

Experiencia docente en competencias fundamentales para la plataforma IoT

Dr. Roberto Herrera-Charles^a, Esp. Eduardo Barba Cervantes^b, M.C. Teodoro Álvarez Sánchez^c y M.C. David Saucedo Martínez

Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, robcharles@citedi.mx^a, ebarba@citedi.mx^b, talvarez@citedi.mx^c, dsaucedo@citedi.mx^d Tijuana, B.C., México.

Resumen

El uso óptimo de las nuevas tecnologías emergentes en Internet, tales como Internet de las Cosas (IoT) permiten contribuir al desarrollo comunitario con la alfabetización Digital de forma individual y colectiva. El artículo presenta resultados en la capacitación del personal docentes con las tecnologías de IoT, el propósito es que ellos adquieran primeros este tipo conocimiento y usen estas tecnologías digitales en su actividad diaria. Como parte de las acciones de actualización en competencias para docentes del IPN, la Dirección de Formación e Innovación Educativa del IPN se impartió el curso "Internet de las Cosas: Introducción y aplicación" durante el año 2022. Como resultado principal en el curso, los docentes realizaron un proyecto final, el objetivo del proyecto fue: demostrar y aplicar la factibilidad de implantar un sistema de comunicación, en un ambiente IoT, que usa la comunicación inalámbrica WIFI con la cual se puede integrar un sistema digital embebido para diversas aplicaciones y que permite controlar diversas acciones desde la Web. IoT actualmente tiene alto impacto en la forma de hacer negocios y en nuestra vida. Aunque se espera tenga mayor impacto que el Internet en áreas como la Industria 4.0, la generación de energía, los sistemas de Salud Inteligente, entre otras. Una implicación importante es que con este tipo curso los docentes se introduzcan en la tecnología IoT al desarrollar e implementar una aplicación con la adquisición rápida y segura de datos y que sean la base de diversas aplicaciones de monitoreo y control utilizando las tecnologías base del IoT.

Palabras clave— IoT, Sensores, Sistema embebido, Tiempo-Real, WiFi.

Abstract

The optimal use of new emerging technologies on the Internet, such as the Internet of Things (IoT) allows contributing to community development with Digital Literacy individually and collectively. The IoT has a huge impact on both personal and business. The article presents results in the training of teaching staff with IoT technologies, with the purpose that teachers are the first to acquire this type of knowledge and use these digital technologies in their daily activities. As part of the actions to update skills for IPN teachers, the IPN Directorate of Educational Training and Innovation (DFIE)

taught the course "Internet of Things: Introduction and Application" during the inter-semester period of 2022. As the main result in the course, the teachers carried out a final project, the objective of the project was: to demonstrate and apply the feasibility of implementing a communication system, in an IoT environment, that uses WIFI wireless communication with which an Embedded System for various applications and that allows controlling various actions wirelessly from the Web as part of IoT. The Internet of Things currently has a high impact on the way of doing business and on our personal lives. Although it is expected to have a greater impact than the Internet in particular areas such as Industry 4.0, in energy generation, in Smart Health systems, etc. An important implication is that teachers can be introduced to IoT technology with this type of course and project by developing and implementing an application with fast and secure data acquisition and that they are the basis of various monitoring and control applications using the base technologies. IoT

Keywords— Embedded Systems, IoT, Real-Time, Sensors, WiFi.

1. INTRODUCCIÓN

IoT es una parte importante de la digitalización de operación de: la industria 4.0, fuentes de Energía, la agricultura [1], servicios inteligentes que se operan y control con los teléfonos móviles. Los elementos del ecosistema IoT son: red de sensores, protocolos de red, información y datos en la Nube, gestión de seguridad y acceso al sistema; manejo y análisis de altos volúmenes de datos. Entre su aplicación de este ecosistema: Empresas, compañías gestión y operación, así como los usuarios finales: objetos, dispositivos, sensores y otros. Al seleccionar una plataforma de IoT para una aplicación se logra obtener conocimientos y resultado para aplicarlo a la agricultura e industria.

El devenir actual y futuro del Internet desde los principios de Interconexión y Redes de cómputo, hasta la Web de las cosas (WoT) requiere de varias área de conocimiento: El protocolo de red Internet TCP/IP, La tecnología de publicación global y masiva de las Páginas Web (protocolo de servicios HTTP[2]), El Big data y Analítica; Protocolos TCP/IP, Servidores de sensores y actuadores (las cosas) que son los entes que se conectan, firma, validan para su seguridad, gestión M2M, dispositivos operados con: microcontroladores, Servidores en la Nube y la Niebla, su gestión desde Web. Estos son los principales elementos requeridos en la operación del ecosistema IoT.

En este artículo se presentan resultados de como esto conocimientos se pueden integrar al conocimiento de los individuos, para su uso y generación de conocimiento en aspectos individuales, negocios u actividades del trabajo. Como se puede observar se requiere de varias áreas de conocimiento.

1. El nivel de dispositivo IoT incluye todos los sensores y actuadores de IoT. Es decir, las cosas en IoT.
2. El nivel de red de IoT incluye todos los componentes de red de IoT, incluidas las puertas de enlace de IoT, enrutadores, conmutadores, etc. Es decir, Web en IoT.
3. El nivel de Plataforma de Aplicaciones de Servicios de IoT, este incluye las funciones clave del software de administración para permitir la administración general de dispositivos IoT y red. También incluye funciones principales que conectan el dispositivo y los niveles de red con la capa de aplicación.
4. El nivel de aplicación de IoT incluye todas las aplicaciones que operan en la red de IoT.

Como parte de la capacitación dada a docentes del IPN, por los autores del artículo, se da una introducción de cada una de las áreas tecnológicas que se requiere para diseñar e implementar una aplicación IoT. Una vez asimilado este conocimiento, se especifica y dimensiona una aplicación experimental específica en un proyecto que se presenta en la sección 3.

Aunque no contiene todas las áreas tecnológicas de IoT, sirve al docente como una base para asirse en profundidad del conocimiento WoT. Por lo que se justifica especificar proyectos donde se desarrollan e implementan aplicaciones factibles para la adquisición rápida y segura de datos que deben ser utilizados en divisar aplicaciones con las propiedades adecuadas en base a las tecnologías en las que se soporta el IoT.

Los docentes que recibieron el curso sólo requieren de: 1. conocimientos básicos de sistemas embebidos y sus sensores. 2. las tecnologías de Web y sus aplicaciones. En la actualidad, tanto el desarrollo tecnológico como los sistemas abiertos, tanto en hardware como en software, permiten adquirir con mayor facilidad este tipo de conocimiento para controlar desde la Web los sistemas embebidos e implantar diversas aplicaciones del IoT.

En la sección dos se presenta el marco teórico y trabajos relacionados. En la sección tres. Se presenta el ejemplo del proyecto final desarrollado por un docente con sus resultados obtenidos en el mismo proyecto. En la sección final se presenta conclusiones y trabajos futuros del artículo.

2. Antecedentes y Marco Teórico

Se dice que el término "Internet de las Cosas" (IoT) lo mencionó por primera vez Kevin Ashton en una presentación que hizo en Procter & Gamble en 1999 en el que vincula la nueva idea de RFID (IDentificación por Radio Frecuencia), en la cadena de suministro de valor de Procter & Gamble, con

el tema de Internet. Él dijo "*El Internet de las cosas tiene el potencial de cambiar el mundo, tal como lo hizo Internet. Tal vez aún más*". Sin embargo, fue hasta el 2001 cuando el centro de identificación automática del MIT presentó su visión de IoT. Más tarde, el concepto IoT fue introducido formalmente en el Informe de Internet de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) en 2005.

El principal poder de IoT es el alto impacto que ya se empieza a tener en las personas y empresas. La calidad de vida de las personas se mejora con sistemas de monitoreo para la salud, la Industria 4.0, mejoras en seguridad, sólo por nombrar algunos ejemplos de las múltiples aplicaciones posibles. Las empresas ya emplean el IoT para crear nuevos modelos de negocio, para mejorar los procesos de negocio y reducir costos y riesgos.

Se ha de enumerar, en forma genérica, los componentes básicos de IoT, de forma clara y sencilla. El IoT puede considerarse como una red de elementos físicos y empoderados por:

- **Sensores:** que se encargan de recopilar información.
- **Identificadores:** para etiquetan la fuente de datos (por ejemplo, sensores, dispositivos).
- **Software:** que analiza los datos y agrega valor o inteligencia.
- **Conectividad a Internet:** para comunicarse y notificar.

Localización e Identificación de los elementos

- IoT es la red de las *cosas*, con la identificación única y universal de sus elementos, integrados con: inteligencia de software, sensores y conectividad ubicuo en la Internet.
- IoT permite que las cosas u objetos intercambien información con el fabricante, el operador y/u otros dispositivos conectados que utilizan la infraestructura de telecomunicaciones de Internet, sin la anteverción humana.

El concepto IoT de forma más completa:

- **IoT es la red de cosas**, con identificación de dispositivos, inteligencia integrada y capacidades de detección y actuación, conectando personas y cosas a través de Internet.
- Como ya se ha mencionado anteriormente, se usará el término "IoT" para referirse a todos los objetos, cosas u cualquier cosa conectada a través de Internet, incluyendo electrodomésticos, edificios, automóviles, personas, animales, árboles, plantas, etc.
- **La promesa básica de IoT es monitorear y controlar "cosas" desde cualquier parte del mundo.**

Muestra de negocios basados en IoT

Uber

Uber utiliza tecnologías de sensores en los teléfonos inteligentes del conductor para realizar un seguimiento de sus comportamientos.

- Si viajas con Uber y tu conductor acelera, frena demasiado fuerte, o te lleva en una ruta exageradamente larga, ya no es sólo tu palabra.
- Uber está utilizando Girómetro y datos GPS para rastrear el comportamiento de sus conductores.
- El componente clave de la solución de Uber es la plataforma basada en Internet que conecta a los clientes (pasajeros) con los proveedores de servicios (conductores de automóviles).

Square

Square Inc., también con sede en San Francisco, se inspiró en Jack Dorsey en 2008.

Cuando su amigo, Jim McKelvey, en St. Louis en ese momento, no pudo completar una venta de \$2000.00 dólares de sus llaves y accesorios de vidrio, porque el negocio no podía aceptar tarjetas de crédito. Jack y Jim comenzaron la compañía de servicios financieros de software de punto de venta en 2010. En México su equivalente el sistema Clip.

La solución de software basada en Internet permite a los clientes y propietarios de pequeñas empresas introducir la información de la tarjeta de crédito manualmente o a través del Square Reader.

Ejemplos de Dispositivos de Hardware abiertos de IoT

BeagleBoard

BeagleBoard ofrece computadoras del tamaño de una tarjeta de crédito que pueden ejecutar Android y Linux.

Debido a que tienen requisitos de energía muy bajos, son una buena opción para dispositivos IoT. Tanto los diseños de hardware como el software que ejecutan son de código abierto, y el hardware *BeagleBoard*, a menudo se vende bajo el nombre *BeagleBone*, está disponible a través de una amplia variedad de distribuidores.

Tinkerforge

Tinkerforge es un sistema de bloques de construcción de microcontroladores apilables de código abierto. Permite el control de motores y sensores de lectura con los siguientes lenguajes de programación: C, C++, C, Object Pascal, Java, PHP, Python y Ruby a través de una conexión USB o Wi-Fi en Windows, Linux y Mac OS X. Todo el hardware se licencia bajo CERN OHL (LICENCIA de hardware abierto CERN).

Eclipse

Eclipse patrocina varios proyectos diferentes en torno a IoT. Incluyen marcos y servicios de aplicación; implementaciones de código abierto de protocolos IoT, incluyendo MQTT, CoAP, OMA-DM y OMA LWM2M; y herramientas para trabajar con Lua, que Eclipse está promoviendo como un lenguaje de programación IoT ideal.

Los proyectos eclipse incluyen:

- **Paho** proporciona implementaciones de cliente del protocolo MQTT.
- **Mihini** es un tiempo de ejecución de Lua integrado que proporciona abstracción de hardware y otros servicios.
- **Koneki** proporciona herramientas para desarrolladores de Lua integrados.
- **Eclipse SCADA** es un completo sistema SCADA basado en Java/OSGi que proporciona comunicación, monitoreo, GUI y otras capacidades.
- **Kura** es un contenedor M2M basado en Java/OSGi para Gateway. Tiene soporte para Modbus, CANbus, MQTT y otros protocolos.
- **Mosquitto** es una implementación ligera del servidor de los protocolos MQTT y MQTT-SN escritos en C.

3. DESARROLLO METODOLOGICO

Este proyecto de adquisición y/o, censado, y transferencia de datos para su almacenamiento en una base de datos (MySQL) que se utilizara esta información para varias aplicaciones.

A continuación, se muestra el procedimiento en el cual se llevó el desarrollo del proyecto final. Metodología 3.1 instalación, 3.2. Diseño, 3.3 Integración, 3.4 Pruebas y resultados

3.1 Instalación

Se instaló el software del sistema IDE: Sistema Arduino ver 2.0 para Windows 11 (64 bit). Se configura el IDE del Arduino UNO para el ESP8266. Instalación XAMPP v3.3.0. Apache PID(s) 18772/21796 Port(s) 80,443. MySQL PID(s) 14248 Port(s) 3306

Se adquirió el hardware para la implementación: Sistemas embebido de ESP8266 (Fig. 2). Elementos electrónicos (potenciómetros, resistencias, cables, 'proto-board', fuentes de alimentación, sensores de temperatura y/o humedad Fig. 1, leds)

3.2 Etapa diseño

- Esp8266

- Sensor DHT11

Fig. 1. Diagrama de Armado del circuito Esp8266 y DHT11 [7]

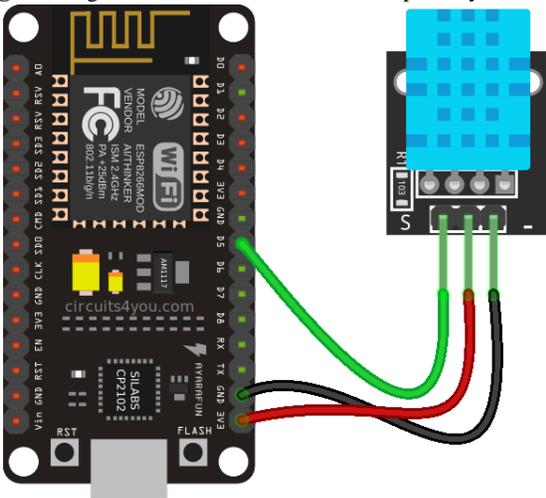
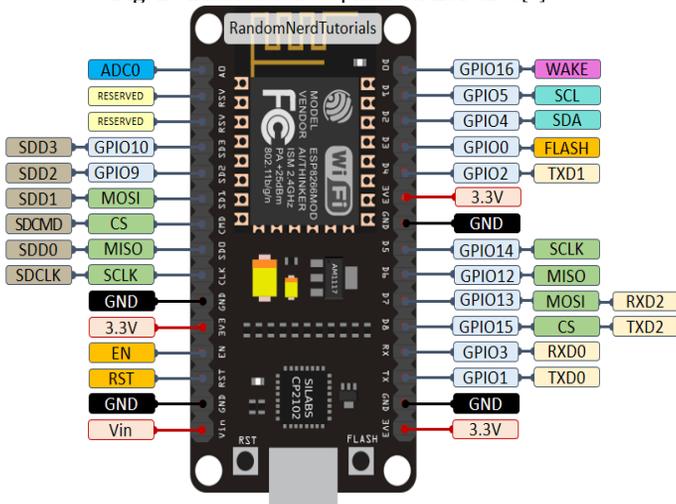


Fig. 2. Distribución de pines del ESP8266[7]



Instalación de software y configuración

Descargar el software XAMPP y instalación

Instalación: XAMPP v3.3.0

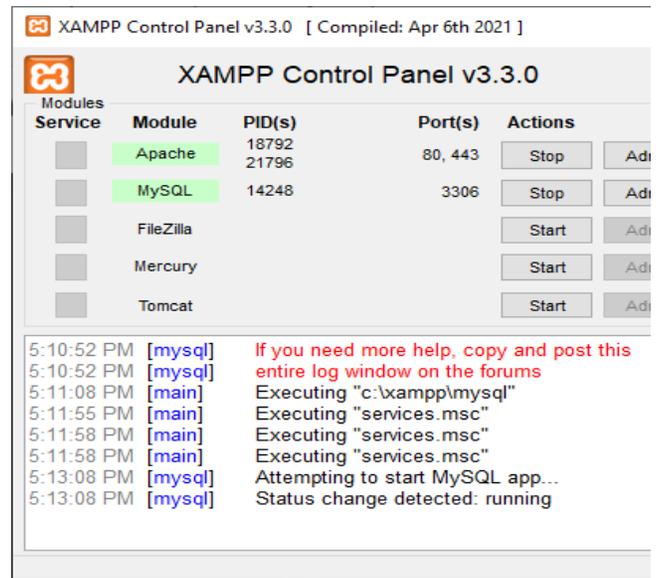
Iniciar: Apache PID(s) 18772/21796 Port(s) 80,443

MySQL PID(s) 14248 Port(s) 3306

Configuración de Servicios del XAMPP control Panel v3.3.0

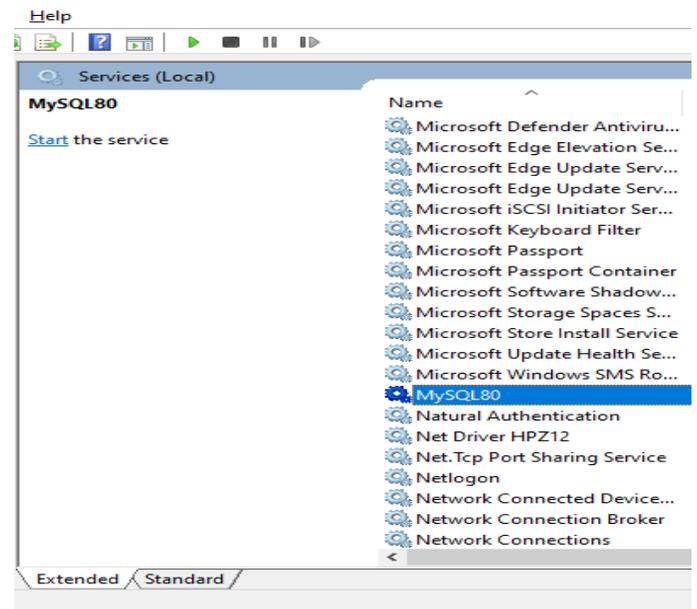
(Véase Fig. 3)

Fig. 3. Control Panel v3.3.0 XAMPP



Ir al XAMPP en el Control Panel v3.3.0, después ir al icono 'Services' que se encuentra de lado derecho, una vez encontrado pulsar el icono en seguida saldrá una lista de los servicios que están levantados en esta lista se tiene que buscar "MySQL80" (Fig. 4), a este servicio MySQL80 se tienen la opción de parar o correr el servicio. Para desactivar esta aplicación hay que parar el servicio, porque anteriormente se había instalado una versión de MySQL.

Fig. 4. Panel de servicios que muestra el MySQL80 a suspender



Después de haber terminado la configuración de XAMPP Control Panel v3.3.0, ahora se realizará la captura y la programación de un sitio web para la visualización, se abre el software de "Bloc de notas" y se copia la Lista 1. en la aplicación "Bloc de notas".

Una vez terminado la captura del **Listado 1**, se crea una carpeta o subdirectorio en la ruta "C:\xampp\htdocs\TutorialESP8266" aquí se salvar la **Lista 1** con el nombre *index.php* en tu computadora o laptop.

Listado 1 . Captura desde la Web datos de temperatura y humedad.

```
<?php
$temperatura = $_GET['temp'];
$humedad = $_GET['hum'];
echo "La temperatura es: ".$temperatura." <br> la
humedad es: ".$humedad;

$usuario = "root";
$contrasena = "";
$servidor = "localhost";
$basededatos = "tutorial";
```

```
$conexion = mysqli_connect($servidor, $usuario, "") or
die(" No se conectado al servidor de base de datos ");
```

```
$db = mysqli_select_db($conexion, $basededatos) or die ("
No se ha podido seleccionar la DB");
```

```
$fecha = time();
$consulta = "INSERT INTO datos (fecha, temperatura,
humedad) VALUES(".$fecha.", ".$temperatura.",
".$humedad. ")";
```

A continuación, ir a un sitio WEB con los exploradores (Chrome Google o Firefox, o Opera, etc.), teclear "localhost/TutorialESP8266/" , y ejecutarlo en cual se despliega, hasta se obtiene los datos con el código PHP del listado 1.

El siguiente paso es guardar los datos visuales del sitio WEB creado. Para verificar si los datos se están almacenado en la base de datos seguir los siguientes pasos

Ejecutar:

```
http://localhost/TutorialESP8266/index.php?temp=22.5
&hum=60
```

Al ejecutar lo anterior, esta muestra los datos de temperatura y humedad que censa el dispositivo DHT11 como se observa en la Figura 4.

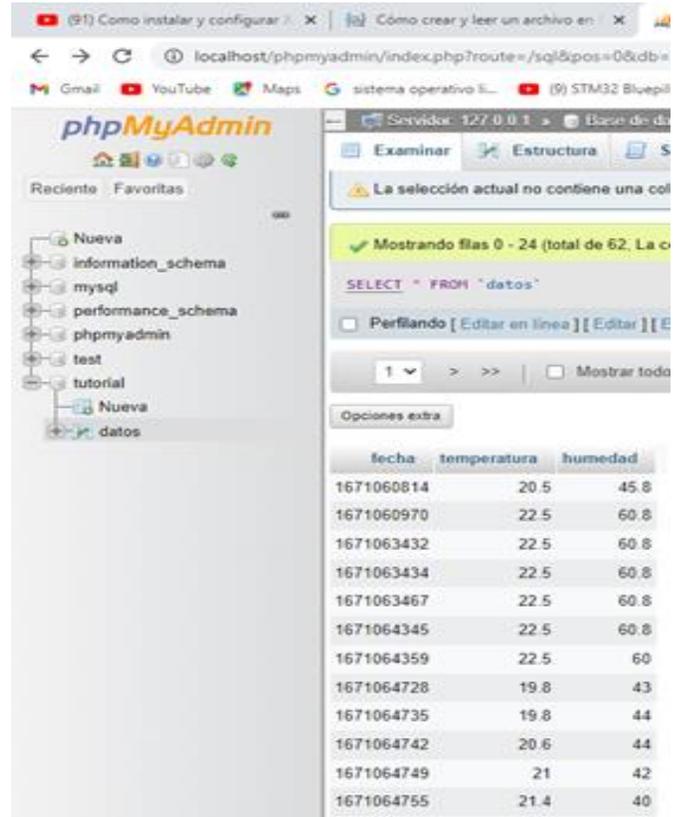
```
http://localhost/TutorialESP8266/index.php?temp=44.5
&hum=80
```

Para verificar si estos datos se almacenas y visualizan en la base de datos se genera una carpeta o subdirectorio con el nombre que uno desee para la aplicación se llamara "datos"

```
http://localhost/phpmyadmin/index.php?route=/sql&pos
=0&db=tutorial&table=datos
```

hasta aquí se terminó la captura y almacenamiento de datos de manera manual, ver la Figura 5.

Fig. 5. Datos en MySQL de la temperatura y la humedad



En esta etapa se generó el código en el IDE del Arduino uno.

3.3 Etapa integración

En esta segunda etapa se instaló el software necesario y no lleva un orden en su instalación. En primer lugar, se instaló y se configuró el IDE de Arduino para el ESP8266.

En esta etapa se configuró los dispositivos Bluetooth (BT) y el procedimiento es el siguiente: se abre un IDE nuevo en el Arduino y se carga el código del listado en la Fig. 6.

3.4 Pruebas y resultados

En la Figura 10, se muestra una fotografía del ESP8266, el sensor DHT11 y sus conexiones. Para esta etapa se enlista el código del ESP8266, con la aplicación Fig. 6.

A continuación, se tiene la conexión y desconexión del COM 6, que muestra el sensado de las variables temperatura y humedad y la *baud* de transmisión ver Figura 7.

Fig. 6. Código de Arduino para configura BluetoothDatos

```
Generic ESP8266 Module at ...
sketch_dec14a.ino
1 #include "DHT.h"
2 #define DHTTYPE DHT11
3 #define dht_dpin 0
4 DHT dht(dht_dpin, DHTTYPE);
5 void setup(void)
6 {
7   dht.begin();
8   Serial.begin(9600);
9   Serial.println("Humedad y temperatura\n\n");
10  delay(700);
11 }
12 void loop(){
13   float h=dht.readHumidity();
14   float t=dht.readTemperature();
15   Serial.print("humedad = ");
16   Serial.print(h);
17   Serial.print("% ");
18   Serial.print("Temperatura= ");
19   Serial.print(t);
20   Serial.println("C ");
21   delay(800);}
Output Serial Monitor x
Not connected. Select a board and a port to connect automatically.
humedad = 35.00% Temperatura= 18.60C
humedad = 35.00% Temperatura= 18.60C
humedad = 35.00% Temperatura= 18.60C
```

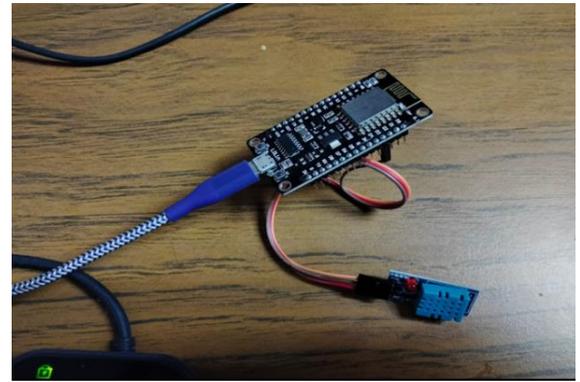


Fig. 7. Módulo de Bluetooth HC-05

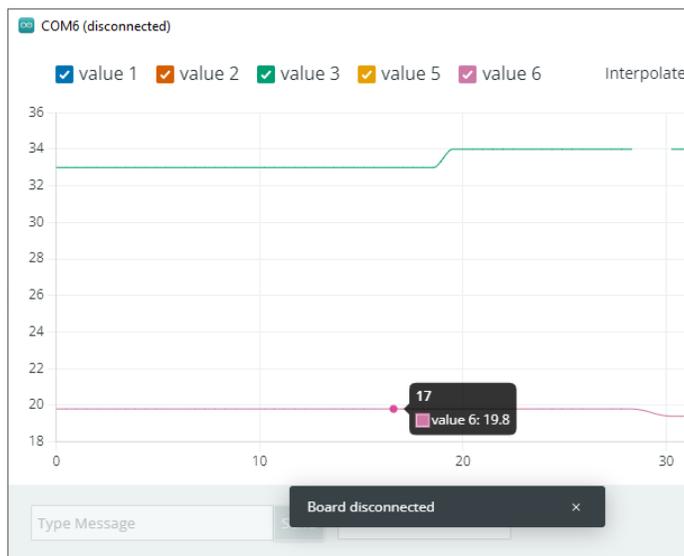


Fig. 8. Sistema ESP8266 y HC-05

4. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó una experiencia exitosa de capacitación a docente del curso “Internet de las Cosas: Introducción y aplicación” y se presenta resultado de un proyecto final IoT elaborado en el curso. El proyecto muestra los fundamentos teóricos del IoT y una aplicación experimental. La experiencia en el curso puede considerarse como una tecnología de red inalámbrica pequeña WiFi y Bluetooth seguras que puede proporcionar a los usuarios una conexión transparente con otros dispositivos habilitados de IoT. Este proyecto configura y controla dispositivos desde la Web como son el censado de temperatura y comandos digitales para activar dispositivos de control y comando tipo GPIO. Desarrollar plataformas y sistemas abiertos de IoT en cursos futuros que faciliten el quehacer humano como la implementación de negocios y aplicaciones basada en IoT.

Agradecimientos

Este proyecto fue realizado con los apoyos de la Secretaria de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional el su proyecto SIP 20220246.

5. REFERENCIAS

- [1] Sciuillo, L., et. al. *WoT Store*: doi: 10.48550/arXiv.1910.04617. 2019.
- [2] Naik, N. P. (2016). *Web protocols and challenges of in the Web of Things*. Recuperado 2/10/2023 de <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2016.7537156>
- [3] Sensor de Temperatura y Humedad Relativa DHT11. Recuperado 2/10/2023 de <https://importienda.com/es/inicio/35-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>
- [4] Librería ESP8266WiFi, Recuperado 1/10/2023 <https://esp8266-arduino-spanish.readthedocs.io/es/latest/esp8266wifi/readme.html>
- [5] ESP8266 DHT11/DHT22 Temperature and Humidity Web Server with Arduino IDE, Recuperado 2/10/2023 de <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-dht11dht22-temperature-and-humidity-web-server-with-arduino-ide/>
- [6] LM35 Tutorial. Recuperado 2/10/2023 de <https://hetprostore.com/TUTORIALES/lm35/>

- [7] Interfacing DHT11 with NodeMCU. 2/10/2023 de <https://circuits4you.com/2019/01/25/interfacing-dht11-with-nodemcu-example/>
- [8] El módulo Bluetooth HC-05, visto 2/10/2023 de <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/ConfigHC05.pdf>
- [9] TechMaker. Empezando con Arduino - 5F: Controla tu robot desde el celular (Bluetooth HC-05) <https://techmake.com/blogs/tutoriales/empezando-con-arduino-5f-controla-tu-robot-desde-el-celular-bluetooth-hc-05>
- [10] Hetpro, LM35 – El sensor de temperatura más popular, Recuperado 2/10/2023 de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>
- [11] NayLamp, mechatronics. Tutorial LCD, Conectando Tu Arduino a un LCD1602 Y LCD2004, Recuperado 2/10/2023 de: https://naylampmechatronics.com/blog/34_tutorial-lcd-conectando-tu-arduino-a-un-lcd1602-y-lcd2004.html
- [12] Eclipse IoT Project: Recuperado 2/6/2023 <http://iot.eclipse.org/>
- [13] Tinkerforge: 1/16/2023 <https://en.wikipedia.org/wiki/Tinkerforge>.
- [14] BeagleBoard: 2/10/2023 <http://beagleboard.org/>
- [15] Ammar Rayes & Samer Salam. Internet of Things from Hype to Reality. 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99516-8>.

Roberto Herrera-Charles: He obtained a B.S. degree in Electronics Engineering from the UAM, CDMX, Mexico in 1988, M.S. the Digital Systems by the CITEDI of the National Polytechnic Institute (IPN), Tijuana, Mexico in 1998 and Ph.D. in computer science from the Center for Computer Research at the IPN, CDMX, Mexico in 2008. Since 1990 he has been professor the Digital Systems at the CITEDI of the National Polytechnic Institute (IPN), Tijuana, Mexico. He has led several projects: Creating a specialty in Embedded Systems; to train human resources that support the development of the aerospace industry in the Baja California region, supported by the CONACYT Mixed Funds. He has published papers in JCR journals, international scientific journals, and participation in congresses. His research areas are telecommunications embedded systems; computer architecture and computing reconfigure with FPGAs.

Teodoro Alvarez-Sanchez: He is a professor working in parallel computing and Multicore/Manycore applied system. He received his master's degree in digital systems in 1994 and is also a Ph.D. student in Computer Science (CIC-IPN and University of California Irvine). Since 2009, he is a full-time professor at the Digital Technology Research and Development Center (CITEDI) of the National Polytechnic Institute (IPN), Tijuana, Mexico. He has led several research projects. He has published papers in JCR journals, international scientific journals, and participation in congresses. His research includes the Memory Consistency model, parallel programming, IoT, IA, ML and DL systems.