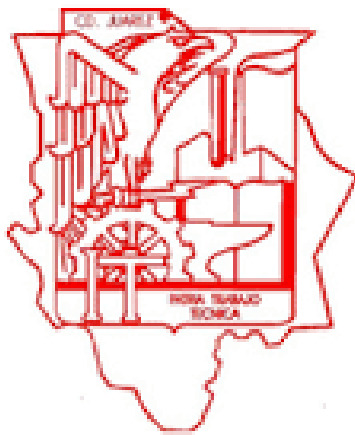


Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Juárez



**TEC DE
JUÁREZ**

**Forjando el futuro,
transformando vidas.**

¿Cómo funciona el internet industrial de las cosas?

Taller de investigación II

Alumno

José Rosendo Soto Reza

Docente

Lic. Rubí Bañuelos Galván

7 de diciembre del 2020

Introducción

Hoy en día en el área industrial y área empresarial se manifiesta una alta demanda de actualización de tecnologías, debido a la tendencia que se presenta por el desarrollo tecnológico mundial y que llega a tomar dominio en área local, tecnologías que corresponden a la cuarta revolución industrial y que con el paso del tiempo cambiará al mundo de una manera que se puede empezar a imaginar para bien.

Imagina un mundo donde todas las cosas del mundo estén sincronizadas y enlazadas, donde cada cosa tenga cierto nivel de conciencia del mundo y objetos que le rodean, cada cosa del mundo funcione como una neurona del inmenso mundo del plano interconectado, de una manera similar esto se da con el avance de la tecnología, internet y las cosas del mundo real. Con el desarrollo del conocimiento y tecnología humana, esto cada vez está a un paso menos de llegar.

Con el avance de la electricidad y la electrónica, desde el descubrimiento e invención del circuito integrado y por ende la invención de formas de comunicarse por medio de la electrónica de forma inalámbrica y la creación de redes, **internet** es el resultado y producto de un proceso largo de descubrimientos e invenciones, que con el paso del tiempo ha adquirido un desarrollo mayor a tal punto que es considerado como el conjunto descentralizado de redes de comunicación para la transmisión de datos e información, el cual ha permitido en las últimas décadas el intercambio de datos a grandes distancias y con ello la tele información, dando la posibilidad a la especie humana de estar conectados a un mundo abstracto donde hoy en día es de gran importancia, debido al impacto que tiene en las actividades humanas.

“La facilidad de podernos informar de cualquier cosa en el momento exacto de la búsqueda es impresionante”.

Dado el concepto de internet con cierto grado de concretos, internet aun esta susceptible a cambios y variantes de concepto, de la mano de internet se viene dando a principios de la última década (2010) el **concepto de internet de las cosas**, el cual a

comparación del internet por sí solo, el internet de las cosas no solo abarca el intercambio de información, sino la adquisición de dicha información del mundo real y la posibilidad de influir sobre el mundo real de manera que se puedan alterar variables físicas a través de electrónica y mecanismos mecánicos, todo esto a grandes distancias.

El internet de las cosas que aún sigue en desarrollo e implementación a nivel mundial, es una de las tecnologías que se encuentra en su auge de alta demanda, en la última década ha brindado al mundo la posibilidad de monitorear y controlar variables del mundo físico a través del mundo virtual, haciendo dicha posibilidad añadir una capa extra a internet donde la capa involucra las cosas, por ello el nombre de “internet de las cosas”.

Corresponde en esta investigación indagar y explicar los principios que tiene esta tecnología y como está siendo aplicado en el mundo.

La palabra “cosas” en el concepto de internet de las cosas, hace alusión a máquinas, herramientas artífices, productos y todo aquello considerado como una cosa que conlleve en su interior cierto nivel de electrónica.

Por consecuencia de extendimiento del concepto aplicado a la industria, no poco más de media década se ha bautizado el internet industrial de las cosas, que es el deber de esta investigación, iluminar al lector de lo que es y cómo funciona.

Índice

I. Generalidades del proyecto.....	5
1.1. Descripción del problema	5
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.3. Objetivos	6
1.6 Antecedentes	7
II. Marco Teórico	8
Internet de las cosas.	9
Internet industrial de las cosas.....	10
2.1. Marco histórico.....	11
2.2. Marco conceptual	14
Protocolo de comunicación.	14
Punto de acceso wifi.	14
Nodo servidor.....	15
Comunicación máquina a máquina.	15
Comunicación máquina usuario.	16
Sistema embebido Iot.	16
Sensor.	17
Actuador.....	17
Modelo OSI.	18
2.3. Marco referencial	20
3.1. Población, universo/ muestra	21
3.4. Procedimiento de recolección (diseño del experimento, trabajo de campo).	22
3.5. Procedimiento de manejo estadístico de la información.....	22
IV. Resultados obtenidos y discusión.....	36
V. Conclusiones	36
6.2 Referencias.....	37

I. Generalidades del proyecto

1.1. Descripción del problema

El problema que se presenta en cd. Juárez se debe que en el área industrial y área empresarial se manifiesta una alta demanda de actualización de tecnologías y esto trae consigo el alto interés por saber cómo funciona el internet industrial de las cosas con fines de ser aplicado en la industria para satisfacer la alta demanda.

En cuanto a dónde se encuentran o se ubicarán estos dispositivos, la Guía Mundial de gastos en internet de las cosas de enero de 2019 de la firma IDC estima que, en 2019, se predice que los países que verán el crecimiento de la tasa compuesta de crecimiento anual más rápido se encuentran en América Latina: México 28.3%, Colombia 24.9% y Chile 23.3%. Según un informe de desarrollo económico de ciudad Juárez actualmente, Ciudad Juárez es la segunda ciudad en el país con mayor número de empresas IMMEX, contando con 319 unidades económicas de este tipo.

“Las exportaciones de la ciudad equivalían a 38 mil millones de dólares para 2014, siendo los computadores el bien que más se exportaba en valor monetario. La automatización en México ha crecido en el último tiempo de forma importante debido a la tendencia global que se ve en la industria 4.0, la transformación digital, y el internet de las cosas. Muchas empresas globales presentes en el país, están invirtiendo en la automatización de líneas de producción para que sean más flexibles y que puedan manejar en ellas diferentes presentaciones o productos nuevos”.

(Desarrollo Economico, 2019)

1.2. Planteamiento del problema

Las empresas y sus respectivas economías viven a nivel global una etapa de coyuntura con cambios acelerados basados en la infraestructura de la era digital. Esto ha dado lugar al inicio de la Cuarta Revolución Industrial, donde las tecnologías de la información y las comunicaciones impulsan la transformación digital de la industria permitiendo la hibridación del mundo físico con el mundo digital, representando un reto que debe ser cumplido para lograr estabilidad y permanencia en un mercado altamente competitivo. Esto

significa grandes transformaciones a nivel de procesos, producto y modelo de negocios en dependencia del tipo de industria, del tamaño de la empresa y del país donde se aplique.

El problema que se presenta en cd. Juárez es que en el área industrial y área empresarial se manifiesta una alta demanda de actualización de tecnologías, debido a la tendencia que se presenta por el desarrollo tecnológico mundial y que llega a tomar dominio en área local, las actualizaciones que emergen son el desarrollo y aplicación de conceptos tecnológicos siguientes; inteligencia artificial, análisis y procesamiento de datos, internet de las cosas, internet industrial de las cosas y computación en la nube. Las tecnologías de las que se habla, son tecnologías que corresponden a la cuarta revolución industrial. Es por eso que debido a todo lo que abarca la actualización tecnológica corresponde seleccionar la tecnología que se presenta como la más relevante y que mayor impacto tiene.

El Internet de las cosas está rápidamente adquiriendo un papel central en los círculos de tecnología industrial y empresarial. En ambos círculos está teniendo cantidades enormes de impacto.

Es necesario investigar para aprender...

1.3. Objetivos

Generales.

Investigar, indagar y analizar cómo funciona el internet industrial de las cosas desde un punto de vista estandarizado.

Específicos.

- Realizar un esquema que ilustre cómo funciona el IIOT de una manera general y estandarizada.
- Indagar que protocolos de comunicación se utilizan en la industria con la llegada del internet industrial de las cosas.

1.4. Hipótesis o supuestos

Se puede crear un esquema que muestra el funcionamiento resumido del concepto de internet industrial de las cosas.

El internet industrial de las cosas se puede comprobar con elementos de una red básica.

1.5. Justificación.

Cd. Juárez es una de las ciudades más importantes de México, debido a que juega un papel muy importante en el sector industrial, por ende sus habitantes y más específicamente sus profesionales egresados deben de tener amplios conocimientos para ser competitivos, así también para hacer más eficiente y mejorar los procesos brindando de nuevas tecnologías a dichos procesos, de las tecnologías que se dicen emergentes está el Internet de las cosas, y para la industria es el internet industrial de las cosas (IIOT), es por eso que es necesario de una investigación sobre el internet industrial, que emerge aún más, por lo tanto se mantiene en gran demanda.

Corresponde elaborar una investigación que explique de la manera más efectiva posible como funciona un pilar fundamental de la cuarta revolución industrial el IIOT, entrar en sus profundidades y de paso que quede como herencia a las siguientes generaciones.

1.6 Antecedentes

El documento “Internet de las cosas: Como la próxima evolución de Internet lo cambia todo” publicado en el año 2011 por el trabajador Dave Evans de la empresa Cisco, menciona que, en 2003, había aproximadamente 6,3 mil millones de personas en el planeta, y había 500 millones de dispositivos conectados a Internet. Si dividimos la cantidad de dispositivos conectados por la población mundial, el resultado indica que había menos de un dispositivo (0,08) por persona, y en la conclusión se asegura que en 2020 habrá 50 mil millones de objetos conectados en el mundo, una cifra sorprendente.

Según un documento publicado en octubre del 2015 llamado “Internet de las cosas: Una breve reseña”, obtiene como conclusión que para que el internet de las cosas realice sus potenciales beneficios para la sociedad y la economía, es necesario considerar y abordar los problemas y desafíos asociados con dicha tecnología. Los desafíos que enfrenta el internet de las cosas; seguridad, interoperabilidad, cuestiones legales y de derechos y el desarrollo en las economías emergentes.

En el artículo “The Internet of Thing and Industrial Automation: a future perspective” publicado en el año 2019 por Mondal Debasish enfatiza el concepto de Internet de las cosas y su impacto en la automatización industrial actual con una tendencia al alta favoreciendo así la masiva integración de esta tecnología. Se ha descrito la convergencia e integración de las tecnologías de la información en la automatización industrial y su realización hacia Internet industrial de las cosas..

Múltiples investigaciones coinciden en que el nuevo escenario industrial requerirá de cambios en forma de cómo se conecta la industria y como mantiene su red de telecomunicaciones funcionando de manera óptima y adecuada, cuidando diferentes aspectos de una forma que todo esté bien.

Esto da pie a los antecedentes que expresan la problemática que se presenta hoy en día en la industria, la alta demanda de máquinas conectadas a internet.

II. Marco Teórico

El estudio del internet industrial de las cosas amerita conocer cómo es que su concepto surgió y se fue desarrollando hasta la actualidad, así también conceptos, variables y estándares que abarcan y dan contexto a el tema.

Primero se empieza por dar la definición de la red de redes;

Internet.

Revista “Protocolos tcp/ip de internet”, página 2.

“La Internet es vista como un medio para enviar y acumular información, una mega red, una red de redes o una red global de redes de computadoras, pero también es un conjunto de tecnologías que ha originado un nivel de comunicación y un acceso a la información sin antecedente alguno en la historia de la humanidad. Inmersa en el desarrollo reciente de la sociedad, Internet también tiene sus propias memorias que contar, así como un conjunto de recursos tecnológicos que mostrar”.

(Unam, 2004)

Internet ya, en síntesis, es una red de computadoras conectadas entre sí para la transmisión de datos e información, es considerada como la red de redes y es sucesora de la red ARPANET. Internet es perteneciente en mayor parte a la familia de protocolos denominado TCP/IP. Tuvo sus orígenes en 1969, cuando una agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos comenzó a buscar alternativas ante una eventual guerra atómica que pudiera incomunicar a las personas. La mayor red del mundo redundantemente le pertenece a todo el mundo debido a que es una red descentralizada y nadie puede controlarla, cada computadora conectada a la red funge como un sitio donde internet existe y se comporta como un nodo que puede ser la intermediaria del paso de datos que son solicitadas desde otros lugares del mundo.

En conjunto a la definición de internet hasta el punto en que solo abarca el ámbito virtual y de transmisión de datos, concepto dado hasta 2010 aproximadamente prosigue el internet de las cosas.

Internet de las cosas.

Revista “Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo”, página 6.

“IOT adquiere gran importancia porque se trata de la primera evolución real de Internet (un salto que conducirá a aplicaciones revolucionarias con el potencial de mejorar drásticamente la manera en que las personas viven, aprenden, trabajan y se entretienen). IOT ya ha logrado que Internet sea sensorial (temperatura, presión, vibración, luz, humedad, estrés), lo que nos permite ser más proactivos y menos reactivos.”

(Dave Evans, Cisco, 2011)

En 1999 Kevin Ashton hace referencia por primera vez a la aplicación de internet al mundo físico, donde las cosas con un mínimo dote de electrónica es candidata para poder ser conectada a la red principal del mundo, permitiendo así poder tener control y monitoreo de las cosas a largas distancias. La novedad del concepto de internet de las cosas radica en que agrega una capa extra a internet, la cual es la capa del mundo físico. La creación de sistemas electrónicos embebidos ha influido en potenciar la aplicación de este concepto,

donde dichos sistemas embebidos de última generación cuentan con capacidad de tener comunicación inalámbrica, ocupando espacios muy compactos.

Internet industrial de las cosas.

Revista “Internet industrial de las cosas”, página 1.

“IIoT se puede caracterizar como una vasta cantidad de sistemas industriales conectados que se comunican y coordinan sus análisis de datos y sus acciones para mejorar el desempeño industrial y beneficiar a la sociedad en su totalidad”.

(Miguel Navas Sanchez, National instruments, 2015)

No fue hasta 2010 que junto con los nacimientos de nuevos conceptos tecnológicos que en Alemania se bautizó el inicio de la cuarta revolución industrial y trajo consigo al internet industrial de las cosas, concepto derivado de internet de las cosas y hace referencia a la aplicación en el entorno industrial donde las máquinas se conectan a internet por medio de estándares industriales, permitiendo así una masiva red de máquinas y con ello procesos de manufactura conectados en tiempo real, proporcionando información y brindando el control a grandes distancias con el fin de que el operador tenga acceso a la maquina y procesos a largas distancias e incluso una máquina se comunique con otra en diferentes partes del mundo.

2.1. Marco histórico

Se muestra más detalladamente como se fueron ejecutando los sucesos a lo largo de la historia hasta la actualidad 2020 donde el internet industrial de las cosas ya tiene cabida y existe visión a futuro.

- **1969:** El primer gran momento del nacimiento de un internet primitivo fue cuando se envió el primer mensaje a través de ARPANET (el precursor de internet). ARPANET fue una red de computadoras creada por encargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DOD) para utilizarla como medio de comunicación entre las diferentes instituciones académicas y estatales.
- **1980:** Miembros del departamento de Ciencias de Computación de Carnegie Mellon consiguen instalar micro interruptores en una máquina de venta de refrescos y conectarla al ordenador del departamento para poder comprobar desde la terminal el número de botellas que quedan y si están frías o no.
- **1990:** Olivetti desarrolla un sistema de localización mediante etiquetas e infrarrojos que permite comunicar la posición de una persona dentro de un edificio a un centro de control.
- **1993:** Nace HTML el cual es un lenguaje de marcado que los navegadores web utilizan para interpretar y componer texto, imágenes y otro material en páginas web visuales o audibles.
- **1994:** Steve Mann desarrolla la primera webcam inalámbrica y equipable, lo que supuso un avance hacia la transmisión de fotos por medio de chats y propicio la conexión de hardware a internet, es decir el sensor de la cámara a internet.
- **1995:** Siemens establece un departamento dedicado dentro de su negocio de teléfonos móviles para desarrollar y lanzar un módulo GSM para aplicaciones máquina a máquina (machine-to-machine M2M).
- **1995:** Se lanza la primera versión de JavaScript, es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a

objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico, agrega lógica a la ejecución de programas en internet.

- **1996:** Casi en sincronía con el lenguaje de JavaScript se lanza CSS, que son las hojas de estilo en cascada para el diseño de interfaces que se alojan en internet.
- **1999:** Kevin Ashton, cofundador del Auto-ID Center en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, hizo el primer acercamiento al concepto de Internet de las cosas en una presentación que hizo a Procter & Gamble. Incluso llamando su presentación de aquel entonces con el nombre de “Internet de las cosas”.
- **2003-2004:** El termino Internet de las cosas es ampliamente usado en publicaciones de primer orden.
- **2005:** la ITU publica su primer informe sobre el internet de las cosas.
- **2005:** Se lanza Arduino, una plataforma fácil de usar y de bajo coste para desarrollo de aplicaciones que utilizan hardware y software contenidos en pequeñas placas electrónicas denominadas sistemas embebidos.
- **2008-2009:** Finalmente el internet de las cosas supera en número los dispositivos conectados en comparación al número de seres humanos en la faz tierra.
- **2009:** Nace Node js que es un lenguaje de programación que usa tecnologías del desarrollo web y las transporta al desarrollo nativo donde el lenguaje se conecta a la parte física de la maquina donde es ejecutado. Permitiendo así control directo de la máquina que ejecuta el lenguaje desde el lado de internet, es decir desde otra máquina, aplicando el concepto M2M máquina a máquina.
- **2010:** Se produce el concepto de industria 4.0 proveniente desde Alemania, incluye inteligencia artificial, análisis de datos, aprendizaje máquina, computación en la nube e internet de las cosas, todo el conjunto de tecnologías trabajando en sincronía en el ambiente industrial. Le da un **agregado de popularidad al internet de las cosas** y entonces más población se da cuenta de su existencia.

- **2013:** Se lanza la plataforma Node-Red por parte de la empresa IBM, permite la conexión de múltiples protocolos de conexión en una sola maquina funcionando como Nodo.
- **2014:** La compañía Espressif Systems lanza el microcontrolador Esp01, microcontrolador de bajo coste para la aplicación del internet de las cosas programado por medio de comandos At.
- **2015:** La compañía Espressif Systems lanza el microcontrolador Esp8266, microcontrolador de bajo coste para la aplicación del internet de las cosas, capaz de ser programado por medio del entorno de Arduino y comunicarse por el protocolo Wifi.
- **2016:** Se lanza la primera versión del microcontrolador Esp32, sucesor del Esp8266, presenta mejoras en velocidad y rendimiento, doble núcleo de procesamiento.
- **2016:** La empresa Siemens lanza su Plc Sisma tic Iot2000 diseñado para aplicarlo en el entorno industrial aplicando comunicación inalámbrica para el concepto de internet de las cosas.
- **2017:** La segunda versión del microcontrolador Esp32 es lanzado al mercado, las mismas características que en la primera, pero está vez más barata y más compacta.
- **2020:** Se lanza el Esp-s2, microcontrolador diseñado exclusivamente para el internet de las cosas, de tamaño compacto y capaz de manejar protocolos de comunicación para el iot, programable en la plataforma Arduino. Diseñado para caber en espacios reducidos y ser aplicado a las cosas.

2.2. Marco conceptual

Protocolo de comunicación.

Revista “Protocolos Tcp/Ip de internet”, página 2.

“Se define como un conjunto de normas que permite la comunicación entre ordenadores, estableciendo la forma de identificación de estos en la red, la forma de transmisión de los datos y la forma en que la información debe procesarse”.

(Unam, 2004)

El protocolo de comunicación hace referencia al estándar o lenguaje que una máquina usa para comunicarse con otras ya sea alámbrica o inalámbricamente. Hoy en día existen muchos protocolos, debido a que en un principio cuando se descubrió que la electrónica se puede comunicar con otra, las empresas no entraban en un acuerdo y cada empresa creaba su propio estándar, no fue hasta la llegada de internet y del w3c que todos se alinearon y se lograron llegar a un acuerdo, sin embargo, internet sigue en desarrollo y por lo tanto aún se seguirá con la implementación nuevos protocolos de comunicación derivados del propio desarrollo y nuevas maneras de hacer las cosas.

Punto de acceso wifi.

Monografía “Diseño de la red inalámbrica wifi”, página 19.

“Es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de éstas, utilizando tecnología de radiofrecuencia”.

(Universidad Libre de Bogota, 2010)

El punto de acceso Wifi también conocido como router o modem es un dispositivo de telecomunicaciones que se utiliza para dar cobertura Wifi a una zona con un radio determinado de distancia, es por medio de este dispositivo que las maquinas con protocolos estandarizados se conectan a internet de manera inalámbrica.

Nodo servidor.

Informe de trabajo “Administración de Servidores”, página 27.

“Los servidores son equipos informáticos que brindan un servicio en la red. Dan información a otros servidores y a los usuarios”.

(Martín Gallardo, Universidad Autonoma de México, 2016)

Un nodo servidor es una parte de software ejecutándose en una máquina la cual denominaremos como servidor, el cual está conectado a una red de comunicaciones, el servidor se encarga de dar respuestas de información y datos a peticiones que son hechas por otras máquinas. Por ejemplo al nosotros ingresar una dirección Url en nuestro navegador de internet y dar en la tecla buscar, una petición es enviada desde el dispositivo donde se dio en buscar y dicha petición pasa por otras máquinas que funcionan como nodos, hasta llegar a su destino el cual es el servidor, una vez la petición llega al servidor, el servidor responde con la información que le solicitaron el cual es el contenido de la dirección Url y dicho contenido es enviado por el mismo camino que recorrió la petición hasta llegar al servidor, entonces el contenido llega al dispositivo donde surgió la petición, todo esto en cuestión de milisegundos.

Comunicación máquina a máquina.

Investigación “Aplicaciones M2M”, página 7.

“Se trata de un concepto genérico que hace referencia a las tecnologías que permiten el intercambio (bidireccional) de información entre máquinas remotas, sin necesidad de intervención humana, utilizando para ello las comunicaciones inalámbricas o cableadas”.

(Álvaro Palacios Tolón , Universidad Politécnica de Madrid, 2013)

También conocida como M2M es el tipo de comunicación donde se excluye la interacción humana y solo existe comunicación entre máquinas, haciendo así una

comunicación automática y de grandes velocidades. Este tipo de comunicación se puede dar por medio alámbrico o inalámbrico y por medio de un protocolo específico.

Comunicación máquina usuario.

Patente “Human-machine interface”, sección de introducción.

“La interfaz hombre-máquina (HMI) es la interfaz entre la máquina procesadora y el operador. En esencia, es el tablero de un operador. Esta es la herramienta principal que utilizan los operadores y los supervisores de línea para coordinar y controlar los procesos y las máquinas industriales y de fabricación. Las HMI traducen variables de proceso complejas en información utilizable y procesable”.

(Tulbert, David J., Google patents, 2010)

Es el tipo de comunicación donde existe intercambio de información entre una máquina y un ser humano, por medio de una interfaz de usuario. La interfaz de usuario es una interfaz que se trata de ser agradable a la vista y de intuición, puede ser por medio de interruptores, potenciómetros, teclados, botones y gran variedad de entradas y salidas de información que existen, ya sean físicas o virtuales.

Sistema embebido Iot.

Investigación “Sistema embebido IOT”, página 7.

“Un sistema embebido IOT es un sistema basado en uno o varios microprocesadores diseñado para realizar determinadas funciones que se comunican con otros sistemas embebidos inalámbricamente, son programados previamente para realizar ciertas tareas, el usuario final puede interactuar con él, pero no podrá cambiar su función principal”.

(Urvina Barrionuevo, Universidad Técnica de Ambato, 2017)

El sistema embebido Iot es un sistema electrónico embebido capaz de ser programado para ser aplicado a una serie de tareas específicas, con el agregado de que se puede conectar

alámbrica o inalámbricamente a internet. Es un sistema electrónico que contiene un procesador, una memoria RAM, una memoria ROM y acondicionamientos eléctricos para soportar entradas y salidas eléctricas. Con el desarrollo del concepto de internet de las cosas, estos sistemas embebidos han estado desarrollando sé a la par, a tal punto en que muchas de sus características han sido optimizadas:

- Consumo de energía bajo.
- Diseño compacto para caber en espacios reducidos.
- Procesadores de doble núcleo o asíncronos que como mínimo procesa una parte para las comunicaciones y otra parte para la ejecución del proceso que se le haya especificado y programado.
- Memoria ram decente para ejecutar múltiples datos a la vez.
- Comunicación inalámbrica por medio de múltiples protocolos.

Sensor.

Libro “Sensores para la técnica de procesos y manipulación”, página 12.

“La siempre creciente automatización de los complejos sistemas de producción, necesita la utilización de componentes que sean capaces de adquirir y transmitir información relacionada con el proceso de producción”.

(F. Ebel, S. Nestel, Festo didactic, 1993)

El sensor es un dispositivo que se encarga de obtener mediciones y magnitudes del mundo físico. Existen gran variedad de sensores y naturaleza de funcionamiento distinta, es decir, pueden ser sensores mecánicos, electrónicos e incluso neumáticos. Para el abordaje de sensores en el esta investigación, la mayoría de los sensores serán electrónicos.

Actuador.

Revista “Actuadores”, sección de introducción.

“Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico”.

(Zimmerman, Academia_edu, s.f.)

Un actuador se define como el dispositivo capaz de iniciar un suceso en el mundo físico, es decir, desencadenar un proceso y ejecutar una acción, teniendo interacción así en un entorno real. Para dar algunos ejemplos; un actuador puede ser un indicador de luz, un relevador, abanico, transistor e incluso un pistón.

Modelo OSI.

Investigación “El modelo OSI”, página 3.

“En el concepto de OSI, un sistema real es un conjunto de una o más computadoras, software asociado, periféricos, terminales, operadores humanos, procesos físicos, medios de transferencia de información, etc., que forman un todo autónomo capaz de realizar procesamiento de información y / o transferencia de información”.

(International telecommunication union, 1994)

El modelo OSI trabaja por medio de elementos denominados capas y/o niveles, las cuales se presentan de manera jerárquica, y se busca que la pieza que provienen de la tecnología de internet de las cosas encaje de una manera completa en las capas del estándar.



Capa 1. Capa física.

La capa física define las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales. Las características tales como niveles de voltaje, temporización de cambios de voltaje, velocidad de datos físicos, distancias de transmisión máximas, conectores físicos y otros atributos similares son definidos por las especificaciones de la capa física.

Capa 2. Capa de enlace de datos.

La capa de enlace de datos proporciona tránsito de datos confiable a través de un enlace físico. Al hacerlo, la capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico (comparado con el lógico), la topología de red, el acceso a la red, la notificación de errores, entrega ordenada de tramas y control de flujo.

Capa 3. La capa de red.

La capa de red es una capa compleja que proporciona conectividad y selección de ruta entre dos sistemas de hosts que pueden estar ubicados en redes geográficamente distintas.

Capa 4: La capa de transporte.

La capa de transporte segmenta los datos originados en el host emisor y los reensambla en una corriente de datos dentro del sistema del host receptor. El límite entre la capa de transporte y la capa de sesión puede imaginarse como el límite entre los protocolos de aplicación y los protocolos de flujo de datos.

Capa 5: La capa de sesión.

Como su nombre lo implica, la capa de sesión establece, administra y finaliza las sesiones entre dos hosts que se están comunicando. La capa de sesión proporciona sus servicios a la capa de presentación. También sincroniza el diálogo entre las capas de presentación de los dos hosts y administra su intercambio de datos. Además de regular la sesión, la capa de sesión ofrece disposiciones para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y un registro de excepciones acerca de los problemas de la capa de sesión, presentación y aplicación.

Capa 6: La capa de presentación.

La capa de presentación garantiza que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser leída por la capa de aplicación de otro. De ser necesario, la capa de presentación traduce entre varios formatos de datos utilizando un formato común. Si desea recordar la Capa 6 en la menor cantidad de palabras posible, piense en un formato de datos común.

Capa 7: La capa de aplicación.

La capa de aplicación es la capa del modelo OSI más cercana al usuario; suministra servicios de red a las aplicaciones del usuario. Difiere de las demás capas debido a que no proporciona servicios a ninguna otra capa OSI, sino solamente a aplicaciones que se encuentran fuera del modelo OSI. Algunos ejemplos de aplicaciones son los programas de hojas de cálculo, de procesamiento de texto y los de las terminales bancarias. La capa de aplicación establece la disponibilidad de los potenciales socios de comunicación, sincroniza y establece acuerdos sobre los procedimientos de recuperación de errores y control de la integridad de los datos. Si desea recordar a la Capa 7 en la menor cantidad de palabras posible, piense en los navegadores de Web.

2.3. Marco referencial

Para la ejecución de la investigación se va a recurrir a la síntesis y unión de los conceptos anteriormente vistos y armar un esquema que simbolice la estructura de interconexión de todos los elementos y conceptos con el fin de ilustrar y dar a detalle cada elemento y su interacción dentro del esquema que se investigó, sintetizó y analizó. Por consecuencia para el análisis y diseño del esquema se tomará en cuenta el estándar predominante en la industria, el cual es el modelo OSI.

El estándar OSI en la investigación tiene como propósito ayudar en la realización del esquema que tiene como objetivo de investigación y busca que todas las industrias puedan replicar, un estándar que ha perdurado desde 1980 hasta la actualidad 2020, en otras palabras, un esquema que autodescriba su funcionamiento y que funcione con maquinaria y herramientas actuales a tal punto que se tienda a ser universal.

III. Metodología

3.1. Población, universo/ muestra

El universo que se desea seleccionar es el de la infraestructura de la industria orientada al estándar OSI con el fin de crear un esquema universal de manera que abarque elementos fundamentales del concepto de internet industrial de las cosas. Se estudia la **tecnología de la industria** orientada a la aplicación de internet junto con la capa extra física que es monitoreo y control para sintetizar el concepto de internet industrial de las cosas.

La población que se desea seleccionar es el de los **elementos esenciales de la infraestructura** de la industria orientada a la aplicación de internet con enfoque en el estándar OSI con el fin de crear un esquema universal de manera que abarque elementos fundamentales del concepto de internet industrial de las cosas.

3.2. Tipo de estudio

Tipo de **estudio explicativo**, donde se pretende dar una visión general desde lo particular y la realidad que envuelve el funcionamiento del Internet industrial de las cosas, estableciendo la relación entre los conceptos que conlleva una infraestructura de comunicación y control por medio de internet y su interacción con las cosas.

Se adopta una postura de investigación estructurada y se da un sentido de entendimiento de cada concepto por sí solo y su propósito en la investigación en general, para después dar relación en el entorno aplicado todo en conjunto en un esquema sintetizado y detallado sobre el funcionamiento por pasos para un mejor entendimiento.

El tipo de estudio explicativo se centra en explicar por qué, como y en que orden ocurren ciertos fenómenos o interacciones de cada elemento o concepto del entorno de investigación, así también se hace una depuración de los elementos para escoger los mejores y más actualizados conceptos que se tengan hasta la fecha para formar una síntesis lo mayor actualizada y mejor posible.

3.3. Descripción del Instrumento.

Observación participativa. Se desarrolla el diagrama general del funcionamiento del internet industrial de las cosas en conjunto al estándar OSI y se comprueba de forma física

con ayuda de del esquema el sistema del diagrama general para que se compruebe su funcionamiento y pueda tener validez.

3.4. Procedimiento de recolección (diseño del experimento, trabajo de campo).

1. Indagar sobre los elementos que lleva cada capa del estándar OSI orientado al IIOT.
2. Una vez recabados los datos, observar los elementos comunes usados para la interconexión de la infraestructura.
3. Cuando los elementos hayan sido identificados recurrir a la síntesis y formulación del esquema general de cómo funciona su infraestructura de telecomunicaciones.
4. Armar un sistema físico del diagrama general.
5. Comprobar si funciona de acuerdo al diagrama.
6. Validar el diagrama general.
7. Responder y resolver a los objetivos formulados en esta investigación.

3.5. Procedimiento de manejo estadístico de la información.

Para efectuar el esquema de funcionamiento del internet industrial de las cosas se realizará una síntesis de los conceptos vistos del marco conceptual y el modelo OSI que se investigó en el marco referencial con el fin de adaptar y poder hacer vigente el esquema con un modelo estándar ya existente en la industria y que este tenga validez. Así también la verificación por medio de estudios y gráficas la competencia que existen entre los distintos protocolos de comunicación.

Capa 1. (Física)

[Las cosas]

El sistema embebido IOT en conjunto con sensores y actuadores generan la capa física estandarizada para el internet industrial de las cosas, para el desarrollo de esta capa se deben de cuidar características de uso industriales como lo son; el alto aguante de temperaturas, correr procesos probablemente repetitivos que se realizaran por largos periodos de tiempo y otros requisitos.

El sensor y el actuador se conectan de manera directa al sistema embebido IOT por medio alámbrico, ya sea por medio de cables o por medio de pistas electrónicas. El fin de esta conexión directa es la de capturar y controlar las variables físicas de las cosas. El

sistema embebido IOT se encargará de leer las lecturas del sensor y mandar señales al actuador por medio de impulsos eléctricos, y por otra parte también debe estar al pendiente de los procesos relacionados a la conexión IOT, es decir, tener corriendo un proceso dentro del sistema embebido IOT donde se reciben y procesan datos provenientes de internet.

Capa 2 y 3. (Enlace de datos y red)

[Redes]

En la capa de enlace de datos y red, intervienen las máquinas como el punto de acceso Wifi y es donde se empieza a producir la comunicación de máquina a máquina, básicamente el sistema embebido IOT de la capa física anterior se conecta de manera inalámbrica al dispositivo de punto de acceso Wifi. Los datos procesados por el sistema embebido IOT son enviados al punto de acceso Wifi y el punto de acceso Wifi los recibe, al mismo momento interviene el nodo servidor conectado de forma inalámbrica al punto de acceso Wifi, donde la información que se encuentra en el punto de acceso Wifi es enviada al nodo servidor, para que este los reciba.

Pueden estar múltiples sistemas embebidos IOT y múltiples nodos servidores, estos conectados al punto de acceso Wifi, lo que determinará el flujo de datos de inicio hasta el final. El punto de inicio del flujo de datos es determinado por la dirección IP del remitente. El punto final del flujo de datos es determinado por la dirección IP de destinatario.

Capa 4 y 5. (Transporte y sesión)

[Protocolos]

Sobre esta capa de transporte y sesión de datos hace referencia a los protocolos de comunicación y la seguridad de proteger los datos, de esta forma interviene el lenguaje con que la información será codificada y enviada.

Seguridad o sesión:

- Usuario y contraseña
- Código encriptado
- Código codificado solo para el receptor

Los protocolos de comunicación para el internet industrial de las cosas.

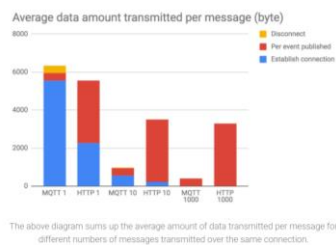
“El protocolo para conectar Internet de las cosas según IBM. Un protocolo de mensajería liviano estándar ISO para pequeños sensores y dispositivos móviles, optimizado para redes de alta latencia o poco confiables”.

International Business Machines (IBM)

- Mqtt
- Websockets
- Http
- Modbus

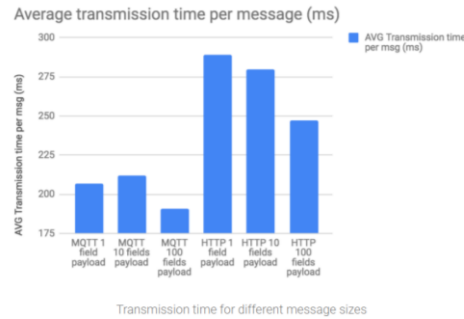
Google.

De acuerdo a un estudio realizado por la empresa Google en el año 2018, donde se hizo una comparativa entre el protocolo Mqtt y Http, comparando velocidad, latencia y cantidad de información que puede ser enviada por un solo paquete de datos.



(Google Cloud, 2018)

Se observa en la gráfica el promedio de datos transmitidos por cada protocolo y sus diferentes variantes y se observa una ventaja a favor del protocolo MQTT.



(Google Cloud, 2018)

En esta gráfica se determinó el tiempo en que dura cada protocolo en enviar información de un lugar a otro, donde el protocolo MQTT predomina en la rapidez que tiene para transmitir.

“MQTT es un protocolo de mensajería ligero y ampliamente adoptado que está diseñado para dispositivos restringidos. El soporte de Amazon Web Service IoT para MQTT se basa en la especificación MQTT v3.1.1, con algunas diferencias”.

Amazon.

Se investigó página por página los diferentes protocolos donde cada empresa ofrece sus servicios acerca de internet de las cosas.

Empresa	Protocolo más usado
IBM	MQTT Y HTTP
Google	MQTT
Microsoft	MQTT
Amazon	MQTT Y HTTP

Http y Mqtt son los protocolos más usados para la aplicación de internet de las cosas, sin embargo, para decidir en cual protocolo de comunicación se basará el esquema, se tomará el mejor entre los dos.

Como se puede deducir en las gráficas y en tablas anteriores donde se recopilieron datos de empresas y protocolos, el protocolo que más predomina es el MQTT para la aplicación del internet de las cosas, el único competidor que se pudo encontrar fue HTTP, sin embargo, compite, pero no tiene las mismas propiedades de velocidad y cantidad de datos que tiene el

protocolo MQTT. Para continuar con el desarrollo del esquema se debe definir de forma concreta el protocolo.

MQTT.

Se define como un protocolo ligero y liviano diseñado para trabajar en dispositivos de muy bajas características de hardware, con arquitectura de publicación y suscripción, diseñado para la implementación de internet de las cosas. El protocolo MQTT utiliza tres elementos o entidades fundamentales para su funcionamiento; el **publicador, el subscriptor y el bróker mqtt.**

Bróker MQTT.

Funciona como un nodo que concentra la información que envía y recibe por parte de publicadores y subscriptores. El bróker mqtt funciona ejecutándose sobre un nodo servidor que en conjuntos están procesando la entrada y salida de datos recibidos y enviados, respectivamente.

Publicador.

El publicador es el dispositivo que obtiene datos y los manda al bróker mqtt, es decir el dispositivo que obtiene datos por medio de sensores y los envía al nodo servidor, se llama publicador porque al momento de enviar la información al bróker mqtt se dice que está publicando información hacia el bróker, tomando la analogía como si el bróker fuera una red social.

Subscriptor.

El subscriptor es el dispositivo que se conecta al bróker mqtt y está al pendiente que un publicador mande información con un tema y un contenido del tema, si el tema coincide con la suscripción del subscriptor, el subscriptor tomará la información del contenido del tema y finalizará el intercambio de información.

Capa 6 y 7. (Capa de presentación y aplicación) [Interfaz de usuario]

En la capa de presentación y aplicación intervienen los conceptos de interfaz máquina usuario, la interfaz máquina usuario por lo general se ejecuta sobre el mismo nodo servidor

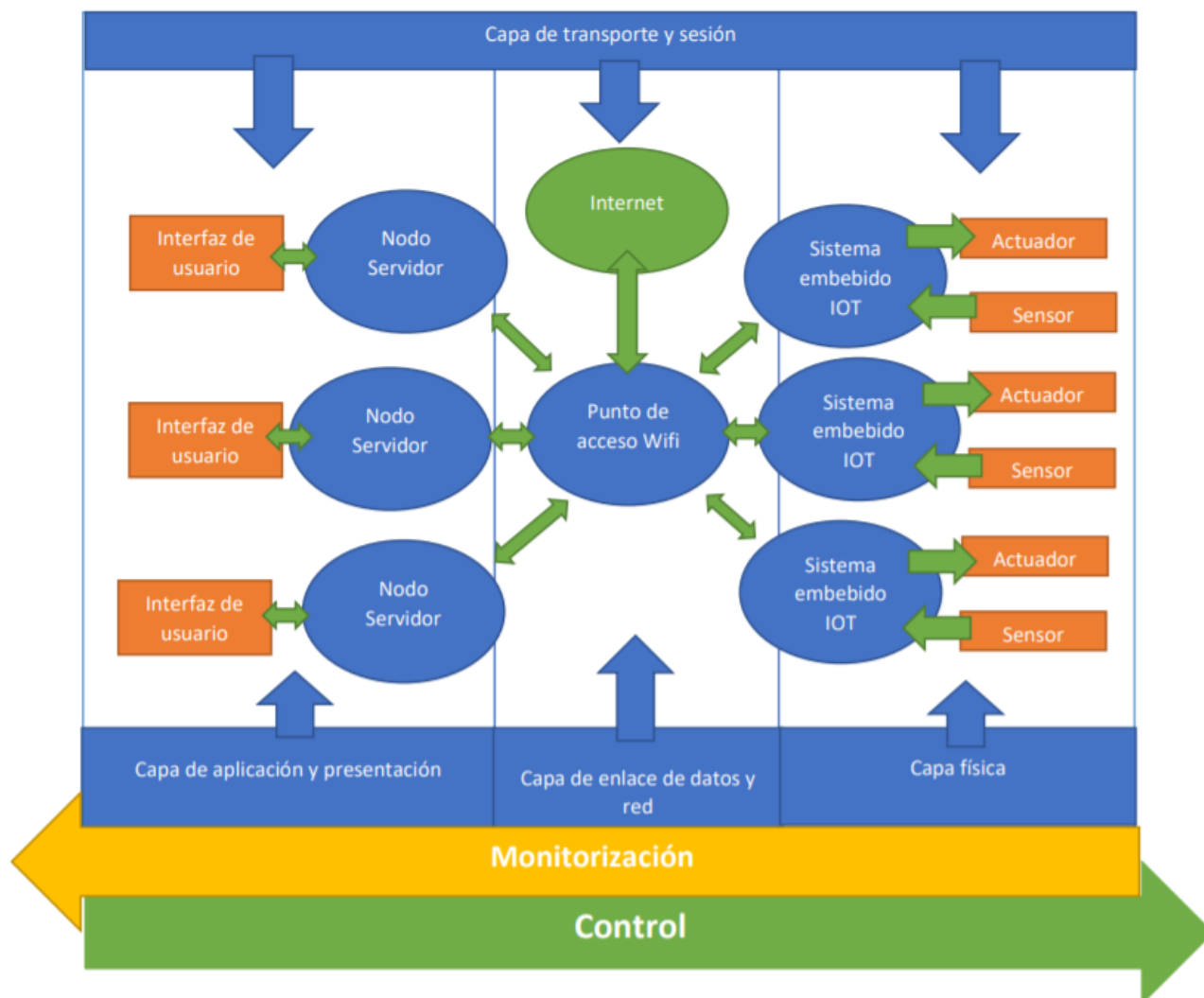
de la capa anterior o también se puede ejecutar sobre un dispositivo independiente conectado al nodo servidor. En la capa de presentación y aplicación es donde todo los datos y acceso al control proveniente del sistema embebido IOT, se ven de una manera estética y agradable a la vista con el fin de procurar la ergonomía. En este punto del desarrollo se empieza a presentar la comunicación máquina-usuario de tal manera que toda la información y datos que viajaron desde el la maquina remitente y que llegan hasta la maquina destinatario, es presentada en una interfaz de usuario.

La interfaz de usuario busca conseguir que la información presentada sea agradable a la vista del usuario, por medio de diferentes elementos de entrada y salida de información.

Elementos de una interfaz de usuario:

Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Deslizadores. ○ Botones. ○ Entradas de texto. ○ Entradas de audio. ○ Entradas de video. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Salidas de texto. ○ Gráficas. ○ Acelerómetros. ○ Salidas de audio. ○ Salidas de video.
	

Esquema general.

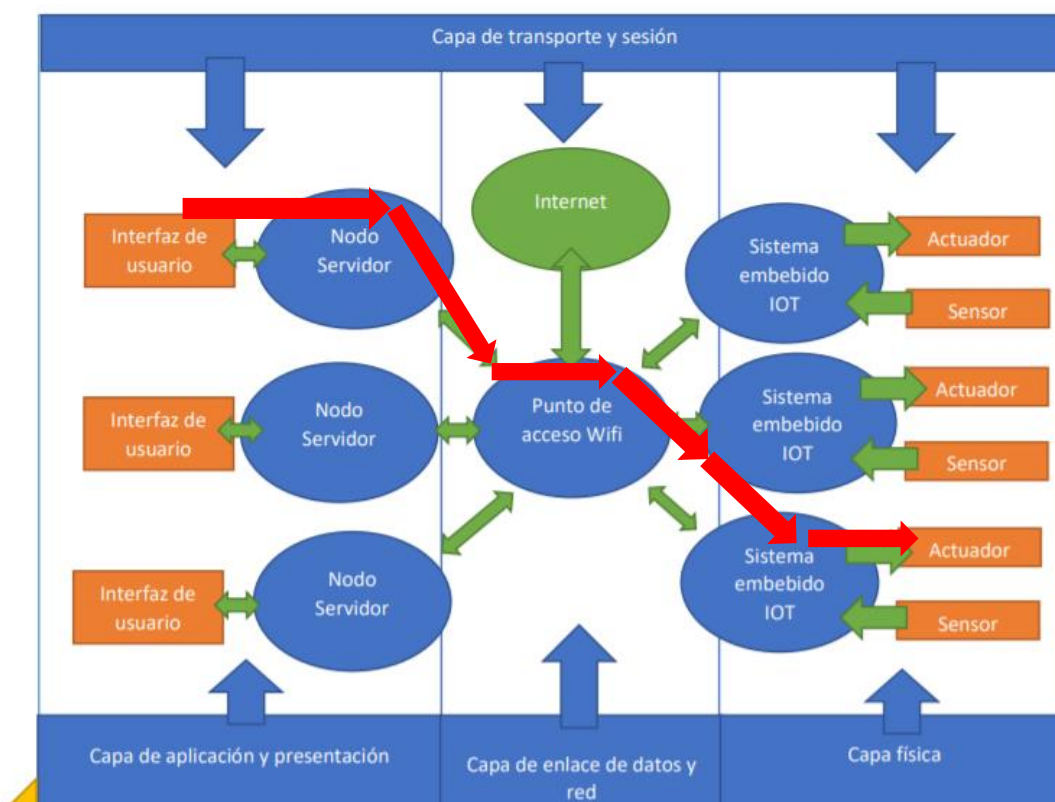


Hasta este punto de la investigación ya se ha obtenido el diagrama general a partir de los fundamentos del estandar OSI que tiene validez a nivel industrial y así también con conceptos de principales de internet industrial de las cosas. El diagrama es universal y estandarizado, lo que quiere decir que debido a los fundamentos que posee ofrece gran flexibilidad del flujo de información, lo que posteriormente se demostrará en esta investigación. Pueden existir cambios de marcas, cambios de máquinas o cambios de infraestructura, pero si se conserva el concepto del esquema, también se conservará la posición estrategica de los elementos y asegurará el buen flujo de información.

El funcionamiento del diagrama se puede explicar de dos maneras diferentes y primordiales que muestran el proposito de dicho diagrama, como lo son de manera de control de variables fisicas y manera de monitorización de variables fisicas.

Flujo de información con fines de control.

Si el diagrama se lee de izquierda a derecha, entonces se asume que el flujo de información es de izquierda a derecha y por lo tanto la información va desde la interfaz de usuario, cruza la capa de enlace de datos y red hasta llegar a un actuador deseado, si se aplica lógica entonces se quiere controlar una variable fisica desde el una interfaz virtual de usuario.



Paso 1. Desde la capa de presentación y aplicación el usuario introduce la instrucción que desea ejecutar en el mundo fisico.

Paso 2. La instrucción es codificada en el nodo servidor a codigos correspondientes al protocolo de comunicación que se este utilizando en la infraestructura.

Paso 3. La información es transmitida desde el nodo servidor hacia el punto de acceso Wifi cruzando lo que se conoce como internet.

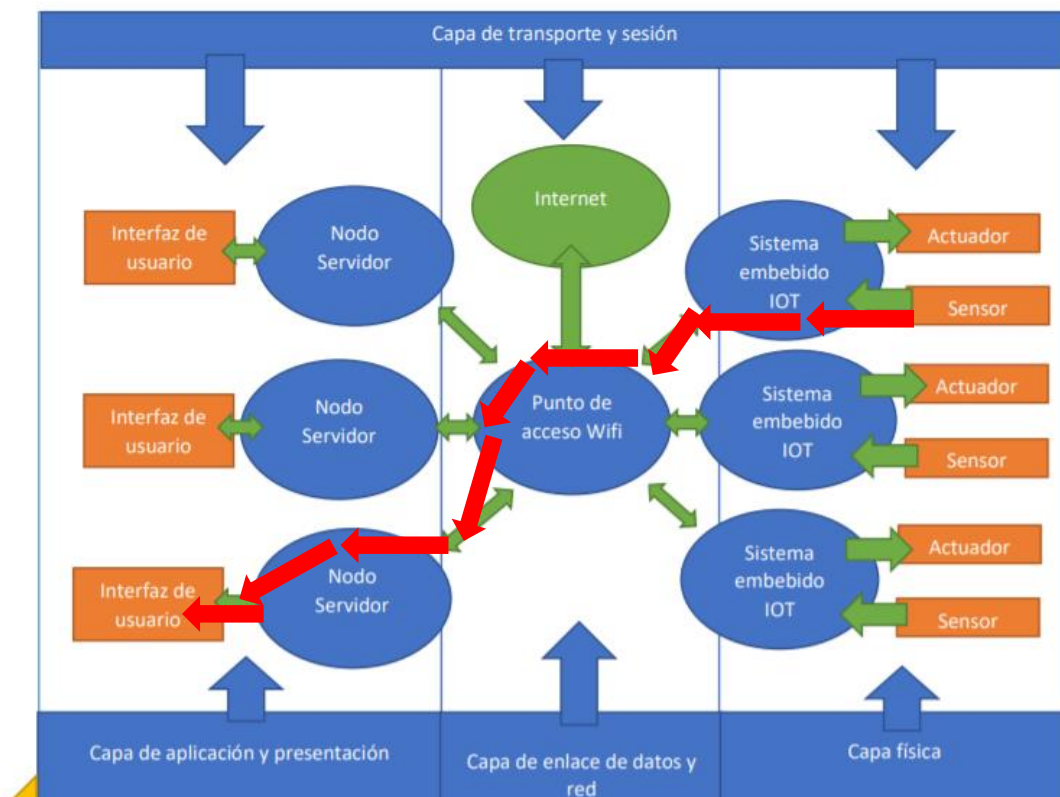
Paso 4. Desde el punto de acceso Wifi o lo que es lo mismo la capa de enlace de datos y red la información viaja hasta el sistema embebido IOT.

Paso 5. El sistema embebido IOT decodifica la información con el lenguaje o protocolo que se este utilizando en la infraestructura.

Paso 6. El sistema embebido IOT da la instrucción al actuador correspondiente de lo que debe hacer en la respectiva variable fisica. Esto sucede a traves de un medio alambrico.

Flujo de información con fines de monitoreo.

Por otra parte si el diagrama se lee de derecha a izquierda, entonces también el flujo de información va de derecha a izquierda, es decir la información que obtiene un sensor y que es procesado por el sistema embebido IOT respectivo desde la capa fisica va hasta la interfaz de usuario cruzando la capa de enlace de datos y red.



Paso 1. El sensor obtiene lecturas de la variable física a la que se la haya asignado respectivamente y posteriormente es transmitida hacia el sistema embebido IOT a través de un medio inalámbrico.

Paso 2. La información en el sistema embebido IOT es codificada al protocolo que se este utilizando en la infraestructura.

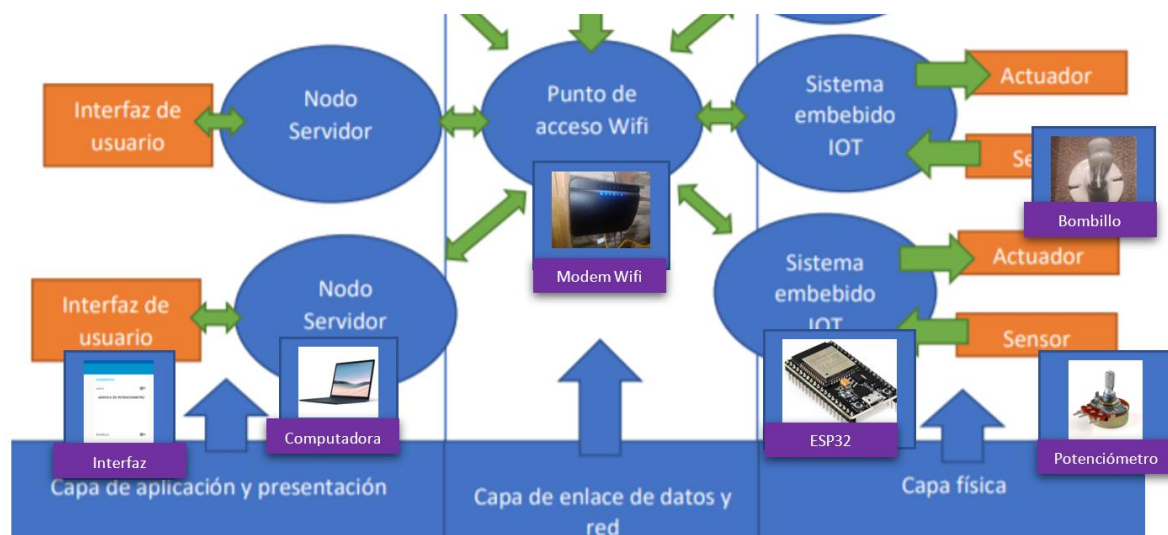
Paso 3. Posteriormente la información ya codificada es enviada al punto de acceso Wifi cruzando lo que es internet, teniendo la disponibilidad de guardar la información en una base de datos en la nube.

Paso 4. Desde el punto de acceso de Wifi la información es enviada al nodo servidor y la información es decodificada en este punto.

Paso 5. La información es mostrada en la capa de aplicación y presentación, lo que es la interfaz de usuario.

Armado del sistema físico.

Para la comprobación del diagrama general de funcionamiento de IIOT, se procede a armar un sistema físico para poder comprobar de primera mano como se desempeña cada componente, así también configurarlo para que funcione en sincronía como se describe teóricamente. Para empezar en esta fase del proyecto se tomó una fotografía a cada elemento que compone el diagrama y se muestra a continuación.



Sistema embebido IOT.



El sistema embebido Iot que se utiliza para la prueba es desarrollado gracias al microcontrolador Esp32 de la compañía de Espressif Systems, que goza de un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 con frecuencia de procesamiento de 240 MHZ lo que quiere decir que cada segundo es capaz de realizar 240 millones de instrucciones que se le sean programadas, esto es solo en un nucleo

El sistema se compone de 2 nucleos de procesamiento, por ende mientras realiza una instrucción en un núcleo al mismo tiempo puede realizar otra en el otro núcleo y es esta la peculiaridad de los sistemas embebidos IOT, que en un nucleo ejecuta instrucciones habituales de un microcontrolador, como lo puede ser el prendido y apagado de una terminal para encender un led como ejemplo y por otra parte en el otro núcleo ejecuta instrucciones relacionadas a la conectividad IOT, como lo puede ser la gestion de informacion proveniente por Wifi o Bluetooth, solo por mencionar otro ejemplo. El microcontrolador Esp32 es el sucesor de los microcontroladores Esp8266 y Esp01 que con el crecimiento de la aplicación del internet de las cosas se ha aumentado la demanda de dichos microcontroladores y en ello derivo el Esp32 representando un versión mejorada respecto a sus sucesores en niveles de gasto de energia, velocidad de procesamiento, aumento de memoria flash y la implementación en diferentes entornos de programación como Arduino IDE y MycroPython.

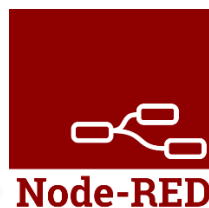
Punto de acceso Wifi.



Es un dispositivo de red que interconecta equipos de comunicación inalámbricos, para formar una red inalámbrica que interconecta dispositivos móviles o tarjetas de red inalámbricas. Cabe mencionar que a partir de este dispositivo ya es posible acceder a internet y consultar bases de datos en la nube, o hacer peticiones en diferentes servicios en la amplia red del mundo.

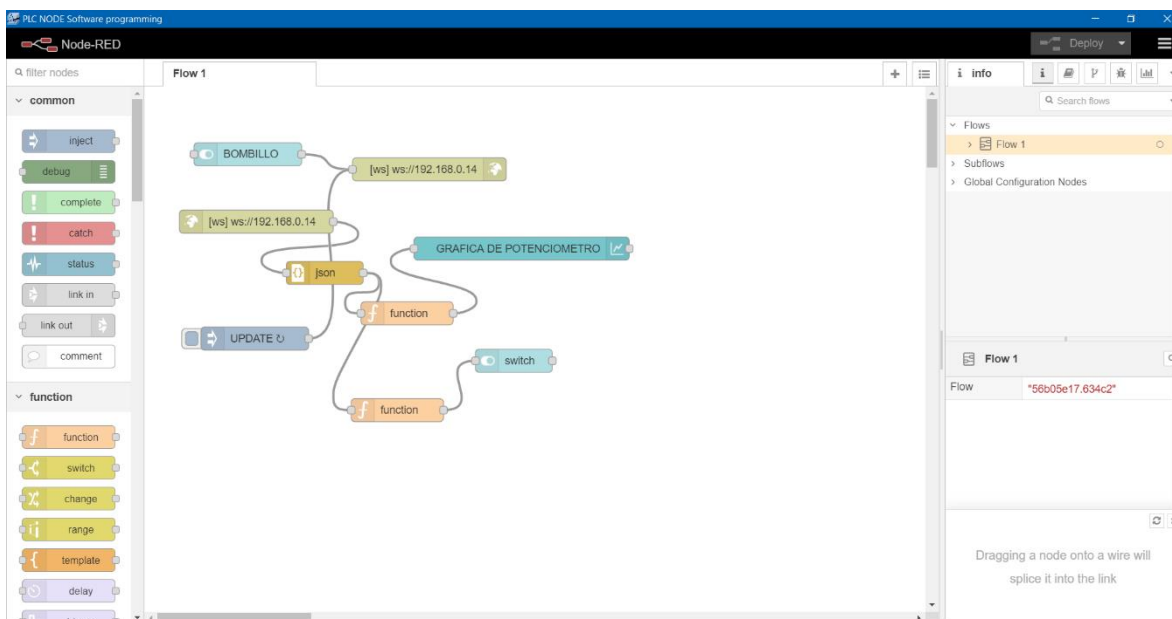
El dispositivo que se toma para la prueba es un router Wifi con sello de la marca Arris, dicho router esta diseñado para satisfacer demandas domesticas, sin embargo esto no afecta para la prueba que se esta tomando, debido a que la prueba no demanda un intercambio de informacion gigante, por otra parte si se tuviera un punto de acceso wifi considerado industrial, la prueba estaria más cerca de su simulación pero por cuestiones mayores, no fue posible obtener dicho router.

Nodo servidor.

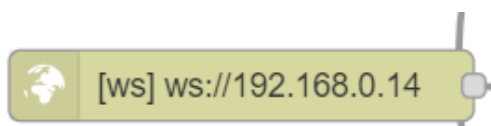


Para ejecutar el nodo servidor se utiliza una computadora portatil, en la cual se le es instalado un software llamado Node-Red que corre sobre el entorno integrado de javascript del lado del servidor llamado Node Js. Esto permite levantar un servidor que es el administrado por parte del usuario y/o técnico la gestión de la interfaz de usuario y el flujo de información de la red.

Derivando del Nodo servidor se muestra a continuación la programación que se brindó y la interfaz de usuario que se obtuvo.



El software Node-Red te brinda herramientas en formas de bloques de programación para utilizar diversidad de funcionalidades, para implementar por parte de la investigación que se llevo a cabo del mejor protocolo de comunicación se recurrió al bloque de programación llamado Websockets.



Bloque de programación para utilizar websockets como protocolo de comunicación.

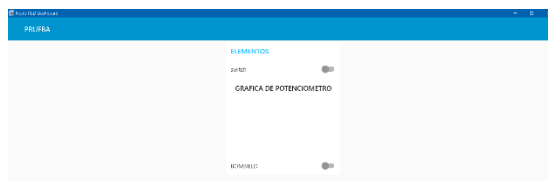


Imagen de la interfaz de usuario que se obtuvo a partir de la programación en el nodo servidor.

Sensor.



Para la prueba física del diagrama general se empleó como sensor un potenciómetro de 10 kilo ohms de impedancia que se conectó de manera adaptativa al sistema embebido IOT con fines de mostrar una señal que manda dicho potenciómetro atravesando todo el concepto del diagrama y con ello mostrarlo en una gráfica en la interfaz de usuario.

Actuador.



Para la prueba física del diagrama general se empleó como actuador un bombillo conectado a la red eléctrica en conjunto con un relevador electromecánico, el sistema embebido IOT controla el relevador electromecánico y con ello prende y apaga el bombillo de forma indirecta.

Prueba de funcionamiento en acción.

Se tomó una grabación de la prueba de funcionamiento con el equipamiento mostrado anteriormente, el cual su respectivo link es el siguiente.

<https://youtu.be/GvJLJ3uMqB0>

Y así también otra grabación tomada anteriormente con equipo industrial neumático empleando el mismo esquema en las instalaciones del edificio de mecatrónica en el tecnológico nacional de México Campus cd. Juárez.

<https://youtu.be/nX1A2xBffW8>

IV. Resultados obtenidos y discusión

Se investigó y se indagó información relevante para la construcción de un esquema general que reúne los aspectos más importantes de una red industrial de internet con un estándar que lo respalda, además de que reúne los aspectos esenciales para construir una red de internet que tiene la capacidad de albergar los conceptos de sensor y actuador, involucrando así la realidad y el mundo de las cosas.

Una vez que se construyó el diagrama, se paso a la comprobación con ayuda de un sistema físico operado por una interfaz de usuario, un nodo servidor corriendo en una computadora, un modem con tecnología wifi, un sistema embebido IOT, un sensor y un actuador, para mandar señales de control y recibir señales de monitorización.

V. Conclusiones

Se dejó una descripción detallada de los elementos que componen el funcionamiento del internet industrial de las cosas y se dan a entender para posteriores investigaciones que se realicen con fines de optimización del diagrama con el nacimiento de tecnología emergente. Así también, se brindó a buen entender el funcionamiento del internet industrial de las cosas para las generaciones que le siguen y quieran adentrarse en este mundo del saber.

En respuesta a las hipótesis y supuestos de esta investigación las dos resultan verdaderas, donde la primer hipótesis es si se podía realizar un diagrama que pueda abarcar y explicar el funcionamiento del internet industrial de las cosas y en respuesta resulto que es correcto, incluso se creó un esquema fundamentado con un estándar de la industria que reúne una serie de capas abstractas, por otra parte la segunda hipótesis tenía que ver si se podía comprobar el diagrama general con ayuda de un sistema que abarcara lo esencial de una red de internet de las cosas y en respuesta resulta verdadera, incluso aunque no se encuentre en una industria real se puede crear recrear el esquema de forma “casera” reuniendo un conjunto de elementos esenciales.

Por ultimo se comprobó de una manera física el funcionamiento del esquema y por ende se validó de forma adecuada el diagrama general.

6.2 Referencias

- Acosta, C. (s.f.). *CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S)*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de https://www.academia.edu/27549569/CONTROLADORES_L%C3%93GICOS_PROGRAMABLES_PLC_S
- Álvaro Palacios Tolón , Universidad Politécnica de Madrid. (Septiembre de 2013). *Aplicaciones M2M*. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, de http://oa.upm.es/22160/1/PFC_ALVARO_PALACIOS_TOLON.pdf
- Andrés Melián Navas, C. A. (agosto de 2015). *Gestión de la comunicación máquina a máquina (M2M)*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/307714366_Machine_to_Machine_Communication_Management
- Benito Condori, G. T. (2019). *El internet de las cosas IoT*. Recuperado el 2020 de octubre de 10, de MONOGRAFÍA: <http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4178/Internet%20de%20las%20cosas%20IoT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blanco, D. A. (2014). *Academia*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de https://www.academia.edu/32441252/MODELO_OSI_Y_NIVELES_ENLACE_DATOS_Y_RED_Comunicaci%C3%B3n_de_datos
- Crespo, E. (11 de noviembre de 2018). *Arquitecturas IoT*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>
- Crespo, E. (30 de enero de 2020). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Itinerario Formación IoT/Industria 4.0: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2020/01/30/itinerario-formacion-iot-industria-4-0/>
- Dave Evans, Cisco. (Abril de 2011). *Cisco Internet Business Solutions Group*. Recuperado el 28 de septiembre de 2020, de Cisco: https://drive.google.com/file/d/1_sVX8iUCBADyqwnGwEtLSOzna6WuTPdq/view?usp=sharing
- Desarrollo Economico*. (2019). Recuperado el 15 de octubre de 2020, de Nuestras industrias: <http://www.desarrolloeconomico.org/nuestras-industrias.php>
- F. Ebel, S. Nestel, Festo didactic. (1993). *Sensores para la técnica de procesos y manipulación*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de Festo didactic: https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/094342_leseprobe_es.pdf

- Google Cloud. (26 de noviembre de 2018). *Mqtt vs Http*. Recuperado el 2020 de octubre de 29, de Google Cloud: <https://cloud.google.com/blog/products/iot-devices/http-vs-mqtt-a-tale-of-two-iot-protocols>
- International telecommunication union. (1994). *El modelo OSI*. Recuperado el 2020 de octubre de 2, de http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.200-199407-I!!PDF-E&type=items
- Karen Rose, S. E. (Octubre de 2015). *Internet de las cosas: Una breve reseña*. Recuperado el 24 de septiembre de 2020, de <https://www.internetociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- Legare, C. (febrero de 2018). *how-do-you-select-which-iot-protocols-to-use*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Silicon Labs: <https://www.silabs.com/documents/public/presentations/ew-2018-how-do-you-select-which-iot-protocols-to-use.pdf>
- Luis Miguel Crespo Martínez, F. A. (s.f.). *Sistemas de transporte de datos*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Publicaciones de la Universidad de Alicante: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/4328/1/Crespo_Candelas_TCP_IP.pdf
- Lumens, D. (2018). *digitallumens.com*. Obtenido de digitallumens: <https://drive.google.com/file/d/1IHlyCMLelNIMhxOez7c73gr7nTQQI14N/view?usp=sharing>
- Martín Gallardo, Universidad Autonoma de México. (24 de febrero de 2016). *Administración de Servidores*. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9812/Informe%20de%20Trabajo%20Administraci%C3%B3n%20de%20servidores.pdf?sequence=1>
- Miguel Navas Sanchez, National instruments. (Abril de 2015). *El Internet Industrial de las Cosas*. Recuperado el 2020 de septiembre de 28, de National instruments: https://drive.google.com/file/d/1of_eRH5DJbHqFsyYt1T5Ni7eMdzhmX6o/view?usp=sharing
- Mondal, D. (Mayo de 2019). *The Internet of Thing (IOT) and Industrial Automation: a future perspective*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2020, de researchgate: https://www.researchgate.net/publication/336552020_The_Internet_of_Thing_IOT_and_Industrial_Automation_a_future_perspective
- Mqtt protocol*. (s.f.). Recuperado el 2 de octubre de 2020, de https://www.tecon.cz/pdf/MQTT_UserManual_en.pdf
- Ochoa., P. P. (2013). *¿Cómo funciona Internet?* Recuperado el 10 de octubre de 2020, de derechosdigitales: <https://www.derechosdigitales.org/wp-content/uploads/Como-funciona-internet-ebook.pdf>

- Profanter, S. (4 de julio de 2019). *OPC UA versus ROS, DDS, and MQTT: Performance Evaluation of Industry 4.0 Protocols*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8755050>
- Rodríguez Sote, J. L., López Londoño, A., & Vega Botero, C. A. (4 de octubre de 2017). *Sistema de monitoreo y control remoto*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84955649011.pdf>
- Román, J. L. (octubre de 2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Codiinforme: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- Samanes, Benito Echeverría, Scielo. (s.f.). *Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2020, de Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162018000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Sisinni, E. (2 de julio de 2018). *Industrial Internet of Things: Challenges*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de https://saifullah.eng.wayne.edu/tii_iiot.pdf
- Tulbert, David J., Google patents. (28 de diciembre de 2010). *Human Machine Interface (HMI)*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de Google patents: <https://patents.google.com/patent/US7859519B2/en>
- Unam. (10 de septiembre de 2004). *PROTOCOLOS TCP/IP DE INTERNET*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Unam: http://www.revista.unam.mx/vol.5/num8/art51/sep_art51.pdf
- Universidad Libre de Bogota. (2010). *DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA WIFI*. Recuperado el 2020 de noviembre de 3, de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8798/monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Urvina Barrionuevo, Universidad Técnica de Ambato. (agosto de 2017). *Sistemas Embebido IOT*. Recuperado el 9 de octubre de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26222>
- Vallejos, O. (s.f.). *Introduccion a internet*. Recuperado el 1 de octubre de 2020, de <http://ing.unne.edu.ar/pub/internet.pdf>
- Yuan, M. (10 de abril de 2017). *Conozca Mqtt*. Obtenido de IBM: <https://developer.ibm.com/es/technologies/iot/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>
- Zimmerman, Academia.edu. (s.f.). *Actuadores*. Recuperado el 24 de septiembre de 2020, de Academia.edu: https://www.academia.edu/9205065/UNIDAD_II_ACTUADORES