

Tecnologías Open Source para la implementación del IoT en la industria 4.0.

Study Open Source technologies for the implementation of IoT in industry 4.0.

Lic. Betsy Mabel Olvera Morán ^{1*}, Ing. Mariuxi Yomaira Olvera Morán ²

1* Magister en Sistemas Integrados de Gestión. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Email: betsy.olveram@ug.edu.ec Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4644-8209>

2. Magister en Sistemas Integrados de Gestión. Instituto Tecnológico Superior Juan Bautista Aguirre, Ecuador.

Email: mariuxi_olvera@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4188-6683>

Correspondencia: betsy.olveram@ug.edu.ec

Recibido: 28/Abril/2020

Aceptado: 28/Mayo/2020

Publicado: 30/Junio/2020

Resumen: El objetivo general de esta investigación es definir las tecnologías Open Source para la implementación del IoT en la industria 4.0. La metodología está basada en las técnicas de documentación bibliográfica de tipo documental. La cuarta revolución industrial, también llamada industria 4.0, ha ido en auge en las últimas décadas con la implementación de tecnologías cada vez más digitales y la alta variedad que existen, principalmente tecnologías de software libre. El internet de las cosas no es más que la interconexión de distintas máquinas entre sí o hacia una red. Como conclusión se puede mencionar que al procesar y analizar la información obtenida acerca del internet de las cosas, los controladores Open Source existentes, las plataformas de uso libre presentes y el ejemplo de aplicación de la unión de estas tecnologías para la implementación del IoT, se puede concluir que las placas Arduino y ESP286 pueden aplicarse para realizar funciones de IoT bien sea como sensores inteligentes o dispositivos recolectores de información. También, se evidenció que existen hardware y software Open Source compatibles con la mayoría de fabricantes capaces de ejercer tareas del Internet de las cosas utilizando como punto de partida una placa Arduino o ESP.

Palabras Clave: Industria 4.0, IoT, Arduino, MQTT, Node-Red, fabricación aditiva.

Abstract: The general objective of this research is to define Open Source technologies for the implementation of IoT in industry 4.0. The methodology is based on documentary bibliographic documentation techniques. The fourth industrial revolution, also called industry 4.0, has been on the rise in recent decades with the implementation of increasingly digital technologies and the high variety that exist, mainly free software technologies. The internet of things is nothing more than the interconnection of different machines to each other or to a network. As a conclusion, it can be mentioned that when processing and analyzing the information obtained about the internet of things, the existing Open Source controllers, the present free-use platforms and the application example of the union of these technologies for the implementation of the IoT, It can be concluded that the Arduino and ESP286 boards can be applied to perform IoT functions either as smart sensors or information gathering devices. Also, it was evidenced that there are Open Source hardware and software compatible with most manufacturers capable of carrying out Internet of Things tasks using an Arduino or ESP board as a starting point.

Keywords: Industry 4.0, IoT, Arduino, MQTT, Node-Red, additive manufacturing.

INTRODUCCIÓN

La industria ha experimentado 4 revoluciones a lo largo de la historia, la primera ocurrida a finales del siglo XVIII que trajo consigo la implementación de máquinas de vapor en la industria y maquinaria impulsada por animales. La segunda a principios del siglo XX, donde la electricidad hace su aparición en la industria para hacerla cada vez más eficiente y, de esta manera, sustituir la maquinaria a vapor. La tercera, a mediados de la década de los 50, introdujo la tecnología electrónica y, en consecuencia, la computación. Y la cuarta revolución, también nombrada industria 4.0, introdujo el internet a la industria, de allí a que principalmente se use para la captación, procesamiento y análisis de datos mediante la interconectividad de dispositivos (Internet de las cosas).

Actualmente existen muchas tecnologías y soluciones para implementar el internet de las cosas tanto a nivel doméstico como en la industria, pero muchos de ellos tienen la desventaja de ser compatibles únicamente con sistemas basados en protocolos propios y placas de circuito propietaria. Es por ello, que empresas como IBM han apostado por tecnologías que puedan ser compatibles con casi cualquier fabricante, como es el caso de su protocolo de comunicación en red MQTT, el cual tiene como principal ventaja el ser sumamente liviano tanto a nivel de programación como en consumo de recursos.

El presente trabajo hace uso de una metodología documental bibliográfica que consta de 2 fases: la primera donde se detallan términos relevantes como revolución industrial, internet de las cosas, se analizan las bondades de los microcontroladores Arduino y ESP286 para ser usados como sensores inteligentes, protocolos de comunicación de libre acceso como lo es MQTT y brókeres compatibles con el mismo (Mosquitto). Además, se definen y analizan las características de una de las plataformas IoT de software libre más usada, Node-Red. En la segunda fase se exponen los resultados de la investigación, se muestran los resultados de un monitoreo de contenedores de basura con comunicación IoT, haciendo uso de módulos ESP286 y sensores de distancia, los cuales son dispositivos económicos y muy bien documentados para su fácil implementación. Finalmente, en la tercera fase se realiza una discusión de los resultados y se realizan las conclusiones de la investigación.

METODOLOGÍA

La metodología usada para la realización de este trabajo está basada en las técnicas de documentación bibliográfica. La revisión bibliográfica constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo científico y académico, implica consultar distintas fuentes de información (catálogos, bases de datos, buscadores, repositorios, etc.) y recuperar documentos en distintos formatos (Martín y Lafuente, 2017). Los resultados de investigación presentados en este artículo se generan en la fase de investigación

documental, donde se revisó la literatura parabuscar y analizar diferentes artículos las bondades y características de la industria 4.0, sus pilares y, en especial, el IoT y las distintas plataformas y/o soluciones existentes. La búsqueda de artículos se realizó a través de scholar.google.com para recuperar documentos académicos en idioma español e inglés.

A partir de esa revisión bibliográfica, el investigador va construyendo el marco teórico, documentando antecedentes y elaborando la bibliografía que se incluye al final de un trabajo científico o académico (Martín y Lafuente, 2017). La presente investigación está orientada a exponer la factibilidad del uso de sistemas y plataformas de software libre para la implementación de la IoT en la industria 4.0

RESULTADO

Revolución industrial

La palabra revolución, del latín tardío *revolutio*, es definida por la Real Academia Española (RAE, 2020) como un cambio profundo, generalmente violento, en las estructuras políticas y socioeconómicas de una comunidad nacional. Hasta la fecha, han sucedido 4 revoluciones industriales a lo largo de la historia. La primera se dio a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX; el principal cambio fue la implementación de herramientas y maquinarias impulsadas principalmente por vapor que optimizaban el trabajo. La segunda revolución industrial sucede a principios del siglo XX, donde comienza a aparecer el acero y el uso de electricidad en las fábricas aumentando la eficiencia en la producción; a partir de aquí comienzan a surgir conceptos como producción en masa, línea de montaje, entre otros. La tercera revolución comenzó a emerger al final de los 50 con la incorporación de la tecnología electrónica y, finalmente, las computadoras. Es a partir de esta, que la tecnología digital comienza a tener una mayor presencia en la industria frente a la tecnología analógica y mecánica. Finalmente, en las últimas décadas ha ido surgiendo la cuarta revolución industrial, conocida como la industria 4.0. La misma está basada principalmente en la interconectividad a través del internet de las cosas (IoT), acceso a la data en tiempo real y la introducción de los sistemas ciberfísicos, conectando lo físico con lo digital.

Pilares de la industria 4.0

Desde su surgimiento y su rápida expansión hacia las principales potencias mundiales, muchos grupos dedicados al desarrollo de soluciones inteligentes para el sector productivo han intentado acuñar qué es lo que caracteriza el concepto 4.0 (EDS Robotics, 2020). Y aunque algunas veces se pueda prescindir de algunos puntos, la esencia en cuanto a los pilares sigue siendo la misma: Big Data, Simulación, Fabricación Aditiva, Ciberseguridad, Cloud Computing, Internet de las Cosas (IoT), Sistemas ciberfísicos y robótica, Integración y

Realidad Aumentada. En este trabajo, es precisamente en los pilares Internet de las cosas y Big Data que se basarán los análisis.

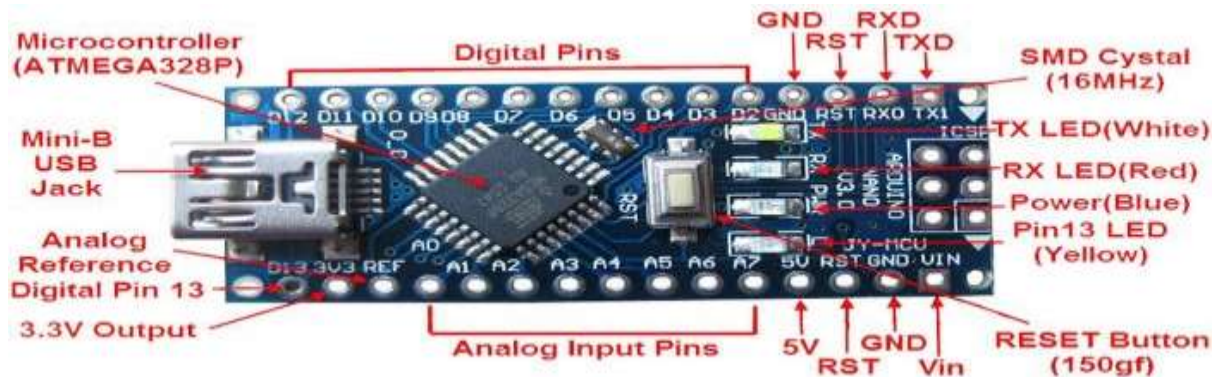
IOT (Internet de las cosas)

La definición de IoT podría ser la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet, la red de redes), dónde todos ellos podrían ser visibles e interactuar (Gracia, 2021). Esta tecnología ha ido tomando fama con los últimos años, debido a la versatilidad que representa al momento de instalar en maquinarias tanto nuevas como antiguas y el bajo costo que representa. A lo largo de los años, han ido surgiendo tecnologías para aplicar el IoT de manera estándar, la mas conocida es la presentada por IBM llamada MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), la cual permite que cualquier fabricante la utilice.

Arduino

Arduino es una empresa de desarrollo de hardware, que tiene como objetivo principal el diseño y manufactura de circuitos electrónicos en circuitos impresos que incorporan un microcontrolador y el entorno de desarrollo para realizar la programación de cada placa de manera sencilla (Castañeda, 2019). Estas placas tienen la particularidad de tener un tamaño reducido, bajo consumo eléctrico y fácil programación mediante, principalmente, el lenguaje basado en C. Existen varias versiones de placas Arduino, entre las cuales sobresalen el Arduino UNO, MEGA y NANO, es esta ultima la que puede tener un gran uso como sensor inteligente de bajo costo y fácil implementación. En la figura 1, se muestra una visión general de esta placa.

Figura 1
 Arduino Nano:



Fuente: (Arduino, 2021)

Las características relevantes de esta placa se observan en la tabla 1:

Tabla 1

Especificaciones técnicas de Arduino NANO:

CARACTERISTICAS	
Microcontrolador	ATmega 328
Arquitectura	AVR
Voltaje de operación	5V
Memoria FLASH	32KB
RAM	2KB
Velocidad de Reloj	16MHz
Pines	28

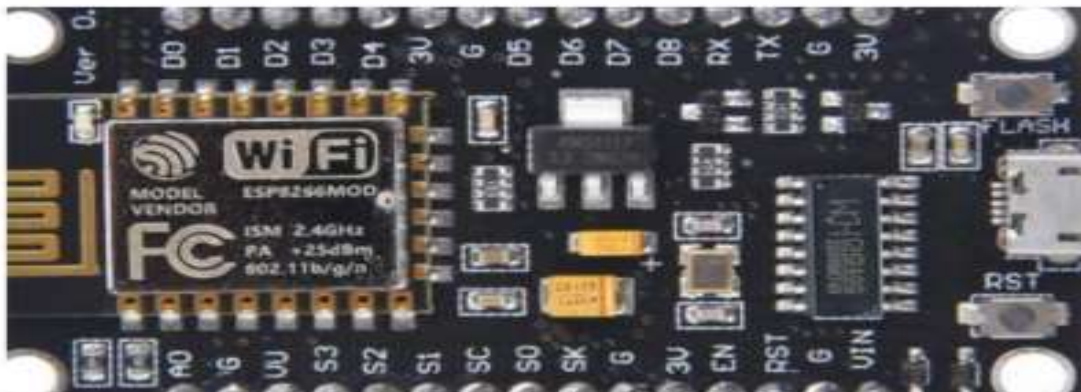
Fuente: (Arduino, 2021)

ESP286

El transmisor ESP286 es un chip integrado con conexión WiFi y compatible con el protocolo TCP/IP, por lo que el objetivo principal es dar acceso a cualquier microcontrolador a una red (Arce, 2018). Este transmisor también emplea un microprocesador, por lo que además de funcionar como transmisor para otro microcontrolador, puede ejecutar tareas sencillas como el de captar alguna variable y ejercer alguna acción o enviarla por la red. Su programación está basada en C y es compatible con el lenguaje Arduino y su plataforma de programación Arduino IDE. La principal ventaja de este dispositivo, es que permite la eliminación de cables para comunicarse con la red de dispositivos que esté presente. En la figura 2, se puede observar el transmisor ESP286.

Figura 2

Transmisor ESP286:



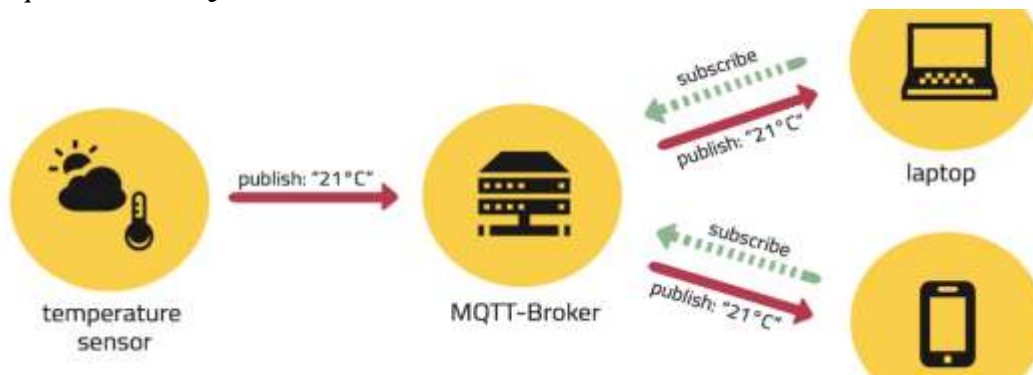
Fuente: (Arce, 2018)

MQTT

Es un protocolo de mensajería estándar de OASIS para Internet de las cosas (IoT). Está diseñado como un transporte de mensajería de publicación /suscripción extremadamente liviana que es ideal para conectar dispositivos remotos con una huella de código pequeña y un ancho de banda de red mínimo (MQTT ORG, 2020). Este protocolo es ampliamente usado en aplicaciones de IoT, gracias a su ligereza, poco uso de ancho de banda, menor consumo de energía que otros protocolos (lo cual lo hace ideal en dispositivos que estén en funcionamiento 24/7). En la figura 3, se muestra el funcionamiento de un sistema de medición de temperatura haciendo uso del protocolo MQTT.

Figura 3

Ejemplo de uso MQTT:



Fuente: (Albarracín, 2020)

Mosquitto

Eclipse Mosquitto es un agente de mensajes de código abierto (con licencia EPL / EDL) que implementa las versiones 5.0, 3.1.1 y 3.1 del protocolo MQTT. Mosquitto es liviano y adecuado para su uso en todos los dispositivos, desde computadoras de placa única de baja potencia hasta servidores completos (Eclipse Mosquitto, 2021). Este bróker MQTT es altamente portátil y disponible en múltiples plataformas, lo que la hace muy versátil para programar y aplicar. Hoy en día, MQTT se utiliza en una amplia variedad de industrias, como la automotriz, la fabricación, las telecomunicaciones, el petróleo y el gas, etc. Es uno del bróker más usado por estudiantes y entusiastas de la electrónica, pero a su vez es segura y muy eficiente, siendo ideal para aplicar en dispositivos de baja potencia como microcontroladores, teléfonos o sensores inteligentes. Es en este último, que se centrara la atención del presente trabajo.

Node-RED

Node-RED es una herramienta gráfica y visual para desarrolladores con el fin de facilitar el diseño de su software. Se desarrolló a finales de 2013 por IBM como una forma de facilitar conexiones entre hardware, software y dispositivos para sus trabajadores, pero, al ser

bastante aceptado por la comunidad, se tiene como una muy buena herramienta, sobre todo para el diseño en aplicaciones de IoT (Espacios, 2018). El éxito de esta herramienta se debe al uso de nodos, que al unirse generan un flujo de datos que hacen la función requerida, de manera similar como si de un diagrama de flujo se tratase. Cada nodo puede tener distintas funciones, pero los más relevantes son los nodos INPUT que son aquellos donde se ingresan los datos, los nodos del medio que son los que realizan alguna función como operaciones aritméticas, comparaciones, entre otros; y los nodos de salida que son aquellos que muestran o entregan los datos ya procesados.

Trabajar en node red con el protocolo MQTT es sumamente sencillo, ya que esta herramienta ya posee nodos preconfigurados para trabajar con este protocolo, siendo necesario únicamente la configuración de los ítems necesarios para su funcionamiento. En la figura 4, se muestra un nodo input MQTT cuya única función es recibir un mensaje y mostrarlo en una ventana DEBUG.

Figura 4.
Nodo INPUT trabajando con protocolo MQTT.



Fuente: (Espacios, 2018)

Fabricación Aditiva

La fabricación aditiva es un concepto que abarca muchas tecnologías, incluida la impresión 3D, el prototipado rápido, la fabricación digital directa, la fabricación en capas y la fabricación de aditivos (Universidad Internacional de Valencia, 2019). La más usada en pequeñas y medianas empresas es la impresión 3D, ya que la adquisición de una impresora 3D y los filamentos (material de impresión) son sumamente económicos. La principal ventaja de esta tecnología es que se puede acoplar junto con el diseño de prototipos basados en plataformas y tecnologías de código abierto, obteniendo de esta manera soluciones tecnológicas económicas y propiedad de la empresa, siendo sencillo su mantenimiento, modificación o sustitución de las mismas.

La versatilidad de esta tecnología radica en que solo se necesita un ordenador, un software de diseño CAD y la impresora 3D en si para generar un modelo totalmente funcional. En la figura 5, se observa la impresora Ender 3, la cual es el punto de partida más común entre las personas que inician en el mundo de la impresión 3D.

Figura 5.
Impresora 3D Ender 3:

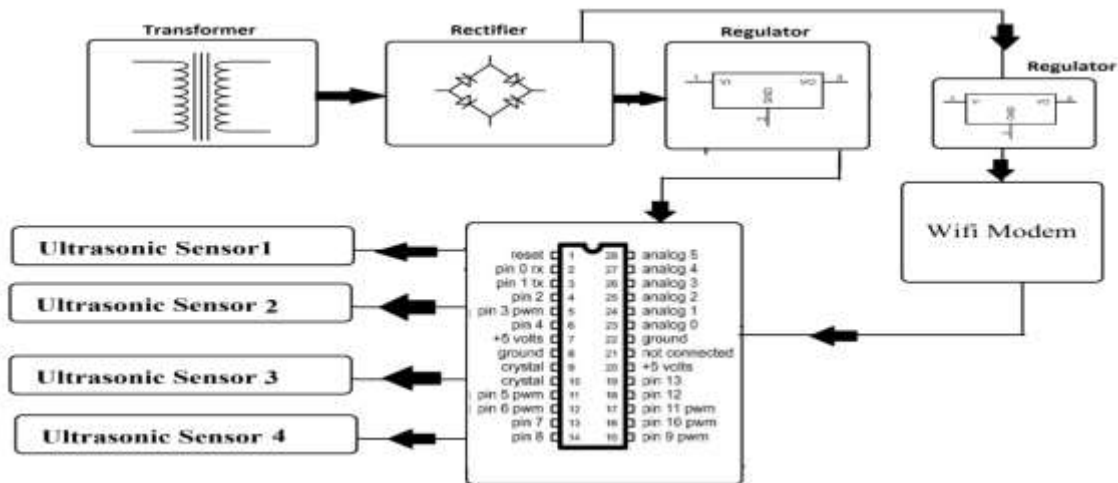


Fuente: (Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd, 2021)

Sistema de Monitoreo de Basura IoT

Este proyecto IOT Garbage Monitoring System es un sistema muy innovador que ayudará a mantener limpias las ciudades. Dicho proyecto ha sido ideado por Anagnostopoulos et al. (2015) de la ITMO University. Este sistema monitorea los contenedores de basura e informa sobre el nivel de basura recolectada en los contenedores de basura a través de una página web. Para ello, el sistema utiliza sensores ultrasónicos colocados sobre los contenedores para detectar el nivel de basura y compararlo con la profundidad de los contenedores de basura. El sistema utiliza un microcontrolador de la familia AVR, una pantalla LCD, un módem Wifi para enviar datos y un zumbador. El sistema está alimentado por un transformador de 12V. La pantalla LCD se utiliza para mostrar el estado del nivel de basura recolectada en los contenedores. Mientras que una página web está diseñada para mostrar el estado al usuario que la supervisa. La página web ofrece una vista gráfica de los contenedores de basura y resalta la basura recolectada en color para mostrar el nivel de basura recolectada. La pantalla LCD muestra el estado del nivel de basura. El sistema activa el timbre cuando el nivel de basura recolectada cruza el límite establecido. En la figura 6, se muestra un diagrama de bloques del funcionamiento del proyecto mencionado.

Figura 6.
Diagrama de bloques:



Fuente: (Anagnostopoulos et al. 2015)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al procesar y analizar la información obtenida acerca del internet de las cosas, los controladores Open Source existentes, las plataformas de uso libre presentes y el ejemplo de aplicación de la unión de estas tecnologías para la implementación del IoT, se puede concluir que las placas Arduino y ESP286 pueden aplicarse para realizar funciones de IoT bien sea como sensores inteligentes o dispositivos recolectores de información.

Se evidencio que existen hardware y software Open Source compatibles con la mayoría de fabricantes capaces de ejercer tareas del Internet de las cosas utilizando como punto de partida una placa Arduino o ESP.

Se detalló que al momento de construir sensores inteligentes o dispositivos de recolección de datos propios (haciendo uso de las tecnologías mencionadas), no existe la necesidad de preocuparse de no contar con la carcasa o caja para salvaguardar la integridad de los mismos, ya que se puede hacer uso de otro pilar de la industria 4.0 para solventarlo, la fabricación aditiva, más concretamente la impresión 3D.

Las placas Arduino y ESP pueden captar casi cualquier variable presente en la industria (corriente, temperatura, caudal, presión, entre otros), lo que los hace un fuerte competidor con algunos dispositivos comerciales industriales como los compatibles con PLC, principalmente debido a su bajo costo frente a estos. Solo se debe tener en cuenta el proteger correctamente el controlador, transmisor y sensor para que su uso no se vea interrumpido. Aunado a esto, todas las tecnologías mencionadas son Open Source, lo cual indica que las limitantes en cuanto a la adquisición de información o licencias son nulas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, Á. H. (2020). BBits, Tecnología y opinión. Obtenido de MQTT vs HTTP: ¿qué protocolo es mejor para IoT?: <https://borrowbits.com/2020/04/mqtt-vs-http-que-protocolo-es-mejor-para-iot/>
- Anagnostopoulos, T., Zaslavsky, A., Medvedev, A., & Khoruzhnicov, S. (2015). Top -- k Query Based Dynamic Scheduling for IoT-enabled Smart City Waste Collection,. 16Th IEEE International Conference on Mobile Data Management 2015.
- Arce, R. (2018). Diseño de un prototipo electrónico para el control automático de la luz alta de un vehículo mediante detección inteligente de otros automóviles. San Carlos.
- Arduino. (2021). Arduino Project. Obtenido de https://content.arduino.cc/assets/Pinout-NANO_latest.pdf
- Castañeda, L. (25 de Julio de 2019). ¿Qué es Arduino y cómo puedo usarlo en la industria? Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de LogicBus: <https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-arduino-y-como-puedo-usarlo-en-la-industria/>
- Eclipse Mosquitto. (2021). Version 2.0 has been released! Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de Eclipse Mosquitto An open source MQTT broker: <https://mosquitto.org/>
- EDS Robotics. (14 de Agosto de 2020). Pilares de la industria 4.0. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de <https://www.edsrobotics.com/blog/pilares-industria-4-0/>
- Espacios, C. (2018). Diseño de una plataforma en la nube con Node-RED para Internet de las cosas. Las Palmas: Trabajo especial de grado de la Universidad de las palmas de gran Canaria para optar al título de Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación.
- Gracia, M. (2021). Deloitte. Obtenido de IoT: Internet Of Things: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>
- Martín, S., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. Investigación bibliotecológica, 31(71) , 151-180.
- MQTT ORG. (2020). MQTT: The Standard for IoT Messaging. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de <https://mqtt.org/>

Real Academia Española. (2020). Definición de evolución. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de <https://dle.rae.es/revoluci%C3%B3n>

Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd. (2021). Impresora 3D--Ender-3. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de <https://www.creality.com/es/goods-detail/ender-3-3d-printer>

Universidad Internacional de Valencia. (2019). Fabricación Aditiva: qué es, proceso y usos. Recuperado el 17 de Septiembre de 2021, de <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/fabricacion-aditiva-que-es-proceso-y-usos>