

28

Fecha de presentación: octubre, 2018

Fecha de aceptación: diciembre, 2018

Fecha de publicación: febrero, 2019

SISTEMA DE MONITOREO

PARA LA GESTIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EMPLEANDO SERVICIOS EN REDES AD-HOC E IOT

MONITORING SYSTEM FOR THE ELECTRICAL CONSUMPTION MANAGEMENT USING SERVICES IN NETWORKS (NETS) AD-HOC AND IOT

Byron Oviedo¹

E-mail: boviedo@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5366-5917>

Ángel Torres Quijije¹

E-mail: atorres@uteq.edu.ec

José Luis Tubay¹

E-mail: jtubay@uteq.edu.ec

José Pacheco Zamora¹

E-mail: joseandrespz@gmail.com

¹ Universidad Estatal de Quevedo. Ecuador.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Oviedo, B., Torres Quijije, A., Tubay, J. L., & Pacheco Zamora, J. (2019). Sistema de monitoreo para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios en redes AD-HOC E IOT. *Universidad y Sociedad*, 11(2), 184-192. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

RESUMEN

El presente trabajo se basa en implementar una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del consumo energético empleando servicios en redes Ad-Hoc e Internet de las Cosas, esta red está constituida por 2 nodos router, los cuales realizarán el envío de los valores eficaces del voltaje y amperaje detectados por sus sensores integrados conectados a través del protocolo ZigBee2 (IEEE 802.15.4) con un nodo coordinador (estación base); además conectado a un servidor de telemetría encargado de almacenar la información referente a la red Ad-Hoc, la misma que permite el ingreso a la información por parte de los usuarios a través de una interfaz web. Finalmente, se implementó la red en las oficinas de la empresa Alfabet Sucursal Quevedo, para la recopilación de datos referente al consumo realizado por diferentes equipos de Telecomunicaciones proporcionados por la empresa.

Palabras clave:

Redes, sensores, telemetría, Ad-Hoc, zigBee.

ABSTRACT

The present work is based in implementing a network(net) of wireless sensors for the monitoring of the energetic consumption using services in networks(nets) Ad-Hoc and Internet of Things, this network(net) is constituted by 2 nodes router, which will realize the sent of the effective values of the voltage and amperage detected by the integrated sensors connected across the protocol ZigBee2 (IEEE 802.15.4) with a coordinating node (base station) in addition connected to a servant of telemetry entrusted of storing the information relating to the network(net) Ad-Hoc, the same one that allows the revenue of the information on the part of the users across a web interface. Finally, it was implemented the network (net) in the offices of the company Alfabet Sucursal Quevedo, for the summary of information relating to the realized consumption.

Keywords:

Networks (Nets), sensors, telemetry, Ad-Hoc, zigBee.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de energía eléctrica es considerado un pilar fundamental de la sociedad, llegando a depender tanto de ella para el diario vivir; su gran demanda tiene impacto significativo en recursos esenciales de los seres vivos, forzando al ser humano a la búsqueda de nuevas alternativas energéticas amigables con el Medio Ambiente y satisfacer su demanda. La irresponsabilidad de numerosos usuarios provoca diferentes inconvenientes tales como; aumento del coste a cancelar por parte del usuario provocando así una creciente demanda energética para el estado y mayor escasez de recursos no renovables.

Para la creciente demanda global energética son notables diferentes terminales esenciales para su incremento, como la dinámica demográfica, industrialización, avances en la medicina y el cambio de las condiciones de vida de la población, vinculado inicialmente al alto crecimiento económico y a las transformaciones sociales. Según Economía Política de las Transiciones Democráticas se proyectó un crecimiento del 3.2% anual de la economía del ámbito mundial hasta el año 2015. Los países en vías de desarrollo contienen un mayor porcentaje en su crecimiento como es un 58% para el 2020. Debido al mejoramiento de los niveles de vida y la industrialización contribuirán en el crecimiento de la demanda energética (Benito, 2006). Con el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas se consideran nuevos métodos para la conservación de recursos energéticos, dentro de este ámbito comprende el estudio de las telecomunicaciones basándose en la creación de nuevos procesos y herramientas capaces de permitir el manejo de información; en el caso del presente proyecto se busca utilizar las telecomunicaciones como herramienta para el fortalecimiento del ahorro y optimización del consumo eléctrico.

La finalidad del presente proyecto denominado "**Redes de Sensores inalámbricos para el monitoreo del consumo energético empleando servicios en redes Ad-Hoc e IOT**" consiste en el desarrollo de un sistema que emplee los servicios de una red inalámbrica móvil de sensores los cuales gracias a un servidor de telemetría permita la recolección de información referente al uso eléctrico de los dispositivos y a su vez permitir a usuarios externos gestionar las acciones para el control del consumo en cada dispositivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como se describe en el Balance Energético Nacional; históricamente, el sector transporte tiene una participación del uso energético del 40% durante el periodo 2000

y 2015. El siguiente sector con mayor demanda energética ha sido la industria con un 20%. Finalmente, en tercer lugar, el sector residencial donde el consumo eléctrico se incrementó en un 54% entre los años 2005 y 2015, pasando de 933kWh/per cápita a 1.436kWh/per cápita. Esto debe entenderse como un mejoramiento de las condiciones de vida de los ecuatorianos, considerado un incremento del 90% en el consumo eléctrico en ese periodo de tiempo. Mientras tanto, el consumo eléctrico per cápita aumentó en 2% entre 2014 y 2015 (Medina, 2016).

Para el desarrollo económico y social el consumo de energía es un elemento fundamental, que permite un estilo de vida más cómodo para el diario vivir, el derroche desmesurado de energía eléctrica conlleva diversos inconvenientes; sobre el ecosistema, recursos de energía no renovables e inseguridad del abastecimiento energético por parte del estado, incremento del coste tarifarios de kWh para los abonados. En la mayoría de las ocasiones el consumo eléctrico no se encuentra en constante monitoreo por parte de los usuarios, solo prestándose a cancelar las tarifas sin verificar los consumos.

Para la mayoría de países desarrollados el abastecimiento de energía domina un lugar importante en la agenda política. Su importancia se vincula en sectores de comercio y competitividad industrial, el confort de la población, el objetivo de reducción de emisiones de efecto invernadero (GEI) y los beneficios de la seguridad de abastecimiento energético.

Los servicios energéticos cubren una amplia demanda necesaria para el diario vivir de las personas como son: confort (calefacción, aire acondicionado), iluminación, transporte, refrigeración, tecnologías de información, comunicación, producción de bienes y servicios, entre otros. La creciente demanda de estos recursos produce una pérdida de los recursos primarios utilizados por el gobierno para proveer la energía necesaria para satisfacer su demanda.

El desperdicio de energía es un problema que tiene dos causas principales: ineficacia de las instalaciones eléctricas; así como un uso irracional de la energía, consecuencia de malos hábitos y acciones. Como ejemplo; una refrigeradora de 340 litros de capacidad, fabricada en los años 90, consume 1.300 kWh/año, lo que representa un costo aproximado de US \$ 130 por año (con un costo del kWh de 10 centavos de dólar). Una refrigeradora eficiente consume 400 kWh/año que, al mismo costo por kWh, representa un costo de US \$ 35 por año (Ecuador. Ministerio del Ambiente, 2010).

La tendencia mundial y de países industrializados como es el caso de los países que conforman la Unión Europea

es reducir la intensidad energética: como se puede observar entre los años 1980 y 2012 reduciendo su consumo de 200 MTep/T USD a 120 MTep/T USD; mientras que los países en vía de desarrollo como es el caso de América Latina y El Caribe (incluyendo Ecuador), en la década de los 80 con un 90 MTep/T USD venía en un crecimiento lento hasta estabilizarse en la década de los 90 aproximado de 90 MTep/T USD. A partir del 2000 se empieza a tener una reducción de la intensidad energética fruto del desarrollo experimentado en la región y a múltiples políticas de desarrollo productivo y emprendimiento de programas de eficiencia energética. El plan de eficiencia energética introducido por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable establece el cambio a luminarias eficientes, refrigeradoras, aires acondicionados y calefones (Ecuador. Consejo Nacional de Electricidad, 2013).

En este trabajo se procede a realizar las correspondientes pruebas en las conexiones de los diferentes dispositivos que empleen los sensores encargados de enviar los datos del estado del equipo al servidor y los actuadores encargados del encendido o apagado mediante las decisiones tomadas por el usuario.

Luego se verifica los diferentes parámetros necesarios en la red a implementar como son el voltaje suministrado a los dispositivos, el valor de corriente que circula en los dispositivos y la descripción de los paquetes que utilizan. Así mismo se verifican las funciones para el servidor de telemetría realizando las pruebas necesarias para la verificación de los mismos para luego analizar los datos del consumo eléctrico enviados por los sensores en los dispositivos, como también las acciones planteadas para los dispositivos de la red.

A continuación, se determina las diferentes secciones que conforman el proyecto como es el diseño de la red inalámbrica y teniendo más énfasis sobre el servidor el cual recolecta los datos de cada dispositivo para la presentación de estos al usuario, también permitiendo al usuario crear reglas para el acceso a la energía eléctrica.

Una de las finalidades del proyecto es la integración de redes móviles Ad-hoc en servicios del internet de las cosas, para lo cual se emplearon equipos calificados en realizar una correspondiente interconexión entre ellos sin importar su movilidad. En la 1 se tiene una vista general del funcionamiento, como primer punto la utilización de redes Ad-Hoc por parte de nodos en este caso los XBee, permitiendo el intercambio de paquetes de forma arbitraria entre ellos, también se cuenta sobre el nodo coordinador un módulo NodeMCU; el cual permita la comunicación de cada nodo con un servidor remoto TCP/IP.

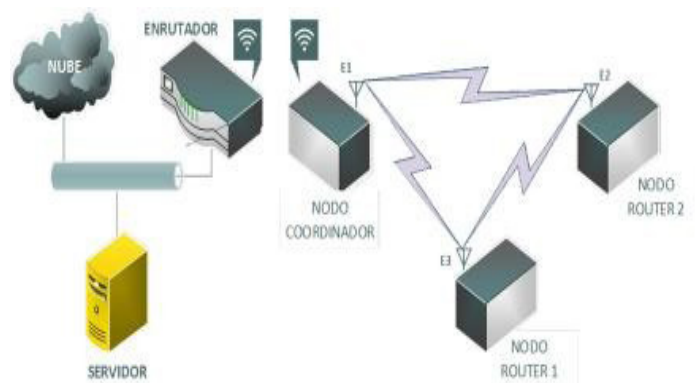


Figura 1. Arquitectura general del sistema.

Para este caso se configuró un servidor web disponible para la recopilación de información procedentes de los dispositivos, permitiendo contar con un registro del consumo realizado en tiempo real, de la misma forma es esencial permitir la interacción de los dispositivos con los usuarios del servidor.

Como primer caso es necesario la utilización de sensores con capacidad de soportar el voltaje utilizado por las instalaciones eléctricas más comunes en una vivienda, para estos casos los sensores tienen la facilidad de soportar un voltaje máxima de 240, en ello se destacan dos tipos de sensores uno de corriente y otro de voltaje los que permitan estimar el consumo de los equipos conectados en los tomacorrientes y el sistema en total también cuenta con su módulo de comunicación en este caso un XBee encargado de enviar y recibir datos tal como se puede apreciar en la figura2.

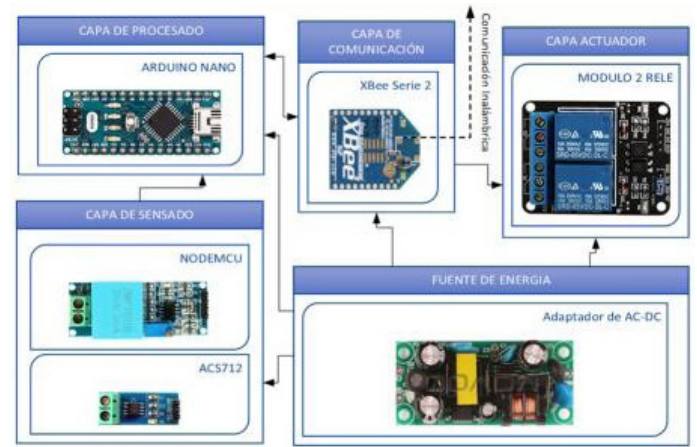


Figura 2. Arquitectura general del sistema.

Por otra parte, el nodo coordinador cuenta con una arquitectura de comunicación más simple. Empleando solo tres capas, pero a su vez muy importantes, esta implementación permite la adaptación de la red Ad-Hoc a una

red TCP/IP. En la figura 3 se puede observar las capas de comunicación de cada red mantienen una transmisión dúplex en treellas.

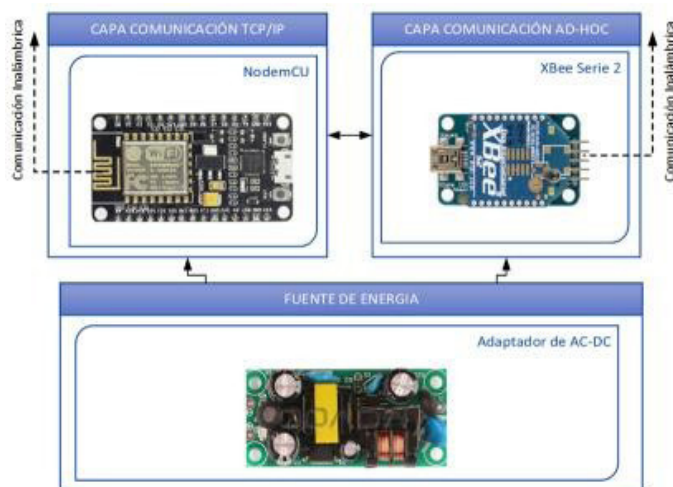


Figura 3. Arquitectura del nodo coordinador.

Programación de la Capa de Comunicación:

Para realizar una red inalámbrica móvil descentralizada se emplearon las librerías y módulos inalámbricos XBee, estos dispositivos cuentan con diferentes modos de operación entre ellos el modo API.

Este modo permite que cualquier dispositivo de la red pueda comunicarse con otro o varios, mediante la utilización de tramas específicas. En la tabla 1 se puede visualizar los parámetros necesarios a configurar.

Tabla 1. Configuración de Módulos XBee.

Parámetro	Valor	Descripción
FIRMWARE	ZigBee TH REG XB24C	Firmware sobre el cual opera el XBee
PAN ID	2208	Identificador de Red, necesario para permitir el ingreso de dispositivos a la misma red
CE	0/1	Establece la función del módulo: Coordinador = 1 Router = 0

Al momento de contar con todos los módulos configurados, es posible visualizar su topología mediante el software XCTU como se muestra en la figura 4.

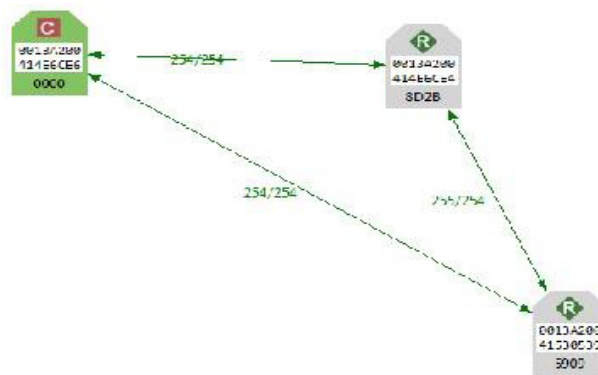


Figura 4. Topología de red.

Programación de Capa de Procesados (Router):

NodosRouter

Dentro de la programación de la capa de procesado en los nodos router son necesarios la utilización de tramas API, estas tramas encapsulan los datos de los sensores para ser enviados al nodo coordinador y por su parte el nodo coordinador enviarlos a la base de datos.

En el Código a se puede observar la utilización de la librería XBee, esta librería permite la creación de tramas mediante mensajes en formato hexadecimal, anticipando con anterioridad la dirección física del módulo receptor, identificar el puerto serial del módulo y la longitud del mensaje.

Código. Elaboración de Tramas API sobre Arduino.

```
#include <XBee.h> //libreriaXBee = XBee(); //objeto
uint8_t payload[4]; //variable del mensaje
XBeeAddress64 addr64 = XBeeAddress64(0x0013A200,
0x414E6CE6);
//direccion 64 bits receptor
ZBTxRequestzbTx = ZBTxRequest(addr64, payload,
sizeof(payload)); //tipo de trama a enviar
voidsetup() {
Serial.begin(9600); //velocidad de transmisión puerto
serial
xbee.setSerial(Serial); //Puerto serial a utilizar
}voidloop() {
payload[6] = {'H','o','l','a'}; //datos a ser enviados
xbee.send(zbTx); //comando para el envío de la trama
}
```

Programación de Capa de Procesados (Coordinador):

En la capa de procesado del nodo coordinador se utiliza el módulo NodeMCU (Figura 5). Este dispositivo emplea un módulo Wireless capaz de contar con función de Punto de Acceso (AP) o Estación (EST). Lo cual permite agregar protocolos de comunicación IP a la comunicación del sistema.

Figura 5. Módulo NodeMCU.

Dentro de la configuración de la capa de procesado en el nodo coordinador (Código b) se puede verificar el proceso de verificación de ingresos de tramas, este proceso revisa periódicamente verificando el envío de tramas por parte de la red Ad-Hoc. Además del funcionamiento del módulo en la recepción de tramas en dispositivo final se configura un servidor web en él, con el fin de permitir el ingreso de datos y salida de datos mediante el método de petición POST.

Código b. Configuración del procesador NodeMCU.

```
#include <ESP8266WiFi.h> #include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h> const char *ssid =
"ROUTER";
const char *password = "12345678";
ESP8266WebServer server(80); void handleRoot()
{pri = server.arg("pri"); seg = server.arg("seg"); ter = ser-
ver.arg("ter");
seg.toCharArray(cadena,9); for(int x=0;x<9;x++)
{for(int y=0;y<16;y++)
{if(cadena[x] == valoresStri[y])
{direccionaux=direccionaux*mover; direccionaux=direcc-
ionaux+valores[y];
break;
reques2 = rx.getRemoteAddress64().getLsb();
inData = (char*)data; if(inData.equals("Hello"))
```

```
}
}enviardatos("prin=Hello&secun=Red1!"+(S
tring)reques2);
if((pri).equals("1"))
{irValue[0] = 0x04;
}else
{irValue[0] = 0x05;
}irCmd2[0] = 'D';
irCmd2[1] = pin[ter.toInt()]; XBeeAddress64 addr642 =
XBeeAddress64(direccion1,direccionaux);
RemoteAtCommandRequest remoteAtRequest2=
RemoteAtCommandRequest(addr642,irCmd2, irValue,
sizeof(irValue));
xbee.send(remoteAtRequest2); server.send(200, "text/
plain","OK");
}void setup()
{Serial.begin(115200); xbee.setSerial(Serial);
WiFi.begin(ssid, password); server.on("/body", handle-
Root); server.begin();
IPAddress ip(192,168,1,5); IPAddress ga-
teway(192,168,1,1); IPAddress subnet(255,255,255,0);
WiFi.config(ip, gateway, subnet);
}void loop()
{server.handleClient(); xbee.readPacket(); if(xbee.ge-
tResponse().isAvailable())
{xbee.getResponse().getZBRxResponse(rx);
for (int p = 0; p <rx.getDataLength(); p++)
{data[p] = rx.getData()[p];
}reques1 = rx.getRemoteAddress64().getMsb();
}else
{envia("prin="+inData+"&secun="+(String)re ques2);
}}
```

En el Código c se puede observar las sentencias utilizadas para habilitar o deshabilitar el control del consumo eléctrico en los diferentes dispositivos de la red Ad Hoc, conformado por la IP del nodo coordinador seguidos por la sección a controlar, dirección física del módulo XBee y el valor de encendido o apagado (1 o 0).

Código c. Sentencia de Control de módulo Relay

http://192.168.1.5/body?pri=1&seg=414E6CE4&ter=0
 http://192.168.1.5/body?pri=1&seg=41530539&ter=0

Para el caso del gestor de base de datos se optó por MYSQL, el cual a comparación del gestor Oracle y SQL Server cuenta con una estructura más rígida, pero a su vez tienen un costo económico su uso, en el caso de MYSQL emplea bajo consumo de recursos y totalmente libre (figura 6).

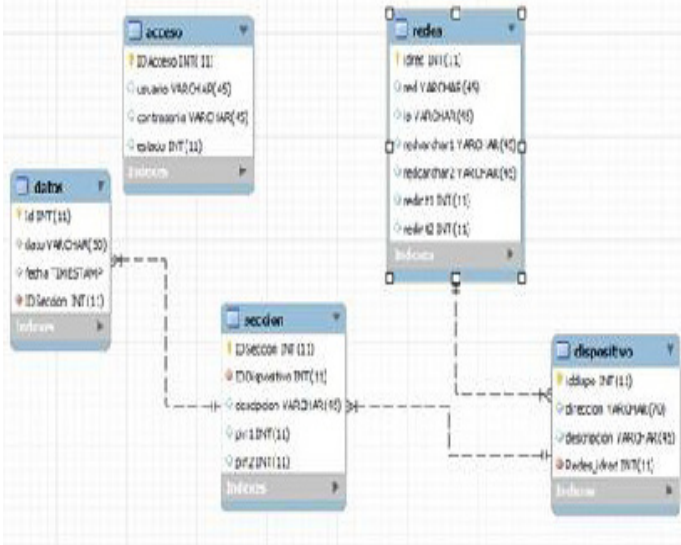


Figura 6. Diagrama de base de datos.

Para el caso de la visualización de los datos se diseñó una página web en PHP y HTML donde se muestra la dirección el nombre e IP de las redes Ad-hoc que tengan acceso a la base de datos (figura 7).



Figura 7. Red de sensores UTEQ.

Dentro de cada nombre de red es posible el despliegue de los diferentes dispositivos vinculados como se muestra en la figura 8. A su vez en cada sección de los

dispositivos se visualiza un gráfico de los datos captados por los sensores de cada dispositivo (figura 9), otro aspecto del gráfico es su actualización automática es decir por cada momento que se presente nueva información en la base de datos estos datos se verán reflejados a su vez en el gráfico.

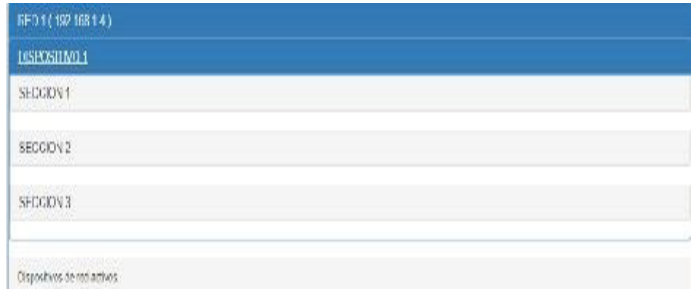


Figura 8. Dispositivos y secciones.

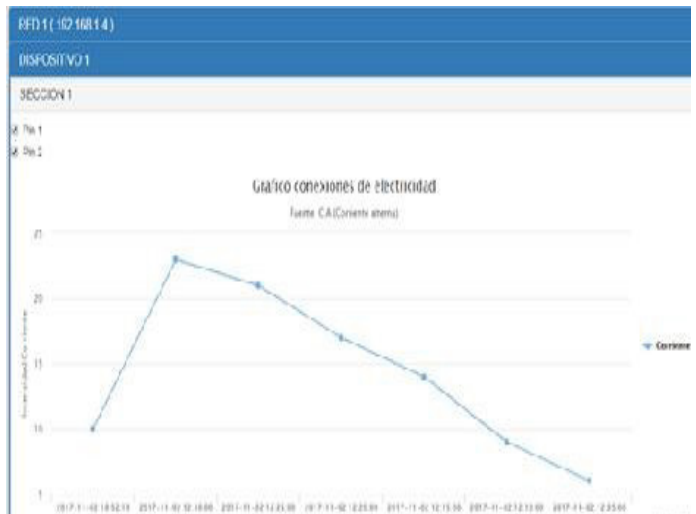


Figura 9. Gráfico del Consumo Enviado por Sección 1.

Implementación de la red de sensores para el monitoreo del consumo energético:

Para el caso de la prueba en marcha de la red inalámbrica, se implementó la recopilación de datos mediante la obtención de los valores eficaces del amperaje y voltaje de diferentes equipos de telecomunicaciones. Estos equipos emplean consumo de energía continua.

Se procedió a ubicar los dispositivos en las instalaciones de la empresa de Alfabet. El Nodo Router 1 se ubicó en la regleta del rack principal como se muestra en la figura 10 y el Nodo Router 2 en una regleta que abastece otros dispositivos dentro de la oficina (figura11).

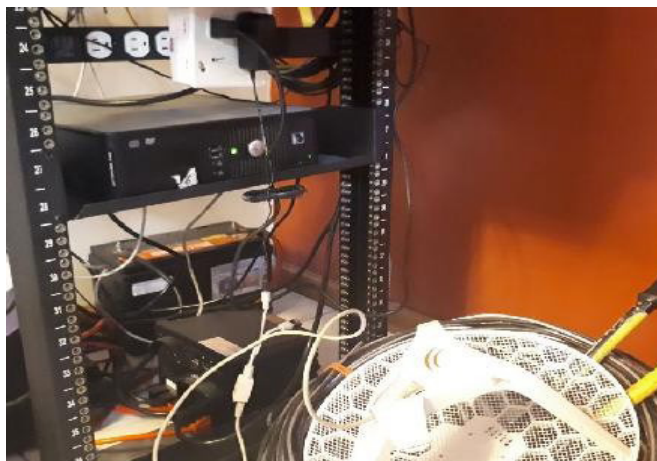


Figura 10. Nodo Router 1 Recopilando Datos.

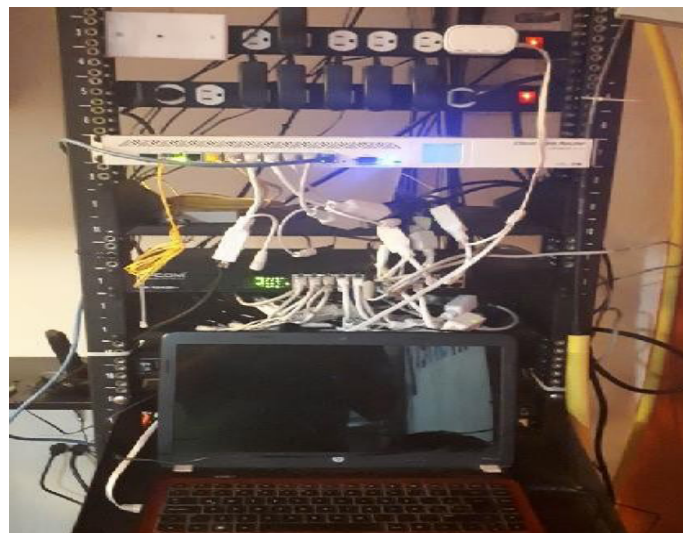


Figura 11. Nodo Router 2 Recopilando Datos.

En la figura 12 se muestra la ubicación de los 2 equipos principales de la red como es el nodo coordinador y el servidor de telemetría, listos para la recopilación procedentes de los nodos.



Figura 12. Nodo Coordinador y Servidor de telemetría.



En la figura 13 se presenta los valores eficaces de corriente suministrada a los dispositivos, empleado para el envío y recepción de los datos durante 24 horas:

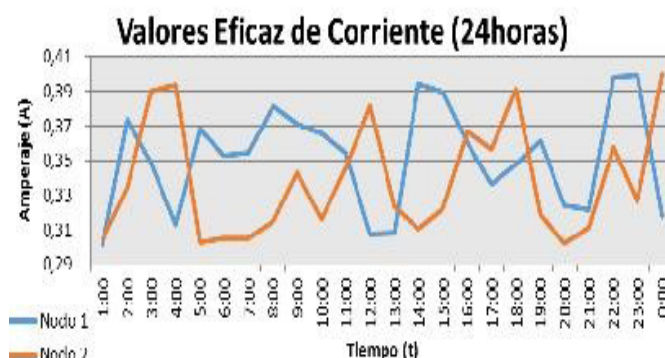


Figura 13. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Dispositivos (24 horas).

Dentro de la figura 14 se muestra el amperaje que circula por los equipos de la red, esta grafica presenta los datos durante 4 días seguidos mostrando un promedio de 0.55A para el Nodo 1 y 0.36A para el Nodo2.

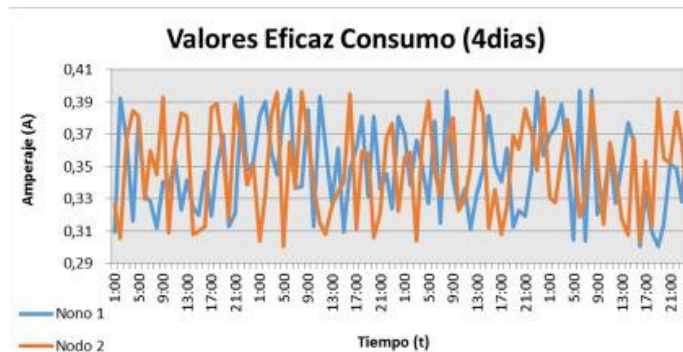


Figura 14. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Dispositivos (4 días).

Para el caso de las figuras 15 y 16 se presentan los valores eficaces de los quipos conectados en ellos, donde la Sección 1 se conectó un router de borde con la especificación de 1.2A y la Sección 2 una antena LHG de 0.4A, mostrando un promedio en los datos recopilados de 1.23A y 0.4^a.

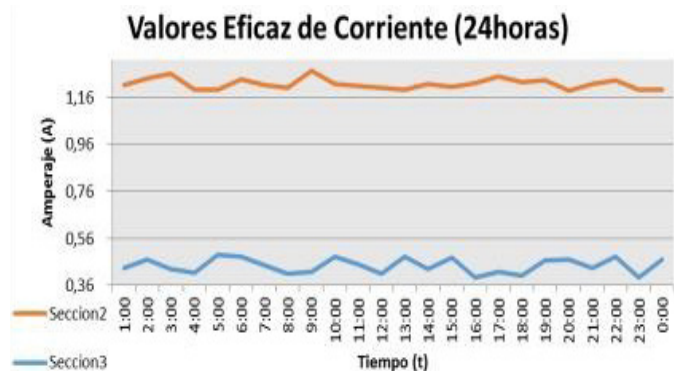


Figura 15. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 1 (24 horas).

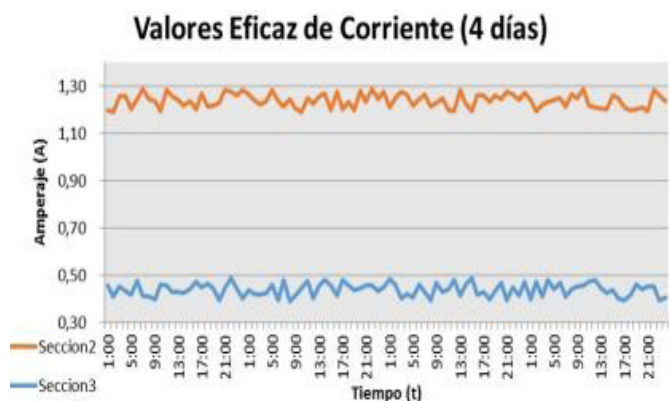


Figura 16. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 1 (4 días).

A su vez se presentan los valores del voltaje suministrado a los equipos conectado y a los dispositivos del Nodo 1 de la red, llegando a un promedio de 109.40V durante los 4 días de recopilación de datos (figura 17) y 109.15V durante 24 horas (figura 18).

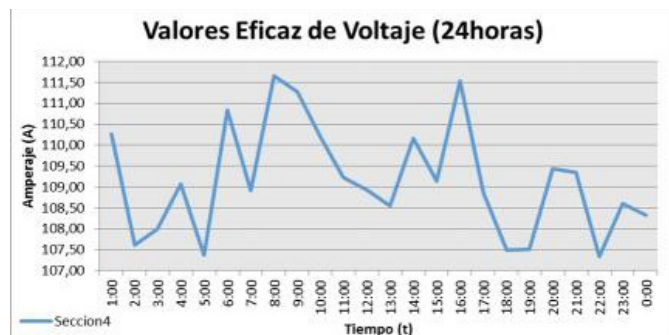


Figura 17. Valores Eficaces del Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados Nodo 1 (24 horas).

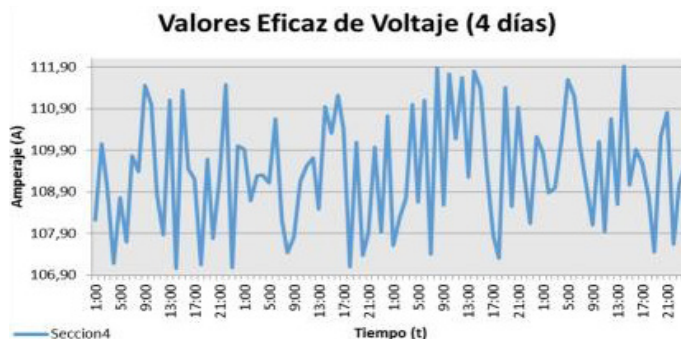


Figura 18. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 1 (4 días).

En la figura 19 y figura 20 también se presentan los valores eficaces del amperaje que circulan en los quipos conectados al Nodo 2. La Sección 1 muestra la corriente de una PC de escritorio de 2.2A, y en la Sección 2 un router TP Link de 0.6A respectivamente. Mostrando un promedio en los datos recopilados de 2.33A y 0.64A.

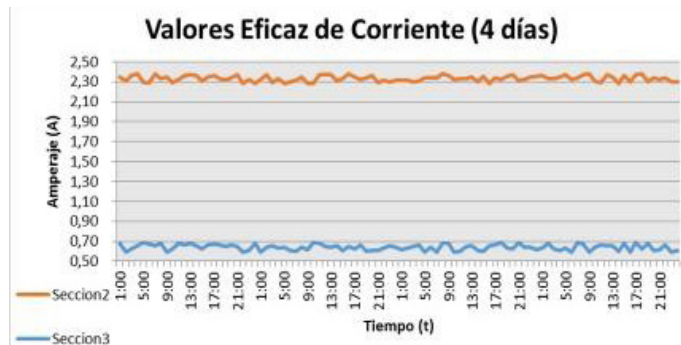


Figura 19. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 2 (24 horas).

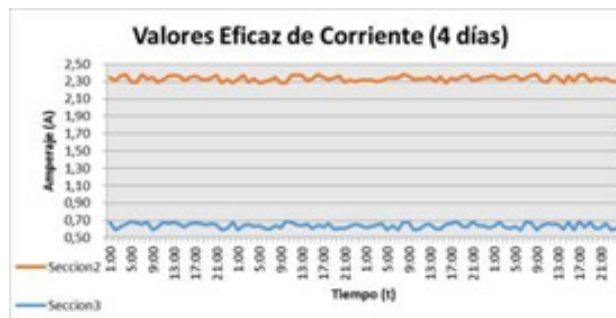


Figura 20. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 2 (4 días).

A continuación, se presenta los valores del voltaje capturados por el sensor de voltaje empleado en el Nodo 2 de la red, llegando a un promedio de 109.40V durante los 4 días de recopilación de datos (figura 21) y 109.15V sobre 24 horas de recopilación (figura 22).

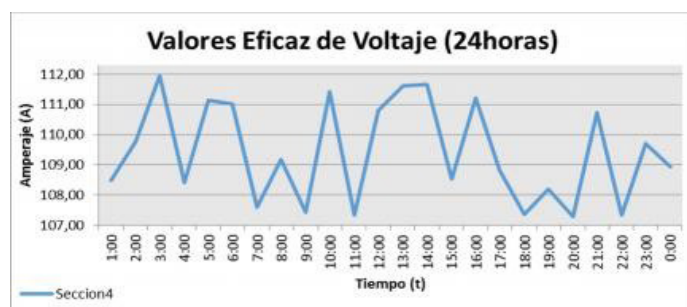


Figura 21. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 2 (24 horas).

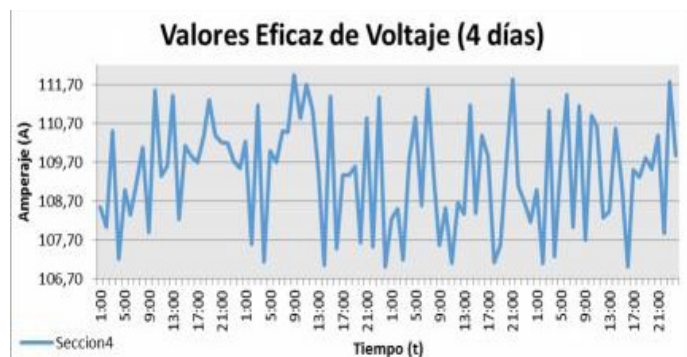


Figura 22. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 2 (4 días).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de monitoreo del consumo eléctrico ofrece varias ventajas para recopilación de datos referente al consumo eléctrico, a su vez permitiendo el acceso a esta información mediante una red global como es Internet, un aspecto importante para la recopilación de datos referentes a la teoría de IOT.

El presente trabajo, conlleva en la utilización de los servicios de una Red Ad-Hoc para difusión de información captada por sensores de corriente y voltaje. Los cuales permiten determinar los valores eficaces suministrados por las instalaciones eléctricas a equipos de telecomunicaciones. A su vez todos estos datos captados se almacenan en una base de datos para su posterior acceso.

CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de monitoreo inalámbrico para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios de redes inalámbricas móviles (Ad-Hoc) e implementando teorías del Internet de las cosas (IOT), con el objetivo de permitir recopilar información referente al consumo realizado por diferentes aparatos eléctricos utilizados mayormente en telecomunicaciones.

Se realizó una comparación entre los diferentes sensores empleados en la recopilación de valores eficaces tanto

de la corriente como voltaje, estos dispositivos permiten su integración con los dispositivos XBee, la utilización de los sensores ACS712 y un Sensor de Voltaje AC se determinó por su coste, tamaño y su capacidad de trabajo para cálculo de su amperaje y voltaje respectivamente.

Se implementó una red Ad-Hoc mediante la utilización de 3 módulos XBee Series2 debidamente configurados; este proceso se realizó en la oficina de la empresa Alfanet Sucursal Quevedo con la respectiva autorización del gerente, el cual permitió la utilización de diferentes equipos de telecomunicaciones para la recopilación de datos por parte de la red.

Mediante la utilización de un servidor de telemetría se realizó la recopilación de información enviada por el nodo coordinador de la red Ad-Hoc, empleando un gestor de base de datos en MySQL, y archivo en PHP, donde este archivo determina el tipo de información se almacena y su ubicación. A su vez se permite el acceso a los datos mediante una página web, mostrando al usuario un registro del consumo censados por los sensores en los dispositivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Benito, S. R. (2006). *Economía política de las transiciones democráticas*. México: UNAM.
- Ecuador. Consejo Nacional de Electricidad. (2013). *Plan maestro de electrificación 2013-2022*. Quito: CONELEC.
- Ecuador. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2016). *Balance Energético Nacional*. Quito: MCSE.
- Ecuador. Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía práctica para el ahorro y uso eficiente de energía*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Ecuador. Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía Práctica para el Ahorro y Uso Eficiente de Energía*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Medina, H. R. (2016). Análisis del Balance Energético del Ecuador a través de Dinámica de Sistemas. *Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 2(4), 61-78. Recuperado de <http://www.revistas.espol.edu.ec/index.php/compendium/article/view/76>
- Santos Ruesga, B., & Cordera, R. (2006). *Economía política de las transiciones democráticas*. México: UNAM. INUTEG.