

# INTERNET DE LAS COSAS

Un futuro hiperconectado: 5G, Inteligencia Artificial, Big Data,  
Cloud, Blockchain, Ciberseguridad...



Luis Joyanes Aguilar



# **INTERNET DE LAS COSAS**

**Un futuro hiperconectado: 5G, Inteligencia Artificial, Big Data, Cloud,  
Blockchain, Ciberseguridad**

**Luis Joyanes Aguilar**

# **INTERNET DE LAS COSAS**

**Un futuro hiperconectado: 5G, Inteligencia Artificial, Big Data, Cloud, Blockchain, Ciberseguridad**

**Luis Joyanes Agullar**



ALPHA EDITORIAL

ALFAOMEGA COLOMBIANA S.A.

Calle 62 No.20-46 esquina, Bogotá

Teléfono (57-1) 746 0102 Fax: (57-1) 210 0122

cliente@alfaomegacolombiana.com

www.alpha-editorial.com

www.alfaomegacloud.com

Primera edición: México, 2021

Bogotá, 2021

© Luis Joyanes Aguilar

© Alpha editorial

© Alfaomega Grupo Editor

Todos los derechos son reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total ni parcialmente. No puede ser registrada por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo y por escrito de la editorial.

Director Editorial: Marcelo Grillo Giannetto

Edición: Damián Fernández

Revisión de estilo: Adriana Scaglione

Diseño de la cubierta: Lucas Barallobre

ISBN: 978-958-778-692-7 (Colombia)

ISBN: 978-958-778-693-4 DIGITAL

ISBN: 978-607-538-707-9 (México)

Hecho en Colombia

*Printed and made in Colombia*

*A mis queridas nietas ("mis niñas") Olivia e Inés, con el inmenso cariño que les profeso y con su recuerdo que siempre me acompaña.*

*A mi sobrina María y su hija Anita, a las que también profeso un gran cariño, y en la espera de celebrar las próximas Fiestas de Moros y Cristianos, en Carchelejo, nuestro pueblo de Jaén (Andalucía, España).*

# Contenido

## Primera parte. El ecosistema de Internet de las Cosas

### Capítulo 1

#### Internet de las cosas: una visión general del ecosistema de Internet de las Cosas

Introducción.....	1
1.1 ¿Qué es Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT)?.....	2
1.2 Definición de Internet de las Cosas.....	4
1.3 Objetos inteligentes en entornos inteligentes.....	6
1.4 Historia del Internet de las Cosas.....	7
1.5 Aplicaciones y casos de estudio del Internet de las Cosas.....	8
1.6 Tecnologías y tendencias habilitadoras del Internet de las Cosas.....	13
1.6.1 Tecnologías de carga de baterías.....	16
1.6.2 Otras tecnologías disruptivas de impacto en el internet de las cosas.....	16
1.6.3 Caso de estudio: Tecnologías habilitadoras digitales (THD).....	17
1.7 Internet de todo y las cuatro fuentes de generación de datos.....	17
1.8 La capa física de la red (sensores, actuadores, controladores).....	19
1.9 Ciudades inteligentes (smart cities)...	21
1.9.1 Ciudades inteligentes y sostenibles.	22
1.10 La seguridad en Internet de las Cosas	23
1.10.1 estado del arte.....	23
1.11 La privacidad en Internet de las Cosas.....	24
RESUMEN.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
RECURSOS.....	28

### Capítulo 2

#### Tecnologías habilitadoras Internet de las cosas: Industria 4.0

Introducción.....	29
2.1. Industria 4.0 y la Cuarta Revolución Industrial.....	30
2.1.1. Los pilares tecnológicos de la industria 4.0 en 2015 (BSC): una visión retrospectiva.....	31
2.2. El panorama tecnológico del Internet de las cosas: tecnologías habilitadoras.....	34

2.3. Fabricación aditiva / Impresión 3D...	35
2.4. Tecnologías wearables (ponibles).....	38
2.4.1. Componentes de un dispositivo wearable.....	39
2.4.2. Tipos de dispositivos wearables.....	40
2.5. Realidad Virtual.....	40
2.5.1. Gafas de realidad virtual.....	41
2.6. Realidad Aumentada.....	41
2.6.1. Aplicaciones de realidad aumentada	43
2.6.2. Diferencias entre realidad aumentada y realidad virtual.....	43
2.7. Experiencias inmersivas: realidad mixta y realidad fusionada.....	44
2.8. Gemelos digitales (Digital twins).....	44
2.9. Inteligencia artificial aplicada.....	45
2.9.1. Asistentes virtuales y de voz (bots/chatbots).....	47
2.10. Drones.....	48
2.10.1 Aplicaciones de los drones.....	48
2.11. Blockchain.....	49
2.12. Fábrica Inteligente 4.0: La transformación digital de la Industria 4.0	51
RESUMEN.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53

### Capítulo 3

#### Hiperconectividad: infraestructura de comunicaciones

Introducción.....	57
3.1. Redes de computadoras.....	58
3.1.1. Tipos de redes de computadoras ...	59
3.2. Redes inalámbricas.....	61
3.2.1. Redes inalámbricas de área personal WPAN.....	61
3.2.2. Redes inalámbricas de área local (WLAN, Wireless LAN, Wireless Local-Area Networks).....	62
3.2.3. Red inalámbrica de área metropolitana WMAN.....	62
3.2.4. Redes inalámbricas de área amplia (Wireless Wide-Area Networks WWAN).....	63
3.3. Conectividad de Internet de las cosas	63
3.4. Tecnologías de comunicaciones de corto alcance.....	64
3.5. Redes de proximidad.....	68
3.5.1. Identificación por radio frecuencia (RFID).....	68
3.5.2. NFC.....	69
3.6. Internet celular de las cosas.....	69

<b>3.7. Tecnologías de redes LPWAN (Low Power WAN)</b> .....	72
3.7.1. Características de redes LPWAN .....	73
3.7.2. Tecnologías de comunicación de largo alcance .....	73
3.7.3. Aplicaciones LPWAN .....	76
3.7.4. Seguridad en LPWAN .....	76
3.7.5. El futuro de las redes LPWAN .....	76
<b>3.8. Regulación de redes inalámbricas: con licencia y sin licencia</b> .....	77
3.8.1. Espectro con licencia .....	78
3.8.2. Espectro sin licencia .....	79
3.8.3. Regulaciones de bandas de frecuencia con licencia y sin licencia .....	79
<b>3.9. Redes 5G: Integración en Internet de las Cosas</b> .....	81
3.9.1. ¿Qué son tecnologías 5G? .....	82
3.9.2. Integración de 5G con Internet de las Cosas.....	82
3.9.3. Futuras aplicaciones de 5G .....	83
3.9.4. Experiencias reales 5G .....	84
<b>3.10. Redes Wifi 6.0</b> .....	85
<b>3.11. Criterios de selección de la Red para Internet de las cosas</b> .....	87
<b>3.12. El ecosistema hiperconectado de IoT: Panorámica de las redes de comunicaciones para IoT</b> .....	87
<b>RESUMEN</b> .....	89
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	89
<b>ORGANIZACIONES INTERNACIONALES</b> ....	90
<b>RECURSOS</b> .....	91

## Capítulo 4

### Arquitectura y plataformas de Internet de las cosas

Introducción.....	93
<b>4.1. Arquitectura de referencia de Internet</b> 94	
4.1.1. Modelo OSI.....	94
4.1.2. Modelo TCP/IP.....	97
<b>4.2. Arquitectura de referencia de Internet de las cosas</b> .....	97
4.2.1. Arquitectura de tres capas .....	98
4.2.2. Arquitectura de cinco capas .....	99
4.2.3. Arquitectura de Referencia de IoT Middleware y Redes.....	102
4.2.4. Arquitectura de IoT de Cisco.....	104
<b>4.3. Capa física</b> .....	104
<b>4.4. Sensores</b> .....	105
<b>4.5. Actuadores</b> .....	108
<b>4.6. Plataformas de Internet</b> .....	110
<b>4.7. Plataformas de Internet de las Cosas</b> .....	111
4.7.1. Componentes de una plataforma de Internet de las Cosas .....	114

4.7.2. Tipos de plataformas de Internet de las Cosas .....	115
<b>4.8. Proveedores de plataformas de Internet de las Cosas</b> .....	115
<b>RESUMEN</b> .....	117
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	118

## Capítulo 5

### Internet Industrial de las Cosas

Introducción.....	121
<b>5.1. Internet industrial: origen y evolución</b> 122	
<b>5.2. Integración de la Industria 4.0 y el Internet industrial</b> .....	124
<b>5.3. Innovaciones tecnológicas disruptivas del Internet industrial</b> .....	125
5.3.1. Nuevas tecnologías habilitadoras del Internet industrial .....	126
<b>5.4. Internet Industrial de las Cosas</b> .....	127
5.4.1. Iniciativas del IIoT .....	130
5.4.2. Beneficios del IIoT .....	131
5.4.3. Diferencias entre IoT y IIoT.....	131
<b>5.5. Casos de uso de Internet Industrial de las Cosas</b> .....	132
<b>5.6. Sistemas SCADA en el Internet Industrial de las Cosas</b> .....	133
5.6.1. Arquitectura de un sistema SCADA. 135	
5.6.2. Los sistemas SCADA versus Internet industrial de las Cosas .....	136
5.6.3. Soluciones de sistemas SCADA en la Industria 4.0 y el Internet Industrial de las Cosas. ....	137
<b>5.7. Arquitectura de referencia del Internet Industrial de las Cosas</b> .....	138
<b>5.8. Plataformas de Internet Industrial de las Cosas</b> .....	139
<b>5.9. Proveedores de soluciones de IIoT</b> ....	139
5.9.1. Cuadrante Mágico de Gartner de Industrial IoT Platform, mayo 2019.....	139
5.9.2. The Forrester Wave Industrial IoT Software Platforms Q3 2019.....	141
5.9.3. Panorama de plataformas de IIoT de IoT Analytics .....	142
<b>RESUMEN</b> .....	142
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	143
<b>RECURSOS WEB</b> .....	144

## Segunda parte. Infraestructuras de Internet de las cosas

### Capítulo 6

#### Infraestructura del Internet de las cosas: cloud computing, edge y fog computing, data lake

Introducción.....	147
-------------------	-----

<b>6.1. Computación en la nube (cloud computing). Origen, evolución y definición</b>	<b>148</b>
6.1.1. Definición de la nube	150
<b>6.2. Características del cloud computing</b>	<b>151</b>
<b>6.3. Modelos de la nube (cloud)</b>	<b>153</b>
6.3.1. Modelos de servicio	154
6.3.2. Modelos de despliegue de la nube	155
<b>6.4. Selección del modelo de nube</b>	<b>156</b>
6.4.1. El modelo de la nube futura: <i>multicloud</i> (multinube)	157
<b>6.5. Proveedores de la nube</b>	<b>157</b>
6.5.1. Implantación de la nube en organizaciones y empresas	159
6.5.2. Aspectos económicos	160
<b>6.6. Seguridad en la nube: retos y amenazas</b>	<b>161</b>
<b>6.7. Contratación de servicios de cloud computing</b>	<b>162</b>
<b>6.8. Computación en el borde y en la niebla (edge computing y fog computing)</b>	<b>163</b>
6.8.1. <i>Edge computing</i> (computación en el borde)	164
6.8.2. <i>Fog computing</i> (computación en la niebla)	165
6.8.3. <i>Fog computing</i> versus <i>edge computing</i>	166
6.8.4. Aplicaciones de <i>edge computing</i>	170
<b>6.9. Data lake (lagos de datos): los nuevos sistemas de almacenamiento de datos</b>	<b>171</b>
6.9.1. Origen del término <i>data lake</i>	171
6.9.2. Definición de <i>data lake</i>	172
6.9.3. Propiedades, ventajas e inconvenientes de los <i>data lake</i>	173
6.9.4. Proveedores de soluciones de <i>data lake</i>	174
<b>6.10. Data warehouse versus data lake</b>	<b>174</b>
<b>6.11. Los centro de datos como soporte de cloud computing y de Internet de las Cosas</b>	<b>177</b>
<b>6.12. El futuro de la nube en el horizonte 2025</b>	<b>178</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>180</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>181</b>
<b>RECURSOS WEB</b>	<b>183</b>

## Capítulo 7

### Big Data. Arquitectura y componentes

<b>Introducción</b>	<b>187</b>
<b>7.1. Crecimiento exponencial de los datos</b>	<b>188</b>
<b>7.2. Definición y evolución de Big Data</b>	<b>189</b>
7.2.1 El origen moderno de Big Data	191
<b>7.3. Tipos de datos</b>	<b>192</b>
7.3.1. Datos estructurados	192
7.3.2. Datos no estructurados	193
7.3.3. Datos semiestructurados	194

<b>7.4. Características de Big Data</b>	<b>195</b>
7.4.1. Modelos 3V de Big Data	195
7.4.2. Modelo de las 5V	198
7.4.3. Modelo de las 7V	199
7.4.4. El tamaño de Big Data	200
<b>7.5. Fuentes de datos</b>	<b>200</b>
7.5.1. Tipos de fuentes de Big Data	201
<b>7.6. Datificación</b>	<b>204</b>
<b>7.7. Datos en organizaciones y empresas</b>	<b>204</b>
7.7.1. Datos internos	204
7.7.2. Datos externos	205
<b>7.8. Arquitectura de Big Data</b>	<b>205</b>
7.8.1. Identificación de las fuentes de datos	206
7.8.2. Recolección (ingesta) de datos	206
7.8.3. Almacenamiento de datos	207
7.8.4. Procesamiento y análisis de datos	207
7.8.5. Visualización de datos	208
<b>7.9. Plataformas y herramientas de Big Data</b>	<b>209</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>210</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>211</b>

## Capítulo 8

### Inteligencia artificial: El aprendizaje automático y los asistentes virtuales

<b>Introducción</b>	<b>215</b>
<b>8.1. Historia y evolución de inteligencia artificial</b>	<b>216</b>
<b>8.2. Inteligencia artificial aplicada</b>	<b>218</b>
<b>8.3. Aprendizaje automático</b>	<b>220</b>
8.3.1. Aprendizaje supervisado	220
8.3.2. Aprendizaje no supervisado	221
8.3.3. Aprendizaje reforzado	221
<b>8.4. Aprendizaje profundo</b>	<b>221</b>
<b>8.5. Aprendizaje automático frente a aprendizaje profundo</b>	<b>223</b>
<b>8.6. El futuro de la inteligencia artificial: el aprendizaje profundo</b>	<b>225</b>
<b>8.7. Asistentes virtuales: bots y chatbots</b>	<b>225</b>
8.7.1. Tipos de asistentes virtuales	226
8.7.2. Aplicaciones de los bots	227
8.7.3. Asistentes virtuales en sitios web de organizaciones y empresas	228
<b>8.8. Plataformas de bots</b>	<b>229</b>
<b>8.9. Chatbots de empresa: el caso de la atención al cliente</b>	<b>230</b>
<b>8.10. Casos de estudio: Alexa de Amazon</b>	<b>231</b>
<b>8.11. Casos de estudio: Slack</b>	<b>231</b>
<b>8.12. Diferencias funcionales entre chatbots y asistentes virtuales</b>	<b>233</b>
<b>8.13. Altavoces inteligentes</b>	<b>236</b>
<b>8.14. La seguridad en los bots</b>	<b>237</b>

**8.15. El uso ético de la inteligencia artificial Aplicada en la Unión Europea y en España** ..... 238  
**RESUMEN** ..... 240  
**BIBLIOGRAFÍA** ..... 241  
**RECURSOS** ..... 242

**Capítulo 9**

**Robótica: cobots, robots de software, drones, vehículos autónomos**

**Introducción** ..... 245  
**9.1. Estado del arte de la robótica** ..... 246  
 9.1.1. la visión de robótica de IDC. .... 247  
**9.2. La robótica en la generación y posibles pérdidas de empleos** ..... 247  
 9.2.1. Estudio del Foro de Davos sobre el futuro del empleo (Enero 2016). .... 248  
 9.2.2. Estudio sobre robotización del McKinsey Global Institute. .... 248  
**9.3. Los riesgos de la inteligencia artificial en la robótica** ..... 249  
**9.4. Robots colaborativos (cobots)** ..... 250  
 9.4.1. Tecnologías complementarias de la robótica colaborativa ..... 251  
**9.5. Problemas legales de los robots industriales en el empleo** ..... 252  
**9.6. Automatización Robótica de Procesos (RPA): robots de software** ..... 252  
**9.7. Drones** ..... 256  
 9.7.1. Tipos de drones ..... 257  
 9.7.2. Arquitectura Ingeniería de un sistema de drones ..... 258  
 9.7.3. Componentes de un dron: Una panorámica global ..... 261  
 9.7.4. Aplicaciones de los drones ..... 262  
 9.7.5. Normas y regulaciones de los drones ..... 264  
**9.8. Vehículos autónomos y vehículos conectados** ..... 264  
 9.8.1. Tecnologías básicas en los vehículos autónomos ..... 265  
 9.8.2. Tecnologías de asistencia a la conducción más divulgada y utilizada ..... 267  
 9.8.3. Tecnologías específicas del vehículo conectado. .... 270  
 9.8.4. Niveles de conducción autónoma ... 272  
 9.8.5. Regulaciones y normas de conducción internacionales ..... 274  
 9.8.6. Casos de éxito: autobús autónomo. 275  
**RESUMEN** ..... 275  
**BIBLIOGRAFÍA** ..... 276  
**RECURSOS** ..... 277  
**ANEXO** ..... 281  
 Anexo 1- Normativa del uso de drones en la Unión Europea ..... 281

Anexo2- Siglas de aeronaves no tripuladas según el INTA (Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales, de España) ..... 282

**Capítulo 10**

**Las cadenas de bloques (blockchain) y su convergencia con la IoT**

**Introducción** ..... 283  
**10.1. Blockchain (cadena de bloques): la nueva revolución de Internet** ..... 283  
 10.1.1. ¿Cómo nació blockchain? ..... 285  
**10.2. Fundamentos de blockchain** ..... 286  
 10.2.1. ¿Qué es blockchain? ..... 286  
 10.2.2. Definiciones de blockchain ..... 287  
**10.3. Blockchain: La visión del NIST** ..... 288  
 10.3.1. ¿Qué es blockchain según el NIST? ..... 288  
**10.4. Funcionamiento del blockchain** ..... 290  
 10.4.1 Proceso de las transacciones en una cadena de bloques ..... 291  
 10.4.2 Componentes de blockchain: funcionamiento ..... 291  
**10.5. ¿Cuáles son las principales aplicaciones de la tecnología blockchain?** ..... 293  
**10.6. Tipos de blockchain: pública, privada, híbrida** ..... 294  
**10.7. Contratos inteligentes** ..... 296  
**10.8. Trazabilidad** ..... 299  
**10.9. Identidad digital** ..... 302  
**10.10. Blockchain en Internet de las Cosas** ..... 302  
 10.10.1. El Internet de las Cosas: Un registro de todas las cosas ..... 304  
 10.10.2. Aplicaciones del registro de todas las cosas ..... 304  
**10.11. Convergencia de blockchain y la inteligencia artificial en Internet de las Cosas** ..... 306  
 10.11.1. Hacia un modelo de convergencia de blockchain-IoT-AI ..... 307  
**RESUMEN** ..... 309  
**BIBLIOGRAFÍA** ..... 309  
**RECURSOS** ..... 310  
**GLOSARIO** ..... 311

**Tercera parte. Ciudades inteligentes (smart cities)**

**Capítulo 11**

**Ciudades inteligentes**

**Introducción** ..... 315  
**11.1. ¿Qué es una ciudad inteligente? ...** 316  
**11.2. Modelos de ciudad inteligente** ..... 317  
 11.2.1. Modelo de ciudad inteligente de la Unión Europea ..... 317

11.2.2. Modelo de ciudad inteligente de la ONTSI.....	321
11.2.3. Otros modelos de ciudades inteligentes.....	324
<b>11.3. Tecnologías habilitadoras de smart cities.....</b>	<b>326</b>
<b>11.4. El rol de IoT y 5G en la hiperconectividad inteligente de la ciudad inteligente. ....</b>	<b>327</b>
<b>11.5. Open Data. Los datos abiertos al servicio del ciudadano .....</b>	<b>329</b>
11.5.1. Iniciativas Open Data.....	331
<b>11.6. Aplicaciones (casos de uso) de ciudades inteligentes. ....</b>	<b>331</b>
<b>11.7. Estrategias internacionales de ciudades inteligentes. ....</b>	<b>333</b>
<b>11.8. Arquitectura de una ciudad inteligente.....</b>	<b>333</b>
<b>11.9. Normalización de ciudades inteligentes (AENOR) .....</b>	<b>336</b>
<b>11.10. Las redes eléctricas inteligentes (smart grids) .....</b>	<b>337</b>
11.10.1. Sensores en las ciudades inteligentes.....	338
<b>11.11. Ciudades inteligentes: Casos de éxito y ranking .....</b>	<b>340</b>
11.11.1. Ranking de ciudades inteligentes IESE Cities in Motion Index 2019.....	340
<b>RESUMEN .....</b>	<b>341</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>342</b>
<b>RECURSOS .....</b>	<b>344</b>

## Cuarta parte. Inteligencia, seguridad y privacidad de los datos

### Capítulo 12

#### Analítica de datos del Internet de las Cosas

Introducción.....	347
<b>12.1. ¿Qué es analítica de datos (data analytics) .....</b>	<b>348</b>
<b>12.2. Tipos de analítica de datos.....</b>	<b>349</b>
12.2.1. Analítica descriptiva (Descriptive Analytics).....	350
12.2.2. Analítica de diagnóstico.....	351
12.2.3. Analítica predictiva (Predictive Analytics).....	352
12.2.4. Analítica prescriptiva (Prescriptive Analytics).....	354
<b>12.3. Una visión global de la analítica de Big Data .....</b>	<b>355</b>
<b>12.4. Categorías de la analítica utilizadas en empresas .....</b>	<b>357</b>
<b>12.5. Tipos de análisis de datos.....</b>	<b>357</b>
<b>12.6. Proliferación de datos sociales .....</b>	<b>358</b>
<b>12.7. Analítica social.....</b>	<b>359</b>

12.7.1. Métricas de analítica social .....	360
<b>12.8. Analítica de sentimientos.....</b>	<b>362</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>363</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>364</b>

### Capítulo 13

#### Seguridad y privacidad en Internet de las cosas

Introducción.....	367
<b>13.1. Seguridad y privacidad de Internet de las cosas .....</b>	<b>368</b>
<b>13.2. ¿Qué es ciberseguridad? .....</b>	<b>368</b>
<b>13.3. La ciberseguridad en tiempo real....</b>	<b>371</b>
<b>13.4. Seguridad de la información y privacidad en Internet de las Cosas .....</b>	<b>373</b>
<b>13.5. Infraestructuras críticas.....</b>	<b>374</b>
<b>13.6. Ciclo de vida de la ciberseguridad... 375</b>	<b>375</b>
<b>13.7. Ciberamenazas: agentes y tipos.....</b>	<b>377</b>
<b>13.8. Ciberataques: herramientas utilizadas por los atacantes.....</b>	<b>378</b>
<b>13.9. Resiliencia.....</b>	<b>379</b>
<b>13.10. Tendencias en ciberseguridad.....</b>	<b>380</b>
<b>13.11. La web profunda, la web invisible (deep web) .....</b>	<b>382</b>
<b>13.12. Los ciberriesgos .....</b>	<b>383</b>
<b>13.13. Directiva de ciberseguridad de la Unión Europea (NIS) .....</b>	<b>384</b>
<b>13.14. Estrategia de ciberseguridad de la Unión Europea.....</b>	<b>385</b>
<b>13.15. Seguridad en Internet de las Cosas .....</b>	<b>386</b>
<b>13.16. Normativas de seguridad y privacidad en Internet de las Cosas.....</b>	<b>387</b>
<b>13.17. Normativas y tendencias en ciberseguridad del Internet de las Cosas .</b>	<b>388</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>391</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>391</b>
<b>RECURSOS .....</b>	<b>392</b>

### Capítulo 14

#### Normativas legales, regulaciones, privacidad, organizaciones internacionales y la ética en IoT

Introducción.....	397
<b>14.1. La ética y la responsabilidad social de las empresas en el ecosistema IoT .....</b>	<b>398</b>
<b>14.2. Evaluación de impacto en la protección de datos. ....</b>	<b>399</b>
<b>14.3. Reglamento de Protección de Datos y de Privacidad de la Unión Europea (GDPR) .....</b>	<b>400</b>
14.3.1. Aspectos más sobresalientes del reglamento vigente.....	400

14.3.2. Recomendaciones de la AEPD sobre el reglamento GDPR .....401

**14.4. El Delegado de Protección de Datos (DPO) .....402**

**14.5. Evaluación de impacto en la privacidad.....403**

14.5.1. Privacidad desde el diseño.....403

**14.6. Privacidad en Internet de las cosas406**

14.6.1. Ley de Privacidad de Internet de las cosas de California .....407

**14.7. Precauciones de seguridad en IoT... 408**

14.7.1. Caso de estudio: Proyecto destinado a la seguridad del Internet de las cosas de Telefónica .....410

**14.8. Guía de privacidad y seguridad en Internet (AEPD/INCIBE) .....410**

**14.9. El escudo de privacidad Unión Europea-EE. UU. ....412**

**14.10. Consorcios y Organizaciones Internacionales .....412**

14.10.1. Consorcios de redes de área personal (PAN/WPAN) .....412

14.10.2. Consorcios de protocolos .....413

14.10.3. Consorcios WAN/WWAN.....414

14.10.4. Consorcios Fog y Edge.....414

14.10.5. Consorcios de la industria.....415

14.10.6. Organizaciones de Seguridad (EE. UU.) .....415

14.10.7. Organizaciones de Seguridad (Europa) .....416

14.10.8. Organizaciones de Seguridad (Latinoamérica y Caribe).....416

14.10.9. Alianza Global de Ciudades Inteligentes del G20 (globalsmartcitiesalliance.org) .....416

**RESUMEN .....417**

**BIBLIOGRAFÍA.....417**

**RECURSOS .....418**

**ANEXO .....421**

Anexo A- Guía de privacidad de INCIBE y de la AEPD .....421

Anexo B - 5 de noviembre de 2018. Primera Norma Internacional ISO/IEC para Internet de las Cosas .....423

**Introducción..... 425**

**15.1. Tecnologías emergentes para 2020 (Hype Cycle de Gartner, agosto 2019) ..... 426**

**15.2. Las 10 principales tecnologías estratégicas para 2020..... 430**

**15.3. Tecnologías disruptivas de impacto en los negocios..... 433**

**15.4. El nuevo mundo hiperconectado: Internet de las cosas y las redes 5G (Informe The Mobile Economy 2019 de GSMA) ..... 434**

**15.5. Redes 5G. La espina dorsal del futuro IoT ..... 436**

15.5.1. Industrias de impacto de las redes 5G en la Internet de las Cosas ..... 438

**15.6. Tendencias tecnológicas inalámbricas emergentes para 2020, Gartner..... 439**

**15.7. Tendencias y tecnologías estratégicas de Internet de las Cosas hasta 2023..... 441**

**15.8. El futuro Internet de las Cosas..... 444**

15.8.1. Tendencias de impacto en el futuro IoT, según Salah Mohamed ..... 444

15.8.2. Future Ff IoT De Ernst And Young. 445

**15.9. Los negocios del futuro Internet de las Cosas ..... 448**

15.9.1. El mercado global de Internet de las Cosas ..... 448

**15.10. La referencia mundial en IoT: World Congress Internet of Things (Barcelona) . 449**

**15.11. La hiperconectividad del futuro..... 449**

15.11.1. Futuras redes: Wifi 7 ..... 449

15.11.2. Futuras redes móviles: 6G..... 450

**RESUMEN ..... 450**

**BIBLIOGRAFÍA ..... 451**

**RECURSOS ..... 452**

**Quinta parte. La conectividad inteligente: tendencias y tecnologías disruptivas del futuro Internet de las cosas**

**Capítulo 15**

**El futuro hiperconectado: La conectividad inteligente y tendencias tecnológicas de Internet de todas las Cosas**

# Prólogo

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han sido y seguirán siendo dinámicas y evolutivas, por naturaleza, liderando la emergencia continua de nuevas tendencias tecnológicas y los negocios. Los avances en recursos de computación, sistemas de software y redes de comunicaciones unidos a la continua miniaturización de los componentes hardware (sensores y dispositivos) han hecho posible un ecosistema de Internet de las cosas inteligente y desplegado a lo largo de toda la superficie geográfica global.

La **Internet de las Cosas** (*Internet of Things*, IoT) es un nuevo ecosistema tecnológico y social que desde hace unos años está emergiendo en organizaciones y empresas, y está comenzando a llegar a la sociedad como una nueva revolución tecnológica y social. Está ayudando a la transformación digital de las organizaciones y empresas, y es la espina dorsal de la **industria 4.0** y la naciente **cuarta Revolución Industrial**. El libro trata describir y analizar el nuevo ecosistema creado en torno a las tecnologías facilitadoras de las cosas y los objetos inteligentes.

Su potencial es muy elevado y las posibles aplicaciones de este modelo son incontables. Por consiguiente, es importante tener un conocimiento exhaustivo y profundo por las comunidades sociales, tecnológicas y de negocios sobre la disciplina. El libro, en consecuencia, proporciona un modelo y unos principios, y presenta sus principales tecnologías habilitadoras en los dominios de aplicación de mayor impacto, destacando aspectos importantes como la necesidad de estándares y seguridad. Se presenta el panorama actual y futuro, así como los sectores de mayor impacto para el bienestar de las personas y la riqueza de las organizaciones y empresas, destacando de modo especial las ciudades inteligentes e hiperconectadas.

Los dispositivos de computación de conectividad entre objetos han conducido a un mundo conectado digitalmente que se inició al principio de la década de 2010, e incluso la década anterior, donde el mundo cableado (cable y fibra óptica) estaba omnipresente y las conexiones a Internet crecían a gran velocidad.

La aparición y el despliegue de entornos cada vez más digitalizados gracias a las infraestructuras de la nube (*cloud computing*) y sus dos plataformas complementarias, computación en el borde (*edge computing*) y computación en la niebla (*fog computing*), unidas al crecimiento de sensores inteligentes, etiquetas RFID y NFC, teléfonos inteligentes, dispositivos “ponibles” (*wearables*), o el crecimiento continuo de los drones (vehículos voladores) o robots virtuales de software (**RPA**, automatización robótica de procesos) han conducido a un mundo más hiperconectado, sustentado en tecnologías y redes **5G**, que ya han iniciado su despliegue en numerosas regiones del globo, así como las redes inalámbricas wifi con el desarrollo creciente de la última certificación **Wifi 6**.

El libro presenta las tecnologías habilitadoras y herramientas de mayor impacto, junto con las técnicas y metodologías que están haciendo posible el despliegue de Internet de las cosas. En ese sentido, esta obra describe los retos y oportunidades que trae esta nueva revolución de Internet. También aborda los cambios sociales y organizativos a los que se deberá enfrentar la sociedad desde una perspectiva tecnológica y de convergencia de las tecnologías facilitadoras antes mencionadas; y analiza las organizaciones y consorcios nacionales e internacionales del sector y las normativas legales y de privacidad vigentes en Europa y América, fundamentalmente.

## **OBJETIVOS**

El libro se ha escrito con una visión global dirigida tanto a lectores generalistas interesados en conocer los retos y oportunidades que Internet de las cosas trae a la sociedad actual y futura como a los profesionales, empresarios, docentes e investigadores en las tecnologías disruptivas de impacto.

Por eso, puede ser utilizado como libro de texto para estudiantes de grado (carreras universitarias, tecnológicas y de formación profesional) o posgrado (maestría, especializaciones, expertos y diplomados). Asimismo, busca llegar a aquellos investigadores y profesionales de las TIC interesados en esta materia. Por estas circunstancias se han incluido en cada capítulo, notas de referencia, bibliografía, además de recursos físicos y en línea que puedan ayudar.

La Internet de las cosas es una nueva disciplina y tendencia tecnológica que cada día se implanta más en numerosas organizaciones y empresas y su desarrollo será creciente. De igual forma, se está introduciendo como asignatura o cursos en carreras de Ingeniería y Ciencias, carreras de Economía, Administración de Empresas, Marketing, Comunicación y Biblioteconomía, y otras disciplinas afines. Así, en los últimos años han nacido numerosas asignaturas con el mismo título para numerosas carreras y diferentes facultades y escuelas e institutos tecnológicos y politécnicos, así como maestrías específicas. Por estas razones el autor ha intentado escribir un libro profesional que a par pueda ser utilizado como libro de texto y consulta por docentes, alumnos, profesores y maestros que lo consideren oportuno.

La obra tiene un perfil muy generalista y profesional. Si bien tiene un marcado carácter tecnológico innovador y avanzado, dirigido a profesionales de ingeniería, empresa y negocios, se ha escrito de modo que pueda llegar a profesiones relacionadas con las ciencias sociales, el mundo del derecho, las relaciones públicas, el marketing o turismo que deseen conocer el impacto de esta revolución en la sociedad, pero con el foco en el análisis social, económico y tecnológico.

*Internet de las cosas* es una nueva obra de la colección NTICS (Negocios, Tecnología, Innovación, Conocimiento y Sociedad) dirigida a describir la nueva revolución de Internet de las cosas y el nuevo mundo que se configura en torno a

los miles de millones de objetos y dispositivos inteligentes conectados entre sí a través de Internet.

## ORGANIZACIÓN

La obra se ha organizado de modo que ayude al lector a conocer los conceptos clave y las tecnologías habilitadoras de IoT para el aprendizaje de aplicaciones específicas y un conocimiento más en profundidad de este ecosistema. Se han incluido referencias, bibliografía y recursos en cada capítulo con el objetivo de facilitar al lector los conceptos básicos y proporcionarles los medios necesarios para ampliarlos desde el punto de vista profesional, de estudiante, profesor o investigador. El libro se ha dividido en cinco partes, cada una de las cuales se dedica a un área de conocimiento específico, y quince capítulos.

### **Parte I. El ecosistema de Internet de las Cosas (IoT)**

Esta parte se compone de cinco capítulos que contienen los conceptos fundamentales y nucleares que definen el Internet de las cosas, así como su origen y evolución.

*Capítulo 1.* Proporciona una revisión introductoria del ecosistema de Internet de las cosas, incluyendo sus ideas conceptuales notables, tecnologías habilitadoras de la transformación digital, así como las características más importantes de la hiperconectividad de las redes de comunicaciones generalistas y específicas, los conceptos nucleares de la arquitectura y plataformas de Internet de las cosas y del Internet industrial de las cosas. Se realiza también una primera introducción sobre las ciudades inteligentes, la seguridad, y las normas y aspectos regulatorios de la IoT.

*Capítulo 2.* Explora las nuevas tendencias tecnológicas de la Industria 4.0 y las ideas fundamentales que soporta la cuarta Revolución Industrial. Describe el panorama tecnológico de IoT con sus tecnologías habilitadoras, centrándose en la descripción de tecnologías y dispositivos fundamentales que están alcanzando gran impacto como: dispositivos drones y *wearables* (“ponibles”), experiencias inmersivas (realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta), gemelos digitales, fabricación aditiva/ impresión 3D, y una primera revisión de *blockchain*, la inteligencia artificial y la fabricación digital inteligente.

*Capítulo 3.* La espina dorsal del ecosistema IoT es la hiperconectividad de sus redes de comunicaciones. El capítulo describe las tecnologías y redes de comunicaciones utilizadas en Internet de las cosas tanto móviles o celulares como 4G Y 5G, y la última certificación de las redes wifi, Wifi 6, y las redes de comunicaciones específicas de IoT LPWAN, como las redes celulares NB-IoT y LTE-M, y las redes especiales de bajo consumo y largo alcance abiertas “sin licencia de frecuencia” como LoRa o Sigfox.

**Capítulo 4.** Los sistemas de hardware y software de Internet se articulan en la denominada arquitectura de referencia de Internet y de Internet de las cosas. Se describen las arquitecturas tradicionales de Internet: OSI y TCP/IP así como los modelos de referencia de tres capas y cinco capas más utilizados en Internet de las cosas. Se describen los componentes de las plataformas de IoT tales como sensores, actuadores y otros dispositivos. Por su importancia comercial se hace una primera introducción a informes específicos de la consultora Gartner como el cuadrante mágico de plataformas de IoT.

**Capítulo 5.** El ecosistema de IoT tiene un gran impacto en el sector industrial. El Internet industrial como origen y el Internet industrial de las cosas como destino, son los temas centrales del capítulo. Se describen los tradicionales y clásicos sistema SCADA que desde hace años se integran en la industria y sus cadenas industriales; sus características más importantes y su integración con el IIoT se reseñan en el capítulo. Se dedican apartados específicos para proveedores de soluciones de IIoT recurriendo a informes de las consultoras Gartner, Forrester y IoT Analytics.

## **Parte II. Infraestructuras de Internet de las cosas**

Esta parte comprende cinco capítulos (6 al 10) y describen las infraestructuras de soporte que constituyen el armazón del ecosistema de IoT como *cloud computing*, Big Data, inteligencia artificial (IA), robótica y *blockchain*.

**Capítulo 6.** Se centra en la infraestructura clave del IoT: la nube (*cloud computing*), sus conceptos y modelos fundamentales, así como temas relativos a la seguridad, aspectos económicos y contratación de servicios. IoT ha traído la potenciación de la computación en el borde (*edge computing*) y en la niebla (*fog computing*) así como en los depósitos de información más modernos, lagos de datos (*data lakes*).

**Capítulo 7.** Los grandes volúmenes de datos (Big Data) generados y recolectados por las fuentes del IoT adquieren su importancia y fiabilidad en la toma de decisiones cuando se utilizan eficazmente los diferentes tipos y fuentes de datos. La optimización de los datos requiere de una arquitectura de Big Data organizada en capas que permitan la conversión adecuada de los datos para una toma de decisiones más eficiente.

**Capítulo 8.** La inteligencia artificial aplicada (IAA) se ha convertido en la tendencia tecnológica de mayor impacto en el Internet de las cosas, integrada con las otras tecnologías nucleares como Big Data, *cloud*, *blockchain* y robótica. Los asistentes virtuales y altavoces inteligentes se han convertido en dispositivos y software de impacto en IoT.

**Capítulo 9.** La robótica es, sin duda, integrada con Inteligencia Artificial, la gran tendencia tecnología de impacto en el IIoT. Los robots colaborativos (cobots) son uno de los dispositivos de mayor impacto en la fabricación inteligente. Los robots virtuales de software RPA son software cada día más utilizado en organizaciones y empresas para reforzar o sustituir el software tradicional y convertirlo en una

herramienta más potente. Los drones son robots físicos que tienen innumerables aplicaciones y contribuyen a la gran instalación y despliegue del Internet de las cosas.

*Capítulo 10.* Aunque la tecnología *blockchain* es antigua (su conocimiento y uso comenzó en el 2008 con el lanzamiento de la criptomoneda *bitc oin*) se ha convertido en una tecnología clave e innovadora que garantiza seguridad y confianza en las transacciones y comunicaciones de Internet de las cosas.

### **Parte III. Smart Cities (Ciudades Inteligentes)**

Esta parte solo contiene el capítulo 11, dedicado a las ciudades inteligentes, ya que la temática merece entidad de disciplina autónoma; su soporte básico son las tecnologías habilitadoras descritas en las partes I y II.

*Capítulo 11.* Se describen las tecnologías habilitadoras, modelos y arquitecturas de la ciudad inteligente, así como las aplicaciones y casos de uso. Se hace una referencia al *ranking* de ciudades inteligentes del IESE y al rol de las redes 5G y la propia Internet de las cosas en el desarrollo y funcionamiento de este modelo de ciudad.

### **Parte IV. Inteligencia, Seguridad y Privacidad de los Datos**

Esta parte se centra en las técnicas, normas y regulaciones legales -nacionales e internacionales- del Internet de las cosas para su explotación en las actividades diarias de organizaciones y empresas como el análisis de datos o las prácticas de seguridad y privacidad.

*Capítulo 12.* El análisis de datos es una de las tareas principales en el ciclo de vida de los datos para convertirlos en conocimiento que ayuda a tomar decisiones. Conceptos básicos, clasificación y tipos de analítica de datos se revisan en este capítulo. Se describen de modo muy específico, los tipos especiales de analítica de datos centrados en datos sociales como la analítica social y la de sentimientos.

*Capítulo 13.* Internet de las cosas trae consigo una gran cantidad de oportunidades y de beneficios para la sociedad, economía e industria. Sin embargo, la evolución del ecosistema también viene acompañada de grandes retos que es necesario afrontar, principalmente, en las áreas de seguridad, seguridad cibernética y privacidad. Las amenazas, riesgos, delitos y ataques cibernéticos obligan a la necesidad del cumplimiento de estrategias y directivas de seguridad nacional e internacional.

*Capítulo 14.* La  tica del Internet de las cosas unida a la  tica en la inteligencia artificial y la robótica, especialmente, hacen de su cumplimiento, una necesidad obligatoria tanto a nivel corporativo como personal. El Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea y la vigente nueva Ley de España son normativas muy avanzadas y de gran fiabilidad, tanto en el aspecto de la privacidad como de la propia seguridad de la información. El capítulo se completa con una

descripción de las organizaciones y consorcios nacionales e internacionales de mayor impacto en el campo de la Internet de las cosas.

### **Parte V. La Conectividad Inteligente: Tendencias y tecnologías disruptivas del futuro Internet de las Cosas**

*Capítulo 15.* El despliegue de Internet de las cosas está creciendo gracias a las numerosas tecnologías estratégicas y emergentes que consolidan su ecosistema. Se destacan en este capítulo final las tendencias tecnológicas estratégicas que configuraran el futuro Internet de las cosas, así como una las tecnologías inalámbricas **6G** y **Wifi 7** que anuncian el horizonte 2030, pero que llegarán mucho antes. El año 2020 comenzó como cada año, desde el enfoque de novedades tecnológicas, con dos grandes eventos mundiales: El primero, la feria de Electrónica CES Las Vegas (7 al 11 de enero de 2020) y su lema central fue: “La Inteligencia de las Cosas”; el segundo gran evento mundial es el Congreso Mundial de Móviles (MWC) de Barcelona, referencia obligada en el mundo de las telecomunicaciones móviles, cuya celebración estaba prevista del 24 al 27 de febrero de 2020 pero fue suspendido por la GSMA por razones de causa mayor relacionadas con la epidemia del coronavirus.

### **AGRADECIMIENTOS**

Como siempre, mi agradecimiento eterno a mis alumnos y a los asistentes a mis numerosas conferencias, seminarios y cursos que he impartido en estos cuatro últimos años en las universidades españolas y latinoamericanas, donde he dedicado una especial atención a Internet de las cosas y los ecosistemas asociados de la Industria 4.0. Muchas gracias. Vuestro apoyo, recomendaciones, consultas y consejos son mi gran soporte a la hora de transmitir mis conocimientos y volcarlos en esta ocasión a en esta obra.

Al igual que en otras ocasiones, agradecer a mi editor, y sin embargo amigo, Damián Fernández, por su asesoramiento continuo mediante consejos, guías y recomendaciones que me acompañan en todo momento durante el largo proceso editorial. También, al director editorial y amigo, Marcelo Grillo, por sus sabios consejos y recomendaciones que siempre me acompañan en todo proyecto editorial. Al resto del equipo editorial con sede en CDMX de México, y otras sedes de Alfaomega, en especial, Colombia y Perú, donde físicamente en los últimos tres años he tenido su soporte y amistad, con ocasión de mis visitas a las universidades de ambos países.

En Carhelejo (Sierra Mágina), Jaén, Andalucía, España, y en Ciudad de México (CDMX), México. Junio 2020.

## Acerca del autor

### Luis Joyanes Aguilar

Presidente de la Fundación I+D del Software Libre (Fidesol), Granada (España). Dr. Ingeniero en Informática por la Universidad de Oviedo y Dr. en Sociología por la Universidad Pontificia de Salamanca. Dr. Honoris Causa por la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, UPAO, (Perú); por la Universidad San Martín de Porres, Lima (Perú) y por la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima (Perú). Líder Académico del TEC de Monterrey, México, campus Querétaro. Catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la UPSA. Profesor de Inteligencia de Negocios y de Ciencia de Datos de la Universidad Católica de Ávila (UCAV) y de la Ávila Business School de UCAV. Profesor invitado y visitante de numerosas universidades de Latinoamérica y El Caribe. Conferenciante habitual en congresos, simposios, jornadas a nivel internacional. Ha dirigido más de 50 tesis doctorales de estudiantes españoles, portugueses y latinoamericanos. Ha escrito más de 40 libros de TIC y más de 100 artículos científicos y profesionales. Sus últimos libros son: *Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial e Inteligencia de Negocios y Analítica de Datos*. Investigador del Grupo de Investigación de “Ética en la Nube” de la Facultad de Filosofía de la Universidad Complutense de Madrid. Miembro del Instituto Universitario “Agustín Millares” de la Universidad Carlos III de Madrid. En abril de 2018 recibió la Mención Honorífica del Doctorado en Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, de Bogotá (Colombia).

# CAPÍTULO 1

## INTERNET DE LAS COSAS: UNA VISIÓN GENERAL DEL ECOSISTEMA DE INTERNET DE LAS COSAS

---

### INTRODUCCIÓN

Internet de las cosas (*Internet of Things*, IoT) se ha convertido en una tendencia al alza y de modo exponencial en la industria y la empresa. La industria, sobre todo, se está viendo afectada positiva y considerablemente, y se ha consolidado el concepto de *Internet Industrial de las cosas*, apoyado en las tendencias de Internet Industrial y la Industria 4.0, a las que se han unido las nuevas tendencias tecnológicas disruptivas que están llegando con la *Cuarta Revolución Industrial*.

Los analistas y las consultoras predicen que los productos y servicios de IoT crecerán exponencialmente en los próximos años. En 2020, según Cisco se esperan más de 50.000 millones de dispositivos conectados entre sí y a Internet, en un mundo interconectado y ubicuo; la consultora Gartner calcula también para el año 2020, 25.000 millones de dispositivos, y IDC prevé 20.000 millones. La cantidad de cifras es diferente y grande, pero tienen en común que son decenas de miles de millones, las previsiones de objetos conectados, cuando la población mundial en 2019 no superaba los 8000 millones de personas; es decir, de 3 a 5 dispositivos conectados por habitantes.

La explosión del Internet de las cosas se debe, esencialmente, a una confluencia de diferentes sistemas, M2M (máquina a máquina), sistemas embebidos, sistemas de comunicaciones, sistema de la Web, dispositivos y aplicaciones móviles, Pese a los espectaculares números y las grandes oportunidades que ofrecerán en nuestras vidas,

Internet de las cosas también se enfrenta a muchos retos y limitaciones, debido a un gran número de factores que impulsarán en sentido negativo su despliegue universal.

En el capítulo, se hará una introducción general de las tendencias tecnológicas disruptivas, la evolución y las perspectivas históricas del Internet de las cosas, así como de las aplicaciones y sectores de mayor impacto, junto a una introducción al ciclo de vida de los datos de las fuentes del Internet de las Cosas, junto con una introducción a las amenazas, oportunidades, fortalezas y habilidades que traen consigo. Así mismo, se hará una breve introducción a la seguridad y privacidad del Internet de las cosas. Todos estos conceptos se detallarán en mayor profundidad en los capítulos restantes de esta obra.

## 1.1. ¿QUÉ ES INTERNET DE LAS COSAS (*INTERNET OF THINGS*, IOT)?

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT, ITU), organismo de las Naciones Unidas encargado de la estandarización y normativas de las telecomunicaciones móviles a nivel mundial, publicó a primeros de 2019, estadísticas sobre el número de usuarios conectados a Internet a finales de 2018. El organismo internacional indicaba en su informe que unos 3900 millones de personas utilizaban Internet, por lo que por primera vez señalaba que más de la mitad de la población mundial estaba conectado en línea (un 51,2 % de los habitantes del mundo). La plataforma Hootsuite da la cifra de 4338 millones de usuarios de Internet en todo el mundo, un 57 % de la población mundial. El 67 % dispone de un teléfono móvil, es decir, 5112 millones de persona. La UIT estimaba el 28 de diciembre de 2019 que, a finales de 2019, el 50 % de la población mundial tendrá acceso a Internet

Si unimos estas cifras a las mencionadas anteriormente de previsiones de objetos (cosas) conectados a Internet se puede llegar a la conclusión de que Internet de las cosas es un ecosistema que traerá grandes cambios a la sociedad y a la vida de los habitantes del mundo. Entonces, podemos definir Internet de las cosas de modo estándar (véase apartado 1.2).

Desde hace unos años, Internet de las cosas (*Internet of Things*, IoT) es uno de los términos más utilizados y populares en los medios de comunicación tanto analógicos como digitales. En la actualidad, es la espina dorsal sobre la que se sustenta, junto con Big Data, la nueva tendencia de Industria 4.0.

Los sensores electrónicos están presentes en todas partes y se integran en infinidad de dispositivos que se han vuelto inteligentes y están conectados en redes cableadas e inalámbricas, y a su vez a Internet, constituyendo una Red global de conectividad total y ubicua, llamada Internet de las cosas. Los teléfonos inteligentes incorporan sensores de todo tipo, giróscopos, acelerómetros que permiten su posicionamiento de un modo rápido casi en tiempo real. La reducción en tamaño de estos dispositivos electrónicos, su abaratamiento de costes, el aumento en la cantidad de información que pueden generar ha convertido el mundo actual en un mundo conectado de cosas u objetos inteligentes.

Los protocolos de comunicación permiten el intercambio de información entre dispositivos y aplicaciones, y los sensores presentes en cualquier lugar son accesibles a los demás

dispositivos y aplicaciones. Las primeras redes M2M (máquina a máquina) permitieron la comunicación entre máquinas, las redes de sensores inalámbricas (WSN, *world sensor network*) la conexión “sin cables”, y sobre todo el despliegue universal de redes inalámbricas como wifi y WiMax, han conseguido la conectividad global existente en la actualidad, que seguirá aumentando para llegar a cualquier lugar y que se podrá realizar en cualquier momento y con cualquier dispositivo.

El despliegue ya universal de las redes inalámbricas, celulares 4G y 4G LTE y la nueva versión certificada de wifi, Wifi 6, la creciente llegada de las redes 5G que aumentarán las velocidades de transmisión de datos de forma espectacular, y la incorporación de las innovadoras tarjetas e-SIM los teléfonos inteligentes con todas las ventajas que aportarán y la llegada de sensores inteligentes a los dispositivos *wearables* (ponibles) que se utilizan por las personas y las cosas harán que Internet de las cosas conviva en la sociedad como ahora lo hace el Internet ordinario.

Cisco, el primer fabricante de telecomunicaciones del mundo, prevé para 2020, cincuenta mil millones de dispositivos conectados en el mundo. Aunque esta cifra puede variar, lógicamente según la fuente con otros estudios, lo que no cabe duda es que serán decenas de miles de dispositivos. Internet de las cosas, en su acepción más simple es la conexión de dispositivos y aplicaciones y está haciendo posible un mundo conectado o hiperconectado, convirtiendo a las cosas conectadas en inteligentes

Vivimos en un mundo conectado. Cada día aumenta el número de dispositivos de todo tipo que proporcionan acceso a Internet. Las cosas u objetos que permiten y van a permitir estos accesos irán aumentando con el tiempo. Ahora ya tenemos videoconsolas, automóviles, trenes, aviones, sensores, aparatos de televisión, electrodomésticos o desde cosas cada vez más diversas como la ropa o dispositivos *wearables*. El término Internet de las cosas está llegando al gran público con la denominación de Internet de los objetos. Los objetos son: libros, zapatos o componentes de un vehículo; y se agrupan en redes de objetos. Si estuviesen referenciados con dispositivos de identificación, chips RFID, NFC, esto es, si todos están equipados con etiquetas de radio frecuencia, todos pueden ser identificados y gestionados. Con la actual generación del protocolo IPv6 se podrá identificar instantáneamente cualquier tipo de objeto, hasta decenas y centenas de miles de millones, al contrario que la generación IPv4, cuyas direcciones de Internet están restringidas a 4300 millones.

La consultora McKinsey fue precursora y publicó, a principios de marzo de 2010, un informe de nuevos modelos de negocio basados en los sensores que aportaba como tema central Internet de los objetos. McKinsey lo definía como: “Sensores y actuadores incrustados en objetos físicos, enlazados mediante redes con cables y sin ellos, que a menudo utilizan el mismo protocolo de Internet (IP) que conecta a la Red”.

Internet de las cosas consiste en un nuevo sistema tecnológico donde tanto personas como objetos puedan conectarse a Internet en cualquier momento y lugar, y de esa forma ganar inteligencia y conversación entre los objetos. Ahora, es el momento de la comunicación entre las cosas, las máquinas (M2M, *Machine to Machine*), los objetos, a través de sensores, chips, NFC, RDID. Pero ¿qué sucederá cuando casi todas las cosas estén conectadas a Internet? Sin duda, se producirá una transformación en la forma de hacer negocios, la organización del sector público, y el día a día de millones de personas. En un sentido más técnico, consiste en

la integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas. El hecho de que Internet esté presente al mismo tiempo en todas partes permite que la adopción masiva de esta tecnología sea más factible. Dado su tamaño y coste, los sensores son fácilmente integrables en hogares, entornos de trabajo y lugares públicos. De esta manera, cualquier objeto es susceptible de ser conectado y “manifestarse” en la Red. Además, Internet de las cosas implica que todo objeto puede ser una fuente de datos.

Miles de millones de dispositivos están siendo conectados entre sí a través de distintas redes de comunicación. Pequeños sensores permiten medir desde la temperatura de una habitación hasta el tráfico de taxis en una ciudad. A diario, cámaras de vigilancia velan por la seguridad en los edificios y los paneles del metro nos indican el tiempo que falta para la llegada del siguiente tren. Incluso en las multas de tráfico existe poca intervención humana.

En su computador hay cámaras y micrófonos. En su teléfono, inteligentes sensores GPS, sensores biométricos, acelerómetros, giróscopos. Si trabaja en un edificio moderno o vive en una casa recién construida vivirá rodeado de sensores modernos de movimiento, temperatura y humedad. Cada vez más objetos están siendo integrados con sensores, ganando capacidad de comunicación, y con ello las barreras que separan el mundo real del virtual se difuminan.

El mundo se está convirtiendo en un campo de información global, y la cantidad de datos que circulan por las redes está creciendo exponencialmente. Como ya hemos analizado a lo largo del libro, cada vez más los términos gigabyte y terabyte están quedándose como unidades pequeñas, y los petabytes y exabytes serán los términos de unidades de almacenamiento que se utilizarán cada vez con mayor frecuencia.

---

## 1.2. DEFINICIÓN DE INTERNET DE LAS COSAS

No existe una definición única de Internet de las cosas, muy al contrario, son numerosas las definiciones del concepto, algunas de las más relevantes las iremos viendo a continuación. La idea original y desarrollo fue introducida por Kevin Ashton, en 1999, un ingeniero que trabajaba por aquel entonces en Procter and Gamble en los Estados Unidos, con ocasión de una conferencia que impartió sobre la idea del uso de las etiquetas RFID (identificación por radiofrecuencia) en la optimización del proceso de la cadena de suministro y como mejora eficaz de los códigos de barras.

Posteriormente Kevin Ashton en un artículo publicado en el *RFID Journal*, el 12 de julio de 2009, ya introdujo el concepto formal para referirse al hecho de conectar todas las cosas que nos rodean con la finalidad de poder contarlas, saber su posición en cualquier momento, así como aportarnos información sobre el entorno que las rodea. La definición de Ashton destacaba:

*Si tuviésemos computadores que fuesen capaces de saber todo lo que pudiese saberse de cualquier cosa (‘las cosas’) –usando datos recolectados sin intervención humana– seríamos capaces de hacer seguimiento detallado de todo, y poder reducir de forma importante los costes y malos usos. Sabríamos cuando las cosas necesitan ser*

*reparadas, cambiadas o recuperadas, incluso si están frescas o pasadas de fecha. El Internet de las cosas tiene el potencial de cambiar el mundo como ya lo hizo Internet. O incluso más.*

En esencia, Internet de las cosas, es una nueva dimensión de Internet y una nueva generación de servicios que significa que cualquier cosa u objeto se puede comunicar entre sí y a Internet, en cualquier lugar y momento; es decir, de un modo ubicuo y, al realizar las comunicaciones mediante numerosos sistemas y tecnologías, el mundo estará hiperconectado.

La definición de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT (ITU) se publicó el 4 de diciembre de 2012, y destaca que es una visión global no solo una tecnología, y que tendrá numerosas consecuencias tecnológicas y sociales:

*Infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de cosas (físicas y virtuales) en base a la información existentes y evolución interoperable de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras.*

Una definición más simple que subyace en la ITU es:

*Una sociedad definida por cosas inteligentes que pueden comunicarse entre sí directamente o a través de una red. Internet de las cosas comprende la posibilidad de conectar prácticamente cualquier dispositivo a la Red, incrementando sus posibilidades de interacción con otros elementos gracias al nivel de interacción que permite Internet.*

La OCDE la define en sentido muy amplio, en concreto, como “todos los dispositivos y objetos cuyo estado puede ser alterado a través de internet, con o sin la implicación directa de las personas”. Incluye, por tanto, ordenadores portátiles, servidores, tabletas y teléfonos inteligentes, que pertenecen tradicionalmente al “Internet de las personas”, por llamarlo de alguna manera. Por otra parte, el verdadero Internet de las cosas es lo que ellos denominan M2M (*Machine To Machine*) o la comunicación de datos con poca o ninguna interacción humana: “dispositivos que comunican activamente utilizando redes físicas o inalámbricas, que no son computadores en el sentido tradicional, y que utilizan internet de una forma u otra”.

### **Otras definiciones prácticas**

La prestigiosa revista económica Forbes, da una definición muy simple e ilustrativa: “Internet de las cosas es el acto de conectar cualquier dispositivo a Internet, desde teléfonos celulares (móviles) hasta máquinas de café”.

Peter Waher (2015: 3) plantea que, si los sistemas pueden acceder a los datos capturados, por sensores directamente, entonces, los datos serán más abundantes y exactos. Este concepto definió a un campo de estudio conocido como redes de sensores. ¿Cuál era la diferencia entre redes de sensores y IoT? O entre IoT y Big Data. ¿En qué difiere IoT de la tecnología M2M o también D22 (*Device-to-Device*), donde se examinan con excepciones entre

cosas? ¿O también en qué se diferencia de los sistemas ciberfísicos (CPS, *Cyber Physical Sysetms*) que se ocupan de sistemas que interactúan en el mundo real a través de sensores y actuadores? Entonces, cuál es la diferencia entre IoT y todos los campos de estudio antes mencionados. Waher (2015) da una definición sencilla que creemos refleja bien el concepto: “El Internet de las cosas es lo que obtenemos cuando conectamos cosas –que no son operadas por seres humanos- a Internet.

Shaled Mohamed considera que Internet arranca: “con una cosa y añade inteligencia computacional para mejorar sus funciones, a continuación, añade una conexión de red para mejorar más tarde sus funciones” (Mohamed, 2019: 2-3). El *término digital* representa “cantidades discretas” como la cantidad de personas en un aula, libros en una biblioteca, motos y automóviles en un aparcamiento, artículos en un supermercado. Mientras que el *término analógico* se refiere a las magnitudes o valores que “varían” con el tiempo de forma continua como temperatura, velocidad. En la vida cotidiana, el tiempo se representa en forma analógica por relojes (agujas) y en forma discreta (digital) para indicadores digitales.

---

### 1.3. OBJETOS INTELIGENTES EN ENTORNOS INTELIGENTES

Seguiremos apoyándonos en Waher. Internet de las cosas no es lo mismo que redes de sensores dado que las cosas (u objetos) no necesitan ser sensores, ni las redes de sensores han de conectarse a Internet. De igual forma, Internet de las cosas no es lo mismo que Big Data, ya que no se requieren cosas para capturar o generar datos ni aplicaciones para almacenar datos centralizados en los grandes almacenes de datos (en la nube).

Internet de las cosas no es parte de M2M, ya que los seres humanos pueden y desean acceder también a las cosas, directamente. De igual forma, los sistemas ciberfísicos pueden conectarse con protocolos que no son de Internet, transportar mensajes entre máquinas y/o dispositivos de red, así como la automatización, con frecuencia en entornos cerrados y controlados.

Internet es mucho más que simple conectividad y transporte de mensajes. Internet es abierto y cualquiera puede añadir cosas al mismo y pueden operar de un modo totalmente acoplado. Internet no solo es abierto, sino que es la Red más grande del mundo. Existen otras tendencias que consideran la Web de las cosas (*Web of Things*, WoT) y como su subconjunto, en donde las comunicaciones se limitan a tecnologías Web, tales como HTTP, navegadores, *scripting*.

Otro concepto que ha aparecido en estos años pasados, el *Internet of Everything* (IoE), Internet de todo. Es decir, añadir a las cosas u objetos, procesos y cualesquiera otras actividades de la vida humana que puedan ser conectadas a Internet. Las corrientes tecnológicas que impulsan este término consideran que IoT es un subconjunto de IoE ¿Convivirán ambos términos? Es preciso considerar que Internet de todo está apoyado por Cisco, la empresa número uno mundial en telecomunicaciones, y que, en los últimos años, se ha ido introduciendo, además de en comunicaciones digitales, en Internet, en el mundo del software, de la seguridad en TIC. Esto hace que el término haya adquirido una gran relevancia desde que Cisco lanzó el concepto en un artículo (White Paper) publicado en 2015 y seguirá en aumento en los próximos años.

Nosotros optaremos por el término IoT -a lo largo del libro, asumiendo que hoy en día son sinónimos el Internet de objetos o Internet de todo.

Partiendo de la definición general antes dada de que Internet de todo es aquello que se tiene cuando conectamos cosas no operadas por los seres humanos a Internet, y siguiendo a Waher (2018:2), podemos considerar que la definición incluye cuatro componentes importantes:

- *Conexión*, que se refiere al estudio de protocolos de comunicación.
- Las cosas que se refieren al estudio de sensores, actuadores, controladores, concentradores...
- La *no operación por seres humanos*, que se refiere al aprovisionamiento.
- Internet se refiere a *seguridad*, incluyendo las identidades, autenticación y autorización, pero también a interoperabilidad.

Todos estos conceptos se complementarán con la definición de Cisco del **Internet de todo** (apartado 1.7) que veremos posteriormente. En consecuencia, los objetos del Internet de las cosas son objetos inteligentes que se embeben en entornos inteligentes para comunicarse entre sí y con la Red de Internet.

## 1.4. HISTORIA DEL INTERNET DE LAS COSAS

El término Internet de las cosas como ya se ha señalado- acuñado por Kevin Ashton, profesor del MIT en 2009 en un artículo publicado en el *RFID Journal*, aunque en ambientes de investigación ya se venía utilizando desde 1999, como el mismo Ashton declaró en alguna ocasión, en el Grupo Auto-ID Center también del MIT, donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia (RFID) y tecnologías de sensores. En 1999, impartió una conferencia en Procter and Gamble donde habló por primera vez del concepto. En los primeros años del siglo XXI, se publicaron artículos en *The Guardian*, *Scientific American* y *The Boston Globe*. También se despliega la tecnología RFID de forma masiva, en la administración pública, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y en los almacenes Walmart, también de los Estados Unidos

La organización internacional de las Telecomunicaciones ITU comenzó sus estudios sobre el tema con la publicación de un informe *Internet of Things*, en 2005, y el nombramiento de un Comité de Coordinación para su estudio en profundidad. En 2006, se consideraban cerca de 2000 millones de dispositivos electrónicos, tales como computadores de escritorio, portátiles, teléfonos móviles, consolas de videojuegos... estaban conectados a Internet.

La empresa Cisco publica, en abril de 2011, su teoría de Internet de las cosas, que considera nació como concepto en el periodo 2008-09, y que en este periodo el número de dispositivos conectados a Internet ya había superado el número de habitantes de la Tierra. En 2011, se presentó el protocolo de Internet IPV6 que permite identificar un total de  $2^{128}$  direcciones, o lo que es lo mismo, ya es factible la conexión de miles de millones de objetos.

La previsión de la propia empresa Cisco ya lo hemos comentado antes, es de 50.000 millones de dispositivos electrónicos para 2020.

En 2011, Samsung, Google, Nokia y otros fabricantes anuncian sus proyectos NFC. Se crea la iniciativa *IoT-GSI Global Standards* para promover la adopción de estándares para IoT a escala global. En 2012 (15 de junio), ITU publica la Recomendación ITU-T Y.2060 (06/2012) de IoT, que cuando se publicó en español, en 2014, se tradujo con el nombre *Descripción general de Internet de los objetos*. Posteriormente, (05-02-2016), la norma Y.2060, de 2012, fue renombrada sin cambio a la serie Rec. Y.4000 (2016-02-05). Más aún, ITU sigue trabajando sus estándares, y así continúa aprobando decenas de normas relacionadas con el Internet de las cosas. En 2015, crea una Comisión de Estudio 2.0 IoT y sus aplicaciones incluidas ciudades inteligentes y comunidades.

## 1.5. APLICACIONES Y CASOS DE ESTUDIO DEL INTERNET DE LAS COSAS

Internet de las cosas es un gran ecosistema de objetos interconectados con miles de aplicaciones de todo tipo y de impacto en la mayoría de los sectores de la empresa, la industria, los negocios, la salud, las infraestructuras, la energía, la fabricación automotriz-férrea-aérea, los seguros, la cadena de suministro, logística, etc. Allí donde se encuentren objetos con sensores, chips RFID y/o NFC, códigos QR existe una posible aplicación.

La Internet de las cosas ha aportado el apellido “inteligente” que se ha unido a todo tipo de actividades y servicios, y así podemos encontrar:

- Redes inteligentes
- Movilidad inteligente
- Ciudades inteligentes
- Edificios inteligentes
- Hogar inteligente/domótica
- Transporte inteligente (público y privado)
- Automóviles inteligentes (eléctricos, conectados, autónomos)
- Gestión de aparcamientos públicos y privados inteligentes
- Salud y sanidad inteligente
- Vida inteligente
- Energía eléctrica inteligente (uso de contadores inteligentes)
- Energías alternativas inteligentes
- Entornos inteligentes
- Infraestructuras inteligentes

- Servicios públicos inteligentes
- Sistemas de transporte inteligente
- Agua inteligente
- Industria inteligente
- Economía inteligente
- Comercio inteligente
- Agricultura inteligente
- Ganadería inteligente
- Gestión de recursos inteligentes
- Recogida de basuras inteligente
- Domótica y automatización del hogar
- Etc.

### 1.5.1. CASOS DE ESTUDIO DE IOT

La IoT afecta a cada una de las facetas de nuestras vidas. Sus aplicaciones abarcan a un gran número de escenarios, incluyendo casas y edificios inteligentes, ciudades inteligentes, redes inteligentes, Industria 4.0, agricultura inteligente. En cada una de estas áreas, el uso del protocolo de comunicación común (IP) permite la construcción de aplicaciones innovadoras. Existen numerosas aplicaciones inteligentes que se han desarrollado e indican su potencial en la mejora de la calidad de nuestra sociedad. Algunas de gran impacto mediático y social son:

- Automatización de las casas (hogar)
- Monitorización de la salud
- Protección del medio ambiente
- Ciudades inteligentes
- Entornos industriales
- Salud y *fitness*
- Vida social y entretenimiento
- Medio ambiente inteligente y agricultura inteligente
- Cadena de suministro y logística
- Conservación de la energía

Vamos a pormenorizar y describir características esenciales de aplicaciones usuales de la Internet de las cosas

### **Ciudades Inteligentes**

Una de las aplicaciones más sobresalientes, y que dada su importancia le hemos dedicado un capítulo exclusivo, son las ciudades inteligentes que incluyen a su vez: transporte inteligente, vehículos inteligentes, hospitales inteligentes, escuelas inteligentes, aparcamientos inteligentes, medio ambiente inteligente (gestión de la población, gestión de residuos, monitorización del clima, recogida de basura). Las ciudades inteligentes utilizan las tecnologías TIC y específicas de IoT para mejorar la calidad de vida y protección del medio ambiente, así como en la mejora de la gestión de recursos.

### **Vehículos conectados**

Un vehículo inteligente y autónomo es otro caso de uso de gran impacto. El automóvil está equipado con numerosos sensores y diferentes dispositivos de redes y comunicaciones. Los coches autónomos incluyen gran cantidad de dispositivos físicos y lógicos de hardware y software. La arquitectura de un vehículo autónomo tiene como componentes principales: sensores ultrasónicos, GPS, cámaras y sensores especiales LIDAR.

Los dispositivos de hardware controlan los diferentes métodos de entrada y salida. Los sensores recolectan información de GPS, cámaras, sensores especiales LIDAR y RADAR. Los vehículos conectados y autónomos se conectan entre sí y facilitan la captura de datos y la comunicación con otros vehículos y otros dispositivos de la ciudad o la carretera como farolas, semáforos, señales de tráfico, etc. Los sensores son conducidos por los actuadores que facilitan el control, y son los que realmente activan y mueven la máquina.

### **Casas inteligentes**

Las casas (hogares) inteligentes están creciendo a una gran velocidad debido, fundamentalmente, al gran número de dispositivos que se conectan en aplicaciones y pasarelas de software (*gateways*). Así, dispositivos y aplicaciones inteligentes incluyen: luces inteligentes, bloqueos inteligentes de puertas, televisiones inteligentes (*smart TV*), sistemas de alarmas inteligentes, electrodomésticos inteligentes y cada vez, en mayor número, altavoces inteligentes -como Alexa o Google Echo-.

La utilización de tecnologías de IoT posibilita que los dispositivos y las aplicaciones se comuniquen entre sí de modo que el usuario puede tener acceso a ellos en cualquier momento y lugar, y cada vez con mayor frecuencia con cualquier dispositivo físico -teléfono inteligente, tabletas, videoconsolas- o dispositivos lógicos (*bots*, *chatbots*, asistentes virtuales) o dispositivos híbridos como altavoces inteligentes. Así aplicaciones típicas del hogar son:

- Sistemas de seguridad y protección (cerraduras, cámaras, detectores de humo)
- Vigilancia y monitoreo de la salud
- Ahorro de recurso energéticos (iluminación, calefacción, aire acondicionado)
- Control y monitorización remotos

Existen ya un gran número de compañías nacionales y multinacionales que construyen dispositivos y aplicaciones para el hogar (Apple, Google, Amazon, IBM). Los inconvenientes y

riesgos de los hogares inteligentes son grandes. Se pueden producir ataques activos y pasivos, lo que requiere la necesidad de un mecanismo y sistemas de autenticación para prevenir dichos ataques. Los ataques activos incluyen denegación de servicios (DoS), modificación de mensajes y descifrado de contraseñas. Los ataques pasivos como las escuchas en las que el atacante obtiene información del sistema para tener conocimiento de la casa y realizar un posible ataque físico o cibernético. Estos ataques suelen ser indetectables y tienen como objetivo modificar los datos o mensajes, irrumpiendo en la Red doméstica de Internet, en el correo electrónico.

### **Fábricas inteligentes**

El Internet Industrial de las cosas (véase capítulo 5) es un entorno especial y uno de los pilares de la Industria 4.0, soportado con los sistemas ciberfísicos que permiten a las máquinas robots humanoides y colaborativos ser controlados automáticamente, mediante algoritmos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo, con la reducción significativa de los operadores humanos.

Mediante la adquisición masiva de datos con sensores y robots, el procesamiento y análisis de los datos, reducción de visitas al sitio, monitorización remota, se aumenta la productividad y se reduce el mantenimiento preventivo y predictivo. El mantenimiento predictivo en la era del Internet de las cosas se puede resumir como una metodología de mantenimiento que lleva junto la potencia del aprendizaje automático y el flujo continuo de datos de los sensores para mantener las máquinas antes que fallen, optimizar recursos y, por consiguiente, reducir los tiempos no planificados. El mantenimiento predictivo identifica los fallos de fabricación de equipos antes que sucedan.

### **Redes/Energía inteligente**

Las fuentes de energía renovables presentan grandes oportunidades con el desarrollo de IoT. Las redes inteligentes traen consigo redes de información y generación distribuida, monitorización remota de fallos y averías. Las tecnologías de redes inteligentes contribuyen a soluciones eficaces de gestión de energía, que en muchos casos actualmente carecen de las infraestructuras existentes.

Los dispositivos de IoT de las redes inteligentes mejoran la comunicación bidireccional entre dispositivos conectados y el hardware que puede detectar y responder a las demandas de los usuarios. Estas tecnologías significan que una Red inteligente es más resiliente y menos costosa que las infraestructuras de energías actuales. Las redes inteligentes son una solución excelente para optimizar el consumo de energía.

### **Medio ambiente inteligente**

Los avances en muchas áreas técnicas están haciendo posible el progreso del IoT y los entornos inteligentes incluyen soluciones múltiples de comunicación para dispositivos IoT. Los entornos inteligentes recopilan, procesan y actúan con información proporcionadas en una gran cantidad de aplicaciones que mejoran los entornos ambientales.

- Detección de incendios forestales. Mediante el monitoreo de gases de combustión y condiciones preventivas de incendios se pueden definir zonas de alta contaminación.
- Polución del aire. El control de las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, de las fábricas, la contaminación emitida por los automóviles y los gases tóxicos generados a las granjas. La calidad del aire es un tema muy preocupante en las ciudades y tiene un impacto directo en la salud de los ciudadanos.
- Detección temprana de terremotos. Sensores distribuidos en lugares específicos de temblores.
- Prevención de avalanchas y deslizamientos de tierra. El monitoreo de la humedad del suelo, vibraciones y densidad de la tierra para detectar patrones peligrosos en las condiciones de la tierra.
- Calidad del agua. Detección de la idoneidad del agua en los ríos y el mar para la fauna y la selección de agua para uso potable.
- Fugas de agua. Detección de presencia de líquidos fuera de tanques y variaciones de presión a lo largo de las tuberías.
- Inundaciones fluviales. Monitoreo de las variaciones del nivel de agua en ríos, embalses y presas.
- Catástrofe ambiental.
- Agricultura inteligente.

Mediante la agricultura inteligente desarrollada con sistemas de Internet de las cosas se pueden conseguir los siguientes objetivos:

- Optimización de la producción por rendimientos de cultivos.
- Producción más económica utilizando menos químicos, fertilizantes.
- Mejor uso de los recursos naturales: agua.
- Mejorar la conectividad del área rural.
- Analizar los datos recopilados para tomar la decisión correcta.
- Comando director de riesgo y distribución de fertilizantes.
- Detección de enfermedades de las hojas y automedicación.
- Control de rendimiento y suelo.
- Riego de precisión.

### **Carreteras inteligentes / calles / tráfico / divisor de carriles inteligentes**

El divisor de carreteras se utiliza genéricamente para dividir la carretera para el tráfico en curso y entrante. Esto ayuda a mantener el flujo de tráfico. Generalmente, hay igual número de carriles en ambos sentidos. Por ejemplo, en las zonas industriales o áreas comerciales, el flujo de tráfico fluye en una dirección por la mañana o por la tarde, el otro carril está vacío o