

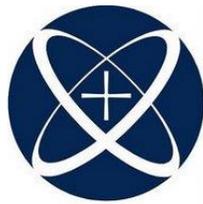
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática

Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Programa de ciudades inteligentes



ITESO

Universidad Jesuita
de Guadalajara

4L05 VIDA DIGITAL

**Configuración Gateway ZigBee-Libellium a instalarse en Bosque La
Primavera.**

PRESENTAN

Ing. Electrónica Teresa Dianelly Flores Ramírez

Ing. Electrónica Ricardo Alexis Landázuri Pérez

Ing. Electrónica Carlos Alberto Cortés Ruíz

Ing. Seguridad Informática y Redes Javier Sánchez Covarrubias

Profesor PAP: Luis Eduardo Pérez Bernal

Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2018

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	2
1. Introducción.....	3
1.1. Objetivos	3
1.2. Justificación.....	3
1.3 Antecedentes.....	4
1.4. Contexto	5
2. Desarrollo	6
2.1. Sustento teórico y metodológico	6
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	10
3. Resultados del trabajo profesional.....	12
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	18
5. Conclusiones.....	244
6. Bibliografía.....	255
Anexos (en caso de ser necesarios)	¡Error! Marcador no definido.

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El presente reporte describe las actividades realizadas para lograr la correcta configuración y programación de un Gateway Libelium-ZigBee a instalarse en los predios de la universidad en el bosque de La Primavera. Para lograrlo, fue necesario tener un entrenamiento previo, proporcionado por los profesores responsables, sobre las tecnologías involucradas, para posteriormente aplicar los conocimientos profesionales de este equipo multidisciplinar en la resolución de la tarea final. Se detallan los componentes técnicos seguidos, así como los resultados parciales obtenidos durante su elaboración. Al finalizar el proyecto se tuvo una red inalámbrica de sensores correctamente configurada e instalada en el sitio deseado, utilizando diferentes tecnologías, con el fin de evaluar su desempeño y poder tomar decisiones sobre las mejores alternativas para instalaciones futuras en el mismo u otros lugares como lo son el campus de la universidad y otros puntos de la ZMG.

1. Introducción

1.1. Objetivos

El objetivo de este PAP es utilizar diferentes tecnologías inalámbricas para comunicar sensores de temperatura y humedad de la tierra, y diferentes variables del medio ambiente para determinar la calidad del aire. Se trabajará en dos principales escenarios, uno que es dentro del campus del ITESO, como ambiente de desarrollo y pruebas, y el otro en un predio ubicado en el Bosque de La Primavera, con el mismo propósito. En ambos casos se utilizarán tecnologías similares, partiendo del trabajo realizado previamente por nuestros compañeros que han colaborado con el proyecto en semestres anteriores.

Obtener un conocimiento integral del polígono (terreno) del ITESO en el Bosque de La Primavera por medio de la medición y análisis de variables ambientales, abordando el problema desde distintas disciplinas de la ingeniería. Un objetivo particular consiste en cuantificar la recuperación del bosque en el polígono, como consecuencia de diversas medidas aplicadas tras incendios que empobrecieron el terreno. Para esto se tiene como meta la instalación de varios nodos sensores de temperatura y humedad del suelo, conectados mediante una red inalámbrica de sensores, y cuyos datos sean recolectados por un Gateway que los envíe a un servidor a través de internet.

1.2. Justificación

La realización de este proyecto pretende ser capaz de ayudar a la comunidad del ITESO a monitorear de forma remota variables de la calidad del medio ambiente a través del análisis de datos obtenidos por sensores colocados, en una primera instancia en áreas específicas del Bosque de La Primavera, y posteriormente replicar la solución dentro de las instalaciones del ITESO. También ayuda a los alumnos a poner en práctica y fortalecer sus conocimientos y habilidades obtenidos durante los años cursados en las diferentes carreras.

La calidad del aire en Guadalajara se puede calcular mediante la medición de datos en lugares estratégicos que permiten obtener cuál es la situación actual. Las diferentes variables determinan qué está causando mayores daños al aire que se respira y cómo es posible remediar ese problema.

Se espera que, con este proyecto las futuras generaciones que estén interesados en continuar con esta investigación y desarrollo tengan una base sólida desde la cual se pueda continuar con el crecimiento y mejora del proyecto.

1.3 Antecedentes

El ITESO es una universidad con perspectiva humanista y busca formar profesionales capaces de aplicar sus conocimientos para la mejora de su entorno. Fue así como en el año 2014 surgió, en el Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática, este Proyecto de Aplicación Profesional (PAP), como una manera de aportar una solución o alternativa al acelerado cambio climático y niveles de contaminación en la zona metropolitana de Guadalajara, así como al tema de "Ciudades Inteligentes". Por ciudad inteligente se entiende "aquella ciudad que se caracteriza por el uso intensivo de las Tecnologías de la Información en la creación y mejoramiento de los sistemas que componen la ciudad." (Cintel, 2018). Es por ello que este PAP busca aplicar las diversas áreas de conocimiento del departamento, para así crear y mejorar diferentes sistemas capaces de proveer soluciones a las diversas problemáticas presentes en nuestra ciudad. El propósito del programa es participar en un equipo multidisciplinario en el desarrollo de estrategias que promuevan la transformación de ciudades y territorios en ciudades inteligentes; la generación de conocimiento e indicadores de ciudades inteligentes en términos de espacios públicos, aspectos legales y jurídicos y el "Internet de las Cosas", entendido como la nueva forma de comunicar múltiples dispositivos, mayoritariamente sensores a través del internet con el propósito de medir diferentes variables e interpretarlas para tomar una decisión con base en ellas; "Living-Lab" e industrias digitales creativas. "Living-lab" se entiende como un espacio con sus propios recursos y habitantes, que permite la medición de variables como

lo son la temperatura, humedad, partículas contaminantes, entre muchas otras más, y que además funge como un espacio para experimentar, diseñar e innovar soluciones.

Desde entonces, se ha trabajado en este proyecto, a partir de diferentes aproximaciones, pero siempre teniendo en mente el mismo objetivo. Actualmente se cuenta con 2 sensores instalados en el campus de la universidad, y otros más en el Bosque de La Primavera, que se encuentran operando y enviando sus datos a un servidor web, encargado de recibir dicha información y almacenarla en una base de datos para su futura consulta. Dichos sensores forman una red inalámbrica para lograr la comunicación. Este trabajo ha sido realizado por compañeros del departamento y se busca darle continuidad e ir expandiendo y agregando funcionalidades al mismo.

1.4. Contexto

En la actualidad, la sociedad en general enfrenta un problema muy grave asociada a la contaminación. Según investigadores de la UdeG, el 64% de las muertes que sufren los tapatíos por enfermedades respiratorias están asociadas a los altos niveles de contaminación. (Armenta, 2009). Es por esto que el tema tiene un alto impacto en nuestra sociedad, y atenderlo es de vital importancia.

"El ITESO es el bosque universitario de Guadalajara. Contamos con 3,733 árboles de cerca de 254 especies diferentes, lo que nos hace uno de los lugares con mejor biodiversidad del Área Metropolitana de Guadalajara"(Acosta, 2017). El campus de la universidad es el lugar idóneo para experimentar, probar e innovar soluciones que ayudan a combatir la problemática encontrada. Se cuenta con una extensa área verde que favorece la medición de variables diversas, útiles para poner en marcha los diferentes proyectos diseñados.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

Para llevar a cabo este proyecto planteado para el PAP, se siguieron una serie de pasos y actividades para obtener los entregables esperados. Inicialmente se investigó sobre la tecnología ZigBee, su conexión en redes de sensores, su funcionalidad y características. Para esto fue necesario la familiarización con el protocolo, los radios de comunicación utilizados y la forma de transmitir a través de tramas y comandos.

Como apoyo para la realización de las actividades y lograr el objetivo, nos fue proporcionada documentación con información enriquecida sobre la tecnología a utilizar, junto con los dispositivos de módulos ZigBee con los que se trabajó en la realización de pruebas y propuestas para la solución y entregables de este proyecto.

La primera actividad de esta etapa del proyecto fue conocer, probar y utilizar la tecnología ZigBee. Esto para lograr una comunicación eficiente de la red de sensores, conectados a un coordinador, a través de uno o más replicadores o “routers” que permiten el envío de datos del coordinador a un servidor.

A continuación, se define algunos de los términos fundamentales a conocer para el entendimiento de las partes y tecnologías involucradas en el proyecto.

Protocolos de comunicación:

“El protocolo, se define como las reglas para la transmisión de la información entre dos puntos. Un protocolo de red de comunicación de datos es un conjunto de reglas que gobiernan el intercambio ordenado de datos dentro de la red.”

(Cedillo Méndez, J.L., Rafael Esteban, F., Salas Linares & L. O., 2010)

ZigBee:

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN) y tiene como objetivo las

aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones:

- Ultra bajo consumo que permite usar equipos a batería por prolongados lapsos.
- Bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos.
- Alcance corto (típico menor a 50 metros).
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 %.
- Velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps.

En ZigBee hay tres tipos de dispositivos:

- Coordinador:
 - Sólo puede existir uno por red.
 - Inicia la formación de la red.
 - Es el coordinador de PAN (Personal Area Network).
 - Requiere memoria y capacidad de computación.
- Router:
 - Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
 - Puede actuar como coordinador, en caso de que éste falle.
 - Es el encargado del enrutamiento, o envío de mensajes de un destino a otro, de saltos múltiples, es decir pasando por varios nodos en el camino.
- End Device:
 - Elemento básico de la red. Es típicamente quien tiene los sensores conectados, y únicamente se encarga de obtener mediciones y pasarlas a un Router o Coordinador, según sea la topología configurada.
 - No realiza tareas de enrutamiento.
 - Puede estar dormido la mayor parte del tiempo aumentando la vida de la batería

(Dignani, J. P. , 2011)

Sensor:

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases: - Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física. - La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje. - El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta. (De Jesús, 2011).

Red de Sensores Inalámbricas:

“Una gran cantidad de pequeños dispositivos, autónomos, distribuidos físicamente, llamados nodos de sensores, instalados alrededor de un fenómeno para ser monitoreado, con la capacidad de almacenar y comunicar datos en una red en forma inalámbrica.” (Tapia, F. O.)

Servidor:

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

Existen distintos tipos de servidores, y pueden ser virtuales o físicos. Podemos clasificarlos según sus capacidades, fabricantes y servicios prestados. Su propósito es almacenar la información obtenida y recibir las peticiones de consulta a la misma en escenarios futuros.

Dentro de ellos existen muchas categorías, de las cuales, para este contexto, es necesario enfocarse en las siguientes:

- Servidores web: este tipo de servidores se encargan de almacenar sitios en la red, y ser accesibles desde Internet. Pueden hospedar cualquier aplicación web, administrarla por completo, y mantenerla siempre disponible para quien lo requiera.
- Servidores de base de datos: lo más importante de estos servidores es la posibilidad de manejar grandes cantidades de datos y generar información. Para contener todo ese material generalmente se conectan a un "storage". (Marchionni, Enzo Augusto, 2011).

En este caso, el servidor utilizado es una combinación entre uno web y de base de datos, pues se accede a través de un navegador de Internet y su uso es para almacenar datos obtenidos.

Sigfox:

Los módulos Sigfox están diseñados para emitir mensajes pequeños. La comunicación en Sigfox es bidireccional, aunque está diseñado para favorecer las transmisiones desde el terminal a la base, más que los mensajes dirigidos desde la base hacia el terminal. Para autenticarse en la red, tanto los dispositivos como las bases tienen un identificador Sigfox único que los identifica en la red.

Sigfox transmite sobre frecuencias públicas y abiertas, aunque reguladas. Por tanto, requiere de aprobación de los órganos reguladores en cada país donde opere. Está diseñada para no ser móvil y para atender usos del IoT que requieren larga distancia o sistemas que contengan elementos aislados con escaso mantenimiento durante gran parte de su vida útil. Las características principales de SigFox, y que lo convierten en un actor clave del desarrollo del IoT, son:

- Tecnología de banda estrecha (Narrow Band).
- Bajo coste (tanto del dispositivo como del servicio).
- Muy eficientes en el uso de energía (pueden funcionar durante años a pilas).
- Gran cobertura.

- Requiere pocas estaciones base (miles de sensores pueden controlarse desde una misma estación).
- Excelente penetración bajo tierra, lo cual mejora la cobertura y amplía los usos.
- Sensibilidad de recepción de la señal relativamente baja en los terminales.
- Topología en estrella (facilita el despliegue y eficiencia energética).
- Robustez del servicio ante interferencias de la señal.

(Telefonica IoT, 2016)

Regulador de voltaje:

Los reguladores de voltaje son sistemas que permiten mantener un voltaje fijo en la salida independiente de la corriente requerida por la carga. Estos pueden ser tipo paralelo o serie. Si se requiere mayor precisión, el regulador puede ser realimentado, con lo cual también se podría obtener reguladores ajustables (voltaje de salida variable). Para el diseño de reguladores se debe conocer el voltaje y la corriente máxima requerida, así como la ondulación de la entrada. (Huircán)

Por otro lado, y de forma simultánea, para este proyecto se nos pidió entregar una documentación con los pasos y pruebas que estaremos realizando, de forma que, esto permita reflejar tanto los avances como los aciertos que tendremos en la investigación, diseño y desarrollo del prototipo del proyecto.

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

El proyecto tiene 2 vertientes, la primera es el desarrollo e implementación de una red de comunicación entre los módulos ZigBee y el módulo Libelium; la segunda es la continuación de la implementación de redes de sensores y el análisis de sus resultados.

- Comunicación entre los módulos ZigBee y Libelium: Esta sección consiste en realizar actividades para aprender el funcionamiento de red de dispositivos XBee y Libelium,

probando dichos sistemas y logrando una comunicación celular exitosa hacia el servidor.

- Plan de trabajo

Plan de Trabajo					
Entregable	Actividad	Subentregable	Referencia	Responsable	Fecha de entrega
1.- Prueba de operación de nodo sensor en campus ITESO para la Primavera.	1.1 Entrenamiento básico de funcionamiento Libelium al equipo	NA	NA	RALP	JS4
	1.2 Entrenamiento básico de funcionamiento ZigBee al equipo	NA	NA	RALP	JS5
	1.3 Armar nodo sensor Libelium con características especificadas previamente	Nodo Libelium	NA	JAPM	JS7
	1.4 Lectura sensores Libelium	Reporte Técnico	OneDrive/PAP-VD-P2018/Dream-Team/DT-R01	TEAM	MS8
	1.5 Construcción trama TD a través de sensores Libelium	Reporte Técnico	OneDrive/PAP-VD-P2018/Dream-Team/DT-R02	JSC & RALP	JS9
	1.6 Configuración de nodos ZigBee.	NA	NA	JSC & TDFR & CACR	MS10
	1.7 Lectura tramas Zigbee y traducción tramas 92 a 90	Reporte Técnico	OneDrive/PAP-VD-P2018/Dream-Team/DT-R03	JSC & RALP	JS12
	1.8 Construcción trama TD a partir de trama ZigBee	NA	NA	JSC & RALP	JS13
2.-Talent Land	2.1 Presentación de proyecto en Talent Land	Presentación	NA	TEAM	JS11
3. Convertidor de Voltaje	3.1 Análisis de requerimientos y obtención de materiales	NA	NA	TDFR & CACR	MS11
	3.2 Soldado de convertidor de Voltaje	Convertidor	NA	TDFR & CACR	JS14
	3.3 Pruebas de funcionamiento con módulos ZigBee	NA	NA	TDFR & CACR & RALP	JS15
	3.4 Fijado y armado final del convertidor con módulo ZigBee	NA	NA	TDFR & CACR	JS15
4.- Armado Módulos	4.1 Armado de módulos de sensado para instalar en la Primavera	Módulo Armado	NA	TEAM	JS15
5. Instalar Gateway en polígono la Primavera	5.1 Acudir a predio en bosque de la Primavera a instalar nodo Gateway	Reporte Técnico	OneDrive/PAP-VD-P2018/Dream-Team/DT-R04	TEAM	VS15
6. Reporte PAP	6.1 Documentar conforme a las actividades realizadas	Reporte PAP	OneDrive/PAP-VD-P2018/Dream-Team/DT-RF	TEAM	J15

- Desarrollo de propuesta de mejora

El anterior plan de trabajo indica las diferentes tareas realizadas durante la ejecución de este proyecto. Se diseñó pensando en el proceso necesario para poder completar las tareas indicadas como entregables finales de este, buscando que se tuviera una secuencia lógica y estratégica, con lo cual fuera posible llegar al objetivo final sin mayor inconveniente. Se dividió por entregables finales y por las tareas involucradas en cada uno de ellos para completarlos.

3. Resultados del trabajo profesional

A continuación, se describen los resultados obtenidos, de forma general, como parte de la elaboración de este proyecto. Para un mayor detalle de cada uno de ellos, se pueden consultar los reportes técnicos anexos, en los cuales se describen, con mayor profundidad, las tareas realizadas y los conceptos técnicos necesarios para comprender mejor la solución.

A lo largo de la realización de este proyecto se fue avanzando de forma gradual y obteniendo diferentes entregables. El objetivo principal fue el de programar el nodo coordinador tanto de dispositivos Libelium como ZigBee y que éste se comuniqué a través de datos celulares al servidor disponible en Internet para allí poder interpretar los datos recabados.

La primera parte consistió en el familiarizarse con todos los dispositivos y tecnologías involucradas y necesarias para la implementación de la solución. Para esto se tomaron como base los reportes y manuales de usuario realizados por compañeros que colaboraron con el proyecto anteriormente, así como la documentación técnica de los dispositivos proporcionada por las diferentes marcas. De igual forma se contó con asesoría por parte de los profesores responsables del PAP, para un mejor entendimiento. Una vez que se completó la fase de entrenamiento, fue cuando se pasó a la programación de las diferentes funcionalidades que debía tener el nodo coordinador.

Para ello, la primera tarea consistió en el entendimiento, la investigación y programación del nodo Libelium Waspote, que funge como nodo coordinador, y es el encargado de recibir las variables enviadas por los demás nodos presentes en la red, procesarlas y posteriormente hacer su envío al servidor en Internet. Para esto se realizó el primer código del coordinador en el que se obtuvo como resultado la exitosa recopilación de las variables obtenidas por los sensores del nodo Waspote y su correcto envío, a través de datos celulares, al servidor en Internet.

Lo que se muestra a continuación es el proceso que realiza para poder conectarse a Internet, validando primeramente si se tiene comunicación por datos celulares 3G y posteriormente si se puede establecer una conexión a la red. Una vez que se logra validar que ambos sean correctos, se imprime la fecha y se procede a enviar datos por medio de la conexión 3G establecida.

```
*****
APN: internet.itelcel.comwebgprs
LOGIN: webgprs
PASSWORD: webgprs2002
*****
3G module ready...
3G module connected to the network...
Set up done
Contactando servidor...
Network status: 1
□

HTTP query OK.

3G answer:http/1.1 200 ok
date: fri, 16 mar 2018 00:46:14 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8

11
ID;11;RS;Correct;
0
```

Imagen 1 muestra el resultado de la conexión exitosa a internet.

Esto es fundamental para el nodo coordinador instalado en el Bosque de La Primavera, pues en dicha ubicación no se cuenta con otro medio de comunicación debido a las condiciones del terreno y las señales que son recibidas allí.

La siguiente parte consistió en utilizar la trama API 0x90 para, a partir de ahí, construir la trama TD y enviarla al servidor de pruebas a través de comunicación celular 3G.

Aquí se puede observar un resultado de la trama TD ya recibida en el servidor de pruebas correctamente.

id	idNodo	data	fecha hora
342584	NPL	{"id":"NPL","ac":"","id":"","ts":"2018-02-26T11:00:02-0600","bat":"07.30","temp":"21.00","hum":"00.05"}	2018-02-26 11:00:02
342583	NPL	{"id":"NPL","ac":"","id":"","ts":"2018-02-26T11:00:01-0600","bat":"07.30","temp":"21.00","hum":"19.00"}	2018-02-26 11:00:01
342582	NPL	{"id":"NPL","ac":"","id":"","ts":"2018-02-26T11:00:00-0600","bat":"97","temp":"21.00","hum":"19.00"}	2018-02-26 11:00:00
342581	NPL	{"id":"NPL","ac":"","id":"","ts":"2018-02-22T17:41:00-0600","bat":"43","temp":"54.52","hum":"-25.81","co2":"3.30","no2":"0.00","o3":"0.00","co":"0.00"}	2018-02-22 17:41:00

Imagen 2 hace referencia a los datos insertados correctamente en el servidor.

Gracias a este resultado ahora sabemos cómo funciona la trama API 0x90, y la construcción de la trama TD, para poder realizar inserciones a la base de datos, a través de valores obtenidos por los sensores en un nodo Libelium Waspote.

El siguiente paso fue el de poder recibir tramas API 0x90, que ya era posible, y tramas API 0x92 enviadas por el otro tipo de nodos anteriormente descritos que son los ZigBee. En este segundo caso, al recibir tramas de este formato, éstas se debían interpretar y transformar al formato de la trama API 0x90, para poder hacer su envío al controlador del Waspote, procesarla como una trama TD y finalmente realizar la inserción de estos datos al servidor.

A continuación, se muestran los datos recibidos en formato API 0x92 y utilizando estos datos para generar la trama TD.

```
Valores:
AD0: 0.61
AD1: 0.61
AD2: 0.61
BAT: 98.39
```

Imagen 3 muestra los datos recibidos por Xbee y visualizados en Waspote.

Y a continuación reconstruir los datos y acomodarlos, según el formato de la trama TD, para poder enviar el mensaje al servidor como se muestra en la siguiente imagen.

```
ID;I1;AC;TD;TN;0;BAT;98.39;TmpS;0.61;TmpI;0.61;HumS;0.61
GET /nodos/sensiteso.php?data=ID;I1;AC;TD;TN;0;BAT;98.39;TmpS;0.61;TmpI;0.61;HumS;0.61 HTTP/1.1
Host: papvidadigital-test.com
Connection: close
```

Imagen 4 muestra la construcción de la trama TD y envío a través de request HTTP GET al servidor.

El siguiente paso consistió en la combinación de los anteriores dos códigos, para lograr que un mismo nodo controlador Wasmote, fuera capaz de recibir x número de tramas ZigBee, enviadas por dichos módulos, y periódicamente obtener los valores de los sensores Libelium conectados a él. Un reto importante aquí es el administrar de la mejor forma posible la batería de los sensores, para que su consumo sea mínimo y lograr extender la vida útil de los mismos; la ubicación y condiciones del terreno hacen difícil el estar haciendo cambios constantemente en los mismos. Por este motivo, se analizó que, para mantener el nodo coordinador en un estado mínimo de consumo de energía, la tarjeta de comunicación celular debe mantenerse apagada el mayor tiempo posible y sólo encenderse cuando sea necesario. Este es uno de los componentes que más batería consume, al mismo tiempo que genera costos de operación, por requerir de un proveedor de servicios de comunicación celular para tener conexión a Internet. Es por ello, que se diseñó el programa de tal modo que fuera capaz de recibir 4 tramas ZigBee, construir a partir de cada una de ellas su respectiva trama TD, y almacenarlas. Una vez que se tienen las cuatro tramas, se ejecuta la subrutina de obtener las mediciones de los sensores del nodo Wasmote y se construye una quinta trama TD, para posteriormente encender e inicializar la tarjeta de comunicación celular, y enviar cada trama obtenida, de una por una, al servidor en Internet. De este modo fue posible disminuir el consumo de la batería y hacer también más eficiente el manejo de la comunicación celular en cuestión de gastos de operación. A continuación, se muestra una imagen de su funcionamiento:

```
GET /nodos/sensiteso.php?data=ID;P22;AC;TD;TN;0;BAT;145.45;TmpS;83.53;TmpI;1.20;HumS;-1.00 HTTP/1.1
Host: papvidadigital-test.com
Connection: close

Network status: 1
□

HTTP query OK.

3G answer:http/1.1 200 ok
date: fri, 04 may 2018 00:55:35 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8

12
ID;P22;RS;Correct;
0

GET /nodos/sensiteso.php?data=ID;NPL;AC;TD;IS;18:05:02:18:05:10;BAT;93;Temp;23.23;Hum;58.13;CO2;0.00;NO2;1.14;O3;0.00;CO;2.09 HTI
Host: papvidadigital-test.com
Connection: close

Network status: 1
□

HTTP query OK.

3G answer:http/1.1 200 ok
date: fri, 04 may 2018 00:55:54 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8

12
ID;NPL;RS;Correct;
0

*****
```

Imagen 5 muestra el envío de 5 tramas TD (4 a partir de ZigBee y 1 Libelium a través de request HTTP GET al servidor, una a la vez.

La última etapa consiste en la visita a los predios del polígono ubicado en el Bosque de La Primavera para la instalación del nodo Libelium como Gateway y dos nodos ZigBee, uno funcionando con batería, y otro con una celda solar para su recarga. Esto con el fin de poder probar ambos escenarios y determinar, con base en su desempeño, la opción más viable

para futuras instalaciones. Ambos nodos ZigBee obtienen los valores de temperatura y humedad de la tierra. La caja con el módulo ZigBee y su respectiva antena serán fijados a un tubo de PVC, mientras que los sensores estarán enterrados para obtener los valores de las variables a medir.

Asimismo, se instalará un nodo SigFox, para medir y evaluar su desempeño, y comparar con la tecnología actual para tener una referencia y determinar cuál es más viable a implementar considerando la relación costo-beneficio.

Por último, se harán pruebas de alcance de la señal y comunicación entre sensores ZigBee, con la ayuda de un dron. En este dron se pondrá un nodo ZigBee configurado como Router, que estará enlazado a un coordinador fijo en el sitio de la visita. Se harán las pruebas de rendimiento pertinentes y un análisis posterior con base en los resultados obtenidos.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

Este proyecto me permitió poner en práctica conocimientos adquiridos durante mis estudios, sobre todo en la parte de programación, para lograr controlar el nodo que funge como coordinador de la red. Fue un reto interesante pues involucra tecnologías nuevas para mí, y para lo cual fue fundamental mi colaboración en un equipo multidisciplinar, pues así, pude comprender mejor los elementos con los que no había interactuado anteriormente, como lo es la red inalámbrica de sensores, el uso de componentes electrónicos como sensores de humedad y temperatura; convertidores de voltaje; diferentes tipos de baterías y celdas solares, entre otros más. Aprendí que, profesionalmente hablando, es imprescindible contar con un equipo de trabajo variado, mediante el cual se pueda abordar cualquier problemática desde diferentes puntos de vista y aplicar lo mejor de los conocimientos de cada quien, para desarrollar la mejor solución posible.

Javier.

Este proyecto me sirvió para reforzar conocimientos vistos en semestres anteriores, como la comunicación con el protocolo ZigBee, programación orientada a objetos y diseño de PCBs, también me ayudó a darme cuenta de las habilidades de organización y compañerismo que tengo. Me gustó el desarrollo de este proyecto porque me gusta e interesa la problemática que ataca, la calidad del aire en la zona metropolitana de Guadalajara es un tema que debería interesarnos a todos y en este espacio podemos tomar acción en el asunto. Sé que esta parte es previa a la toma de decisiones, esta parte es la medición para ver cómo está el aire, la prueba de los dispositivos y su funcionamiento, la prueba de conectividad y más, pero ya es un paso más a poder hacer un cambio. Con este proyecto aprendí a llevar un proyecto ya empezado al siguiente paso y creo que es muy importante esa habilidad porque en la vida real no siempre uno empieza los proyectos, esta habilidad de adaptarse y comprender diferentes métodos de realización de proyectos es muy importante.

Teresa.

Este proyecto me ayudo en el uso de los conocimientos requeridos a través de la carrera, en trabajar en un equipo multidisciplinario, tomando en cuenta que tuve un semestre de receso. Fue mi primera experiencia en trabajar en un sistema el cual ya tenía un proceso con varias fases terminadas, además de ser la primera vez en gestionar un sistema de sensores tan completo teniendo en cuenta que estos son conectados a un end device hasta el envío de la información a un servidor. En resumen, los conocimientos que repase de mi carrera fueron el protocolo ZigBee, el soldado de PCB, uso de sensores, envío de paquetes a un servidor, programación en un sistema embebido tomando en cuenta que éste tiene limitaciones como es la memoria. Aprendí a organizar el trabajo en distintas personas para optimizar el desarrollo del proyecto, además de aprender algunos comandos para el manejo de envío de paquetes a través de HTTP.

Carlos.

Durante el desarrollo del PAP fui adquiriendo diferentes competencias, las cuales fui desarrollando gracias a las diferentes tareas que se me presentaron en el proyecto.

Los saberes que se pusieron a prueba principalmente fueron; el trabajo en equipo, el recordar lo que se vio en clases pasadas para aplicarlo en las actividades de este proyecto, una de las materias que más aportó hacía dichas actividades fue “redes” por la parte de transmisión de tramas inalámbricamente, casualmente en dicha clase habíamos visto algunos ejemplos sobre tramas xbee lo que nos facilitó un poco la teoría.

Lo mejor de la realización de este proyecto fue el saber que lo que se realizó tendrá una utilidad real en la vida, en este caso al saber que nuestra parte del proyecto podrá ayudar al bosque de la primavera a poder tomar muestras de temperatura y humedad. Lo que más me quedó y la mayor enseñanza que tengo es que al realizar un proyecto no sólo basta hacer un código, sino que hay que tener en cuenta desde la instalación de los equipos, donde intervienen variables físicas que podrían causar interferencias en el sistema de comunicación inalámbrico, realización de pruebas para optimizar los recursos y encontrar la manera más eficiente entre varias posibilidades para realizar la misma actividad.

Ricardo.

- Aprendizajes sociales

El desarrollo de este proyecto fue gratificante para todo el equipo, desde el principio se presentó la problemática y comenzamos por adiestrándonos en los programas a utilizar para que todos podamos participar en el desarrollo, una vez empapados con el proyecto continuamos por analizar la problemática para ver que necesitábamos y hasta donde podíamos llegar en los meses que tenemos de espacio. Gracias a este proceso por el que pasamos, nos sentimos confiados y consientes de las necesidades y de los obstáculos que se presentan en la creación de un proyecto. Entendemos la problemática y nos basamos en objetivos para ir desarrollando el proyecto, fuimos haciendo secciones del proyecto hasta que terminamos lo que pudimos, aun con los obstáculos y falta de conocimiento pudimos superar el objetivo. Nos sentimos satisfechos de estos meses de trabajo ya que contribuimos al análisis de variables del medio ambiente que muestran la calidad en la que se encuentra en el bosque de la Primavera, siendo un pulmón de la zona metropolitana de Guadalajara es muy importante saber cuál es su estado, ya que, en un futuro, mas punto de análisis se podrán poner y así ver la calidad de aire en la zona metropolitana de Guadalajara y con eso, tomar decisiones en cuestión me mejora a la ciudad.

- Aprendizajes éticos

La experiencia vivida me parece muy enriquecedora para mi persona, pues me facilitó el comprender y ver el impacto tan positivo que puede tener el aplicar mis conocimientos en un proyecto de este tipo. Sin lugar a duda, me quedo con la sensación de que es una excelente forma de aportar algo para mi comunidad, desde mi área de estudios. Esto me lleva a querer seguir colaborando y a aprender nuevas formas de aplicar mis conocimientos para la mejora de nuestro entorno.

Javier.

Esta experiencia es muy interesante, uno se adentra sin conocer mucho, solo lo que se dice de boca en boca, pero cuando uno se adentra y realmente se toma en serio la problemática es muy gratificante el poder contribuir intelectualmente la mejora común. Este proyecto

ataca una problemática muy interesante, que es la calidad del aire, el aire que respiramos todos, poder tomar acción y llegar a una propuesta de solución es increíble.

Teresa.

Esta experiencia fue muy interesante, porque uno es capaz de aportar sus conocimientos para una causa ecológica, el poder adentrarse en el trabajo de personas que se interesa por el medio ambiente y contribuir a su causa es gratificante, por lo que motiva a dar un esfuerzo extra para mejorar el medio ambiente, además es importante observar como el trabajo con dedicación puede traer buenos resultados como es la zona que ha sido reforestada.

Carlos.

El compromiso adquirido con nosotros mismos, nuestros compañeros y profesores, con nuestra institución y con la sociedad por la aplicación y beneficios que nuestro trabajo puede generar en un futuro para todos nosotros, nos motivó e incentivó a respetar siempre el trabajo de los demás, sus tiempos, dar individualmente nuestro mayor esfuerzo y ser honestos con nuestros conocimientos, aptitudes, habilidades y debilidades, aprendiendo del otro y teniendo humildad, compartiendo con los demás aquello que hemos aprendido a lo largo de nuestra carrera y sobre todo entendiendo que siempre hay mucho más por aprender y por hacer desde nuestra área para servir o beneficiar a nuestra comunidad y a la sociedad, adquiriendo un compromiso de servicio.

Ricardo

- Aprendizajes en lo personal

El PAP me ayudó a reconocer mis buenas habilidades para trabajar en equipo, y el aprender a colaborar con otros puntos de vista y conocimientos profesionales. Aprendí que siempre existen diferentes formas de abordar un problema, y que en conjunto se puede llegar a una solución integral aplicando los mejores elementos de cada área. Asimismo, aprendí que se le puede dar una gran utilidad a mis conocimientos profesionales, para la mejora de nuestro entorno, y que es posible aportar algo para combatir la problemática que enfrentamos,

como lo son los elevados índices de contaminación en la ciudad. Considero que es fundamental que todos abordemos este tema, pues el bosque es el pulmón de la ciudad en la que vivimos, y mismo que cada vez se ve más deteriorado por las actividades e imprudencia humana. Me gustaría continuar con la elaboración de este, u otros proyectos similares, que tengan este objetivo en común, pues lo veo como algo muy necesario para nuestra comunidad.

Javier.

Este PAP me ayudó a conocerme en situaciones bajo presión, me ayudo a reafirmar mi comportamiento en momentos de entrega, también me ayudo a confiar en mis compañeros y a tomar en cuenta sus habilidades para poder tener un mejor resultado. La participación activa de los profesores me dió a entender que es tener un mentor, una persona que te vaya guiando y provea una perspectiva de conocimiento en el campo que ayuda a aclarar ideas. Me ayudó a reforzar conocimientos previos que de otra manera no los hubiera recordado, la practica hace al maestro. Me gustó el tema que se presentó y como se planea solucionarlo, el ser parte de este avance de proyecto es muy gratificante y espero poder participar otra vez.

Teresa.

El PAP me sirvió en conocer mis habilidades trabajando con distintos puntos de vista, el recordar y repasar conocimientos de mi carrera. Fue importante para mí ir a la parte que se está reforestando, porque me dejo ver la importancia que tiene nuestro trabajo en el medio ambiente y como este repercutirá para su mejora. Hoy en día la tecnología está facilitando muchos procesos al ser humano, así que darle una utilidad para mejorar nuestro ecosistema sería muy importante el medio ambiente el cual ha sido maltratado de forma colosal por el ser humano, así que el trabajar en proyectos como este da cierta satisfacción, el saber que estas aportando conocimiento para mejorar tu mundo. Espero aportar más al medio ambiente en futuros proyectos personales y hacer conciencia a los demás sobre nuestro futuro.

Carlos.

Al realizar este PAP me di cuenta de que al hacer cualquier actividad o proyecto se debe tener en cuenta la utilidad e importancia que tendrá la actividad que se esté realizando, esto con el propósito de siempre tener la meta final en mente y así poder ir ajustando y mejorando el proyecto paso a paso. Al ir realizando este proyecto me ayudó a mejorar mi trabajo en equipo y a reforzar los conocimientos que había tenido sobre xbee, ya que el proyecto nos concentró principalmente en el desarrollo de un código funcional en donde se tomaran muestras y fueran enviadas por internet hasta una base de datos exitosamente.

Ricardo.

5. Conclusiones

Se logró cumplir con los objetivos iniciales planteados, culminados con la visita a los terrenos en el bosque de La Primavera. Durante todo el semestre, se estuvo trabajando en los entregables previstos para ir concretando tareas parciales, que eran fundamentales para ir avanzando y completando pasos en pro del objetivo final. En un inicio habíamos contemplado un menor tiempo para realizarlas, sobre todo en la parte del entrenamiento, por lo que esto nos retrasó un poco. Sin embargo, se pudieron concretar y probar conforme a lo esperado.

La visita a La Primavera nos permitió poner todo en prueba, y validar que el trabajo que habíamos realizado fuera el adecuado. Lo más importante fue el tener toda la documentación sobre lo realizado, para tener una base sobre la cual sea posible continuar trabajando en futuros semestres. Además, que sirva como una forma de medir avances respecto a lo que se tenía antes y después, y poder tomar decisiones sobre las nuevas configuraciones con base en los resultados obtenidos.

La siguiente etapa consiste en el analizar, después de un tiempo, los valores que se estén obteniendo a partir de los sensores instalados en el bosque, con el fin de poder evaluar su desempeño y determinar si éste es óptimo o no. Realizar las modificaciones y mejoras necesarias, para que la solución e implementación sea cada vez más completa y efectiva.

6. Bibliografía

- Juan Carrillo Armenta. (2009). Rebasa la contaminación del aire en la ZMG los estándares de la OMS. 13.02.18, de Universidad de Guadalajara Sitio web: <http://www.udg.mx/es/noticia/rebasa-la-contaminacion-del-aire-en-la-zmg-los-estandares-de-la-oms>.
- CINTEL. (2018). Ciudades Inteligentes. 13.02.18, de CINTEL Sitio web: <https://cintel.org.co/innovacion/ciudades-inteligentes/>
- Telefonica IoT. (18 de Octubre de 2016). *Sigfox, tecnología para la digitalización del mundo físico*. Obtenido de IoT Connectivity Hub, Industry: <https://iot.telefonica.com/blog/2016/10/es-sigfox-iot-lpwa>
- Cedillo Méndez, J. L., Rafael Esteban, F., Salas Linares, L. O. (2010). Optimización de ancho de banda para sistemas gsm. (Tesis licenciatura). Departamento de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dignani, J. P. (2011). Análisis del protocolo Zigbee. (Tesis licenciatura). Departamento de informática. Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf
- Huircán, J. I. (s.f.). Reguladores de voltaje. Obtenido de Universidad de La Frontera Departamento de Ingeniería Eléctrica: http://quidel.inele.ufro.cl/~jhuircan/PDF_CTOSII/reguieeee.pdf
- Marchionni, Enzo Augusto Administrador de servidores. - 1a ed. - Buenos Aires: Fox Andina; Banfield - Lomas de Zamora: Gradi, 2011.
- Tapia, F. O. (s.f.). semanticscholar. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/6f64/5f54541108feb43d18a9f606e22bdc8d888a.pdf>