**Objetivos:**

El objetivo principal de este documento es llevar a cabo una investigación detallada de la investigación existente sobre la gestión de SLA en aplicaciones IoT que se basan en servicios en la nube. Para este propósito, construimos un mapa estructurado de la literatura de investigación disponible mediante la realización de un estudio de mapeo sistemático.

Tambien, clasificamos los estudios relevantes en relación con diversos aspectos de la gestión de SLA. Además, identificamos la distribución y las tendencias de publicación en el área de investigación de acuerdo con tres clasificaciones:

(i) Contribuciones técnicas que corresponden a varios aspectos de la gestión de SLA para servicios en la nube en IoT.

(ii) Tipo de investigación.

(iii) Contribuciones de investigación.

Dentro del contexto de estas clasificaciones, también identificamos las brechas en la investigación existente que necesitan atención por parte de la comunidad investigadora.

Además, investigamos los impactos en el estado de la práctica y las futuras direcciones de investigación.

**Diseño:**

El estudio de mapeo sistemático es un método estructurado para proporcionar una visión general de un área de investigación. Este tipo de estudio tiene como objetivo identificar los resultados de investigación publicados que son relevantes para el área de investigación. Además, el estudio clasifica los resultados publicados relevantes de acuerdo con una clasificación definida. Este método se ha recomendado principalmente cuando se encuentra poca evidencia relevante durante el estudio inicial del dominio, o si el tema a investigar es muy amplio.

En este artículo llevamos a cabo un estudio de mapeo sistemático siguiendo las pautas que se discuten. El flujo de trabajo del estudio de mapeo sistemático utilizado en este documento se muestra en la figura 2.

**A. ESPECIFICACIÓN DE PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

El primer paso en el estudio sistemático de mapeo es definir preguntas de investigación concretas. Las respuestas a estas preguntas proporcionan una visión general de los estudios existentes, incluido el número de publicaciones, lugares de publicación y distribución de publicaciones a lo largo de los años en el área de investigación. Formulamos las siguientes preguntas de investigación (RQ) centradas en el área de investigación de la gestión de SLA en aplicaciones de IoT que se basan en servicios en la nube "

**B. ESPECIFICACIÓN DE LA CADENA DE BÚSQUEDA**

Después de definir las preguntas de investigación, el siguiente paso en el estudio de mapeo sistemático es especificar la cadena de búsqueda que se utiliza para buscar publicaciones relevantes en bases de datos conocidas (discutidas en la siguiente subsección). En el punto crucial, la cadena de búsqueda se basa en las palabras clave y sus palabras alternativas que están en línea con el objetivo principal de investigación del artículo (discutido en la Sección I).

Utilizamos los operadores booleanos OR y AND para unir las palabras clave y sus sinónimos en la cadena de búsqueda. La siguiente cadena se utiliza para buscar publicaciones relevantes en las bases de datos conocidas:

**C. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PUBLICACIÓN / BASES DE DATOS**

El siguiente paso en el estudio de mapeo sistemático es identificar las bases de datos científicas más comunes (fuentes de publicaciones) en el área de investigación. Identificamos las siguientes bases de datos en línea.

1) Biblioteca digital IEEE Xplore1

2) Science Direct2

3) Web of Science3

4) Scopus4

5) Biblioteca digital ACM5

Después de identificar las bases de datos, utilizamos la cadena de búsqueda (presentada en la Sección II-B) para encontrar publicaciones disponibles en el área de investigación. Realizamos una búsqueda abierta con respecto al año de publicación, es decir, buscamos todas las publicaciones que se ajustan a la picadura de búsqueda que se han publicado en las bases de datos hasta finales de 2016. Por otro lado, restringimos la búsqueda con respecto al tipo de publicaciones mediante la inclusión de periódicos, conferencias y documentos de talleres, así como capítulos de libros revisados ​​por pares. Los resúmenes y las publicaciones que no son revisadas por pares se excluyen de la búsqueda. La herramienta Endnote tool6 se usa para registrar los resultados de búsqueda

**D. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESTUDIO**

Los resultados de búsqueda en el paso anterior proporcionan un grupo de 3269 publicaciones de investigación. Estas publicaciones indican el conjunto actual de conocimientos en el área de SLA en aplicaciones IoT basadas en servicios en la nube. Sin embargo, el objetivo principal de este estudio sistemático de mapeo se centra en la "gestión" de los SLA en aplicaciones IoT basadas en servicios en la nube. Por lo tanto, el conjunto de publicaciones de investigación recopiladas debe filtrarse en consecuencia. Para este propósito, proporcionamos un criterio de selección de estudios representado en la figura 3.

Según los criterios, en el primer paso, cualquier publicación duplicada debe eliminarse del grupo. El conjunto de publicaciones recopiladas puede contener publicaciones duplicadas, principalmente porque varias conferencias en el área de investigación están organizadas por más de una base de datos. Por ejemplo, "la Conferencia Internacional sobre Utilidad y Computación en la Nube" está alojada tanto por la biblioteca digital IEEE Xplore como por ACM

En este paso identificamos 715 publicaciones duplicadas. Después de eliminar los duplicados, el grupo se reduce a 2554 publicaciones. A continuación, el grupo restante de publicaciones (2554) se divide en tres clases basadas en la revisión de sus títulos y resúmenes. Las tres clases se enumeran a continuación. Este paso se identifica por el óvalo con el texto "Título y exclusión de resumen (primera ronda)" en la Fig. 3.

**• Relevante (R):** si el título y el resumen de una publicación indican claramente que aborda el objetivo principal de este estudio de mapeo sistemático, la publicación se clasifica como R.

**• No relevante (NR):** si el título y el resumen de una publicación indican claramente que no aborda el objetivo principal de este estudio de mapeo sistemático, la publicación se clasifica como NR.

**• No está claro (NC):** una publicación se clasifica como NC si no se puede clasificar como relevante o no relevante. Este paso da como resultado 620 R y 1818 NR publicaciones. Mientras que 116 publicaciones no pudieron clasificarse como R o NR basadas en la lectura de solo los títulos y resúmenes. Por lo tanto, estas 116 publicaciones se clasifican como NC. En el siguiente paso, realizamos el descremado de texto completo del conjunto recopilado de publicaciones de NC. Este paso da como resultado 25 publicaciones R y 91 NR. Por lo tanto, el número total de publicaciones R después de estos pasos es igual a 645 (es decir, 620 + 25).

Mientras realizamos el primer paso de exclusión, descubrimos que muchas publicaciones R se centran en gran medida en la programación y la gestión de recursos, mientras que la gestión de los SLA en aplicaciones IoT se discute a simple vista. Para filtrar dichas publicaciones de las que se centran en el objetivo principal de este estudio de mapeo sistemático, realizamos un segundo paso de exclusión como se muestra en la Fig. 3. El segundo paso de exclusión también ejerce la decisión de inclusión / exclusión basada en el títulos y resúmenes. En este paso, clasificamos cada publicación en el grupo restante de 645 publicaciones como R o NR. Si una publicación no puede clasificarse en función de su título y resumen, se realiza el descremado de texto completo. El segundo paso de exclusión da como resultado 328 publicaciones R como se muestra en la figura 3.

**E. MAPEO DE DATOS**

En este paso, los datos recopilados (es decir, el conjunto de publicaciones de 328 R) se clasifican independientemente en tres clases. La clasificación se basa en títulos y resúmenes de las publicaciones. Si una publicación no puede clasificarse en función de su título y resumen, se realiza el descremado de texto completo. Cada clase se divide en varias categorías.

CLASIFICACIÓN TÉCNICA

1) Gestión de SLA. Con "Administración de SLA", aquí nos referimos a la administración general de SLA que cubre dos o más de las siguientes categorías. La gestión de SLA es responsable de la generación, negociación, configuración, aplicación, mantenimiento y evolución de la plantilla de SLA.

2) Definición de SLA. Un proveedor de servicios en la nube puede

proporcionar servicios como Infraestructura como servicio (IaaS), Plataforma como servicio (PaaS) y Software como servicio (SaaS) para el consumidor. Antes de que los servicios se puedan proporcionar al consumidor, tanto el proveedor como el consumidor deben acordar las métricas, el nivel, la calidad, el precio y las sanciones (en el caso de un nivel o calidad de servicio degradado) con respecto a los servicios. Un documento formal que contiene toda esta información, acordado tanto por el proveedor como por el consumidor, se llama SLA [29] - [31]. Diversas métricas que pueden ser parte de un SLA se identifican en

3) Modelado de SLA. Esta categoría incluye marcos, plantillas y lenguajes de modelado que se han propuesto en la literatura para modelar SLA.

4) Negociación de SLA. Los SLA son acuerdos negociados formalmente entre un proveedor de servicios y un cliente, por ejemplo, la calidad y confiabilidad del servicio, el precio, el tiempo de ejecución o el tiempo de respuesta promedio, etc. Puede existir una brecha entre los requisitos esperados (es decir, el nivel de servicio) El consumidor y el nivel del servicio que el proveedor puede proporcionar. Si esta brecha existe, entonces el proveedor y el consumidor negocian para alcanzar un nivel de servicio acordado mutuamente. Una vez que el proceso de negociación es exitoso, entonces lo acordado

5) Monitoreo de SLA. En el contrato de SLA, se incluye el nivel de servicio esperado entre el consumidor y el proveedor. Sin embargo, los atributos de QoS que generalmente son parte de un SLA (como el tiempo de respuesta y el rendimiento) cambian constantemente, y para hacer cumplir el acuerdo, estos parámetros deben ser monitoreados de cerca para verificar si el servicio ofrecido cumple con los parámetros de QoS especificados en el SLA [29] - [31] Para monitorear los parámetros de QoS, se pueden usar varias técnicas para medirlos [33], [38], [39]. Esto incluye herramientas para medir, por ejemplo, el ancho de banda de la red, para verificar si sigue el SLA.

6) Violación de SLA y confiabilidad. Esta categoría está relacionada con la evaluación de si la QoS de un servicio cumple (cumple con el nivel especificado) con un SLA o no. También incluye la aplicación de SLA, es decir, la gestión de los recursos para minimizar las sanciones económicas derivadas de las posibles violaciones de SLA [40], y la confiabilidad, es decir, el grado de cumplimiento de un proveedor de servicios en la nube con los parámetros cuantitativos de QoS prometidos según lo definido en el SLA [41]. Esta categoría se relaciona con diferentes problemas relevantes, como confiabilidad, disponibilidad, confiabilidad, seguridad y rendimiento.

7) Evolución del SLA. Esta categoría se relaciona con la gestión del ciclo de vida de SLA y con la adaptación de los requisitos cambiantes entre las diferentes partes después del primer acuerdo. En general, la gestión del ciclo de vida del SLA consta de tres fases generales, a saber, las fases de creación, operación y eliminación. Cada fase puede expandirse aún más a subfases. La creación de SLA incluye tres subpasos, es decir, descubrir proveedor de servicios, definición de SLA y establecimiento de SLA [42]. Una vez que se descubren los proveedores de servicios, los clientes deben conocer la capacidad detallada de los proveedores de servicios. Por lo tanto, los proveedores de servicios describen y definen sus servicios adecuadamente y entregan la definición de sus servicios a los clientes. Luego, los clientes establecen además los acuerdos con uno o más proveedores de servicios basados en la definición del servicio a través de un proceso de negociación de SLA

**Clasificación basada en contribución de investigación**

1- Metodo: Como manejar SLA para aplicaciones IOT hospedadas en la nube

2- Modelos (Frameworks): Como representar la información usada para soportar los actuales SLA y QoS (Quality of service)

3- Metricas: medidas específicas o nuevas para ciertas propiedades de calidad de servicio.

4- Herramientas: cualquier tipo de herramienta o herramienta de soporte para los atributos incluidos en los SLA.

5- Otros: Que no se encuadran en ninguno de los anteriores

**Clasificación según tipo de investigación**

1 - Propuesta de Solución: proponer una nueva solución técnica para un problema y discutir su relevancia

2 - Validación: Investigar una solución propuesta que todavía no ha sido implementada en la práctica, como prototipación, simulaciones, etc.

3 - Propuesta Conceptual: Describen una nueva forma de mirar a las cosas

4 - Evaluación: Evaluar un problema o una solución implementada en la práctica, como casos de estudio

5 - Experiencia propia: describe experiencias personales del autor.

**Identificando Publicaciones relevantes**

328 publicaciones relevantes

* Fuentes Relevantes: 216 diferentes conferencias y periódicos. o sea, los resultados son bien esparcidos en las fuentes. La comunidad de investigación todavía no logró tener un local en el que concentre sus publicaciones. Esto indica la necesidad de puntos de encuentro de publicaciones más enfocado del área de investigación, como workshops, conferencias y periódicos.

**Distribución temporal de las publicaciones**

La primera investigación en el área que fue publicado fue en 2009 y el número de publicaciones subió de 6 en 2009 para 69 em 2015.

**Distribucion en relacion a la contribucion de investigación**

Hubo más enfoque en métodos y tecnicas y modelos/frameworks, con 44% y 41% de publicaciones relevantes respectivamente.

Por otro lado, métricas y herramientas recibieron menos atención con 7% y 4% de publicaciones relevantes.

Esto indica que hay una falta de investigación en nuevas soluciones para métricas y herramientas para manejar SLA para aplicaciones IOT.

**Distribución según clasificación tecnica**

Fue identificado que algunas publicaciones no encuadravan en ninguna categoría tecnica especifica, así que fue agregada una clasificación generica SLA management.

Primer fueron publicados articulos de Monitoring, modeling, definition, negotiation and violation and trusthworthness en 2009. En 2010 fue management y en 2011 evolution. Hay un crescimiento de todas las categorias en relación al tiempo, pero monitoring, negotiation y violation recibieron más atención de la comunidad.

**Relación entre la contribución de investigación y tecnica**

La gran mayoría está enfocada en propuestas de solución.

La mayoría de las publicaciones prové modelos/frameworks y métodos/técnicas como contribución de investigación. Mientras que métricas y herramientas recibieron poca atención.

Negociación de SLA y Violación y Confianza de SLA fueron las categorías técnicas más enfocadas en las propuestas de solución, mientras que Evolución de SLA fue la menos enfocada.

**Amenazas**

Sólo estudios escritos en inglés

Sólo estudios dentro del campo de computer science

Sólo estudios en formato digital

La cadena de búsqueda puede no haber identificado todos los estudios relacionados

Algunos estudios son difíciles de clasificar debido a cómo estos presentan la información

Exclusión de estudios con resúmenes pobres pero contenido amplio o válido