



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de
sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente**

AUTOR:

Ing. Alvarado Ávila, Andrea Annabell

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

9 de agosto del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el
Magíster **Alvarado Ávila, Andrea Annabell** como requerimiento parcial para
la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN
TELECOMUNICACIONES.**

TUTOR

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DEL PROGRAMA

M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, a los 9 días del mes de agosto del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Alvarado Ávila, Andrea Annabell**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente**”, previa a la obtención del grado Académico de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizó del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de agosto del año 2018

EL AUTOR

Alvarado Ávila, Andrea Annabell



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Alvarado Ávila, Andrea Annabell**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de agosto del año 2018

EL AUTOR

Alvarado Ávila, Andrea Annabell

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento: [Alvarado Andrea MET2018.docx](#) (D40083541)

Presentado: 2018-06-11 08:18 (-05:00)

Presentado por: fernandopm23@hotmail.com

Recibido: edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Revisión Andrea Alvarado [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes: Fernando Palacios Meléndez (edwin_palacios)

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	Roberto Dender final.docx
	https://es.linkedin.com/pulse/iot-i...
	https://doi.org/10.3390/s150924343
	https://doi.org/10.1145/3005719
	https://doi.org/10.1155/2017/9324...

Reiniciar Exportar Compartir

1 Advertencia

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN
TELECOMUNICACIONES

TEMA: Estudio y análisis del Internet de las cosas en
aplicaciones de redes de sensores inalámbricos
sobre sistemas de infraestructura inteligente

AUTOR: Alvarado Ávila, Andrea Annabell

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Grado Académico de Magister en
Telecomunicaciones

TUTOR: Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

Dedicatoria

A mi Dios, quien me dio la fortaleza y sabiduría para terminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Santy y José, quienes a pesar de todas las adversidades lucharon para que siempre alcanzaré mis metas. Todo lo que he logrado es gracias a ustedes.

A mi esposo por su amor, cariño y apoyo en todo este tiempo.

A mi adorada hija, Analía, quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar esta etapa y me motiva siempre a seguir adelante a pesar de los tropiezos de la vida. Gracias mi chiquita.

A mis tías, Lupe y Bellita, gracias por siempre estar a mi lado y tratarme como una hija más. Las quiero mucho.

A mis suegros y cuñada, por cuidar a mi hija mientras realizaba mis estudios.

A todos los que nunca dudaron de este triunfo.

Agradecimientos

A Dios, por darme la oportunidad de gozar de buena salud, sabiduría y brindarme la oportunidad de obtener otro triunfo en mi vida.

A mi madre, Santy Ávila, por sus sabios consejos y por darme la oportunidad de tener una excelente educación universitaria, sin tu esfuerzo no podría estar escribiendo este agradecimiento.

A mi padre, José Alvarado, por ser mi apoyo en todo momento y por darme su amor incondicional.

A mi hermano, Andrés Alvarado, que es parte importante de mi vida.

A mis familiares, especialmente a mi tía Lupe por su apoyo y confianza; y mi tía Mandy que, aunque no se encuentre conmigo físicamente siempre estará en mi corazón.

A mis amigos: Edison y Leandro, por el apoyo a lo largo de esta etapa de Magister. Por las tareas que realizamos y la ayuda que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A mi esposo e hija, Boris y Analía, gracias por ser esa parte de mi vida. Los amo.

Gracias a todos por creer en mí.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
TUTOR

f. _____

M. Sc. CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO
REVISOR

f. _____

M. Sc. ZAMORA CEDEÑO, NESTOR ARMANDO
REVISOR

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
Resumen	XIII
Abstract	XIV
Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Antecedentes.	15
1.3. Definición del problema	16
1.4. Objetivos	16
1.5. Hipótesis.....	17
1.6. Metodología de investigación.	17
Capítulo 2: Fundamentos Teóricos.	18
2.1. Introducción del Internet de las cosas.....	18
2.2. Algunas definiciones relacionadas con IoT.....	19
2.2.1. Sistemas Ciber-Físicos.....	19
2.2.2. Internet de las Cosas.....	21
2.2.3. Comparativa entre CPS e IoT.....	22
2.2.4. Things o Cosas.	23
2.2.5. Internet industrial.	24
2.2.6. Inteligencia ambiental.....	26
2.3. Breve reseña histórica de IoT.....	27
2.3.1. Gestación de IoT.	27
2.3.2. Maduración de IoT.....	30
2.4. La tecnología de IoT.....	32
2.4.1. Capas Tecnológicas de IoT.....	33
2.5. Características del nivel del sistema de IoT.....	36
2.6. Aplicaciones de IoT.	37
2.7. Servicios de IoT.....	38
Capítulo 3: Análisis de aplicaciones de WSN en los sistemas de infraestructura.....	41

3.1.	Aplicaciones de WSN en redes inteligentes o Smart grid.	41
3.1.1.	Sistema de monitoreo en línea para líneas de transmisión.	41
3.1.2.	Sistema inteligente de monitoreo y alerta temprana para subestaciones.....	43
3.1.3.	Sistema de monitoreo y alerta en línea para redes de distribución.	45
3.1.4.	Servicios inteligentes de consumo de electricidad.	46
3.2.	Aplicaciones de WSN en redes de agua inteligentes.	48
3.3.	Aplicación de WSN en transporte inteligente.	50
3.3.1.	Detección de flujos de tráfico.....	51
3.3.2.	Logística urbana.	53
3.3.3.	WSN a bordo.....	54
3.3.4.	WSN en infraestructuras de tráfico	55
3.4.	Aplicación de WSN en hogares inteligentes.	56
3.4.1.	El desafío de la energía.....	56
3.4.2.	Las WSNs son la clave para mejorar el rendimiento energético eficiente de los edificios existentes.	57
3.5.	Beneficios de aplicación adicionales de WSN	59
3.5.1.	Mejorar la eficiencia energética	59
3.5.2.	Contribuir al monitoreo ambiental	59
3.5.3.	Mejorar los servicios sociales.	59
3.6.	Desarrollo experimental de una aplicación en agricultura de precisión.....	60
3.7.	Resultados obtenidos del desarrollo experimental de una aplicación en agricultura de precisión.	64
	Conclusiones	66
	Recomendaciones.....	67
	Bibliografía.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Componentes involucrados en sistemas IoT.....	19
Figura 2. 2: Visión general de los CPSs.....	21
Figura 2. 3: Interpretación de la teoría de conjuntos entre CPS vs. IoT.	23
Figura 2. 4: Aplicaciones de las cosas en internet.	23
Figura 2. 5: Internet Industrial.	25
Figura 2. 6: Inteligencia ambiental.	26
Figura 2. 7: Cronograma de gestación de IoT.....	28
Figura 2. 8: Línea de tiempo de maduración de IoT.....	30
Figura 2. 9: Arquitectura de alto nivel de IoT.....	33

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Arquitectura general del sistema de monitoreo online para líneas de transmisión basadas en WSNs.....	43
Figura 3. 2: Arquitectura del monitoreo de estado operativo para equipos...45	
Figura 3. 3: Tecnología WSN utilizada en aplicaciones de monitoreo de redes de distribución.	46
Figura 3. 4: Arquitectura del sistema de adquisición de datos de energía eléctrica basado en WSN.	48
Figura 3. 5: Arquitectura de un sistema WSN aplicado a redes de agua inteligentes.	49
Figura 3. 6: Esquemático de un sistema de monitoreo de la calidad del agua.	50
Figura 3. 7: Boletos electrónicos para viajes más inteligentes.	53
Figura 3. 8: Tarjeta electrónica de un sensor autónomo.	57
Figura 3. 9: Prototipos de sensores de la marca Schneider Electric.	57
Figura 3. 10: Predicción del mercado de sensores en edificios.....	58
Figura 3. 11: Diagrama de bloque del sistema propuesto para aplicación de agricultura de precisión usando WSN.....	61
Figura 3. 12: Diagrama ASM de la sección de N-Nickname.....	62
Figura 3. 13: Diagrama ASM de la sección de N-Gateway.	63

Figura 3. 14: Diagrama ASM de la sección de la nube (cloud).....	63
Figura 3. 15: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de temperatura.	64
Figura 3. 16: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de humedad.	64
Figura 3. 17: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de luz.	65
Figura 3. 18: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de lluvias o precipitaciones.....	65
Figura 3. 19: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de humedad del suelo.....	65

Resumen

El presente trabajo denominado “estudio y análisis del IoT en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente” se fundamentó en la búsqueda de información, entre la cual se afirma que el Internet de las cosas revela mucha información sobre los usuarios/consumidores. Se evidenció que todavía no hay suficientes y necesarias regulaciones legales sobre Internet de las cosas en Ecuador. Aunque, la tecnología se desarrolla rápidamente y tiene lugar en la vida de las personas. En la parte de aportaciones se pudo comprobar que los dispositivos electrónicos intercambian información entre ellos o con computadoras. Las diferentes funcionalidades que tendría IoT si se aplicará en nuestro país a nivel industrial, comercial y educación convergería en un avance tecnológico para Ecuador. Finalmente, y de manera muy particular, quedan algunas preocupaciones sobre la falta de seguridad y protección de la privacidad de Internet y las razones por las cuales las regulaciones legales aún no se han desarrollado.

Palabras claves: SISTEMAS, SMART, GRID, IoT, WSN, CPS.

Abstract

The present work called "study and analysis of the IoT in applications of wireless sensor networks on intelligent infrastructure systems" was based on the search for information, which states that the Internet of things reveals a lot of information about users/consumers. It was evident that there is still not enough and necessary legal regulations on the Internet of things in Ecuador. Although, technology develops rapidly and takes place in people's lives. In the part of contributions it was possible to verify that the electronic devices exchange information between them or with computers. The different functionalities that IoT would have if it will be applied in our country at an industrial, commercial and educational level would converge in a technological advance for Ecuador. Finally, and in a very particular way, there remain some concerns about the lack of security and protection of Internet privacy and the reasons why legal regulations have not yet been developed.

Keywords: SYSTEMS, SMART, GRID, IoT, WSN, CPS.

Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.

1.1. Introducción.

En la mayoría de las organizaciones, la información viaja a lo largo de rutas proverbiales. La información patentada está metida en las bases de datos y analizada en los informes. La información también se origina superficialmente recopilada de fuentes públicas, cosechadas de Internet. Pero los conductos convencionales de información están cambiando: el mundo físico en sí mismo se está convirtiendo en un tipo de sistema de información. Internet de las cosas (IoT) es un sistema de dispositivos informáticos unificados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas a las que se les proporcionan identificadores inimitables y la capacidad de transferir datos a través de una red sin que implique humano a humano o humano. interacción con la computadora.

1.2. Antecedentes.

Las aplicaciones que se pueden desarrollar mediante el uso de redes inalámbricas de sensores (WSN) son diversas. Previamente, se realizó una búsqueda de información en artículos científicos que guardan relación con las aplicaciones de WSN. El tema de intervención propuesto “Estudio y análisis del Internet de las Cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente” se basa en la revisión de trabajos de investigación publicados en revistas científicas, y cuyos temas guardan relación con las aplicaciones de WSN.

A continuación, se detallan los temas como antecedentes bibliográficos que fundamentan el análisis del presente trabajo.

- ✓ El trabajo “Monitoreo de la calidad del agua utilizando redes inalámbricas de sensores: tendencias actuales y futuras direcciones de investigación” fue desarrollado por Adu-Manu, Tapparello, Heinzelman, Katsriku, & Abdulai, (2017).
- ✓ El trabajo “Un sistema de red de sensores inalámbricos confiable y eficiente para el monitoreo de la calidad del agua” fue desarrollado por Nguyen & Phung, (2017).

- ✓ El trabajo “Análisis de cambios de entorno utilizando WSN para aplicaciones IoT” fue desarrollado por Padwal, Kumar, Balaramudu, & Jha, (2017).
- ✓ El trabajo “Diseño y prueba de campo de una plataforma autónoma IoT WSN para monitoreo ambiental” fue desarrollado por Wu, Rudiger, & Yuce, (2017).
- ✓ El trabajo “Sistema de monitoreo de calidad de agua reconfigurable basado en WSN en entorno de IoT” fue desarrollado por Myint, Gopal, & Aung, (2017).
- ✓ El trabajo “Medición y caracterización de calidad de enlace para redes de sensores inalámbricos compatibles con IEEE 802.15.4 en comunicaciones vehiculares” fue desarrollado por Xiong, Hu, & Jiang, (2016).

1.3. Definición del problema

Necesidad de realizar el estudio de los fundamentos teóricos del Internet de la Cosas y su posterior análisis con aplicaciones de redes de sensores inalámbricos utilizando infraestructuras inteligentes

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Desarrollar un estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente.

1.4.2. Objetivos específicos:

- ✓ Describir los fundamentos teóricos del internet de las cosas.
- ✓ Analizar los diferentes escenarios de aplicaciones de redes de señores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente basados en la revisión bibliográfica y en escenarios reales.
- ✓ Evaluar el modelo de simulación a niveles de seguridad de protocolos y técnicas utilizadas en el IoT.

1.5. Hipótesis

A través del estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente se contará con información actualizada para futuros maestrantes pueden incursionar en el mundo de las redes de sensores inalámbricos basados en el internet de las cosas.

1.6. Metodología de investigación.

La metodología de investigación que se utilizó en el presente trabajo fue la descriptiva y cuyo enfoque es empírico-analítico.

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos.

2.1. Introducción del Internet de las cosas.

Este tema ha atraído considerable atención en los últimos años y es abordado por un gran número de investigadores y desarrolladores de diferentes orígenes. Como consecuencia, ya existe una vasta literatura sobre el tema, pero es casi imposible encontrar un consenso pleno sobre terminología y definiciones. Desde el primer interés sobre el tema, pronto los investigadores se dieron cuenta de que revolucionaría la industria y la vida cotidiana debido al amplio alcance de la aplicabilidad del internet de las cosas (*Internet of Things, IoT*).

Las áreas de aplicación potenciales incluyen maquinaria inteligente, medicina, negocios, automoción, ciudades inteligentes y todas las cosas simples o complejas que podrían pensarse estar conectadas a Internet, proporcionando nuevas accesibilidad y formas de uso. Ahora es posible encontrar una gran variedad de literatura, experiencias y opiniones sobre los desarrollos futuros en esta área. IoT no es una sola tecnología, de hecho, implica una gran variedad de componentes tecnológicos que se muestran en la figura 2.1.

Para Fältström, (2012) el "Internet de las cosas no es un fenómeno extraño, nuevo; por el contrario, es un desarrollo natural de la Internet existente. Mientras que para otros autores como Paolantonio, (2012) y Pretz, (2013) consideran que el IOT es simplemente una evolución natural de Internet.

De manera general, IoT es el siguiente paso de una tecnología que de alguna manera ya está estancada y necesita responder a las nuevas necesidades. La evolución representada por IoT es necesaria y ocurre de manera natural.

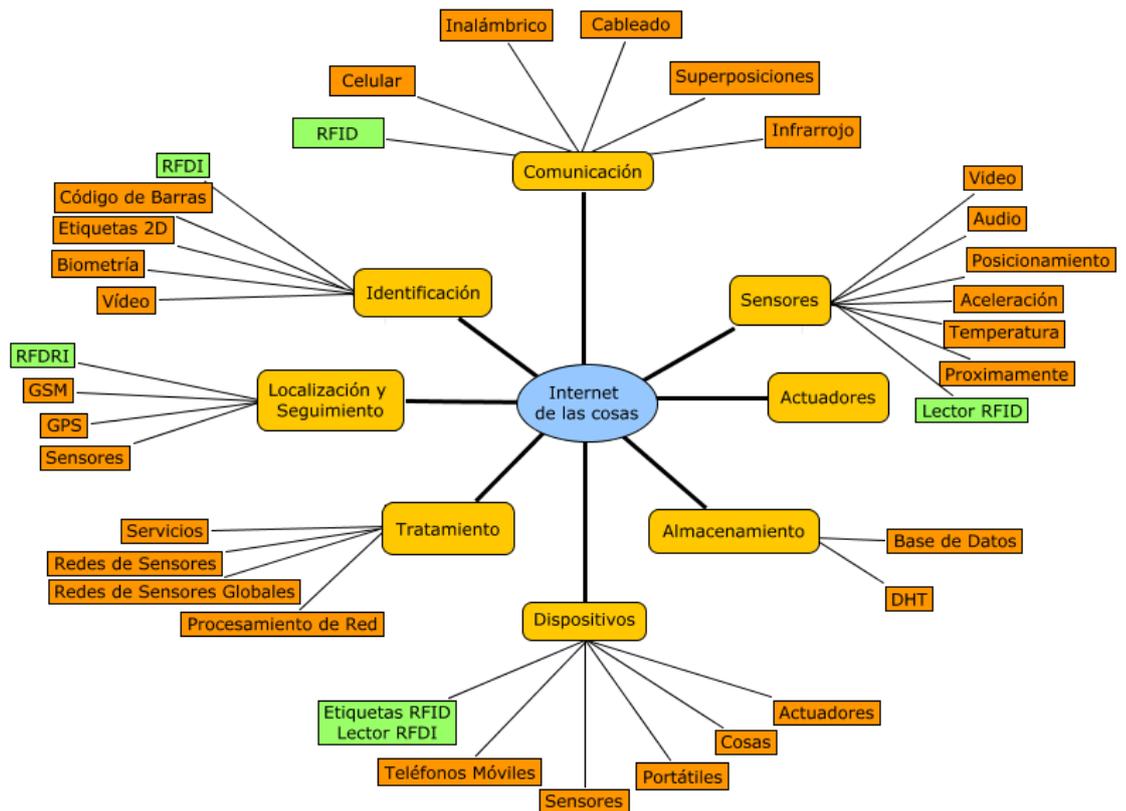


Figura 2. 1: Componentes involucrados en sistemas IoT.
Fuente: (Mayer, 2009)

2.2. Algunas definiciones relacionadas con IoT.

En esta sección se trata de aclarar algunos términos elementales a través de un intento de integrar opiniones de autores importantes y otras personas menos importantes y a veces anónimas, que sólo están interesadas en este campo de IoT.

2.2.1. Sistemas Ciber-Físicos.

Este término aparece a veces como alternativa de IoT, aunque no son exactamente equivalentes. De hecho, IoT puede ser considerado un subconjunto de los sistemas ciber-físicos (*Cyber-Physical Systems, CPS*). Las siguientes definiciones pueden ayudarnos a hacernos una idea de lo que implica este concepto:

- a. Lee, (2007) sostiene que los CPSs son integraciones de procesos computacionales y físicos. Los ordenadores y redes integrados monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con bucles de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos

y viceversa. Donde el potencial económico y social de estos sistemas es mucho mayor de lo que se ha realizado, y que se siguen realizando importantes inversiones en todo el mundo para un mejor despliegue de la tecnología.

- b. National Science Foundation, (2013) sostiene que los CPSs son sistemas de ingeniería que se construyen y dependen de la sinergia de componentes computacionales y físicos. Los CPSs emergentes serán coordinados, distribuidos y conectados, y deben ser robustos y receptivos. Los CPSs de mañana tendrán que superar ampliamente los sistemas actuales en capacidad, adaptabilidad, flexibilidad, seguridad, y usabilidad
- c. Energetics Incorporated, (2012) manifiesta que los CPSs son sistemas inteligentes que tienen tecnologías cibernéticas, tanto de hardware como de software, profundamente embebidas e interactuando con componentes físicos. Los CPSs y los productos y tecnologías innovadores que apoyan, tienen el potencial de crear una fuente de ventaja competitiva para la economía estadounidense en el siglo XXI.

Como implícito en las definiciones anteriores, los CPSs representan la integración de objetos físicos con sistemas computacionales. En otras palabras, permiten la creación de sistemas que conectan a sistemas computacionales con el mundo físico y representan los objetos del mundo físico como modelos apropiados en el mundo computacional. Esto permite el desarrollo de mejores sistemas de automatización. El siguiente paso viene con Internet, que combina software, hardware, objetos y capacidades de red, explotando todas las ventajas de tener objetos expuestos en el mundo físico como en el cibernético.

La figura 2.2 muestra a CPS según las definiciones de los autores mencionados anteriormente, y que incluyen características como control, inteligencia, información, automatización, comunicación e informática.



Figura 2. 2: Visión general de los CPSs.
Fuente: (Mayer, 2009)

2.2.2. Internet de las Cosas.

Aunque no existe una definición formal común de IoT, varios autores han tratado de aclarar el concepto. A continuación, se enuncian varias definiciones de IoT:

- a. Janssen, (2011) indica que IoT es un concepto informático que describe un futuro en el que todos los días los objetos físicos estarán conectados a Internet y podrán identificarse a otros dispositivos. El término está estrechamente identificado con RFID como método de comunicación, aunque también podría incluir otras tecnologías de sensores, otras tecnologías inalámbricas, códigos QR, etc.
- b. Sundmaeker, et al., (2010) manifiesta que en una era de tecnología todos estarían conectados aprovechando todos los servicios que ofrece Internet ya teniendo una red sólida. La próxima mejora es representar los objetos que se utilizan todos los días sin estar restringidos por la movilidad o el tiempo, utilizando completamente las propiedades que cada uno desea de los objetos. Es decir, que IoT es una parte integrada de la "Internet del Futuro" y podría definirse como una infraestructura de red global dinámica con capacidades de autoconfiguración basadas en protocolos de comunicación estándares e interoperables donde las "cosas" físicas y virtuales

tienen: identidades, atributos físicos y personalidades virtuales y usan interfaces inteligentes que se integran perfectamente en la red de información.

Estas definiciones traen claramente la idea de que el IoT puede considerarse un Internet que soporta "cosas", proporcionando un espacio virtual donde los objetos están representados, y el acceso a sus acciones se proporciona prácticamente desde cualquier lugar. Esta integración de los dos mundos, virtual y físico, implica cuestiones tales como: métodos de conexión, inteligencia y capacidades de autoconfiguración.

2.2.3. Comparativa entre CPS e IoT.

Comparando las nociones conceptuales de CPS e IoT, se pudo notar que la línea que las separa no está muy clara. De esta manera es importante discutir lo que los distingue. Finalmente, Koubâa, Andersso, (2009) indica que la frontera entre CPS e IoT no ha sido claramente identificada ya que ambos conceptos han sido impulsados en paralelo por dos comunidades independientes, aunque siempre han estado estrechamente relacionados.

Por otro lado, Ma, (2011) sostiene que, aunque tanto CPS como IoT tienen como objetivo aumentar la conexión entre el ciberespacio y el mundo físico mediante el uso de la tecnología interactiva y de detección de información, que tienen diferencias evidentes: IoT enfatiza el trabajo en red (*networking*) y apunta a interconectar todas las cosas en el mundo físico, por lo tanto, es una plataforma de red e infraestructura abierta.

El CPS enfatiza el intercambio de información y de retroalimentación, donde el sistema debe dar retroalimentación y controlar el mundo físico además de detectar el mundo físico, formando un sistema de circuito cerrado. CPS es la versión estadounidense de "Internet de las cosas". Es cierto que ambas definiciones no pueden separarse debido al hecho de que están estrechamente relacionadas e incluso se complementan entre sí. La causa principal de que estos términos, se hayan distanciado, es que fueron desarrollados por dos comunidades científicas independientes.

Sin embargo, después de analizar las definiciones de CPS e IoT no sería prudente simplemente tomar la idea de que son los mismos. De hecho, si se analiza detenidamente la información ya presentada, IoT puede ser visto como un subconjunto de CPS. La figura 2.3 muestra la visión de la interpretación comparativa entre CPS e IoT. CPS no sólo incluye "cosas" conectadas a Internet, sino también otros sistemas físicos con poder computacional incorporado.

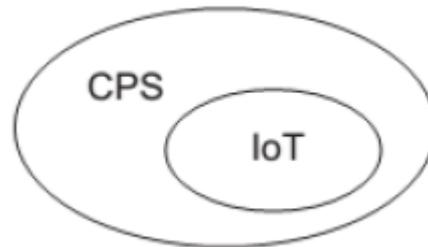


Figura 2. 3: Interpretación de la teoría de conjuntos entre CPS vs. IoT.
Fuente: (Ma, 2011)

2.2.4. Things o Cosas.

Un elemento clave en IoT es la noción de "cosas". Por lo tanto, una clarificación de "cosas" se hace necesaria cuando se habla de IoT. En la figura 2.4 se observan algunas "cosas" que se consideran en diferentes dominios de aplicaciones de IoT.

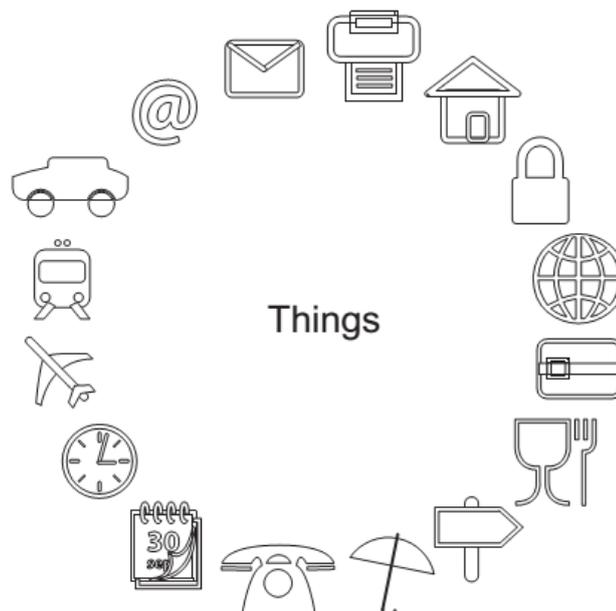


Figura 2. 4: Aplicaciones de las cosas en internet.
Fuente: (Janssen, 2011)

En IoT, el término "cosas" encajarán en casi todos los aspectos de la vida cotidiana, ya sea de manera aislada o integrada en sistemas más grandes. En el contexto de IoT, para los autores Sundmaeker, et al., (2010) una "cosa" podría definirse como una entidad real/física o digital/virtual que existe y se mueve en el espacio y el tiempo y es capaz de ser identificada. Las cosas se identifican comúnmente por números de identificación asignados, nombres y/o direcciones de ubicación.

Otro término que se utiliza es "objeto", donde estos están vinculados a través de redes cableadas e inalámbricas a Internet. Cuando los objetos en IoT pueden percibir el entorno, interpretar datos y comunicarse entre sí, se convierten en herramientas para comprender la complejidad y para responder rápidamente a eventos e irregularidades.

Otro punto relevante dado por Janssen, (2011) es que IoT es significativo porque un objeto que puede representarse a sí mismo digitalmente se convierte en algo mayor que cuando el objeto existió por sí mismo. El objeto ya no se relaciona solo con usted, pero ahora está conectado a objetos que lo rodean, datos de una base de datos, etc. Cuando muchos objetos actúan al unísono, se les llama "inteligencia ambiental".

En resumen, cualquier objeto que se pueda conectar a Internet y obtener una "presencia digital" puede convertirse en un activo para el usuario, accesible desde cualquier lugar a través de una dirección única.

2.2.5. Internet industrial.

En línea con el concepto de IoT, la noción de Internet industrial puede entenderse como un caso particular que al conectar personas, datos y máquinas contribuye a la optimización de los procesos industriales. Internet industrial está permitiendo que este cambio sea más productivo haciendo que el mundo físico de la industria sea más inteligente. Al conectar las máquinas a Internet mediante software, se producen datos y se obtiene una idea del proceso de fabricación. Estas máquinas se convierten en parte de una red

inteligente que puede automatizar la información y la acción para optimizar el rendimiento del piso de la planta.

En la figura 2.5, se observan una serie de características sugeridas por varios investigadores (por ejemplo, Markopoulos, 2011) para respaldar el Internet industrial.

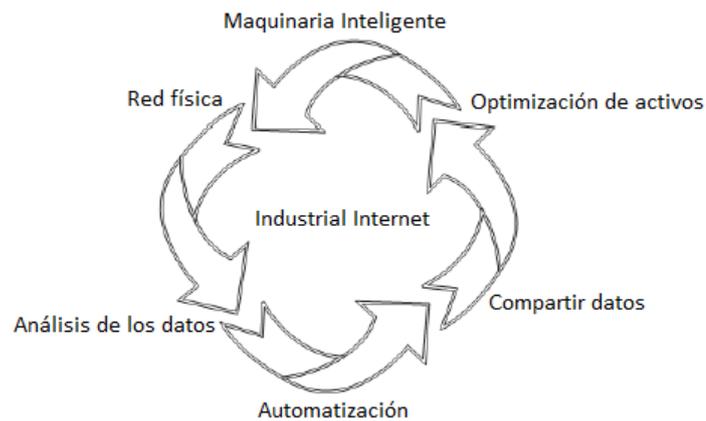


Figura 2. 5: Internet Industrial.
Fuente: (Markopoulos, 2011)

Esta noción apunta también a mayores niveles de inteligencia de los sistemas industriales, y pretende establecer un puente entre el mundo computacional y la maquinaria industrial. La característica crucial del Internet industrial es que instala la inteligencia por encima del nivel de las máquinas individuales, lo que permite el control remoto, la optimización a nivel de todo el sistema y sofisticados algoritmos de aprendizaje de máquina que pueden funcionar con gran precisión porque toman en cuenta vastas cantidades de datos generadas por grandes sistemas de máquinas, así como el contexto externo de cada máquina individual.

Internet industrial permite así la optimización de procesos industriales a través de conectividad y mayor inteligencia, automatizando procesos y proporcionando autonomía a la maquinaria. El Internet industrial, de esta manera, aumentará la productividad, ayudará a prevenir los malfuncionamientos y reducirá costos innecesarios a la empresa.

2.2.6. Inteligencia ambiental.

Este concepto representa entornos mejorados electrónicamente que son sensibles y responden a la presencia de personas. Esta visión puede ser ilustrada por la figura 2.7. La idea es adaptar el espacio personal para responder con inteligencia en cada situación diferente

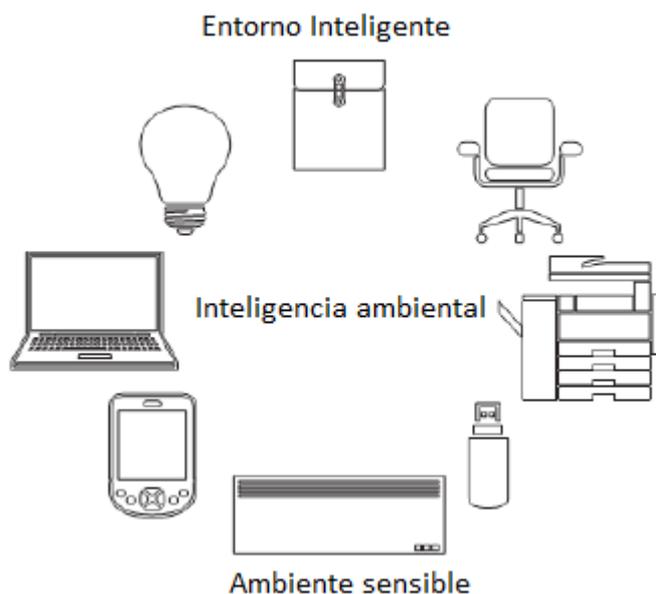


Figura 2. 6: Inteligencia ambiental.
Fuente: (Markopoulos, 2011)

Inteligencia ambiental, combina nociones tales como la computación ubicua, sistemas embebidos, la sensibilidad al contexto, y la interacción sistemas centrados en el ser humano. Las interacciones y la cooperación entre el ser humano y las máquinas no sólo harán el trabajo más fácil, sino también más rápido y más fiable. Por otro lado, están surgiendo varias aplicaciones en el área de la vida asistida por el ambiente, como la asistencia a personas mayores.

La inteligencia ambiental es una disciplina emergente que aporta inteligencia a todos nuestros entornos y hace que esos entornos sean sensibles a nosotros. La investigación de inteligencia ambiental (*Ambient Intelligence, Ami*) se basa en los avances en sensores y redes de sensores, computación penetrante e inteligencia artificial.

Debido a que estos campos contribuyentes han experimentado un tremendo crecimiento en los últimos años, la investigación Aml se ha fortalecido y ampliado. Debido a que la investigación de Aml está madurando, las tecnologías resultantes prometen revolucionar la vida humana diaria, haciendo que el entorno de las personas sea flexible y adaptable. (Cook, et al., 2007).

Proporcionar medios para percibir el medio ambiente a través de sensores, siendo de esta manera capaces de analizar datos instantáneamente y adaptar factores básicos no sólo en términos del entorno físico sino también en el mundo virtual, esta inteligencia incrementada puede resultar ser un factor clave para aumentar la productividad y calidad de servicio.

2.3. Breve reseña histórica de IoT.

En esta sección se proporciona un breve resumen histórico, con el fin de comprender la evolución de IoT desde su gestación y madurez consecuente. De acuerdo con Camarinha-Matos, et al., (2013) se pueden identificar dos períodos principales en el desarrollo de IoT, que serían: gestión de IoT y madurez de IoT. Estos dos períodos de la evolución de IoT se presentan a continuación. Los cronogramas muestran los hechos más significativos en la historia de IoT. Para proporcionar más información sobre cada punto de interés, se presenta información adicional debajo de cada línea de tiempo.

2.3.1. Gestación de IoT.

La gestación de IoT corresponde a un largo período durante el cual una serie de avances contribuyeron a dar vida a IoT. Para ilustrar la fase de gestación de IoT, la figura 2.8 muestra los principales hitos que conducen a IoT.

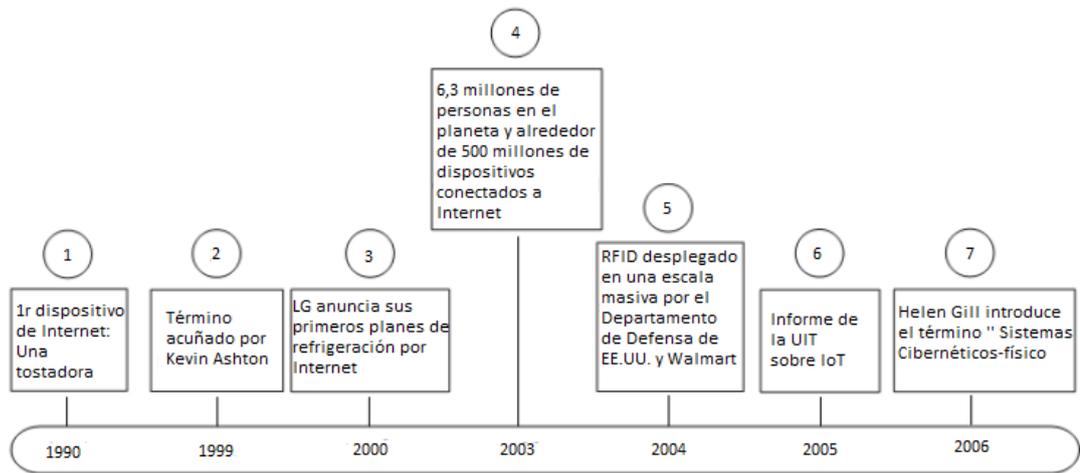


Figura 2. 7: Cronograma de gestación de IoT.

Fuente: (Dahlberg, 2010)

En la 1er etapa, este hito representa la primera vez que un dispositivo se conectó a Internet, una tostadora. Tan simple como este hito se puede ver, en realidad marcó la primera etapa de la gestación de IoT. Este dispositivo podría ser encendido y apagado a través de Internet, y la conexión fue desarrollada por John Romkey.

En la 2da etapa, en 1999, el término internet de las cosas fue acuñado por Kevin Ashton, director ejecutivo del centro Auto-ID. Esta fue la primera vez que el término se utilizó para referirse a un Internet capaz de integrar dispositivos.

En la 3era etapa, LG presentó los planes para un nuevo "refrigerador de Internet". Este refrigerador podría informar, por ejemplo, cuando la leche o cualquier otro producto se está agotando y proporcionar el relleno incluso antes de que se acabe. Se consideró importante este hito debido a la inteligencia y autonomía otorgadas a un dispositivo. Un paso importante hacia IoT fue el momento en que se proporcionó un dispositivo con inteligencia y autonomía.

En la 4ta etapa, este hito hace hincapié en el hecho de que en este punto había 500 millones de dispositivos conectados a Internet, el inicio de un

crecimiento exponencial que promete mantener el rápido ritmo de evolución de la zona.

Para la 5ta etapa, Walmart anunció que todos sus proveedores tendrían que etiquetar los suministros con etiquetas RFID. Del mismo modo, el departamento de defensa de Estados Unidos tomó la misma acción y requirió que los suministros tuvieran que ser etiquetados. Estas acciones condujeron a una mejor logística, previniendo robos, entre otras muchas ventajas. La acción de etiquetar suministros proporcionó información en tiempo real acerca de ellos y aunque es un estilo de información de un lado, es claramente una característica de IoT. IoT completamente desarrollado permitirá recibir información sobre "cosas" etiquetadas, no sólo para leer información, sino también para actualizar y escribir información adicional, creando una estructura basada en información en tiempo real.

En la 6ta etapa, este hito está marcado por un importante informe sobre IoT. Este informe fue publicado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y abordó varios temas importantes de IoT. Se reunieron varias secciones en Internet, por ejemplo, para la generación de internet móvil, las telecomunicaciones, la integración, las redes ubicuas, visiones de la sociedad de la información, etc. Este informe también presentó información sobre IoT, sus tecnologías habilitadoras, desafíos y oportunidades.

En la última etapa, IoT ya se había convertido en un tema interesante para los investigadores. Sin embargo, uno de los papeles más importantes en este momento fue presentado por Helen Gill, en el que se discutieron las perspectivas, lo que la tecnología permitía, la investigación necesaria y los desafíos a superar para el cumplimiento de IoT. Además, introdujo el término de sistemas ciber-físicos en una estrecha relación con los sistemas en red.

Los sistemas ciber-físicos son sistemas físicos, biológicos y de ingeniería cuyas operaciones están integradas, monitoreadas y/o controladas por un núcleo computacional. Los componentes se conectan en red en cada escala.

La informática está profundamente embebida en cada componente físico, posiblemente incluso en materiales. El núcleo computacional es un sistema embebido, por lo general demanda respuesta en tiempo real, y es más frecuentemente distribuido. El comportamiento de un sistema cibernético es una hibridación plenamente integrada de la acción computacional (lógica), física y humana.

De acuerdo con lo mostrado por la figura 2.8, la gestación de IoT ocurrió a un ritmo acelerado, particularmente en la última década, como resultado de la investigación activa de los enfoques, la identificación de los retos y los problemas a superar. En esta gestación también se observa discusiones sobre términos relevantes tales como IoT, CPS, y sistemas ubicuos. Como un hito importante se tiene que la decisión de Walmart para controlar sus suministros fue usar RFID, que se considera un facilitador clave de IoT.

2.3.2. Maduración de IoT.

En la figura 2.9 se muestra la fase de maduración de IoT. A medida que avanzaba IoT, las discusiones y los avances se hicieron más específicos. Comenzó a tomar forma en proyectos específicos, algunos en poder de consorcios colaborativos y otros de empresas individuales. Después de estar en una etapa embrionaria, IoT rápidamente comenzó a tomar forma en términos de software y componentes de hardware e infraestructuras.

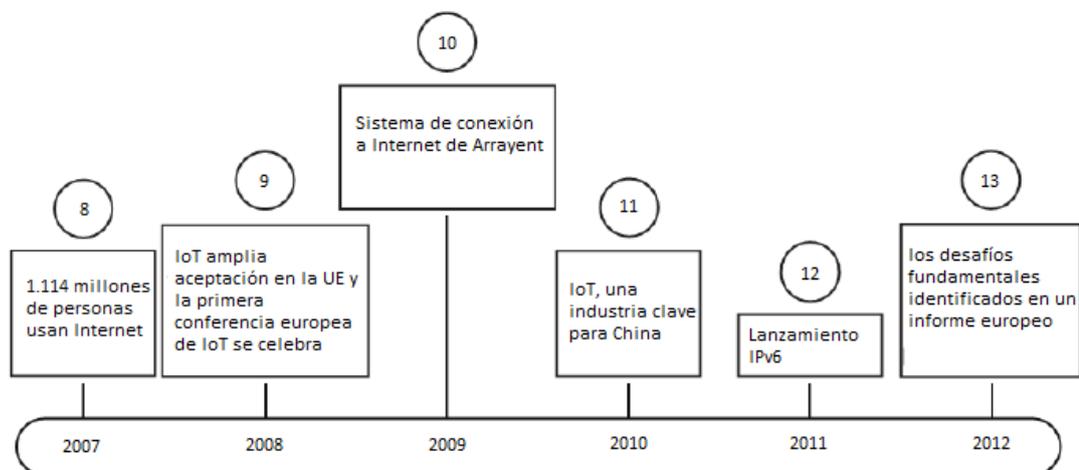


Figura 2. 8: Línea de tiempo de maduración de IoT.

Fuente: (Dahlberg, 2010)

En el hito 8vo, IoT se considera nacer simplemente por el hecho de que en este punto había más dispositivos (teléfonos celulares, sensores, computadoras y tabletas) conectados a Internet que las personas. En este hito había casi 6.5 millones de dispositivos conectados a Internet y 1.114 millones de usuarios, lo que significa casi seis dispositivos por usuario.

En el hito 9no, IoT obtuvo una amplia aceptación a nivel de la UE, y se celebró la primera conferencia europea de IoT. En esta conferencia se discutieron temas importantes como los facilitadores de la IOT. Tecnologías como RFID, comunicaciones de corto alcance, localización en tiempo real y redes de sensores fueron consideradas como facilitadoras de IoT y aumentando la necesidad de explorar cada tecnología.

En el hito 10mo, Arrayent presentó el "Sistema de conexión a Internet". Este sistema de comunicación puede ser considerado como llave en mano en términos de comunicación. Aunque no es un gran soporte de IoT, proporciona información e ideas útiles para escenarios de IoT. Según Dahlberg, (2010) el primer sistema de conexión a Internet de Internet de la industria permitió a los propietarios de marcas de productos electrónicos conectar sus productos de forma inalámbrica a aplicaciones web alojadas en la nube de Internet. Estas aplicaciones web son utilizadas por los consumidores para supervisar y controlar sus dispositivos electrónicos desde cualquier teléfono inteligente o navegador web.

En el hito 11vo, en China se anunció a IOT como una industria clave para China y presentó planes para realizar grandes inversiones en ella. El reconocimiento de IoT por parte de China marca la importancia dada al tema de IoT.

En el hito 12vo, se lanzó IPv6 este protocolo es un factor clave para IoT, debido al hecho de que los dispositivos en IoT crecerán exponencialmente y, por lo tanto, se necesita un nuevo sistema de direccionamiento. Dado que el protocolo IP tiene su espacio de direcciones casi lleno, un nuevo protocolo era necesario. Según Leibson, (2008) se asigna una dirección IPV6 a cada átomo

en la superficie de la Tierra, y todavía se tendrían suficientes direcciones para hacer otras 100 tierras".

En el hito 13vo, el Cluster Europeo de Investigación sobre Internet de las Cosas (IERC-IoT) publicó un libro en el que se identificaban los principales retos en el tema del IoT. Esta publicación introdujo varios hitos a ser alcanzados. Reuniendo a investigadores, varias empresas y comunidades de investigación, esta publicación introdujo varios temas de discusión y un panorama general de aplicaciones potenciales.

Como tal, la maduración de IoT evolucionó a partir de simples principios y de una manera natural.

2.4. La tecnología de IoT.

Los fenómenos tecnológicos de IoT se originan a partir de los desarrollos en tecnología de la información y la comunicación asociados a tres áreas principales: conectividad ubicua, computación ubicua e inteligencia ambiental. Por ejemplo, la conectividad ubicua, es la capacidad de los objetos de conectarse en cualquier lugar y en cualquier momento; mientras, que la computación ubicua es la mejora de objetos con poder de procesamiento; y finalmente, la inteligencia ambiental (Aml), es la capacidad de los objetos para registrar cambios en entornos físicos e interactuar activamente con procesos. (Dohr, Modre-Opsrian, Drobics, Hayn, & Schreier, 2010)

En IoT, según Shahid & Aneja, (2017) el concepto tradicional de Internet como una red de infraestructura que llega a los terminales de los terminales se desvanece, dejando espacio a una noción de "objetos inteligentes" interconectados que forman ambientes computacionales ubicuos. Para Dohr et al., (2010) Aml, es el concepto tecnológico que conduce a la vida asistida por el ambiente (*Ambient Assisted Living, AAL*), pero también comparte características fuertes con IoT. Los entornos Aml son ricos en capacidades de detección, computación y actuación y están diseñados para responder inteligentemente a la presencia de los usuarios y apoyarlos en la realización de tareas específicas.

Aml se aplica principalmente en entornos "cerrados", como edificios. IoT expande los conceptos de Aml para integrar escenarios "abiertos" en los que se pueden acomodar nuevas funciones, capacidades y servicios en tiempo de ejecución sin que hayan sido necesariamente considerados en el momento del diseño. Las soluciones de IoT pueden ser inherentemente autónomas, es decir, presentar las capacidades de autoconfiguración y autoorganización necesarias para proporcionar este grado adicional de flexibilidad.

2.4.1. Capas Tecnológicas de IoT.

La figura 2.9 muestra la abstracción de alto nivel de la arquitectura de la plataforma IoT clásica con sus componentes claves. IoT se puede conceptualizar en tres niveles como se explica a continuación:

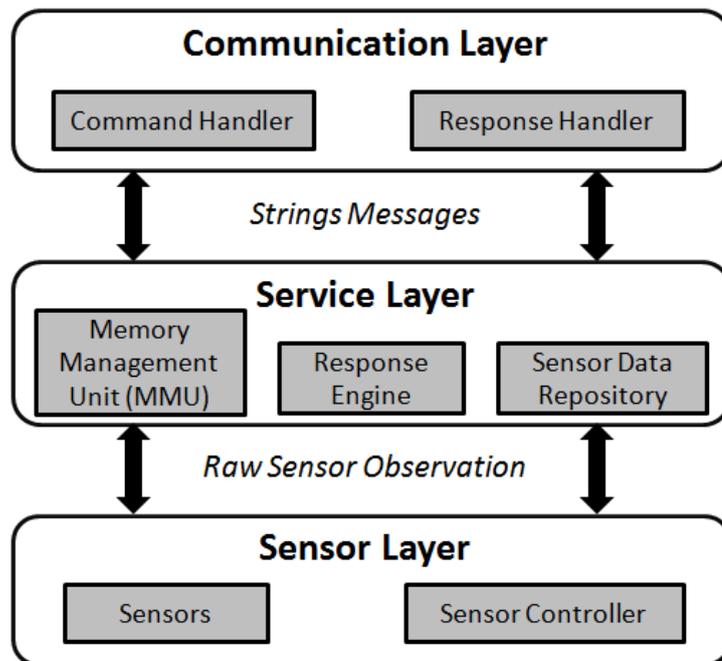


Figura 2. 9: Arquitectura de alto nivel de IoT.
Fuente: (Jazayeri, Liang, & Huang, 2015)

1. **Nivel de componentes (capa de detección – sensor layer):** esta capa de IoT representa el nivel de componentes que consiste en una serie continua de dispositivos, objetos o cosas, y que se clasifican en cuatro tipos:
 - **Objetos inteligentes:** estos dispositivos tienen capacidades de comunicación, pueden ser descubiertos, identificados de manera única, poseen computación básica y pueden detectar algunos

fenómenos físicos como luz, temperatura, etc. Para Miorandi, Sicari, De Pellegrini, & Chlamtac, (2012) se incluyen dispositivos de redes inalámbricas de sensores y redes inalámbricas de sensores/actuación. La capacidad de detectar el estado físico de las cosas a través de sensores, junto con la recopilación y procesamiento de datos detallados, permite a estos dispositivos responder inmediatamente a los cambios en el mundo real.

- Dispositivos informáticos: estos incluyen dispositivos como teléfonos inteligentes (smartphones), ordenadores y portátiles. Los teléfonos inteligentes tienen capacidades de detección que proporcionan a los usuarios datos de proximidad, planificación de rutas junto con capacidades de comunicación como las tecnologías Bluetooth y Wi-Fi. Esto admite conexiones a objetos inteligentes. También desempeñan un papel en el suministro de la interfaz de usuario para aplicaciones personalizadas. Las computadoras vienen con chips más pequeños, altas funciones de cómputo, alto rendimiento, bajos costos y consumo de energía y wifi y pueden interactuar con smartphones y objetos inteligentes.
 - Dispositivos de gama alta: incluyen dispositivos tales como gateways que recopilan y procesan datos de dispositivos finales más sencillos y administran su funcionamiento. Los puntos de agregación de la pasarela desempeñan un papel clave para poner en línea los sensores de corto alcance instalados y otros dispositivos finales y permitir la interconexión entre diferentes tecnologías inalámbricas. (Sethi & Sarangi, 2017)
2. **Nivel de servicio (capa de aplicación – service layer):** en este nivel, las funcionalidades y recursos proporcionados por los dispositivos inteligentes (principalmente en forma de flujos de datos generados) se integran en servicios de valor añadido para los usuarios finales. El aumento masivo de la capacidad de almacenamiento y de computación, parte de la cual está disponible a través de la computación en nube, hace que estos servicios estén disponibles a una escala muy grande y a costos decrecientes. La provisión de estos

servicios y administración de dispositivos basados en la nube implica el procesamiento en uno o ambos niveles:

- **Gestión centralizada de dispositivos:** en este caso, la toma de decisiones, el procesamiento de datos y la gestión de dispositivos pueden tener lugar mediante la provisión de servicios en nube centralizados.
- **Gestión de dispositivos distribuidos:** en este caso, los objetos están habilitados en una red para crear una plataforma distribuida que permita la fácil implementación de servicios en la parte superior.

3. Nivel del sistema (capa de red – communication layer): esta capa de IoT consiste en un sistema de red altamente dinámico y distribuido radicalmente, compuesto de dispositivos inteligentes que producen y consumen información. El dinamismo se debe a la capacidad de los objetos inteligentes para crear conexiones Ad-hoc entre sí, lo que permite la autogestión y capacidades autónomas. La provisión de conectividad entre dispositivos finales se categoriza en tres tipos:

- **Conectividad de baja energía:** consiste en varios protocolos de radio de bajo coste, como Bluetooth Smart, Zigbee, Zwave, IEEE 802.11, IEEE 802.15 y comunicaciones de línea de alimentación a través de las cuales los dispositivos a nivel de componentes pueden comunicarse entre sí.
- **Conectividad móvil:** la proliferación de Internet móvil proporciona una conectividad ubicua al usuario, ya que difunde información en tiempo real.
- **Conectividad inalámbrica:** las redes inalámbricas avanzadas proporcionan cobertura ubicua y ofrecen servicios de datos de banda ancha a un costo significativamente menor. Estas redes ubicuas ofrecen características necesarias para que los proveedores de la plataforma IoT apoyen la prestación de servicios. Los protocolos de comunicaciones inalámbricas se han desarrollado en muchas direcciones para permitir diversos

escenarios de bajo ancho de banda, baja potencia a gran ancho de banda, tecnologías que consumen más energía.

2.5. Características del nivel del sistema de IoT.

IoT implica ciertos rasgos característicos tecnológicos que deben tenerse en cuenta a la hora de definir las aplicaciones de los servicios de valor añadido, tales como:

1. Heterogeneidad: los dispositivos en el nivel de componente pueden tener diferentes puntos de vista computacional y de comunicación, exhibiendo así una gran heterogeneidad. La gestión de un nivel tan alto de heterogeneidad tendrá que ser apoyada tanto en los niveles de arquitectura como en los protocolos.
2. Escalabilidad: en infraestructuras más grandes, los problemas de escalabilidad surgen en los sistemas de nomenclatura y direccionamiento de dispositivos, comunicación de datos y redes, información, conocimiento y niveles de gestión de servicios. Esto debe tenerse en cuenta al diseñar servicios escalables.
3. Intercambio de datos ubicuo: en IoT, las tecnologías de comunicaciones inalámbricas permiten que los objetos inteligentes se conecten, proporcionando cobertura de datos ubicua.
4. Localización y seguimiento: las entidades de IoT pueden ser identificadas y están provistas de capacidades de comunicaciones inalámbricas de corto alcance, lo que permite rastrear la ubicación y los objetos inteligentes en el ámbito físico.
5. Autoorganización: la complejidad y la dinámica que muchos escenarios de IoT pueden proporcionar son llamadas a distribuir inteligencia en el sistema, haciendo que los objetos inteligentes puedan reaccionar de manera autónoma a una amplia gama de situaciones diferentes, minimizando así la intervención humana mediante la autoorganización.
6. Mecanismo de seguridad incorporado y de preservación de la privacidad: la interacción estrecha de IoT con el dominio físico, llamadas para asegurar y preservar la privacidad por el diseño de la tecnología. Se espera que esto represente un requisito clave para

asegurar la aceptación de los usuarios y la amplia adopción de la tecnología.

2.6. Aplicaciones de IoT.

Existen seis tipos de aplicación diferentes en IoT, los mismos se encuentran categorizados ampliamente bajo información y análisis y automatización y control.

1. Información y análisis.

Las redes vinculan los datos de los productos o el entorno operativo, los datos resultantes generan una mejor información. El análisis de esta información mejora la toma de decisiones. A continuación, se describen brevemente los tres tipos principales de aplicaciones:

- **Comportamiento de seguimiento:** esto implica el proceso de monitorear el comportamiento de personas, cosas o datos a través del espacio y el tiempo. Por ejemplo, cuando los sensores y las conexiones de red están incrustados en un coche de alquiler, se puede alquilar por períodos de tiempo cortos a los miembros registrados de un servicio de coche mientras se realiza un seguimiento en línea.
- **Conciencia situacional mejorada:** los datos de los sensores cuando se despliegan en una infraestructura como edificios pueden dar a los tomadores de decisiones una mayor conciencia de los eventos en tiempo real, especialmente cuando los sensores se utilizan con tecnologías de visualización o visualización avanzada. Por ejemplo, el personal de seguridad puede utilizar redes de sensores que combinan detectores de vídeo, audio y vibración para detectar la entrada no autorizada en áreas restringidas.
- **Análisis de decisiones impulsadas por sensores:** IoT puede soportar una planificación y toma de decisiones humanas más complejas al recolectar y analizar datos de sensores. Por ejemplo, en los sensores de salud y los enlaces de datos ayudan a monitorear el comportamiento y los síntomas del paciente en tiempo real. Esto permite a los médicos proporcionar un mejor diagnóstico de las enfermedades y prescribir regímenes de tratamiento adaptados.

2. Automatización y Control.

Hacer que los datos sean la base de la automatización y el control implica convertir los datos y análisis recopilados mediante IoT en instrucciones que transmiten a través de la red a actuadores que a su vez modifican procesos. Al cerrar el bucle de datos a aplicaciones automatizadas, los sistemas pueden ajustarse automáticamente a situaciones complejas y hacer innecesarias muchas intervenciones humanas.

- **Sistemas complejos autónomos:** el uso más exigente de IoT implica la detección rápida de condiciones impredecibles y respuestas instantáneas guiadas por sistemas automatizados, imitando así las reacciones humanas a través de niveles de rendimiento enormemente mejorados. Por ejemplo, la industria automotriz está intensificando el desarrollo de sistemas que pueden detectar colisiones inminentes y tomar acciones evasivas.
- **Optimización de procesos:** IoT abre nuevas fronteras para mejorar procesos. Esta instrumentación mejorada, multiplicada cientos de veces durante un proceso completo, permite reducciones importantes en los residuos, los costos de energía y la intervención humana. Por ejemplo, los sensores y actuadores también pueden usarse para cambiar la posición de un objeto físico a medida que se desplaza por una línea de montaje, asegurando que llega a las máquinas herramienta en una posición óptima.
- **Consumo optimizado de recursos:** los sensores en red y los mecanismos automatizados de retroalimentación pueden cambiar los patrones de uso de los escasos recursos, incluyendo la energía y el agua, a menudo permitiendo precios más dinámicos.

2.7. Servicios de IoT.

La era de la web se caracteriza por los servicios que están siempre encendidos. Por ejemplo, las transacciones bancarias en línea, las aplicaciones móviles, etc. siempre están disponibles cuando el usuario lo solicita. Las plataformas IoT, por otro lado, se dice que permiten servicios que siempre responden. Estos servicios están orientados a la situación, se

construyen y se componen automáticamente en tiempo de ejecución, responden a las necesidades específicas de los usuarios, se adaptan al contexto del usuario y los apoyan en las actividades diarias.

Esta mejora de la conciencia situacional aumentada con la capacidad de percibir y responder al ambiente circundante apoyado por IoT añade una inteligencia increíblemente valiosa para la toma de decisiones complejas en una amplia gama de verticales de la industria como sigue:

- a. AAL:** a medida que cambian las características demográficas de las sociedades, con el envejecimiento de las poblaciones y la extensión de la vida, el edificio moderno tendrá que apoyar la vida independiente en edades más avanzadas. Con sensores, controladores e inteligencia, los edificios inteligentes brindan asistencia técnica a las personas mayores, permitiendo una vida asistida por el ambiente.
- b. Utilidad:** los centros de medición inteligente pueden informar automáticamente sobre el uso de energía a través de redes, ahorrando tiempo y dinero de enviar personal para la comprobación manual del medidor y permitir a las empresas optimizar el consumo en respuesta a las condiciones de suministro. Proporciona ahorro energético para los propietarios de viviendas. Los medidores de energía inteligentes y los aparatos se comunicarán con fuentes de energía inteligentes para ayudar a equilibrar la oferta y la demanda utilizando típicamente Zigbee o línea eléctrica.
- c. Atención de salud:** las tecnologías de IOT pueden encontrar una serie de aplicaciones en el sector de la salud. Ejemplos son los sensores médicos para monitorizar parámetros como la temperatura corporal, la presión sanguínea y la actividad respiratoria. Cada vez más, las tecnologías IoT se están utilizando en soluciones de salud y bienestar personalizadas. El uso de sensores portátiles, junto con aplicaciones adecuadas, como ejecutar en los dispositivos informáticos personales permite a la gente realizar un seguimiento de sus actividades diarias, proporcionando sugerencias para mejorar su

estilo de vida. Pueden usarse para mejorar las soluciones actuales de vida asistida.

- d. Hogares/Edificios inteligentes:** equipamiento de edificios con tecnología IoT puede ayudar a reducir el consumo de recursos asociados a edificios como la energía y también mejorar el nivel de confort de sus ocupantes proporcionando sistemas controlados de calefacción, iluminación, seguridad y seguridad. El papel clave lo desempeñan los sensores y actuadores, que se utilizan tanto para monitorear los consumos de recursos como para detectar y responder proactivamente a las necesidades de los usuarios.
- e. Ciudad inteligente:** los servicios IoT avanzados permiten optimizar el uso de las infraestructuras físicas de la ciudad y la calidad de vida de sus ciudadanos. Como ejemplo, las tecnologías IoT pueden utilizarse para proporcionar sistemas avanzados de control de tráfico en las ciudades.

Resumiendo, es importante destacar que mientras que las características básicas de las tecnologías IoT, tales como la detección y la comunicación de red, pueden ser genéricas y pueden implementarse en varias verticales de la industria, las aplicaciones en cada vertical son muy específicas y altamente dependientes del contexto de las necesidades y los actores en esa vertical.

Capítulo 3: Análisis de aplicaciones de WSN en los sistemas de infraestructura.

3.1. Aplicaciones de WSN en redes inteligentes o Smart grid.

La red eléctrica no solo es una parte importante de la industria de la energía eléctrica, sino también una parte importante de la sostenibilidad de un país. Con la dependencia de la energía eléctrica aumentando gradualmente, la demanda de la confiabilidad y la calidad de la red eléctrica también está aumentando en el mundo. Las empresas de servicios públicos, las instituciones de investigación y los académicos han investigado cómo modernizar la red eléctrica para que sea eficiente, limpia, segura, confiable e interactiva.

Una red eléctrica inteligente abre la puerta a nuevas aplicaciones con impactos de gran alcance: brindando la capacidad de integrar de forma más segura fuentes de energía renovables (*Renewable Energy Sources, RES*), vehículos eléctricos y generadores distribuidos en la red; entregar energía de manera más eficiente y confiable a través de la respuesta a la demanda y capacidades integrales de control y monitoreo;

Utilizar la reconfiguración automática de la red para prevenir o restaurar las interrupciones (capacidades de auto-reparación); permitiendo a los consumidores tener un mayor control sobre su consumo de electricidad y participar activamente en el mercado de la electricidad. Los sensores serán un elemento clave para que la red inteligente alcance su potencial. La idea detrás de la red (grid) "inteligente" es que la red responderá a la demanda en tiempo real; para hacer esto, se requerirán sensores para proporcionar esta información en "tiempo real".

3.1.1. Sistema de monitoreo en línea para líneas de transmisión.

La condición de las líneas de transmisión se ve afectada directamente por el viento, la lluvia, la nieve, la niebla, el hielo, los rayos y otras fuerzas naturales; al mismo tiempo, la contaminación industrial y agrícola también es una amenaza directa para la operación segura de las líneas de transmisión.

El entorno operativo de las líneas de transmisión y los estados operativos son muy complejos, lo que requiere mayor monitoreo automático, más control y protección de equipos para enviar alarmas automáticamente cuando ocurren accidentes y enviar el ajuste de la estrategia de acuerdo con el modo de operación, por lo tanto, las fallas se procesarán en la fase inicial o se aislarán en un rango pequeño.

Las comunicaciones por cable tradicionales no pueden cumplir con las necesidades de comunicación del monitoreo online de las líneas de transmisión. Las WSNs tienen la ventaja de disponer de gran capacidad de adaptación a entornos hostiles, gran cobertura de área, autoorganización, autoconfiguración e independencia de la herramienta y son muy adecuadas para sistemas de monitoreo de comunicación de datos para líneas de transmisión.

Con las ventajas técnicas de WSN, se establece un sistema de monitoreo en línea de múltiples elementos, que pueden enviar avisos oportunos de desastres, ubicar rápidamente las posiciones de fallas, detectar fallas en líneas de transmisión, acortar el tiempo de recuperación de fallas y así mejorar la confiabilidad del suministro de energía.

El uso de WSN no solo puede prevenir y reducir eficazmente los accidentes de equipos eléctricos al combinarse con la temperatura del conductor, el monitoreo en línea del medio ambiente y de condiciones meteorológica en tiempo, sino que también puede proporcionar datos para mejorar la eficiencia de transmisión y aumentar la capacidad dinámica de las líneas de transmisión.

La figura 3.1 muestra la arquitectura general de los sistemas de monitoreo online para líneas de transmisión. Actualmente, algunas empresas eléctricas internacionales están promoviendo aplicaciones de tecnología WSN en el monitoreo online de líneas de transmisión. Por ejemplo, desde 2013, las compañías de energía eléctrica extranjeras han desarrollado proyectos basados en WSN para IoT.

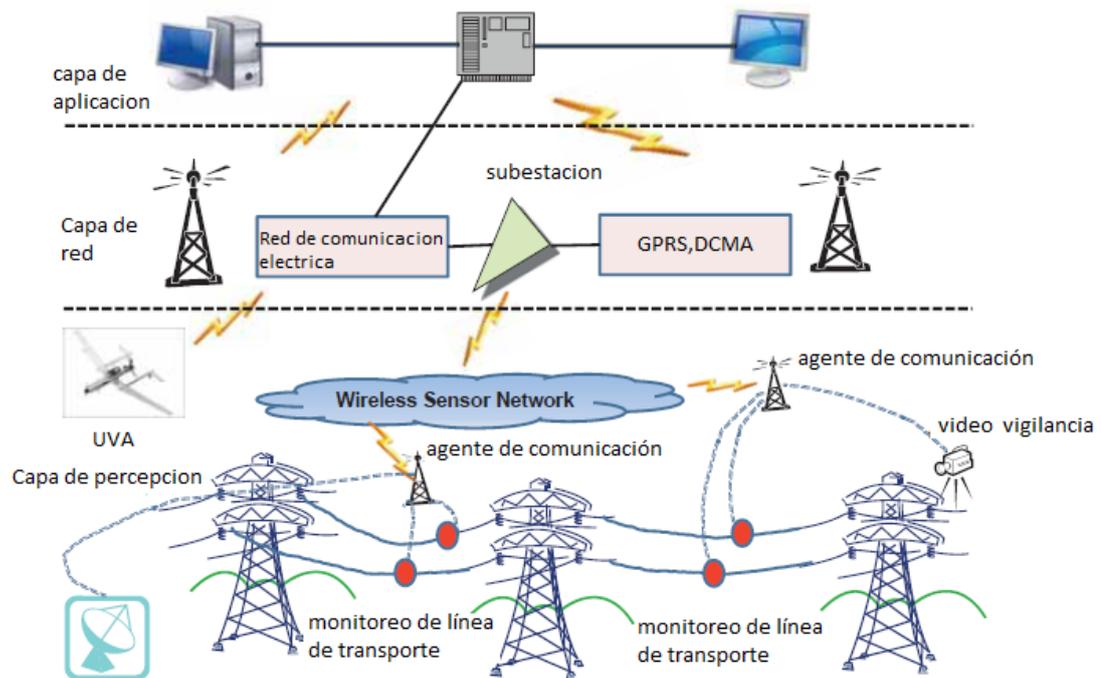


Figura 3. 1: Arquitectura general del sistema de monitoreo online para líneas de transmisión basadas en WSNs.

Elaborado por: Autora

3.1.2. Sistema inteligente de monitoreo y alerta temprana para subestaciones.

Después de décadas de desarrollo, la tecnología de automatización de subestaciones domésticas ha alcanzado el nivel de estándares internacionales. La mayoría de las nuevas subestaciones, independientemente de la diferencia de nivel de voltaje, adoptan sistemas de automatización integrados. Se estimó que desde el año 2005 se pusieron en operatividad más de 200 subestaciones digitales con diferentes grados de automatización, grados de tensión y modos.

En comparación con las subestaciones convencionales, las subestaciones digitales se centran en la digitalización de la información de la red, la estandarización de la información de la subestación y la transmisión en red. Para las subestaciones en redes inteligentes, se presta más atención al equipo de potencia inteligente, el intercambio de información, la interoperabilidad y las funciones de aplicación de inteligencia de la estación interna.

Ahora se pueden realizar muchas funciones de supervisión inteligente y mejorar la gestión inteligente de la subestación, incluida la supervisión del transformador/interruptor/temperatura, la supervisión de fugas de corriente del pararrayos, equipo de supervisión de fugas eléctricas, monitoreo de fugas SF6 de equipos eléctricos combinados, monitoreo ambiental de equipos secundarios, equipos de monitoreo antirrobo, etc.

Las aplicaciones de WSN pueden proporcionar información confiable, precisa, en tiempo real y de seguridad para la administración de la subestación, no limitada a la información tradicional de cantidades eléctricas de telemetría, comunicación remota, control remoto, ajuste remoto, sino que también incluye información del equipo. como el estado del sistema de enfriamiento, los tiempos de acción del interruptor, el estado de almacenamiento de energía del mecanismo de transmisión, el tamaño de la corriente de corte, y la información ambiental, información de video, etc.,

Finalmente lograr la digitalización de la descripción de la información, la integración de la adquisición de datos, la transmisión de datos por red, el procesamiento inteligente de datos, visualización de datos y la toma de decisiones científicas de producción. Por ejemplo, las subestaciones inteligentes de 220 kV fueron utilizadas con éxito para establecer los sistemas auxiliares de control. Después de que los dos sistemas se pusieron en funcionamiento, la red eléctrica se mantuvo estable y la transmisión de datos funcionó correctamente.

Logró el efecto anticipado de la comunicación, fue aceptado y se convirtió en un buen modelo de demostración. Cabe señalar que las soluciones de servicios basadas en WSN tendrán que estar alineadas con las actividades de normalización internacional que se realizan dentro de la medición inteligente (por ejemplo, series de Normas Internacionales IEC 62056 (DLMS / COSEM), impulsadas por el grupo de usuarios DLMS).

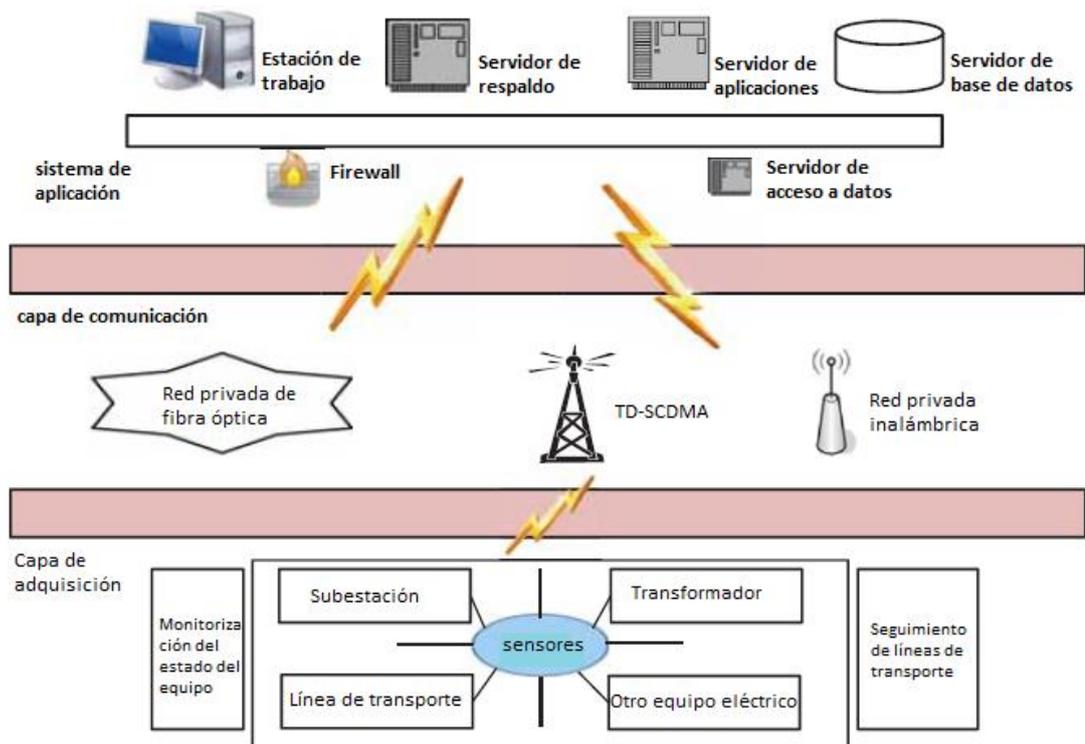


Figura 3. 2: Arquitectura del monitoreo de estado operativo para equipos.
Elaborado por: Autora

3.1.3. Sistema de monitoreo y alerta en línea para redes de distribución.

Las redes de distribución conectan directamente la red eléctrica con los usuarios y les distribuyen energía eléctrica. La confiabilidad y la calidad de la red de distribución es un elemento importante para fuentes de alimentación confiables. La red de distribución consiste en equipos primarios tales como alimentadores, transformadores de distribución, interruptores de circuito, interruptores y equipos secundarios tales como protecciones de relés, dispositivos automáticos, medidas y medidores, equipos de comunicación y control, etc.

Las redes de distribución tienen características de una gran cantidad de puntos, grandes áreas de cobertura y líneas eléctricas de larga distancia. La aplicación de WSN en los campos de distribución puede fortalecer la administración, ahorrar mano de obra, mejorar la confiabilidad del suministro de energía y acelerar la eficiencia de recuperación del manejo de fallas. La tecnología WSN en redes de distribución de energía puede brindar protección

y soporte para la construcción de redes de distribución en los siguientes aspectos:

- 1) Mediante el despliegue de equipos de detección integrados, se monitorean las variaciones en la calidad de la energía y la situación de carga de grandes cantidades de electricidad, además se mejora la precisión y la puntualidad de la tensión, la corriente, los armónicos y otra información.
- 2) Mediante RFID, se fortalece la navegación, video vigilancia, tecnología portátil inteligente, capacidad de monitoreo en tiempo real del estado de los equipos de distribución y los parámetros del entorno. Pueden mejorar la ubicación de falla de las líneas de distribución.
- 3) Al monitorear las condiciones de la línea de distribución, las redes subterráneas de tuberías de distribución, se pueden lograr niveles más altos de supervisión de operaciones en el campo e instalaciones antirobo.

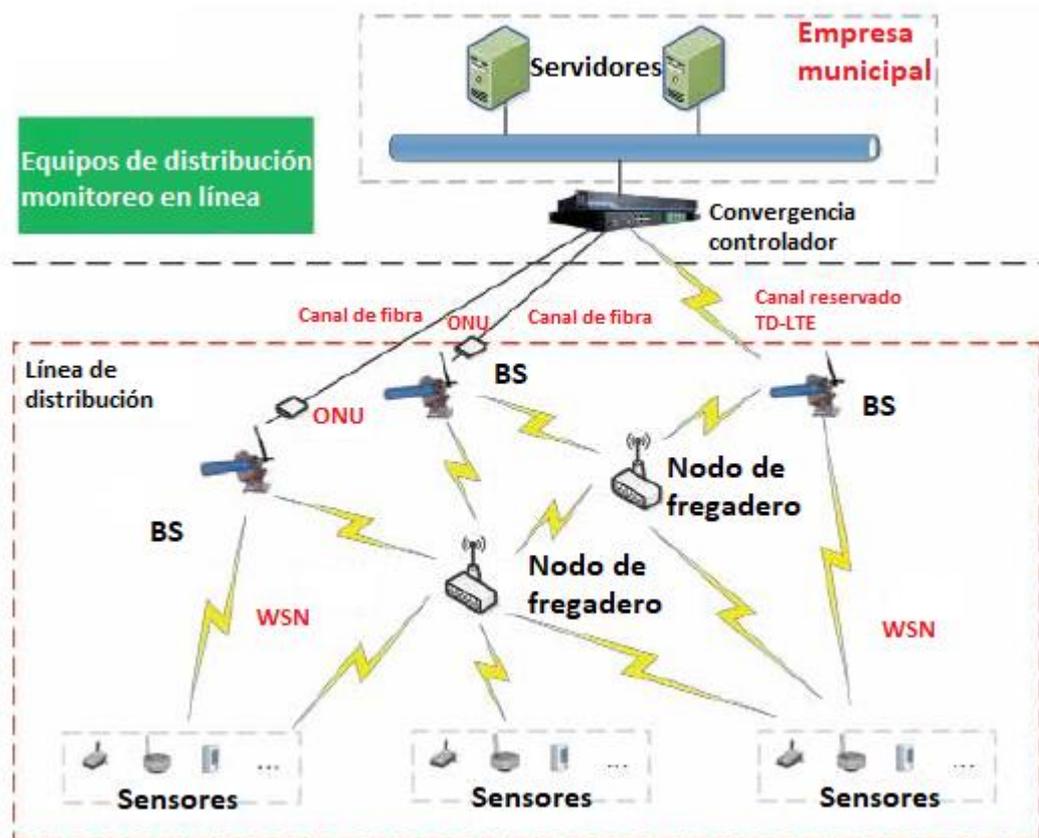


Figura 3. 3: Tecnología WSN utilizada en aplicaciones de monitoreo de redes de distribución.

Elaborado por: Autora

3.1.4. Servicios inteligentes de consumo de electricidad.

Los servicios inteligentes de consumo de electricidad dependen de una fuerte red eléctrica y el concepto de gestión moderna, basada en medición avanzada, control de alta eficiencia, comunicación de alta velocidad y tecnología de almacenamiento de energía rápida, para realizar la interacción en tiempo real entre redes de energía, flujo de energía del cliente, flujo de información y flujo comercial.

Las WSNs pueden conectar los equipos terminales del lado de la oferta y del lado del usuario con sensores para formar una red interactiva completa para la información de consumo de energía eléctrica y realizar la adquisición de información eléctrica en un entorno complejo. El análisis de integración de información basado en WSN puede guiar al usuario o ajustar directamente el estilo de consumo de electricidad, lograr la mejor configuración de recursos de energía, reduciendo los costos de suministro eléctrico, y mejorando la confiabilidad y la eficiencia.

Las WSNs tienen amplias perspectivas de aplicación en los campos de consumo inteligente de electricidad, como comunidades inteligentes, parques industriales inteligentes, etc. El sistema de adquisición de datos de energía eléctrica es una base para los servicios inteligentes de consumo de electricidad. El sistema permite recopilar de manera exhaustiva varios tipos de datos de usuarios grandes. Esto incluye datos para transformadores especiales, usuarios medianos y pequeños de transformadores especiales, usuarios de negocios empresariales trifásicos, usuarios industriales y comerciales generales de una fase, así como usuarios residentes y datos de transformadores de distribución pública para examinar puntos de medición.

Esta información se puede combinar para construir plataformas de información de energía integradas. La arquitectura de un sistema de adquisición de datos de energía eléctrica basado en WSN se muestra en la figura 3.4.

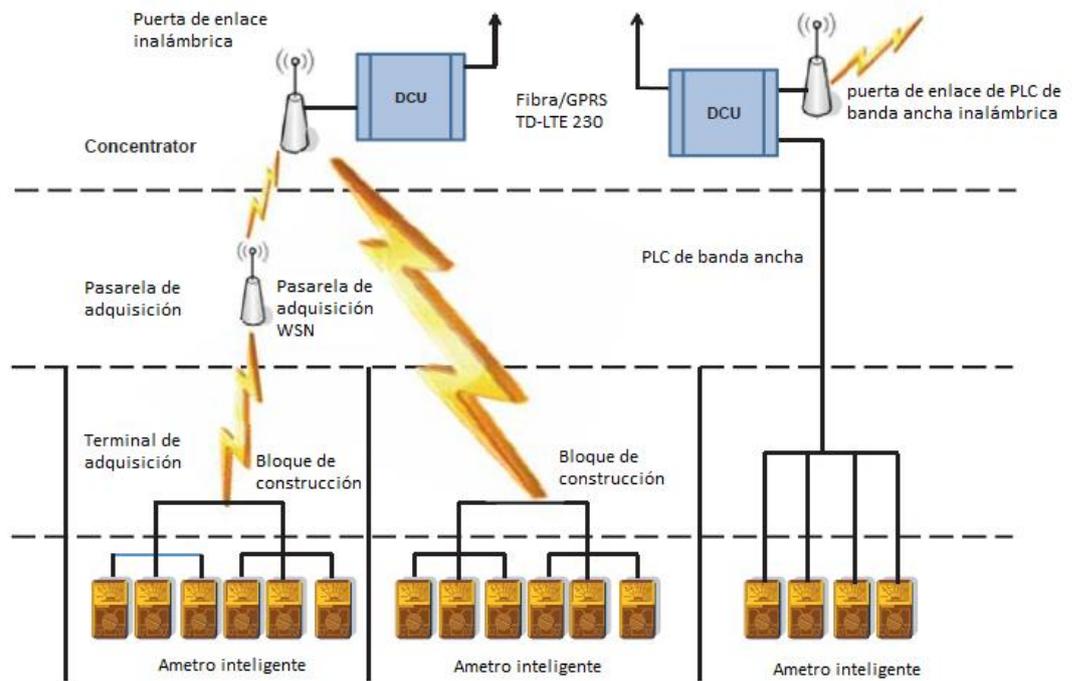


Figura 3. 4: Arquitectura del sistema de adquisición de datos de energía eléctrica basado en WSN.
Elaborado por: Autora

En la actualidad, la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) utiliza un sistema automático de lectura de contadores basado en la tecnología WSN. Por ejemplo, CNEL EP ha llevado a cabo un sistema de adquisición de datos de energía eléctrica basado en WSN para más de 1000 hogares en el Norte de Guayaquil (Alborada IV, V y VI). El sistema de comunicación se basa en el estándar de red inalámbrica industrial WIA y ha logrado buenos resultados durante las pruebas de funcionamiento. La estación principal tiene un reloj preciso, por lo que el reloj del concentrador se puede sincronizar mediante la red de comunicación ascendente.

3.2. Aplicaciones de WSN en redes de agua inteligentes.

Hoy, el consumo mundial de agua es 300% veces más de lo que era en el año 1950. El fuerte crecimiento de la población mundial combinado con un fuerte crecimiento de lo que se conoce como la clase media continuará creando una demanda creciente de los recursos limitados del planeta. Un ejemplo de recurso clave en este contexto es la disponibilidad de agua limpia. Además de la regulación gubernamental habitual y la vigilancia de la

explotación de los recursos naturales, muchas empresas están viendo el impacto en el medio ambiente.

También existen ventajas sociales y comerciales al tomar medidas para asegurar que el impacto negativo sea mínimo que sus operaciones tengan sobre los recursos naturales. Estos generalmente se capturan al monitorear el impacto ambiental dentro de un sistema de control de fluido, temperatura, conductividad, pH, potencial de reducción de la oxidación (*Oxidation Reduction Potential, ORD*). Por ejemplo, el trabajo realizado por (Lambrou, Anastasiou, Panayiotou, & Polycarpou, 2014) utiliza los cinco parámetros mencionados y dicha infraestructura del sistema se muestra en la figura 3.6. Adicionalmente, en la búsqueda de información para su análisis, también se puede realizar el monitoreo del impacto en la contaminación del agua utilizando WSN sobre la nube.

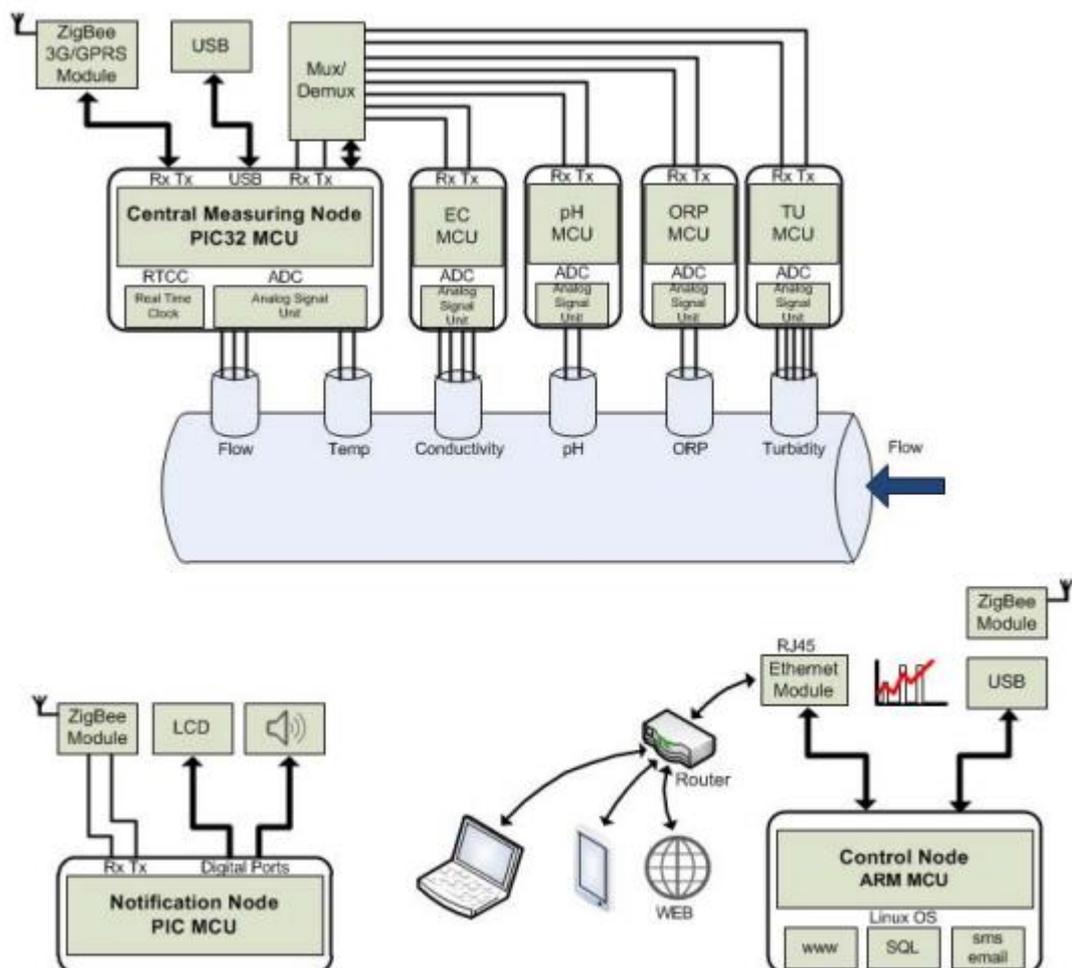


Figura 3. 5: Arquitectura de un sistema WSN aplicado a redes de agua inteligentes.
Fuente: (Lambrou et al., 2014)

De manera general, la arquitectura del sistema mostrado por la figura 3.5 está compuesta por tres subsistemas, que son:

- a) nodo de medición central (basado en microcontroladores PIC32) que se encarga de recoger todas las mediciones de la calidad del agua de los sensores, también se implementa el algoritmo para evaluar la calidad del agua y a la vez se encarga de transmitir datos a otros nodos.
- b) nodo de control (plataforma ARM/Linux) se encarga de almacenar los datos de medición recibidos del nodo de medición central en una base de datos local y proporciona acceso a internet, visualiza datos (gráficos) y envía alertas de correo electrónico/SMS.
- c) nodo de notificación (placa basada en PIC MCU) se encarga de recibir información desde el nodo central de medición a través de un transceptor ZigBee RF interconectado y que proporciona notificaciones locales inmediatas al usuario (consumidor de agua) a través de varios periféricos interconectados (LED, LCD, Buzzer).

En la figura 3.6 se muestra otra aplicación de WSN interesante para el monitoreo de la calidad del agua (Water Quality Monitoring, WQM) de acuerdo con el trabajo de (Adu-Manu et al., 2017)

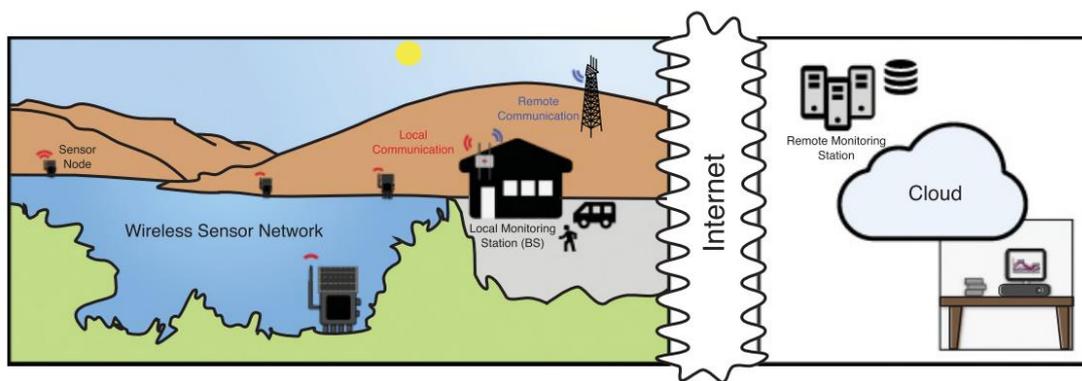


Figura 3. 6: Esquemático de un sistema de monitoreo de la calidad del agua.
Fuente: (Adu-Manu et al., 2017)

3.3. Aplicación de WSN en transporte inteligente.

La detección inalámbrica en el transporte inteligente difiere en varios puntos de los conceptos tradicionales y los requisitos de diseño para WSN. En la mayoría de los casos, los sensores pueden confiar en algún tipo de

infraestructura para el suministro de energía, por ejemplo, el aspecto de la eficiencia energética suele ser de importancia secundaria en estos sistemas.

Las aplicaciones de WSN en el transporte inteligente se pueden subdividir en dos categorías:

- 1) Redes estacionarias de sensores, ya sea a bordo de un vehículo o como parte de una infraestructura de tráfico.
- 2) Redes de sensores flotantes, en las que los vehículos individuales u otras entidades móviles actúan como sensores.

La última categoría comprende aplicaciones relacionadas con el seguimiento y la optimización del flujo de bienes, vehículos y personas, mientras que la primera comprende principalmente aplicaciones que antes estaban cubiertas por sensores cableados.

3.3.1. Detección de flujos de tráfico

Las soluciones de gestión de tráfico inteligentes se basan en la medición precisa y la predicción confiable de los flujos de tráfico dentro de una ciudad. Esto incluye no solo una estimación de la densidad de los automóviles en una calle determinada o el número de pasajeros dentro de un autobús o tren determinado, sino también el análisis de los orígenes y destinos de los vehículos y pasajeros.

El monitoreo de la situación del tráfico en una calle o intersección se puede lograr por medio de sensores cableados tradicionales, como cámaras, bucles inductivos, etc. Si bien la tecnología inalámbrica puede ser beneficiosa para reducir los costos de despliegue de dichos sensores, no afecta directamente la precisión o utilidad de los resultados de la medición.

Sin embargo, ampliando la definición del término "sensor" y haciendo uso de la tecnología inalámbrica disponible en muchos vehículos y teléfonos inteligentes, los vehículos mismos y los pasajeros que utilizan los sistemas de transporte público pueden convertirse en "sensores" para la medición precisa de flujos de tráfico dentro de una ciudad.

Las técnicas para recopilar datos de tráfico de vehículos se conocen colectivamente como datos de automóviles flotantes (*Floating Car Data, FCD*). Esto incluye métodos que dependen de un número relativamente pequeño de vehículos que transmiten explícitamente su información de posición a un servidor central (taxis o autobuses que envían su posición obtenida por GPS), así como enfoques que dependen de la información de ubicación de teléfonos móviles obtenida de bases de datos de ubicación en tiempo real de los operadores de redes celulares.

El último enfoque no implica en realidad ninguna detección por parte del propio vehículo, sino que todavía hace uso de una red inalámbrica (es decir, la red celular existente) para detectar o más bien inferir las características actuales de los flujos de tráfico. Los desafíos técnicos radican particularmente en el procesamiento de cantidades potencialmente grandes de datos, la distinción entre datos útiles y no útiles y la extrapolación de los datos reales de tráfico a partir de la observación de solo un subconjunto de todos los vehículos.

Las extensiones de la idea de FCD que involucran información recopilada de la electrónica de a bordo de los vehículos se han propuesto bajo el término datos de automóviles flotantes extendidos (*eXtended FCD, XFCD*). La recopilación y evaluación de datos de sensores de temperatura, sensores de lluvia, ABS, ESC y sistema de control de tracción incluso de un número relativamente pequeño de automóviles puede utilizarse para obtener información en tiempo real sobre las condiciones de la carretera que puede ponerse a disposición del público y/o utilizarse para una predicción mejorada de los flujos de tráfico basada en el comportamiento anticipado de los conductores en respuesta a las condiciones del camino.

Los problemas de privacidad deben tenerse en cuenta siempre que se recopile información de ubicación o sensores de vehículos privados. Sin embargo, esta es una preocupación general relacionada con el monitoreo de los flujos de tráfico, y los esquemas que no hacen uso de la tecnología

inalámbrica (por ejemplo, basándose en el reconocimiento de la placa) también deben considerar la privacidad de los propietarios del automóvil.

Equivalente a la medición del movimiento del vehículo por FCD, el comportamiento del pasajero en los sistemas de transporte público se puede analizar con la ayuda de la tecnología inalámbrica. Por ejemplo, los boletos electrónicos, que generalmente emplean la tecnología RFID para registrar el acceso a una estación de metro, autobús o tranvía, convierten efectivamente al pasajero en una parte de una red de sensores. En la figura 3.7 muestra la tarjeta RFID electrónica utilizada en otros países en la transportación pública.

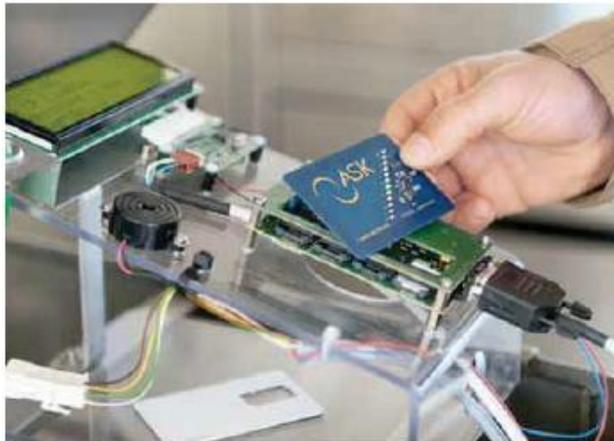


Figura 3. 7: Boletos electrónicos para viajes más inteligentes.
Elaborado por: Autora

Las posibilidades de recopilar información sobre el movimiento y el comportamiento de los pasajeros pueden incrementarse aún más si se usan teléfonos inteligentes para almacenar boletos electrónicos. Especialmente para recopilar información sobre los hábitos de transporte intermodal de pasajeros, las aplicaciones de boletos electrónicos para teléfonos inteligentes ofrecen posibilidades que los boletos electrónicos convencionales no pueden ofrecer. Queda por ver, sin embargo, hasta qué punto los usuarios estarán dispuestos a compartir datos de posición a cambio de la conveniencia de usar su teléfono móvil como un boleto de autobús o metro.

3.3.2. Logística urbana.

La urbanización plantea muchos desafíos, especialmente en los países en rápido desarrollo, donde las grandes ciudades continúan creciendo y la

población cada vez más adinerada conduce a un flujo constante de bienes hacia y desde los centros de las ciudades. Los vehículos de reparto representan una gran parte de la contaminación del aire en las ciudades, y la racionalización del flujo de mercancías entre la ciudad y sus alrededores es la clave para resolver muchos de los problemas de tráfico y mejorar la calidad del aire.

Un enfoque prometedor para reducir la carga de tráfico causada por los vehículos de entrega es la introducción de centros de consolidación urbana (UCC), es decir almacenes a las afueras de la ciudad donde todos los bienes destinados a minoristas en una ciudad se consolidan primero y luego se envían con un enrutamiento optimizado, aprovechando al máximo la capacidad del camión y reduciendo el número total de vehículos necesarios y la distancia total recorrida para entregar todos los bienes a sus destinos.

Para lograr dicha optimización, se necesita un análisis cuidadoso y la planificación de los flujos de tráfico en la ciudad, así como la supervisión del flujo real de los bienes. En lugar de simplemente rastrear un subconjunto de vehículos a medida que se mueven por la ciudad, se requiere el seguimiento de los productos al menos a nivel de paleta. La paleta (u otra unidad de embalaje) se convierte así en el "sensor" para medir el flujo de mercancías y se aplica una combinación de múltiples tecnologías inalámbricas (GPS, RFID, WLAN, celular) en combinación con sofisticadas técnicas de análisis de datos para obtener datos requeridos para optimizar la programación y el enrutamiento de las entregas y asegurar la llegada oportuna mientras se minimiza el impacto ambiental del transporte.

3.3.3. WSN a bordo

Los vehículos de todo tipo confían en una cantidad cada vez mayor de sensores para garantizar un funcionamiento seguro y sin problemas. Esto incluye sensores que proporcionan principalmente información al conductor, así como sensores que forman parte de los sistemas de propulsión o dinámica del vehículo. Debido a la naturaleza de seguridad crítica de esos subsistemas,

la tecnología inalámbrica generalmente no es una opción factible para estas aplicaciones.

Sin embargo, especialmente en vehículos grandes como autobuses, trenes y aviones, muchos sensores y actuadores sirven para fines no críticos para la seguridad, por ejemplo, monitorear la temperatura de la cabina, recolectar los datos utilizados en el mantenimiento preventivo del vehículo o monitorear el estado de los bienes transportados. En aplicaciones ferroviarias, las WSN pueden jugar un papel importante en la renovación de carruajes antiguos con sistemas eléctricos de última generación.

3.3.4. WSN en infraestructuras de tráfico

Las luces de tráfico en las intersecciones generalmente son controladas por unidades ubicadas cerca de intersecciones, tomando entradas de un conjunto de sensores (por ejemplo, bucles inductivos) así como comandos desde una unidad de control centralizada y cambiando las luces individuales (también conocidas como cabezas de señal) de acuerdo con las reglas de tránsito y los requisitos situacionales.

Con el número y la complejidad de los sensores y elementos de visualización en aumento, la tarea de un controlador de tráfico hoy en día se basa realmente en la comunicación en lugar de una conmutación pura de los componentes conectados. Las luces de tráfico pueden estar equipadas con pantallas de temporizador de cuenta regresiva, carteles de mensajes variables que muestran actualizaciones de límites de velocidad y sensores ópticos o basados en radar que entregan información sobre la ocupación de carriles individuales o la velocidad de los vehículos que pasan por la intersección.

La actualización de la infraestructura de una intersección existente con tecnología de punta también requiere proporcionar los enlaces de comunicaciones necesarios entre los sensores, los cabezales de señal, las señales de mensaje variable, los controladores de tráfico y otros componentes.

La tecnología inalámbrica puede ayudar a reducir el costo al eliminar la necesidad de enrutar los cables de comunicación (por ejemplo, Ethernet) a todos los dispositivos en una intersección. Dicha instalación en la mayoría de los casos no será una red de sensores pura, ya que generalmente también incluirá componentes de visualización o actuadores.

Además, no es improbable una combinación de enlaces de comunicaciones por cable e inalámbricos y posiblemente incluso una combinación de diferentes estándares cableados/inalámbricos dentro del mismo sistema debido a una combinación de componentes de diferentes proveedores.

La interacción de la infraestructura de tráfico con los vehículos a través de la comunicación inalámbrica (por ejemplo, otorgar prioridad a los autobuses o vehículos de emergencia en las intersecciones) es otra aplicación prometedora para la tecnología inalámbrica en la infraestructura de tráfico. Aunque no todas las aplicaciones posibles en realidad implican el intercambio de datos de sensores a través de los enlaces de comunicación inalámbricos, también hay una serie de escenarios en los que los vehículos comparten sus datos de sensores con los elementos de infraestructura (por ejemplo, con respecto a la velocidad al acercarse a la intersección) o cuando la infraestructura proporciona datos del sensor a los vehículos (por ejemplo, con respecto a la congestión de la carretera en el otro lado de la intersección).

3.4. Aplicación de WSN en hogares inteligentes.

3.4.1. El desafío de la energía.

Frente al creciente consumo y altos costos de energía, así como a la escasez de combustibles fósiles, convergen todos los escenarios desarrollados por instituciones públicas y expertos para frenar la demanda de energía y de las emisiones de CO₂ al mismo tiempo: la eficiencia energética es una prioridad absoluta. En Ecuador, el consumo de energía de los sectores residenciales y comerciales es del 70%, mientras que en el sector industrial es del 30%.

3.4.2. Las WSNs son la clave para mejorar el rendimiento energético eficiente de los edificios existentes.

Para lograr el control multiaplicativo a nivel de zona, es necesario controlar de cerca el entorno (luz, temperatura, humedad relativa, CO2) y la actividad de los ocupantes (detección de presencia, alarmas). Si se tiene en cuenta que solo un pequeño porcentaje de los nuevos edificios se construyen cada año, el desafío es implementar un control activo a nivel de zona en residencias y edificios existentes. La única forma de lograr esto es utilizar sensores inalámbricos e incluso sin batería para evitar tener cientos de millones de baterías para administrar y mantener el control activo.

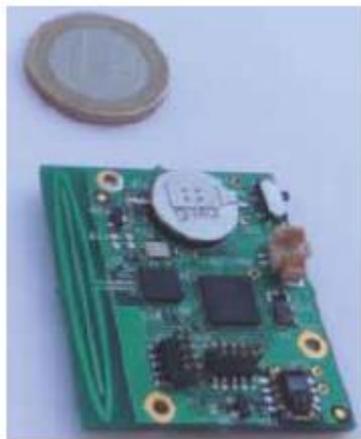


Figura 3. 8: Tarjeta electrónica de un sensor autónomo.
Elaborado por: Autora



Figura 3. 9: Prototipos de sensores de la marca Schneider Electric.
Elaborado por: Autora

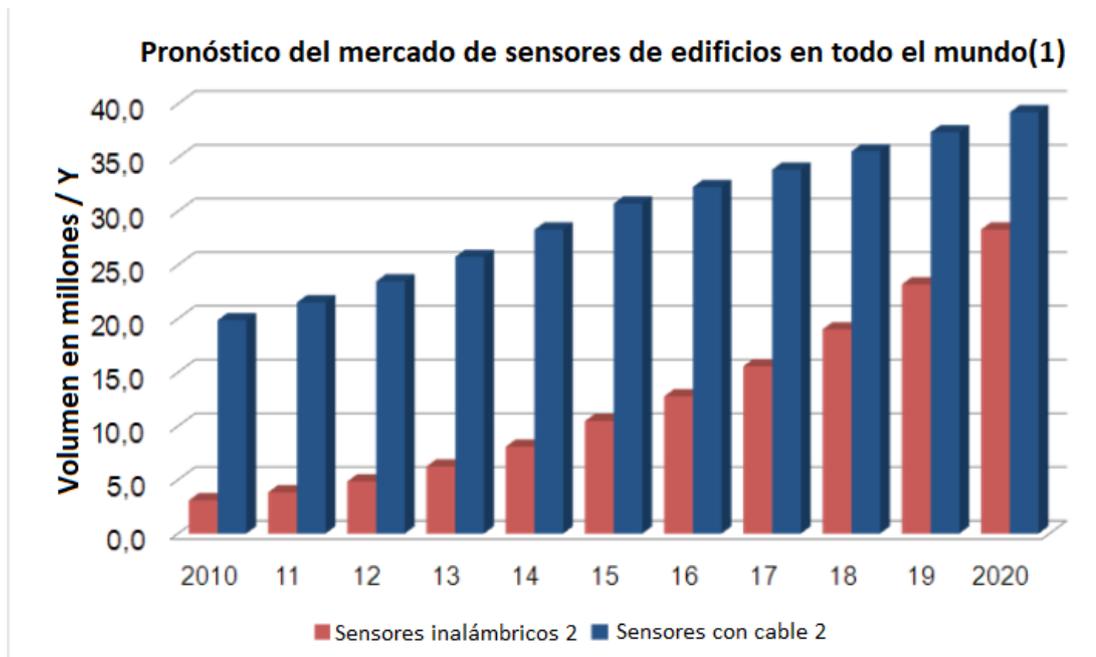


Figura 3. 10: Predicción del mercado de sensores en edificios.
Elaborado por: Autora

Durante la conferencia de Aprovechamiento y Almacenamiento de Energía en junio del 2011, se presentó los resultados de la viabilidad de un sensor autónomo inalámbrico. Alimentado por una célula fotovoltaica (PV), el prototipo pudo medir la temperatura, la humedad relativa y la intensidad de la luz, y transmitirlo cada 10 minutos sobre 802.15.4, utilizando el protocolo ZigBee® Green Power.

El consumo promedio de energía fue de $5 \mu W$, lo que permite que dicho sensor funcione continuamente por debajo de 100 lux 8 horas/día. A partir de un estudio realizado por IMS Research en octubre de 2011, se espera que los sensores tengan un crecimiento continuo en el mercado de la construcción, con sensores inalámbricos creciendo a un ritmo mucho más rápido.

Desde el punto de vista del protocolo de comunicación, ZigBee® Alliance adoptó la función Green Power como parte del estándar ZigBee en 2012. Permite integrar en una red enmallada ZigBee® de sensores inalámbricos con energía muy limitada disponible, como cuando se alimenta mediante la recolección de energía. Esto lo convierte en una solución muy atractiva para el control en un edificio.

Las WSNs son un habilitador clave para implementar el control multiaplicativo en edificios a nivel de zona, y contribuyen de manera significativa a mejorar la eficiencia energética al tomar en cuenta el edificio dentro de su entorno, al tiempo que se ocupa de la comodidad y la actividad de los ocupantes.

3.5. Beneficios de aplicación adicionales de WSN

3.5.1. Mejorar la eficiencia energética

Cómo enfrentar el desafío energético, desde 2010 hasta 2030: "de la energía teórica en combustible, dos tercios se pierde hoy en generación y otro 9% en transmisión/distribución, de modo que de la energía primaria que se consume es cerca del 30%, disponible como electricidad en el punto de uso. "Sin embargo, IoT ayuda a resolver este problema. Como un medio efectivo para adquirir información, puede implementar monitoreo en tiempo real sobre la operación de conversión de energía, y hacer un análisis y procesamiento oportunos de la gran cantidad de datos.

3.5.2. Contribuir al monitoreo ambiental

La contaminación ambiental, los desastres naturales y ecológicos repentinos y los daños causados por el hombre siguen siendo los principales problemas ambientales que deben resolverse en la actualidad. La detección temprana, la alarma y la iniciación de medidas de emergencia son pasos claves para evitar grandes desastres ambientales. IoT, ofrece una poderosa capacidad y una amplia cobertura del área de detección, puede hacer un monitoreo en tiempo real y general sobre el medio ambiente. En este sentido, con una fusión de datos y una tecnología de reconocimiento inteligente, puede aumentar la alarmante eficiencia. Como resultado, es razonable predecir que IoT desempeñará un papel clave en la advertencia y pronóstico de inundaciones, incendios forestales y contaminación del agua, etc.

3.5.3. Mejorar los servicios sociales.

IoT ofrece una manera para que los diferentes elementos de los servicios sociales se relacionen y conecten entre sí a través de Internet: recursos humanos, de equipos y de servicios sociales. Gracias a IoT, por un lado, los

proveedores de servicios pueden obtener información sobre las demandas de las personas y brindarles servicios personalizados y de alta calidad; mientras que, por otro lado, las personas pueden entenderse mejor a sí mismas y al entorno que las rodea. Es seguro predecir que IoT cambiará los estilos de vida de las personas en algunos aspectos. Por ejemplo, el cuidado inteligente de la salud basado en IoT y los sistemas domésticos inteligentes brindarán comodidad y mayor comodidad a las vidas de las personas.

3.6. Desarrollo experimental de una aplicación en agricultura de precisión.

El motivo principal de la agricultura de precisión es aumentar la calidad y cantidad de los cultivos. Para eso IoT y WSN se utilizan para crear redes inteligentes para disponer de una red eficiente. Los sensores son utilizados para medir diferentes parámetros de los sistemas de agricultura que se emplean en los sitios. Estos sensores están conectados de forma interna al microcontrolador (N-Nickname) que controla los sensores. Una puerta de enlace (gateway) se utiliza para interconectar dos redes diferentes que están conectadas a Internet a través de Wi-Fi o Ethernet. Los datos de los sensores se envían a la puerta de enlace y luego se envían a la nube. Cuando se alcanzan ciertos umbrales, los datos se envían a su destino respectivo. El sistema propuesto (véase la figura 3.15) funciona en tres divisiones. Es decir, sección n-Mote, sección N-Gateway y parte de la nube. Las principales características del sistema propuesto se detallan a continuación: **(a)** incremento de la productividad, **(b)** mayor seguridad, **(c)** procedimientos de agricultura más fáciles, **(d)** intervenciones instantáneas durante todo el día, y **(e)** estilo de vida avanzado.

Los datos del sensor se recopilarán de los sensores que miden los parámetros físicos de la atmósfera en diferentes niveles de voltaje, que nuevamente se convierten en formatos adecuados para enviar los datos al procesador. Los datos del sensor se enviarán al N-Nickname (Microcontrolador ATmega 328). Aquí se utilizan cinco sensores, a saber, humedad y temperatura digitales (DHT11), humedad del suelo, flujo de agua, sensor de lluvia y luz (LDR).

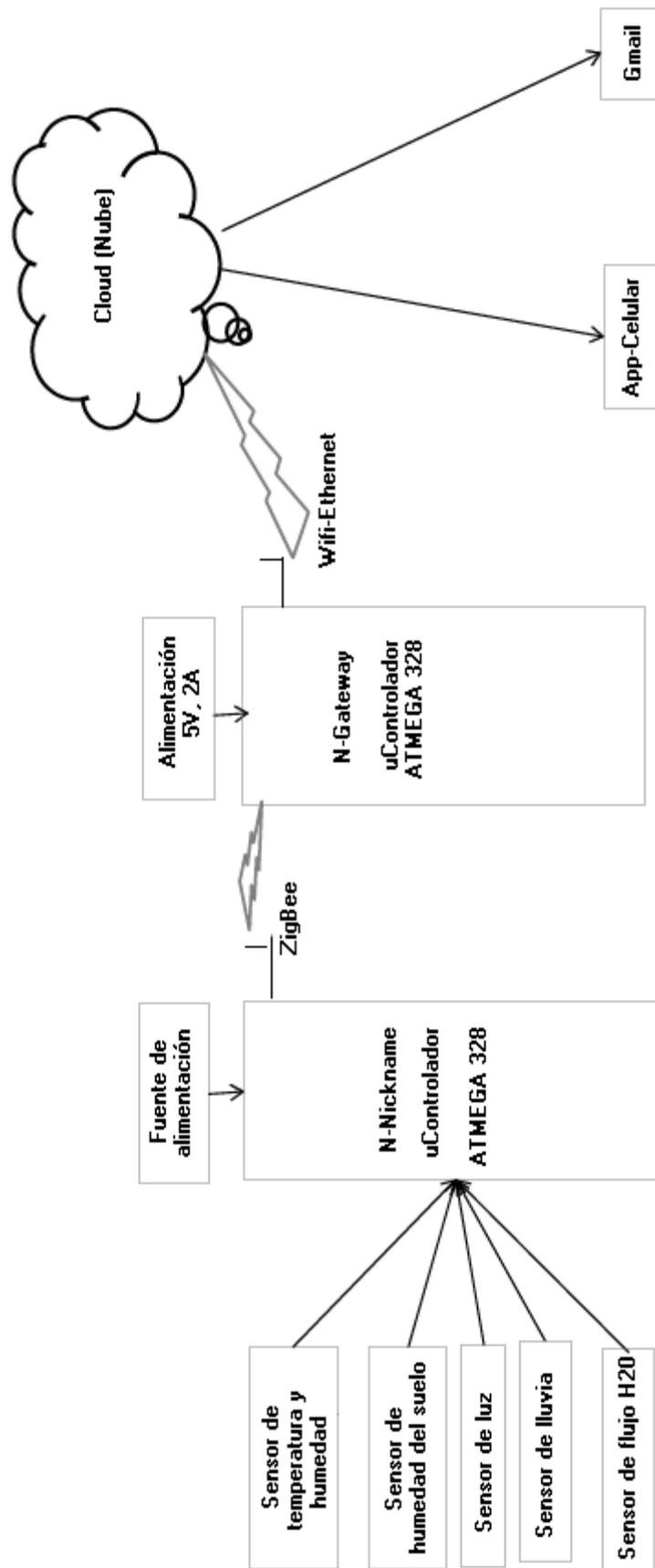


Figura 3. 11: Diagrama de bloque del sistema propuesto para aplicación de agricultura de precisión usando WSN.
Elaborado por: Autora

Los sensores medirán los parámetros físicos relacionados con el entorno y enviarán los datos al n-mote. Los datos recibidos se procesarán y enviarán al ZigBee (protocolo IEEE 802.15.4) para enviar los datos de N-Nickname a N-Gateway porque el microcontrolador ATMEGA 328 no es compatible con las características de Wi-Fi o Ethernet. Los datos se enviarán al receptor ZigBee en el extremo N-Gateway. En la figura 3.12 se muestra el diagrama ASM del proceso del sistema propuesto.

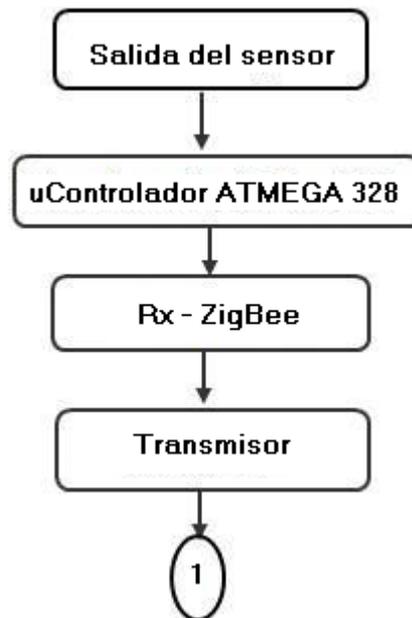


Figura 3. 12: Diagrama ASM de la sección de N-Nickname.
Elaborado por: Autora

Los datos del sensor recibido del transmisor ZigBee (desde N-Nickname) son procesados y mostrados en una computadora portátil o de escritorio conectada en cada N-Gateway, tal como se muestra en la figura 3.13. En otra parte, los datos recibidos se transmitirán al procesador para enviar los datos a la nube mediante la secuencia de comandos Python a través de Ethernet o Wi-Fi. Mientras que los datos de los sensores recibidos en la nube (cloud) serán almacenados y se creará la base de datos, y una vez que los datos del sensor alcancen el nivel umbral, el resto se enviará al móvil o al correo electrónico, tal como se muestra en la figura 3.14.

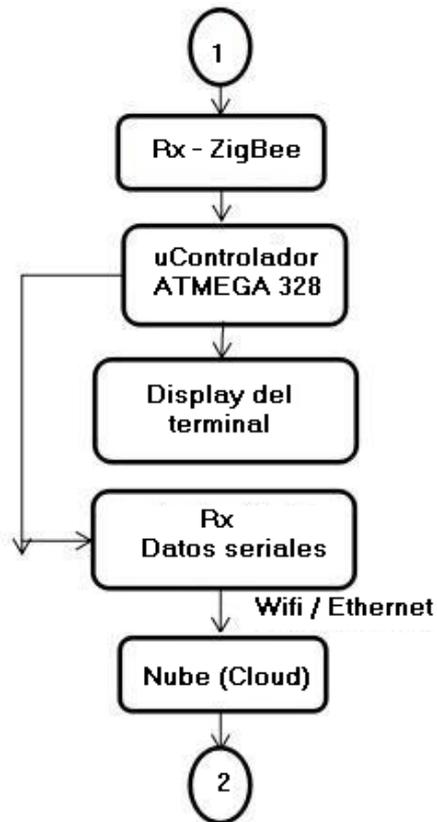


Figura 3. 13: Diagrama ASM de la sección de N-Gateway.
Elaborado por: Autora

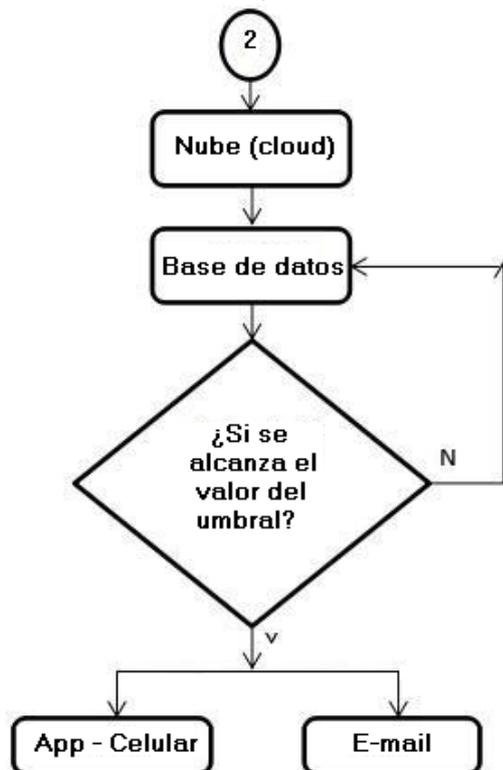


Figura 3. 14: Diagrama ASM de la sección de la nube (cloud).
Elaborado por: Autora

3.7. Resultados obtenidos del desarrollo experimental de una aplicación en agricultura de precisión.

En esta sección se discuten los resultados obtenidos de los sensores de acuerdo con los parámetros físicos medidos por los sensores y enviados a la nube para tomar las decisiones para una determinada aplicación de un invernadero. La figura 3.15 muestra la gráfica obtenida de la temperatura en el invernadero a escala en la que se obtuvieron mediciones del sensor en tiempo real. De manera similar en las figuras 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19 se muestran las gráficas correspondientes de los sensores de humedad, luz, de lluvia o precipitaciones, y humedad del suelo.



Figura 3. 15: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de temperatura.
Elaborado por: Autora

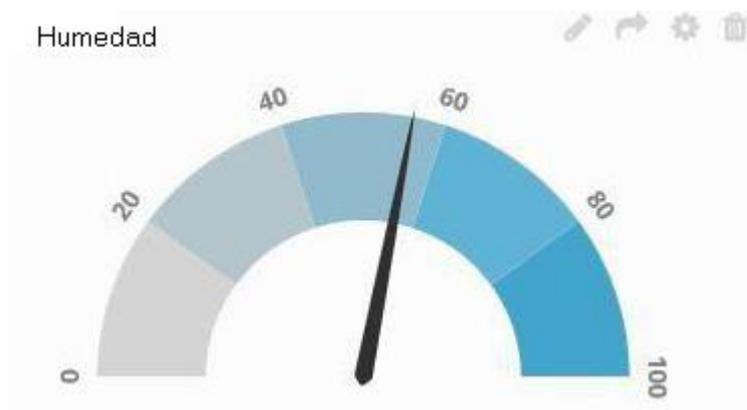


Figura 3. 16: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de humedad.
Elaborado por: Autora

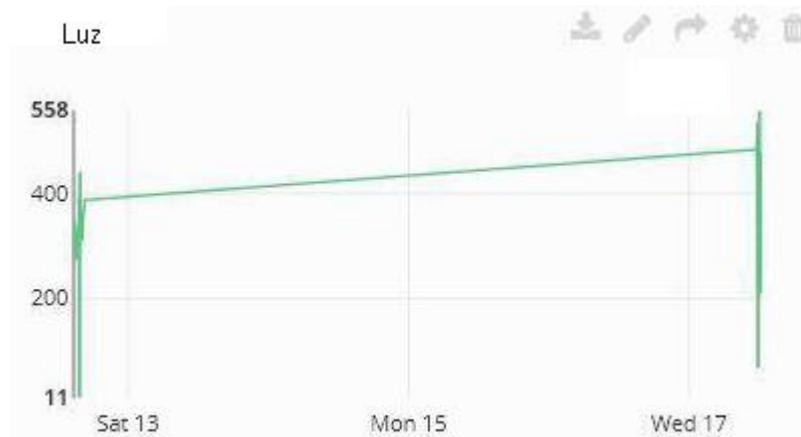


Figura 3. 17: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de luz.
Elaborado por: Autora

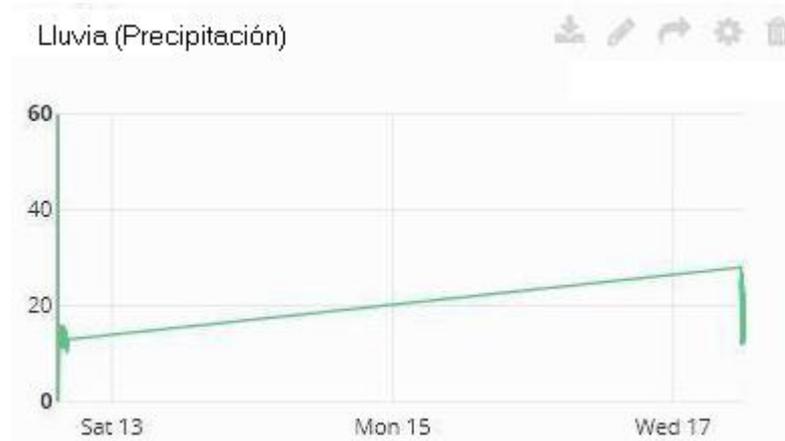


Figura 3. 18: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de lluvias o precipitaciones.
Elaborado por: Autora



Figura 3. 19: Gráfica generada por la nube (cloud) del sensor de humedad del suelo.
Elaborado por: Autora

Conclusiones

1. El Internet de los objetos brinda mucha comodidad al usuario de la tecnología. Sin embargo, no está claro cómo se pueden usar los datos agregados de los individuos (los grandes datos de todos estos datos).
2. Este estudio ha desarrollado un modelo conceptual y un sistema para diseñar con la ayuda de sensores, nicknames, gateway y protocolos de comunicación para formar una aplicación en tiempo real. Y la nube juega un papel vital en la toma de decisiones y la recopilación de datos y el mantenimiento de los datos para tomar las decisiones críticas en el sistema.
3. El flujo continuo de datos en tiempo real desde los dispositivos de detección en el entorno y desde los terminales de datos de producción está disponible para su uso por los sistemas de Información con funciones tales como almacenamiento, bases de datos, servicios de aplicaciones proporcionados por un punto central o por diferentes servicios en la nube. Los dispositivos inteligentes utilizados en la producción garantizarán que la información en tiempo real sea evaluada por los sistemas de soporte de decisión minimizando el error humano.

Recomendaciones

1. Se necesita una mayor investigación para hacer que el sistema completo funcione automáticamente sin ninguna interferencia del ser humano en ninguna circunstancia.
2. Todas las partes interesadas en el uso de IoT (sectores industriales, empresas de comunicaciones, proveedores de servicios de computación en la nube, fabricantes de dispositivos inteligentes, empresas de seguridad, expertos, usuarios finales) deberían unirse y trabajar para llevar adelante esta nueva área tecnológica.

Bibliografia

- Adu-Manu, K. S., Tapparello, C., Heinzelman, W., Katsriku, F. A., & Abdulai, J.-D. (2017). Water Quality Monitoring Using Wireless Sensor Networks: Current Trends and Future Research Directions. *ACM Trans. Sen. Netw.*, 13(1), 4:1–4:41. <https://doi.org/10.1145/3005719>
- Dohr, A., Modre-Opsrian, R., Drobics, M., Hayn, D., & Schreier, G. (2010). The Internet of Things for Ambient Assisted Living (pp. 804–809). Presentado en International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), Las Vegas, NV, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITNG.2010.104>
- Jazayeri, M., Liang, S., & Huang, C.-Y. (2015). Implementation and Evaluation of Four Interoperable Open Standards for the Internet of Things. *Sensors*, 15(9), 24343–24373. <https://doi.org/10.3390/s150924343>
- Lambrou, T. P., Anastasiou, C. C., Panayiotou, C. G., & Polycarpou, M. M. (2014). A Low-Cost Sensor Network for Real-Time Monitoring and Contamination Detection in Drinking Water Distribution Systems. *IEEE Sensors Journal*, 14(8), 2765–2772. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2014.2316414>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Myint, C. Z., Gopal, L., & Aung, Y. L. (2017). WSN-based reconfigurable water quality monitoring system in IoT environment (pp. 741–744). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ECTIcon.2017.8096345>
- Nguyen, D., & Phung, P. H. (2017). A Reliable and Efficient Wireless Sensor Network System for Water Quality Monitoring (pp. 84–91). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IE.2017.34>

- Padwal, S. C., Kumar, M., Balaramudu, P., & Jha, C. K. (2017). Analysis of environment changes using WSN for IOT applications (pp. 27–32). IEEE. <https://doi.org/10.1109/I2CT.2017.8226088>
- Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017, 1–25. <https://doi.org/10.1155/2017/9324035>
- Shahid, N., & Aneja, S. (2017). Internet of Things: Vision, application areas and research challenges (pp. 583–587). IEEE. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058246>
- Wu, F., Rudiger, C., & Yuce, M. R. (2017). Design and field test of an autonomous IoT WSN platform for environmental monitoring (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ATNAC.2017.8215386>
- Xiong, W., Hu, X., & Jiang, T. (2016). Measurement and Characterization of Link Quality for IEEE 802.15.4-Compliant Wireless Sensor Networks in Vehicular Communications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12(5), 1702–1713. <https://doi.org/10.1109/TII.2015.2499121>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Alvarado Ávila, Andrea Annabell** con C.C: # 092524352-9 autora del trabajo de titulación: Estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de agosto de 2018

f. _____

Nombre: **Alvarado Ávila, Andrea Annabell**

C.C: 092524352-9

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio y análisis del Internet de las cosas en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente		
AUTOR(ES)	Alvarado Ávila, Andrea Annabell		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Córdova Rivadeneira, Luis Silvio; MSc. Zamora Cedeño, Néstor / MSc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de agosto del 2018	No. DE PÁGINAS:	69
ÁREAS TEMÁTICAS:	Teoría de la Comunicación, Procesamiento Digital de Señales, Programación Avanzada.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Sistemas, Smart, Grid, IoT, WSN, CPS.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo denominado “estudio y análisis del IoT en aplicaciones de redes de sensores inalámbricos sobre sistemas de infraestructura inteligente” se fundamentó en la búsqueda de información, entre la cual se afirma que el Internet de las cosas revela mucha información sobre los usuarios/consumidores. Se evidenció que todavía no hay suficientes y necesarias regulaciones legales sobre Internet de las cosas en Ecuador. Aunque, la tecnología se desarrolla rápidamente y tiene lugar en la vida de las personas. En la parte de aportaciones se pudo comprobar que los dispositivos electrónicos intercambian información entre ellos o con computadoras. Las diferentes funcionalidades que tendría IoT si se aplicará en nuestro país a nivel industrial, comercial y educación convergería en un avance tecnológico para Ecuador. Finalmente, y de manera muy particular, quedan algunas preocupaciones sobre la falta de seguridad y protección de la privacidad de Internet y las razones por las cuales las regulaciones legales aún no se han desarrollado.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0990334742	E-mail: anas0486@yahoo.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Manuel Romero Paz		
	Teléfono: 0994606932		
	E-mail: mromeropaz@yahoo.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			