

MONITOREO INTERACTIVO CON CONTROL DEL CONSUMO ELÉCTRICO CON FINES DE USO EFICIENTE Y AHORRO ENERGÉTICO

Rubén Herrera Galicia

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
h_galicia24@hotmail.com

Eliasin Camacho Cruz

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
eliasincc@hotmail.com

Fernando Alexis Hernández López

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Adriana del Carmen Pérez Zamora

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Ernesto Gómez Ruiz

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Resumen

En el presente trabajo se propone un sistema que monitorea el consumo de energía eléctrica de los electrodomésticos de una casa residencial y se presentan los resultados al usuario para que los aproveche con fines de uso eficiente y ahorro energético. El sistema es una herramienta útil para planear cambios en el horario de uso y mejorar el perfil de demanda. La finalidad de los cambios es evitar el consumo en horas pico y mejorar el factor de carga. La respuesta a la demanda favorece al usuario, con un ahorro en el pago del servicio, y favorece a la empresa del suministro de energía eléctrica, con un menor costo de producción.

La intención es disponer de un sistema que registre información sobre costos considerando la tarifa horaria y ello permita al usuario hacer ajustes del consumo de la energía.

Palabras Claves: ahorro energético, red inteligente, respuesta a la demanda, uso eficiente de la energía.

1. Introducción

Respuesta a la demanda es el cambio en el comportamiento del usuario, durante el uso de la electricidad, reflejado en la reestructuración de la secuencia de encendido de los electrodomésticos con fines de evitar las horas pico y lograr una distribución más uniforme del consumo eléctrico, con un ahorro en el pago del servicio, gracias al precio variable de la tarifa horaria ofertado por la compañía prestadora del servicio. En las redes inteligentes el precio de la electricidad es esencial para guiar el comportamiento del usuario y del prestador del servicio.

Antecedentes

Una parte importante del consumo eléctrico en un hogar es ocasionado por el uso inadecuado de los electrodomésticos. Los sistemas de administración de la energía en una casa se enfocan en la eficiencia energética y el confort del usuario. Pero no toman en cuenta la tarifa horaria y no hay coordinación entre los electrodomésticos de la vivienda. Tampoco existe una coordinación entre las viviendas de una comunidad para administrar el consumo eléctrico de ellas.

Administración de la energía por el usuario

Consiste en cumplir una lista de tareas y aplicar un procedimiento para reducir el costo total del consumo, lo cual influye también en la disminución del pico de la demanda. Las tareas se ejecutan en un cierto orden considerando el costo variable de la tarifa horaria. La tarea de administrar a la energía es compleja porque el sistema a controlar es no lineal, y el medio ambiente y la demanda del usuario cambian con la hora del día y la temporada.

Predicción de precios de la electricidad

Es una tarea fundamental para el momento de tomar decisiones. Hacen uso de ella los que participan en el mercado; el usuario, el prestador del servicio, y el inversionista. Una predicción exacta y confiable del precio es útil en tareas de control a corto plazo, en planeación a largo plazo, en formulación de tarifas y en decisiones de inversión. El carácter no estacionario de los precios de la electricidad hace que los errores en la predicción sean comunes y algunas veces sean errores significativos.

Estado del arte

En la literatura [1, 2, 3, 4, 5, 6] formulan a la administración de la energía como un problema de programación, donde la energía es un recurso compartido, los periodos de consumo de energía son consideradas como tareas y los electrodomésticos son programados para que su consumo sea menor al máximo de energía disponible en la red. Para predecir la demanda se usan los patrones de uso pasados, la energía producida por el usuario a través de paneles solares, y los factores sociales y ambientales. La respuesta a la demanda y las tarifas por horario de uso son iniciativas de administración empleadas para balancear el consumo de energía en las redes inteligentes [5]. La programación del encendido de los electrodomésticos y la administración de la energía almacenada reduce la demanda de carga. Una carga menor reduce los costos de operación de la red y el prestador del servicio puede ofrecer un menor costo en la tarifa.

Wan *et al* [1] proponen un enfoque híbrido para cálculos de predicción. El método está compuesto por dos etapas. En la primera etapa se aplican máquinas de predicción extrema para estimar valores de predicción y calcular las incertidumbres provocadas por el modelo. En la segunda etapa se usa el método de máxima similitud para estimar el error originado por el ruido.

Máquina de aprendizaje extremo

Es un algoritmo de entrenamiento de una red neuronal de propagación hacia adelante que consta de solo una capa oculta. Los pesos de entrada y los umbrales

ocultos son asignados de manera aleatoria y no son sintonizados durante el entrenamiento, lo cual provoca una degradación poco significativa en el comportamiento de la red. Solo los pesos de salida son calculados analíticamente usando una matriz de computación simple H [1].

Ducange *et al* [2] proponen un monitoreo no intrusivo que consiste en un algoritmo de disgregación usado para identificar a los electrodomésticos que contribuyen en un momento dado al consumo eléctrico. Los autores hacen la disgregación auxiliados de un medidor inteligente que ayuda a disminuir el número de mediciones necesarias. Los autores afirman que los métodos intrusivos para la medición del consumo ofrecen precisión pero su uso práctico está limitado por el costo de los sensores a instalar, especialmente cuando el número de electrodomésticos es alto.

Para describir el funcionamiento de cada electrodoméstico se usa una máquina de estados finitos con transiciones difusas. El algoritmo de separación usa las diferencias de los resultados de las mediciones de las potencias real y reactiva, para formular hipótesis de las posibles combinaciones de los electrodomésticos activos durante un evento de cambio de estado en el consumo eléctrico [2].

Ozturk *et al* [3] describen una solución integral para predecir y reestructurar a la demanda eléctrica del usuario. La solución integral incluye un modelo ANFIS, alojado en el controlador maestro en el hogar del usuario, usado para predecir el momento de encendido de los electrodomésticos y su duración. Después de calcular la predicción la envían a la compañía prestadora del servicio a un registrador regional que da conectividad entre las viviendas y la aplicación de la compañía. El registrador suma y acumula todas las demandas informadas en tiempo real por las viviendas. La demanda total le sirve a la aplicación de la compañía para calcular la tarifa.

Las entradas a la aplicación de la compañía son; la predicción de la demanda de la comunidad, las predicciones de la demanda comercial e industrial, la predicción de la energía eléctrica producida a partir de energía solar en la vivienda del usuario, la energía disponible de la red y las condiciones del medio ambiente. Las

salidas de la aplicación de la compañía son; la respuesta a la demanda a sugerir a los usuarios, la tarifa horaria y los incentivos [3].

El usuario influye en el uso eficiente aceptando las sugerencias de la empresa enfocadas hacia un compromiso entre costo, nivel de confort y una respuesta acertada a la demanda. El enfoque de la compañía es predecir la demanda individual, la demanda de la comunidad y presentarle al usuario una programación de encendido de los electrodomésticos que mejore la respuesta del usuario a la demanda. La información de la compañía se presenta en un panel y el usuario acepta los consejos del sistema o selecciona operación inmediata. Las ventajas del sistema son; uso eficiente de la electricidad, que se traduce en menor costo del consumo, y educación del usuario con consejos de ahorro de energía e interacción de información diaria, semanal, y mensual de patrones de consumo de energía [3].

Kunwar *et al* [4] presentan un administrador de energía basado en predicción de carga. El consumo del día siguiente se predice para cada hora usando redes neuronales. El perfil de carga de la predicción y la función de costo se presentan juntos. También se presenta un perfil de encendido de electrodomésticos con un pico de carga menor y el usuario tiene la opción de programar el encendido de cargas guiándose por el perfil propuesto. El costo de la energía eléctrica depende del factor de carga, $\text{Factor de carga} = (\text{Consumo Promedio} / \text{Consumo Pico})$. Al aumentar el factor de carga, disminuye el costo del consumo. Cuando el factor de carga es cercano a uno, se asegura un uso óptimo de la energía existente en las redes de los sistemas de distribución.

Los autores usan una red neuronal de retro propagación para la predicción. Las variables de entrada son; carga media de la semana previa, carga del mismo día en la semana previa, carga del día previo, día de la semana, hora del día. La capa oculta está compuesta por veinte neuronas con función de activación sigmoideal logarítmica. La capa de salida es una neurona con una función de activación lineal. La salida es la predicción de carga para el día siguiente a la hora indicada [4].

Qela *et al* [5] usan un enfoque de lógica difusa para controlar picos de carga en una red inteligente. Los autores usan el enfoque de lógica difusa por su utilidad para actuar en escenarios de cambio e incertidumbres. La incertidumbre de la demanda instantánea diaria de energía está influenciada por; el cambio en los patrones de comportamiento del usuario, el cambio en las necesidades de los usuarios, las limitaciones de las fuentes de generación de energía, y los cambios del clima.

Desde la perspectiva del calentamiento global y el agotamiento de los recursos energéticos, las fuentes de energías renovables están ganando atención. También los apartamentos eléctricos y las casas inteligentes de corriente directa están aumentando. Una característica de estos sistemas son las fluctuaciones de la potencia de las energías renovables. Dichas fluctuaciones ocasionan que el balanceo entre la energía disponible y la demanda del usuario sea una tarea compleja.

Tanaka *et al* [6] presentan una metodología que minimiza las fluctuaciones de potencia en una red inteligente con fuentes de energías renovables. Los autores usan cargas controlables como medida de solución para lograr un balance entre el suministro de energía y la demanda. Como consecuencia, desarrollan un método para la operación óptima de un grupo de seis casas inteligentes, con cargas residenciales controlables, conectadas al sistema de potencia y al sistema de control a través de una línea de transmisión e infraestructura de comunicaciones. El sistema de control envía señales para controlar a los electrodomésticos de las casas inteligentes como respuesta a las condiciones del sistema [6].

Lo que aquí se propone es un sistema que monitorea el consumo de energía eléctrica de los electrodomésticos de una casa residencial. El sistema es una herramienta útil que muestra el consumo para que el usuario a través de planeación haga un uso eficiente y logre un ahorro en el costo del servicio. El sistema ayuda al usuario a planear cambios en el horario de uso para mejorar su perfil de demanda. Los cambios se programan para evitar el consumo excesivo en horas pico y mejorar el factor de carga.

2. Desarrollo

La función del sistema de monitoreo consiste en la medición continua de los parámetros de interés y su almacenamiento, en una base de datos, para presentarlos de manera gráfica las veces que lo solicite el usuario. El flujo de los resultados de medición hacia la base de datos, con fines de almacenamiento, es transparente al usuario. El registro de las mediciones tiene varios objetivos; monitorear de manera visual, predecir el uso de la energía eléctrica, graficar la demanda diaria, y calcular el consumo.

Para monitorear el consumo de manera visual, el controlador de registro de medición continuamente registra las mediciones de las corrientes que circulan en la línea principal y en los contactos especiales. También registra las mediciones del voltaje de la línea principal. Las mediciones se hacen en tiempo real, con una periodicidad que se selecciona durante la programación, por ejemplo; una medición por segundo. Para ver a los datos almacenados se usa el administrador de bases de datos phpMyAdmin. Para extraer datos y presentarlos de manera gráfica se usa HighCharts.

Para predecir el uso de la energía eléctrica, el controlador de registro de medición analiza a cada dato de la corriente principal, después de almacenarlo. Cuando la variación del dato es pequeña, se concluye que el cambio es por el ruido de la red y se ignora dicho cambio. Cuando la variación del dato en la línea principal es significativa, se toman lecturas consecutivas para corroborar que el cambio sea por efecto de una conexión o desconexión. En caso positivo, se analizan las mediciones de los contactos para deducir cuál de los electrodomésticos fue activado.

También, se registran los datos referentes a patrones de uso por la interacción del usuario con el sistema. Los patrones de uso del usuario son; momento de encendido, duración de encendido, hora del día, y día de la semana. Lo que hace la diferencia entre un electrodoméstico y otro es la magnitud del cambio. La magnitud se usa para buscar una magnitud igual, en los registros de cambios anteriores, e identificar al electrodoméstico que fue activado. Si es primera vez que se activa, el electrodoméstico recibe una clave que lo identifica.

Numerar a los contactos ayuda también a identificar al electrodoméstico, es práctica común conectar un aparato a un mismo contacto repetidas veces. Un incremento del consumo indica el encendido de un aparato, un decremento indica su apagado. Los momentos de encendido y los periodos de duración se almacenan en una base de datos especial. Estos datos sirven para pronosticar el momento de encendido de cada electrodoméstico y su duración. También sirven para graficar el perfil de consumo del usuario y para calcular el consumo eléctrico.

Algoritmo de control

Un contacto se caracteriza por los electrodomésticos que se conectan a él. Un contacto especial es aquel al que se conectan las cargas susceptibles de control con fines de respuesta a la demanda. El algoritmo de control identifica, al electrodoméstico activado, a través del análisis de las mediciones registradas, correspondientes a la corriente de la línea principal y las corrientes en los contactos especiales.

Cuando varios aparatos se conectan a un mismo contacto especial, el algoritmo de control asigna una clave a cada uno de ellos. La demanda del contacto es corroborada en el historial de consumo, para identificar a cada aparato. Significa que a través de la comparación de las mediciones de la intensidad de la corriente, y su duración, se identifica las veces que ha sido activado un electrodoméstico.

Para cada electrodoméstico se estiman intervalos de confianza; uno para la hora de encendido, otro para la duración de encendido, y un último para el intervalo entre cada ciclo de operación. Cada nueva medición de un aparato activado y desactivado se usa para calcular y actualizar al intervalo de confianza. De esta manera se considera el carácter dinámico del comportamiento del usuario.

Las cargas se clasifican en; no significativas, susceptibles, y no susceptibles. Una carga no susceptible es aquella que por sus características de uso es ilógico moverla de su horario habitual. Cargas no significativas son las que se pueden ignorar. En el presente trabajo los equipos electrónicos que contribuyen con una corriente menor a tres cientos miliamperios son considerados como cargas no significativas y son ignoradas por el algoritmo de respuesta a la demanda. Las

cargas susceptibles son las que se pueden cambiar de horario de uso y se dice que son susceptibles de respuesta a la demanda.

Análisis

La etapa de análisis consiste en un conjunto de bloques de programación para; hacer la predicción de la demanda a corto plazo, presentar el cálculo del consumo, y graficar un perfil alternativo como respuesta a la demanda.

Predicción de la demanda

Cierto tipo de electrodomésticos, como la lavadora, son operados algunos días de la semana y se dice que siguen un patrón semanal. Las predicciones de la lavadora se hacen por semana y se requiere pronosticar los días en que será operada. Ciertos electrodomésticos, como la estufa eléctrica, son operados todos los días y se dice que siguen un patrón por día. Se requiere pronosticar las horas del día en que la estufa eléctrica será accionada.

Un grupo especial de electrodomésticos son los variables continuos que carecen de un número fijo de estados estables de trabajo y sus características de potencia son no repetitivas. Una parte de los equipos electrónicos cae en esta clasificación; PC, DVD, cargadores de baterías. En el presente artículo el grupo de electrodomésticos que interesa es el que trabaja en un número limitado de estados estables.

Se usan los momentos de encendido y apagado del electrodoméstico para registrar las variables de importancia; la hora exacta, el día, la magnitud del cambio, la duración de encendido y el intervalo de tiempo entre cada operación. Para cada electrodoméstico se establece un modelo de predicción basado en intervalos de confianza del noventa y nueve por ciento, para las variables mencionadas, en el rango de un día o de una semana.

El modelo consiste en identificar el tipo de patrón de comportamiento, semanal o diario. Para un patrón diario se consideran como variables de predicción las variables de interés; la hora de encendido, la duración de encendido y el intervalo

entre cada operación del electrodoméstico. Para un patrón semanal se consideran como variables de predicción todas las anteriores y además el día de encendido.

Cálculo del consumo

El perfil del consumo se usa, junto con la tarifa horaria, para el cálculo del consumo. En los cálculos participan la hora de encendido, la duración de encendido y la tarifa horaria. Se suman los gastos para obtener el consumo del día y luego los días para obtener el consumo del mes. También se suman los consumos por electrodoméstico y se registra el consumo del electrodoméstico por mes. Se muestran las estadísticas por separado; Consumo total, y consumo para cada electrodoméstico; por día, semana, o mes.

3. Resultados

Sistema de monitoreo

La medición de los parámetros de los electrodomésticos es información útil para el análisis del comportamiento de las cargas. Para ello se implementó un sistema con la finalidad de registrar los parámetros eléctricos, tales como la corriente y el voltaje. En la figura 1 aparecen representadas de manera simbólica las tareas que desempeña el sistema. Los principales componentes usados en el sistema son: sensores no invasivos de corriente, sensores de voltaje, dispositivos de comunicación Ethernet, placas de desarrollo Arduino y Raspberry Pi.

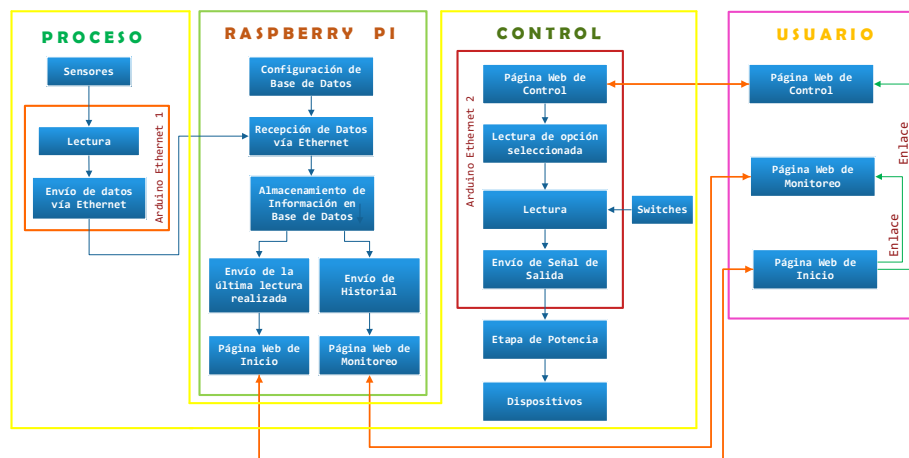


Figura 1 Diagrama a bloques del sistema.

El sistema se compone de varias etapas; una etapa para medir las corrientes y el voltaje, un servidor de página web de monitoreo, un servidor de página web para tareas de control, la etapa de control, y dispositivos móviles como una Laptop o un teléfono celular. La comunicación es vía internet, por eso se puede acceder al sistema desde los dispositivos móviles. Para transmitir instrucciones de control se accede, a través de un enlace, desde la página web de la Raspberry a la página web correspondiente, alojada en cada placa Arduino Ethernet de la etapa de control. La función de la placa de control es encender o apagar cargas específicas. La señal eléctrica de los sensores se pasa por una etapa de acondicionamiento y se entrega a una placa de desarrollo Arduino Ethernet. La placa de desarrollo Arduino está comunicada a través del puerto Ethernet con un modem. La función del modem es transmitir la información de manera inalámbrica a otro modem conectado a una placa Raspberry Pi, la cual recibe y almacena la información en una base de datos.

En la placa de desarrollo Raspberry Pi se implementó una página web dinámica, ver figuras 2 y 3. Esta página permite acceder a la base de datos, ver figura 4, y presentar los valores de las mediciones recientes. También, La página web dinámica incluye un enlace para administrar a la base de datos y ver un historial del comportamiento del consumo.

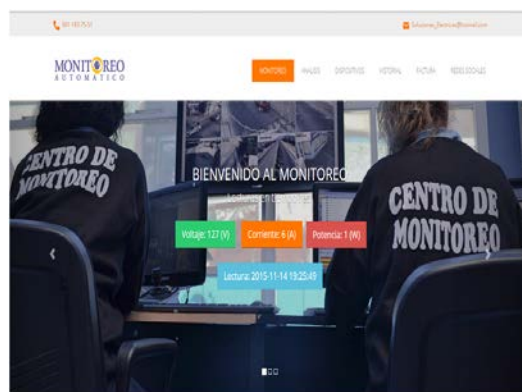


Figura 2 Página web de monitoreo.

Para el desarrollo del sistema se usaron aplicaciones de software que se ejecutan en Raspbian, una distribución de GNU/Linux. Entre los programas usados destaca

el servidor web apache, el cual permite visualizar la información almacenada en el servidor web alojado en una Raspberry. También destacan los lenguajes PHP y HTML que permitieron implementar páginas web dinámicas e interactivas. Además destaca MySQL que se empleó para crear las bases datos, acompañado de phpMyAdmin que se usó para gestionar y administrar las bases de datos.

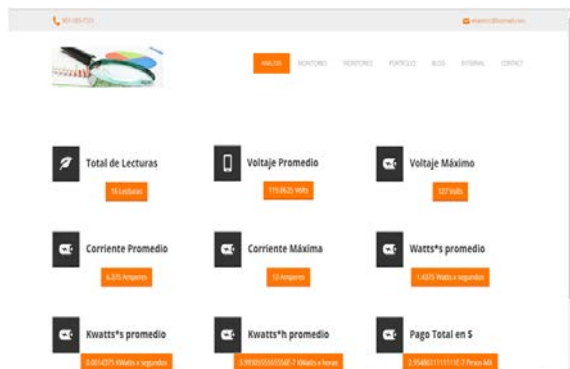


Figura 3 Página web de monitoreo.

ID	voltaje	corriente	potencia	tiempo
1	0	0	0	2015-11-08 00:19:58
2	127	12	2	2015-11-14 18:22:31
3	127	12	2	2015-11-14 18:23:10
4	127	6	4	2015-11-14 18:49:55
5	127	6	4	2015-11-14 18:50:00
6	127	6	1	2015-11-14 18:50:33
7	127	6	1	2015-11-14 18:50:36
8	127	6	1	2015-11-14 19:25:28
9	127	6	1	2015-11-14 19:25:33
10	127	6	1	2015-11-14 19:25:35
11	127	6	1	2015-11-14 19:25:37
12	127	6	1	2015-11-14 19:25:39
13	127	6	1	2015-11-14 19:25:42
14	127	6	1	2015-11-14 19:25:44
15	127	6	1	2015-11-14 19:25:47
16	127	6	1	2015-11-14 19:25:49

Figura 4 Datos almacenados en el servidor.

La manera de acceder a la información es a través del servidor web donde apache permite navegar en las bases de datos. Se accede al servidor a través de internet mediante la dirección IP asignada a la Raspberry. Esta opción permite acceder a las páginas web desarrolladas para la visualización de los datos con una interfaz que permite la presentación de la información. En la interfaz se observa el consumo en tiempo real, ver figura 2.

Control de cargas

Con la información almacenada en las bases de datos se evaluaron los grados de consumo de los electrodomésticos clasificándolos en consumos; no significativos, susceptibles y no susceptibles. Los electrodomésticos se agruparon en aquellos que su nivel de consumo es mínimo y se desprecia la identificación de ese electrodoméstico, por la debilidad de las afectaciones del mismo en el consumo total.

Aquellos aparatos que sus consumos son adecuados para ser administrados de mejor manera fueron designados susceptibles. Es decir aquellos aparatos que su uso tiene la posibilidad de ser aplazado y que el aplazamiento es bien aceptado por los usuarios del hogar, por ejemplo; el uso de electrodomésticos tales como la lavadora, o la plancha. Los no susceptibles son aquellos que su consumo es significativo, pero que su uso no puede ser aplazado, porque el aplazamiento difícilmente es bien aceptado por los usuarios del hogar.

En la figura 5 se presenta el monitoreo del voltaje y la corriente de una bomba de agua. La gráfica está hecha con software libre *HighCharts*. La línea azul representa el voltaje registrado y la línea verde es la corriente registrada. En la gráfica se pueden observar los momentos de encendido del motor que aparecen en forma de rectángulo.



Figura 5 Gráfica elaborada con HighCharts.

Con el código presentado en la tabla 1, cargado en la memoria de un Arduino Ethernet, se programó el envío de los resultados de las mediciones a una base de datos, a través del uso del método GET. La información es transmitida por la

conexión Ethernet desde la placa de Arduino hasta la base de datos alojada en el servidor instalado en la placa Raspberry. Cada electrodoméstico monitoreado cuenta con un Arduino Ethernet que captura las mediciones del consumo. El tiempo transcurrido entre una medición y otra depende del retardo programado.

Tabla 1 Código para capturar y enviar datos de medición.

```
#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>
#include "EmonLib.h"
EnergyMonitor emon1;
byte mac[]={0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEF}; //Dirección MAC
byte ip[]={192,168,0,106}; //IP Arduino Ethernet
byte server[]={192,168,0,100}; //IP servidor(Raspberry pi)
EthernetClient client;

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  Ethernet.begin(mac,ip);
  emon1.voltage(2, 234.26, 1.7); // Voltage: pin de entrada, calibración, desfase
  emon1.current(1, 111.1); // Corriente: pin de entrada, calibración.

void loop(void) {
  //calculo de corriente, voltaje, potencia aparente, potencia activa y factor de potencia
  emon1.calcVI(20,2000); // Calcular: numero de semi ciclos, tiempo fuera
  float realPower = emon1.realPower; //extraer potencia real
  float apparentPower = emon1.apparentPower; //extraer potencia aparente
  float powerFactor = emon1.powerFactor; //extraer factor de potencia
  float supplyVoltage = emon1.Vrms; //extraer voltaje efectivo Vrms
  float Irms = emon1.Irms; //extraer Irms
  serial.println("connecting...");

  if (client.connect(server,80)>0) {
    //Enviar los valores de los sensores al archivo Tabla.php

    client.print("GET /wwe/plantilla/monitoreo.php?voltaje=");
    client.print(supplyVoltage);
    client.print("&corriente="); client.print(Irms);
    client.print("&potencia real="); client.print(realPower);
    client.print("&potencia aparente="); client.print(apparentPower);
    client.print("& FactorDePotencia="); client.print(powerFactor);
    client.println(" HTTP/1.0"); client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
    client.println(); Serial.println("Conectado"); }
  else { Serial.print("fallo de conexión... "); }

  if (!client.connected()) { Serial.println("desconectado!"); }
  client.stop(); //Detener comunicación
  client.flush(); delay(5000); }
```

Con el código presentado en la tabla 2, cargado en la memoria de una placa de desarrollo Arduino Ethernet, dedicada para tareas de control, se programó el envío

de comandos para encendido apagado de electrodomésticos, a través del uso del método POST. La información es transmitida por internet desde un dispositivo móvil hasta el Arduino Ethernet, donde está alojada la página web de control. El programa cargado en el Arduino Ethernet desempeña la función de un servidor de página web cuya finalidad es enviar comandos de control para actuar a distancia desde cualquier dispositivo conectado a internet.

Tabla 2 Código para encender y apagar cargas a través de internet.

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="es"> <head> <meta charset="UTF-8" />
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge,chrome=1">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<title>Boton</title>
<script src="js/jquery-1.9.1.js"></script>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/estilo.css" />
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/bootstrap.min.css" /></head>
<body><br> <div class="container">
  <header><br><h4>CONTROL CUARTO DORMITORIO</h4><CENTER>
    <h4> APAGADOR VENTILADOR</h4> </CENTER><hr></header>
  <section><br><br><input type="checkbox" id="switch" name="switch">
    <label for="switch" class="switch"></label>
    <div align="center" id="bombillo"></div><br></section>
    <div align="center" id="imagen_bombillo"></div>

  <header><br><CENTER>
    <h4> APAGADOR VENTILADOR</h4> </CENTER><hr></header>
  <section><br><br><input type="checkbox" id="switch2" name="switch2">
    <label for="switch2" class="switch"></label>
    <div align="center" id="bombillo2"></div><br></section>
    <div align="center" id="imagen_bombillo2"></div></div>

  <!--Imagen de foco A/E, y etiqueta para switch-->
<script>$("#switch").change(function(){var chequeado=$("#switch").attr("checked");
  if(chequeado) {$("#switch").removeAttr("checked");
    console.log("estado 1");    var estado=1;
    $("#bombillo").text("Apagado");
    $("#bombillo").removeClass('alert alert-info').addClass( "alert alert-danger" );
    $("#imagen_bombillo").html('');
    $.ajax({data:{valor_estado: estado},
      url:'procesa.php',    type:'POST',
      success: function(response){//alert("Salida: "+response );}    }); }
    else {$("#switch").attr("checked","checked");
      console.log("estado 2");    var estado=2;
      $("#bombillo").text("Encendido");
      $("#bombillo").removeClass('alert alert-danger').addClass( "alert alert-info" );
      $("#imagen_bombillo").html('');
      $.ajax({data:{valor_estado: estado},
        url:'procesa.php',    type:'POST',
        success: function(response){//alert("Salida: "+response );}    }); }
    }); </script> </body></html>
  
```

4. Discusión

En términos de los electrodomésticos no conviene que todos queden automatizados con respuesta a la demanda, algunos deben quedar semi automáticos y otros su operación debe ser manual. La intención es disponer de un sistema que registre y prediga información sobre costos de consumo de energía eléctrica considerando la tarifa horaria y ello permita hacer ajustes del consumo de la energía. En este artículo las consideraciones de la tarifa horaria y los resultados en el desarrollo del método de predicción se dejaron para trabajos futuros.

5. Conclusiones

El manejo de datos producto del registro sistemático de la corriente demandada por los electrodomésticos permite; predecir el consumo de energía eléctrica, detectar a los aparatos de mayor consumo, identificar a los horarios de mayor actividad de los electrodomésticos, y observar sectores del consumo factibles de mejora en su eficiencia. También, la introducción de la clasificación de electrodomésticos permite definir a los aparatos susceptibles de una mejor gestión y administración de uso.

El análisis de los datos almacenados en la base de datos permite identificar patrones de uso de los electrodomésticos, tales como; el horario típico de encendido, el horario habitual de apagado de este, el grado de demanda de energía, y los días cotidianos de uso. Con esta información es factible aplicar algoritmos para un control que evite afectar el confort proponiendo al usuario la decisión de usar a los aparatos en momentos idóneos, con el propósito de mantener una mejor demanda de energía eléctrica. Es decir, un consumo más uniforme, un consumo con máximos de menor magnitud.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] C. Wan, Z. Xu, Y. Wang, Z. Yang Dong, K. Po Wong, "A Hybrid Approach for Probability Forecasting of Electricity Price". IEEE Trans. On Smart Grid. Vol. 5. January 2014. Pp. 463-470.

- [2] P. Ducange, F. Marcelloni, "A Novel Approach Based on Finite-State Machines with Fuzzy Transitions for Nonintrusive Home Appliance Monitoring". *IEEE Trans. on Industrial Informatics*. Vol. 10. May 2014. Pp. 1185- 1197.
- [3] Y. Ozturk, D. Senthilkumar, S. Kumar, G. Lee, "An Intelligent Home Energy Management System to Improve Demand Response". *IEEE Trans. On Smart Grid*. Vol. 4. June 2013. Pp. 694-701.
- [4] N. Kunwar, K. Yash, R. Kumar, "Area-Load Based Pricing in DSM Through ANN and Heuristic Scheduling". *IEEE Trans. On Smart Grid*. Vol. 4. September 2013. Pp. 1275-1281.
- [5] B. Qela, H.T. Mouftah, "Peak Load Curtailment in a Smart Grid Via Fuzzy System Approach". *IEEE Trans. On Smart Grids*. Vol. 5. March 2014. Pp. 761-768.
- [6] K. Tanaka, K. Uchida, K. Ogimi, T. Goya, A.Yona, T. Senjyu, T. Funabashi, C-H. Kim, "Optimal Operation by Controllable Loads Based on Smart Grid Topology Considering Insolation Forecasted Error". *IEEE Trans. On Smart Grid*. Vol. 2. September 2011. Pp. 438-444.

7. Autores

Dr. Rubén Herrera Galicia obtuvo el título de Doctor en Ciencias Técnicas con especialidad en electrónica por la Technical University of Warsaw, Polonia.

Eliasin Camacho Cruz. Alumno del noveno semestre de la carrera de Ing. Eléctrica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Fernando Alexis Hernández López. Alumno del noveno semestre de la carrera de Ing. Eléctrica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Adriana del Carmen Pérez Zamora. Alumna del quinto semestre de la carrera de Ing. Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Ernesto Gómez Ruiz. Alumno del noveno semestre de la carrera de Ing. Eléctrica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.