (06/2012)*, 20. Retrieved from <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>

Figura a-1. Características de Calidad de Cloud Computing e IoT – ISO/IEC 25010

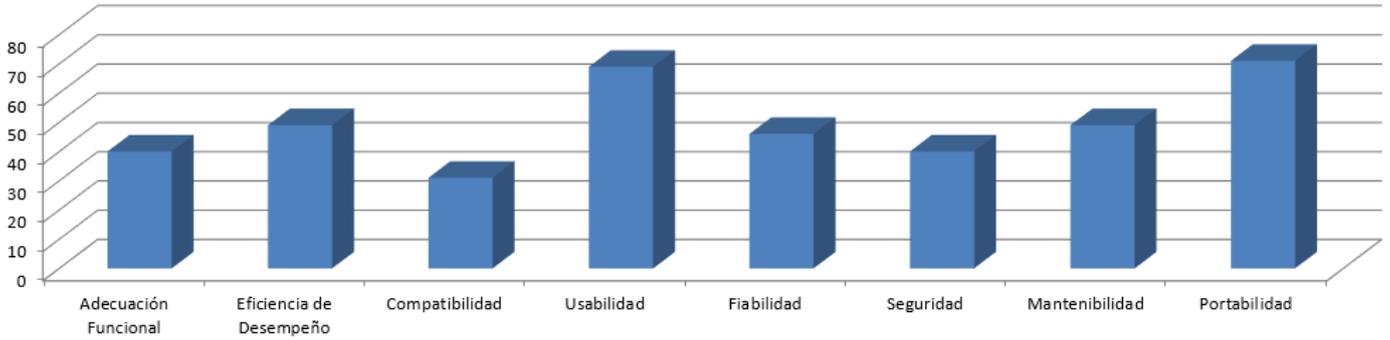


Figura a-2. Modelos de servicio de cloud computing

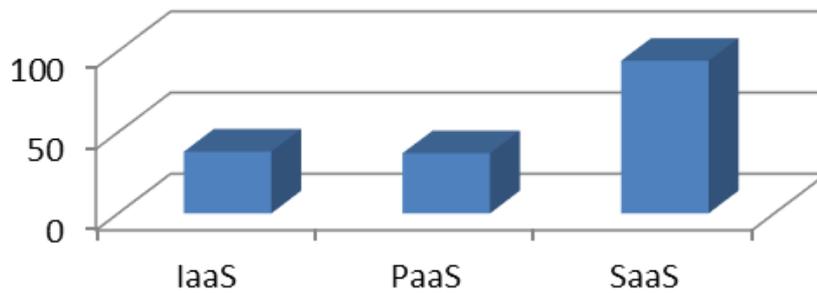


Figura a-1. Modelos de despliegue de cloud computing

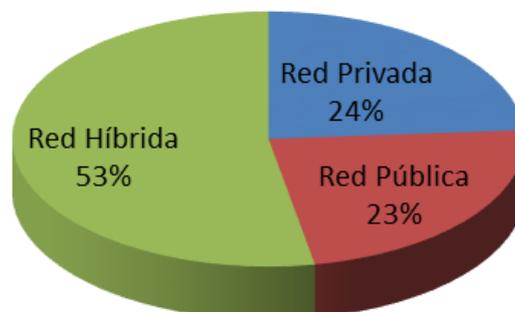


Figura a-2. Internet de las cosas

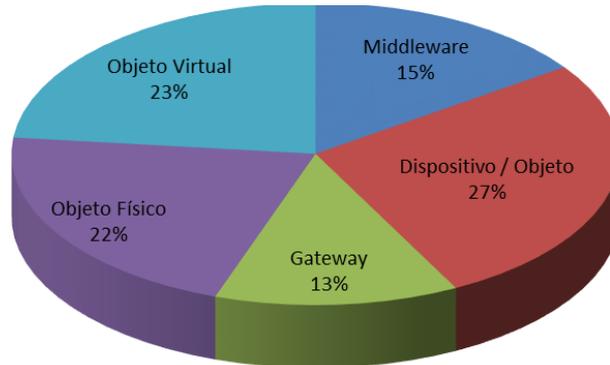


Figura a-3. Modelo de Referencia IoT

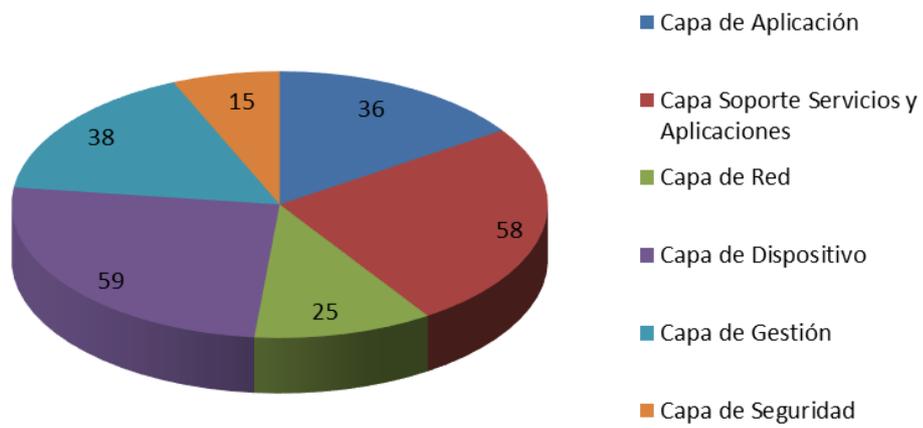


Figura a-4. Sensibilidad de contexto

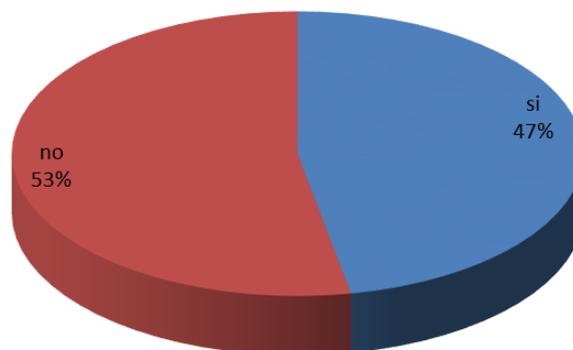


Figura a-5. Fases en las cuales los estudios están basados

■ Analisis ■ Diseño ■ Implementacion ■ Despliegue

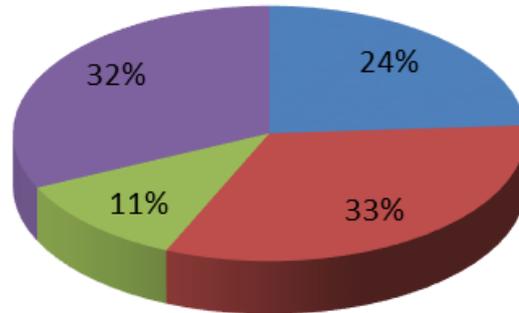


Figura a-6. Tipo de validación del estudio

■ Encuesta ■ Caso de Estudio ■ Experimentacion ■ Otros

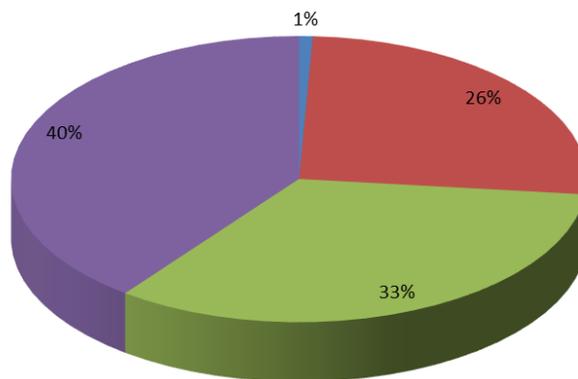


Figura a-7. Ámbito del enfoque

■ Industria ■ Academia

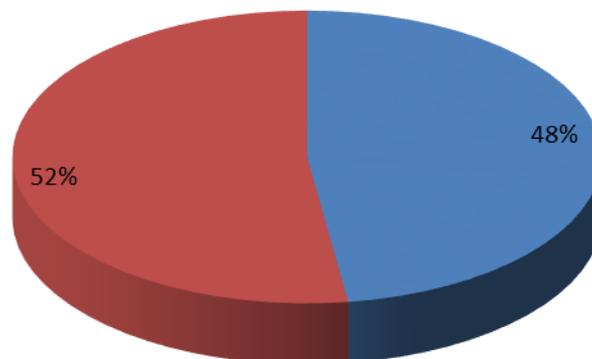


Figura a-8. Metodología

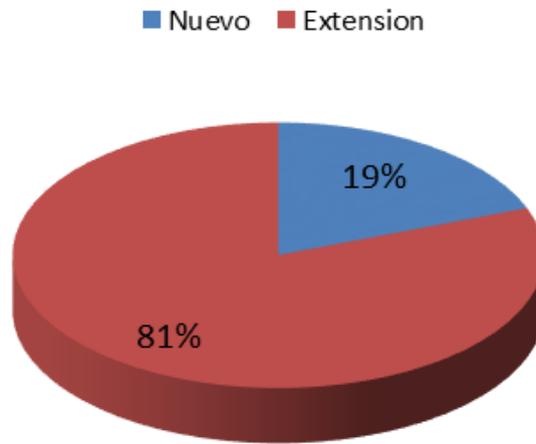


Figura a-9. Ambiente de uso

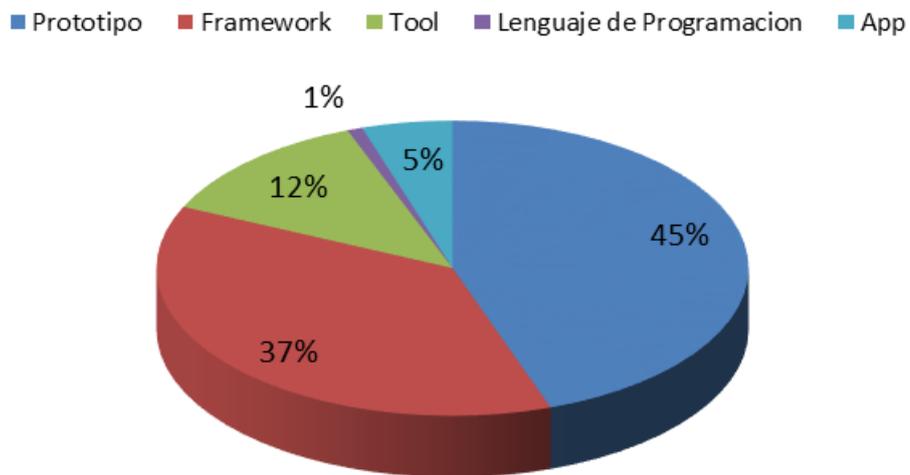




Tabla a-2. Modelo de calidad IoT – Cloud Computing

Características	Subcaracterísticas	Sub-subcaracterística / atributo	Atributo	Heurística	Métrica	Operacionalización* Métodos de cálculo utilizados en la empresa ETAPA basados en PriceWaterHouse					
1. EFICIENCIA DE DESEMPEÑO	1.1 Comportamiento temporal	1.1.1 Capacidad de carga solicitudes del servicio entre el artefacto (thing) y la nube		Es la capacidad de carga procesamiento que gestiona el servicio de solicitudes realizadas en un momento dado.	Capacidad procesamiento	(Carga procesamiento del servicio actual / carga procesamiento instaurado por el proveedor) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%		
		1.1.2 Consumo recursos de comunicación		Uso del recurso de comunicación ya sea mediante Internet o RDD.	Uso recurso	(Capacidad (Mbps) Consumida / Capacidad (Mbps) Contratados)*100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%		
		1.1.3 Capacidad de rendimiento del servicio	1.1.3.1 Capacidad de procesamiento componentes cloud	1.1.3.1 Capacidad de procesamiento componentes cloud		Consiste en evaluar la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio cloud.	Capacidad procesamiento cloud	(Composición actual / Composición establecido) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
				1.1.3.2 Capacidad de procesamiento del dispositivo IoT		Consiste en evaluar la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio IoT.	Capacidad de procesamiento IoT	(Composición actual / Composición establecido) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
				1.1.3.3 Capacidad de almacenamiento componentes cloud		Consiste en evaluar el almacenamiento de la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio Cloud.	Capacidad de almacenamiento Cloud	(Composición actual / Composición establecido) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
			1.1.3.4 Capacidad de almacenamiento temporal componente IoT	1.1.3.4 Capacidad de almacenamiento temporal componente IoT		Consiste en evaluar almacenamiento de la parte del servicio en cuanto al modelo de servicio IoT.	Capacidad de almacenamiento Temporal IoT	(Composición actual / Composición establecido) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
				1.1.3.5 Capacidad de memoria de componentes del servicio		Evaluar la capacidad del manejo y uso de memoria en funcionamiento del servicio.	Capacidad de memoria	(Memoria en uso / Memoria Establecida) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%
		1.1.4 Monitorización del consumo de energía eléctrica		Medición, monitorear el estado del consumo de energía.		Consumo de energía eléctrica	(KVA en uso / KVA determinado por el proveedor)*100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%	
		1.1.5 Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA)		Es la garantía del servicio, parámetro de disponibilidad que refiere al correcto funcionamiento según la escala definida.		SLA	100 * (Tiempo Total - Tiempo con pérdida de servicio) / Tiempo Total	Disponibilidad > 99,8%			
		1.1.6 Latencia del servicio		Es el tiempo requerido para una solicitud sea gestionada por los recursos y componentes del servicio.		Tiempo de latencia servicio	Tiempo de ejecución de la solicitud + Tiempo de respuesta de la solicitud	Latencia < 100 ms			
		1.1.7 Elasticidad del servicio		Capacidad de adicionar o disminuir recursos del servicio según la demanda .		Capacidad de elasticidad	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)				
		1.1.8 Escalabilidad del servicio		Capacidad del servicio de adaptarse, crecimiento continuo en proporción.		Capacidad de escalabilidad	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)				
		1.1.9 Información de rendimiento -throughput servicio		Detalla la información de cuantos datos son transferidos a través de la red.		Rendimiento del servicio	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)				
		2. USABILIDAD	2.1 Inteligibilidad	2.1.1 Fácil comprensión	2.1.1.1 Expresión sencilla	Expresiones sencillas y naturales para el usuario, comprensión de un idioma del entorno.	Disposición de Naturalidad	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)			
2.1.1.2 Predictibilidad	La característica de ser anticipado previo indicios de uso e inducción.				Disposición Predictibilidad	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
2.2 Aprendizaje	2.1.2 Retención de conocimiento/información		El servicio provee herramientas para anotar información útil y bitácoras de actividades.		Información de recordación	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	2.1.3 Documentación		Proveer información y tutoriales sobre funcionalidades, según utilidad y cantidad.		Relación densidad/utilidad	(Cantidad información útil / cantidad información presentada) *100	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%		
2.3 Accesibilidad	2.1.4 Cumplimiento con las guías W3C		Grado de cumplimiento con las guías W3C.		Acceso y disponibilidad de la información	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	2.2.1 Controlabilidad		2.2.1.1 Mecanismos de cancelación	2.2.1.1 Mecanismos de cancelación		Control de usuarios sobre servicios y procesos de ejecución de cancelación.	Cancelación servicio	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)			
2.2.1.2 Mecanismos de suspensión				2.2.1.2 Mecanismos de suspensión		Control de usuarios sobre servicios y procesos de ejecución de suspensión.	Suspensión servicio	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)			
				2.2.1.3 Mecanismos de gestión		Control de usuarios sobre servicios y procesos de configuración según necesidades.		Administración / manejo	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)		
2.2 Operatividad	2.2.2 Funcionalidad		La utilización de servicios que esta de acuerdo al usuario sus requerimiento organizacionales.		Utilidad de los servicios y contenidos	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	2.2.3 Estado del Servicio		Disposición del servicio para conocer el monitoreo de procesos en ejecución, visible, claro, con detalles e implicaciones.		Estado de Servicio	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	2.2.4 Prevención, recuperación, diagnóstico de errores		El servicio debe mantener la capacidad de recuperarse fácilmente, identificar causas y soluciones cuando se de fallos o errores de usuario o sistema.		Manejo de contingencia	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	2.2.5 Facilidad de ejecución		Dificultad en la carga de los componentes de servicios.		Carga de componentes	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	2.2.6 Transparencia de nuevos componentes		Que tan fácil resulta adherir componentes.		Adhesión de componentes	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)					
	3. PORTABILIDAD		3.1 Adaptabilidad	3.1.1 Adaptabilidad del servicio		Capacidad del servicio de adaptarse a los cambios que requiere el usuario.		Capacidad de adaptación	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)		
3.1.2 Completitud del Servicio		La compatibilidad del servicio con las necesidades y demandas del cliente.		Completitud del servicio	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)						
3.1.3 Heterogeneidad		Manejo de servicios de Hardware y Software de distintos fabricantes la relación de estos.		Servicio heterogeneidad	Evaluación por cumplimiento: (Sf=1,NO=0)						
3.2 Facilidad de instalación		3.2.1 Capacidad de instalación del servicio		Representa la cantidad de tiempo usado y el esfuerzo necesario para poner en marcha el producto o servicio.		Tiempo estimado en el proceso de instalación	(Tiempo estipulado por el Proveedor - Tiempo usado) * (-1)	Problema menor < 70%	Problema medio < 90%	Problema mayor > 100%	