



Detección de picos de potencia en el consumo eléctrico residencial mediante análisis de datos

Detection of power peaks in residential electricity consumption through data analysis

Artículo resultado de proyecto de investigación financiado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Angel Iván Torres Quijije

*Docente. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Quevedo, Ecuador
atorres@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7037-7191>*

Juan Carlos Pisco Vanegas

*Docente. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Quevedo, Ecuador
jpisco@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9624-7993>*

Eduardo Amable Samaniego Mena

*Docente. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Quevedo, Ecuador
esamaniego@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6196-2014>*

<http://centrosuragraria.com/index.php/revista>
Publicada por: Instituto Edwards Deming
Quito - Ecuador
Octubre - Diciembre vol. 1. Num. 7 2020
Pag. 146 -162

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

RECIBIDO: 14 DE DICIEMBRE 2019
ACEPTADO: 29 DE JUNIO 2020
PUBLICADO: 4 DE OCTUBRE 2020

RESUMEN

El presente trabajo estudia el consumo de energía eléctrica por ser indispensable en el diario vivir de personas, electricidad permite desarrollar actividad laboral, producción industrial, en funcionalidades de electrodomésticos y dispositivos electrónicos; se planteó objetivo: Modelar el consumo energético residencial a través del análisis de datos, identificando patrones; los datos para análisis fueron obtenidos de una base de conocimientos con descripción de variables, los mismos que fueron adquiridos de dispositivos fabricados con Raspberry PI, y sensores de corriente no invasivos. Se ha considerado importante emplear investigación exploratoria y descriptiva con técnicas de recopilación de datos: observación y experimental, lograron determinar resultados predictivos. Mediante la utilización del software Tableau se pudo fijar los parámetros necesarios para comprender con exactitud el comportamiento de la gráfica de un sistema dinámico de tiempo discreto, cuya variable de salida está determinada por consumo energético, los parámetros adquiridos de Tableau permitieron una estimación a futuro del consumo energético residencial de alguna residencia específica, encontrando el modelo con mejor adaptación a la predicción al método de regresión lineal, por el comportamiento de su curva, también se logró cuantificar los determinantes del consumo energético residencial en los hogares según sus características socioeconómico, equipamiento y localización con el fin de conocer la curva de consumo energético, la representación de patrones del consumo residencial se realizó con uso de Tableau.

Palabras clave: Internet de las cosas; eficiencia energética; telemetría; supervisión.

ABSTRACT

The present work studies the consumption of electrical energy as it is essential in people's daily lives, electricity allows the development of work activities, industrial production, in the functionalities of household appliances and electronic devices; The objective was set: Model residential energy consumption through data analysis, identifying patterns; The data for analysis were obtained from a knowledge base with description of variables, the same that were acquired from devices made with Raspberry PI, and non-invasive current sensors. It has been considered important to use exploitative and descriptive research with data collection techniques: observation and experimental, they managed to determine predictive results. Using the Tableau software, it was possible to set the parameters to accurately understand the behavior of the graph of a dynamic discrete time system, whose output variable is determined by energy consumption, the parameters acquired from Tableau allowed a future estimate of energy residence of a specific residence, finding the model with the best consumption of adaptation to the prediction to the linear regression method, due to the behavior of its curve, it was also possible to quantify the determinants of residential energy consumption in households according to their socioeconomic characteristics, equipment and

location In order to know the energy consumption curve, the representation of residential consumption patterns was carried out with the use of Tableau.

Keywords: Internet of Things; energy efficiency; telemetry; supervision.

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía eléctrica es indispensable en el diario vivir de las personas, ya que gracias a la electricidad el ser humano puede desarrollar su actividad laboral, y debido a esto es posible tener una producción industrial, disfrutar de edificios funcionales y disfrutar de las funciones de todos los electrodomésticos y dispositivos electrónicos que nos rodean.

El consumo energético residencial (kWh) se obtiene a través del contador o medidor de la luz, que utiliza la potencia contratada de electricidad y el tiempo de funcionamiento de la iluminación o aparatos eléctricos, es decir el consumo energético residencial depende de la demanda energética del mismo. Este consumo queda reflejado en las facturas mensuales de nuestro hogar.

El presente trabajo investigativo tendrá como fin encontrar un algoritmo que sea capaz de deducir la relación o interacción que se presenten en los datos o patrones sobre los consumos energéticos residenciales de la ciudad de Quevedo, obtenidos por dispositivos IoT, implementados en Raspberry PI y contrastados con los datos de facturación emitidos por la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP).

Por medio de los datos obtenidos del dispositivo, obteniendo lecturas de los diferentes circuitos instalados en la residencia para proceder a realizar el respectivo análisis de patrones, el cual aportará información sobre las distintas variables que se presentaran en el consumo energético residencial de la ciudad de Quevedo.

Tomando como referencia los análisis de patrones que se realizaron de los datos sobre el consumo energético residencial de la ciudad de Quevedo, se realizará un modelo matemático que será fundamental para la explicación y comprensión de las interacciones entre las variables que se presenten en el consumo energético.

En el presente proyecto está destinado con la finalidad de comprender el comportamiento en el consumo energético de una muestra de datos que fueron captados con dispositivos de monitoreo de consumo eléctrico elaborado con Raspberry PI y sensores de corriente no invasivos en cada uno de los circuitos de un hogar promedio de la ciudad de Quevedo, con el fin de conocer la demanda que se genera día a día, mediante una curva de consumo, por ende, estos datos fueron medidos cada 30 minutos para tener mayor exactitud y registrar

datos más veraces y contrastados con el consumo mensual que proporciona CNEL a través de la factura emitida.

Actualmente se tienen datos que fueron proporcionados por el dispositivo IoT como lo indica la figura número uno, los cuales se necesita conocer el comportamiento que presentan de acuerdo si hay una creciente o decreciente en el consumo energético residencial y para ello revisar dato por dato es tedioso por lo cual es necesario tener un algoritmo o modelado que me permita saber cómo se comporta la demanda. Se utilizó el software Tableau para diseñar un algoritmo que permita conocer la curva de potencia con respecto al tiempo y observa su creciente o decreciente dependiendo del consumo diario que se presentan en los datos brindados.



Fig. 1: Dispositivo IoT

Es muy importante tener en cuenta cómo se comporta la demanda mediante una curva de consumo energético, lo cual beneficia a las empresas distribuidoras para el análisis en el consumo residencial de acuerdo a un determinado periodo y de esta manera tener proyecciones de la posible demanda futura que se presentara en dicha empresa de distribución.

El consumo eléctrico (kWh) se obtiene a través del contador de la luz, que utiliza la potencia contratada de electricidad y el tiempo de funcionamiento de la iluminación o aparatos eléctricos. Este consumo queda reflejado en las facturas mensuales de nuestro hogar. (Alvaro, 2016).

Si quieres calcular el consumo eléctrico en tu hogar y compararlo con el de la factura, lo primero que tienes que hacer es identificar todos los equipos que consumen electricidad y los focos de iluminación. Para estimar el consumo de un aparato eléctrico o bombilla bastaría con conocer su potencia (W) y multiplicarla por el número de horas que se usa (h). (Alvaro, 2016)

El carácter empírico o teórico constituye la característica fundamental de un modelo. Un modelo teórico se basa en las leyes físicas que rigen los procesos, un modelo empírico se basa en relaciones estadísticamente significativas entre variables que en rigor sólo son válidas para el contexto espacio-temporal en el que se calibraron. (Instituto de Tecnologías Educativas , s.f.)

Los primeros incluyen generadores de procesos aleatorios dentro del modelo que modifican ligeramente algunas de las variables. De esta manera, para un mismo conjunto de datos de entrada, las salidas no serían siempre las mismas. Por el contrario, un modelo determinista es aquel en el que dado un conjunto de parámetros y variables de entrada va a producir siempre el mismo conjunto de variables de salida. (Instituto de Tecnologías Educativas , s.f.)

Se refiere a la forma en que se trata el tiempo. Los modelos estáticos dan un resultado agregado para todo el período de tiempo considerado. Los modelos dinámicos devuelven las series temporales de las variables consideradas a lo largo del período de estudio. (Instituto de Tecnologías Educativas , s.f.)

En el primer caso toda el área de estudio se considera de forma conjunta, por ejemplo, una cuenca hidrográfica. Se tiene un único valor para todos los parámetros del modelo. El modelo predice unas salidas para las entradas aportadas sin informar de lo que ocurre dentro del sistema. En un modelo distribuido, tendremos el área de estudio dividida en porciones cada una de ellas con su propio conjunto de parámetros y sus propias variables de estado. Cada porción recibe un flujo de materia y energía de algunas de sus vecinas que a su vez reemite a otras. Si se opta por un modelo distribuido es necesario establecer un modelo de datos espaciales que permita asignar valores de los parámetros y las variables de estado a los diferentes puntos del área de estudio. (Instituto de Tecnologías Educativas , s.f.)

Es un procedimiento de análisis numérico en la que, dados un conjunto de datos (pares ordenados y familia de funciones), se intenta determinar la función continua que mejor se aproxime a los datos (línea de regresión o la línea de mejor ajuste), proporcionando una demostración visual de la relación entre los puntos de los mismos. En su forma más simple, busca minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes datos. (Miprofe.com, s.f.)

Este método se utiliza comúnmente para analizar una serie de datos que se obtengan de algún estudio, con el fin de expresar su comportamiento de manera lineal y así minimizar los errores de la data tomada (Miprofe.com, s.f.).

Su expresión general se basa en la ecuación de una recta $y = mx + b$. Donde m es la pendiente y b el punto de corte, y vienen expresadas de la siguiente manera:

$$m = \frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

$$b = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

Σ Es el símbolo sumatorio de todos los términos, mientras (x, y) son los datos en estudio y n la cantidad de datos que existen.

Teniendo una serie de datos (x, y) , mostrados en un gráfico o gráfica, si al conectar punto a punto no se describe una recta, debemos aplicar el método de mínimos cuadrados, basándonos en su expresión general:

$$y = \left(\frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2} \right) x + \left(\frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2} \right)$$

Cuando se haga uso del método de mínimos cuadrados se debe buscar una línea de mejor ajuste que explique la posible relación entre una variable independiente y una variable dependiente. En el análisis de regresión, las variables dependientes se designan en el eje y vertical y las variables independientes se designan en el eje x horizontal. Estas designaciones formarán la ecuación para la línea de mejor ajuste, que se determina a partir del método de mínimos cuadrados. (Miprofe.com, s.f.)

Un modelo de Programación Lineal (PNL) es aquel donde las variables de decisión se expresan como funciones no lineales ya sea en la función objetivo y/o restricciones de un modelo de optimización. Esta característica particular de los modelos no lineales permite abordar problemas donde existen economías o deseconomías de escala o en general donde los supuestos asociados a la proporcionalidad no se cumplen. (Investigación de Operaciones, s.f.)

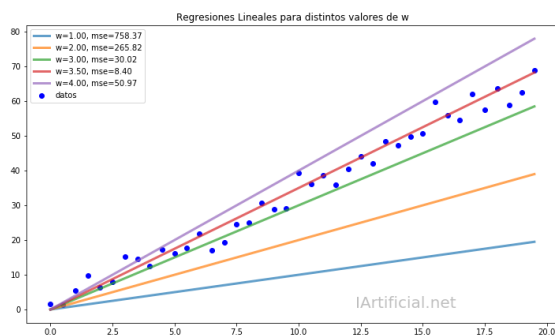


Fig 1: Grafica del gradient eFuente: iartificial.net, 2019

Los pasos asociados a la utilización del método del gradiente o descenso más pronunciado consisten en:

Método del Gradiente

- 1) Considere un punto inicial $\mathbf{x} = \mathbf{x}^0$. Hacer $\mathbf{k} = 0$.
- 2) Escoger una dirección de descenso $\mathbf{d}^k = -\nabla f(\mathbf{x}^k)$
- 3) Realizar una búsqueda lineal que seleccione un paso α_k tal que: $\mathbf{g}_k(\alpha_k) = f(\mathbf{x}^k + \alpha_k \mathbf{d}^k) < f(\mathbf{x}^k) = \mathbf{g}_k(0)$
- 4) Hacer $\mathbf{x}^{k+1} = \mathbf{x}^k + \alpha_k \mathbf{d}^k$.
- 5) Hacer un test de convergencia (Por ejemplo $\|\nabla f(\mathbf{x}^k)\| < \epsilon$). Si converge se detiene el método. En caso contrario, hacer $\mathbf{k}=\mathbf{k}+1$ y volver a 2)

Sistema que describe todo el recorrido en la evolución del tiempo de todos los puntos de un espacio determinado. (EcuRed, 2012)

Al precisar el concepto de sistemas dinámicos, se podría decir que se trata del estudio de sistemas deterministas, es decir, se consideran situaciones que dependan de algún parámetro dado, que frecuentemente sea el tiempo, y que varían de acuerdo a leyes establecidas. De manera que el conocimiento de la situación en un momento dado, permite reconstruir el pasado y predecir el futuro. (EcuRed, 2012)

Un sistema dinámico es un modo de describir el recorrido a lo largo del tiempo de todos los puntos de un espacio dado. El espacio puede imaginarse, por ejemplo, como el espacio de estados de cierto sistema físico. (EcuRed, 2012)

Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas que varían a lo largo del tiempo. Se describen mediante una serie de variables (cuyo valor en un instante determina el estado del sistema), y un conjunto determinista de reglas que establecen cómo será el siguiente estado futuro a partir del actual (por ejemplo, mediante un sistema de ecuaciones diferenciales de las variables que describen el sistema dinámico). Se utiliza software de simulación para simular el comportamiento de sistemas representados por modelos matemáticos. La evolución en el tiempo de un sistema dinámico se simula calculando los valores de los estados del sistema dinámico en cada paso de la simulación mediante la utilización de algoritmos de resolución numéricos basados en tiempo o en eventos. El software de simulación normalmente incluye herramientas de visualización para examinar la evolución de los estados del sistema dinámico durante la ejecución de la simulación. (MathWorks)

Un patrón de medición es una representación física de una medición. Una unidad se realiza con referencia a un patrón físico arbitrario o un fenómeno natural que incluyen constantes físicas y atómicas. Además de unidades fundamentales y derivadas de medición, hay tipos de patrones de medición, clasificados por su función en las siguientes categorías. (Wordpress)

Patrones Internacionales

Se definen por acuerdos internacionales. Representan ciertas unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de producción y medición. (Wordpress)

Los patrones primarios representan unidades fundamentales y algunas de las unidades mecánicas y eléctricas derivadas, se calibran independientemente por medio de mediciones absolutas en cada uno de los laboratorios nacionales. (Wordpress)

Los patrones secundarios son los patrones básicos de referencia que se usan en los laboratorios industriales de medición. Estos patrones se conservan en la industria particular interesada y se verifican local mente con otros patrones de referencia en el área. La responsabilidad del mantenimiento y calibración de los patrones secundarios depende del laboratorio industrial. (Wordpress)

Los patrones de trabajo son las herramientas principales en un laboratorio de mediciones. Se utilizan para verificar y calibrar la exactitud y comportamiento de las mediciones efectuadas en las aplicaciones industriales. (Wordpress)

La medición es un proceso básico de la ciencia que consiste en comparar un patrón seleccionado con el objeto o fenómeno cuya magnitud física se desea medir para ver cuántas veces el patrón está contenido en esa magnitud. (Wordpress)

Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones sobre intervalos de tiempo separados de manera regular. Por ejemplo: (Minitab18)

Las tasas mensuales de desempleo durante los cinco años previos

La producción diaria en una planta de manufactura durante un mes

La población década por década de un estado en el siglo anterior

Es una herramienta desarrollado por la empresa estadounidense Tableau Software, la cual desarrolla distintas aplicaciones para la visualización interactiva de datos basados en el análisis, visualización de datos y la inteligencia del negocio. Además tiene la posibilidad de crear una base de datos propia y ser almacenada en la nube. (Collantes, 2019)

En Tableau Desktop, es muy fácil poder conectarse a diferentes bases de datos propias. Además, provee una conectividad con los servers más utilizados para alojar las bases dedatos, como son Oracle, Sql Server, MySql, Google Cloud Sql, PostgreSQL, entre otras. (Collantes, 2019)

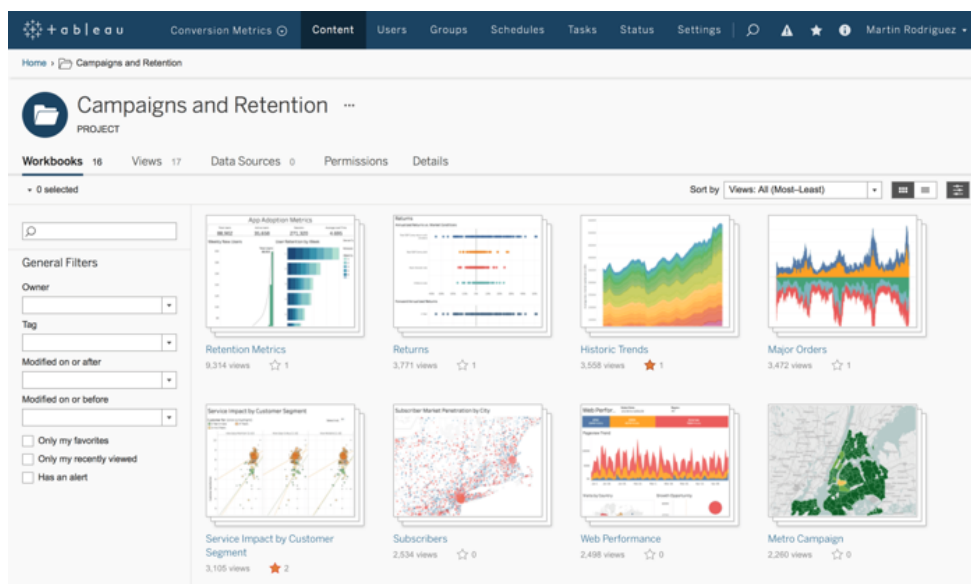


Fig 2: Tableau Fuente: <http://www.exa.unicen.edu.ar>, 2019

Regresión Polinómica.

La regresión polinomial es un tipo de regresión lineal que se utiliza cuando los datos se ajustan mejor a una curva que a una línea recta. Teniendo un polinomio: (Cabello, 2017)

$$y = a_0 + a_1x^1 + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

Se identifica el grado de la función.

Buscamos las derivadas de cada uno de los coeficientes del polinomio. (utiliza ecuaciones de segundo grado).

Hacer una tabla de sumatorias.

Igualamos las derivadas a 0 para hacer un sistema de ecuaciones. (Cabello, 2017)

$$\begin{aligned} (n)a_0 + \left(\sum x_i\right) a_1 + \left(\sum x_i^2\right) a_2 &= \sum y_i \\ \left(\sum x_i\right) a_0 + \left(\sum x_i^2\right) a_1 + \left(\sum x_i^3\right) a_2 &= \sum x_i y_i \\ \left(\sum x_i^2\right) a_0 + \left(\sum x_i^3\right) a_1 + \left(\sum x_i^4\right) a_2 &= \sum x_i^2 y_i \end{aligned}$$

Resolvemos el sistema de ecuaciones con un Método numérico (en este caso,).

Hallar el error standard (S_r), coeficiente de determinación (r^2) y coeficiente de correlación (r) con: (Cabello, 2017)

$$S_{x/y} = \sqrt{\frac{S_r}{n - (m + 1)}}, \quad r^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t}, \quad r = \sqrt{\frac{S_t - S_r}{S_t}}$$

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el modelado del consumo energético residencial en la ciudad de Quevedo en primer lugar se sustrajo datos adquiridos por dispositivos IoT diseñadas en raspberry PI, por el proyecto de "El internet de las cosas como alternativa para la gestión del consumo energético en instalaciones eléctricas residenciales" aprobado en la sexta convocatoria del Fondo Competitivo FOCICYT¹ de la UTEQ² con el fin de obtener datos reales de las demandas.

Ya que los datos son excesivos se procede a separar por días de la semana con la finalidad de obtener un valor promedio de cada día, como también sus respectivas curvas de demandas.

Una vez hallado sus valores promedios en Excel, se hace el uso del software Tableau para obtener los datos de predicciones siguiendo los respectivos pasos:

En primer lugar, se procede a importar los datos promedios en el comando Excel Reader (XLS) para su respectiva lectura. Luego se hace el uso del filtrado, con el fin de solo dejar pasar los datos promedios del día que se va a predecir.

Seguidamente se proporciona un 60% de los datos, para su aprendizaje.

Usando regresión lineal se puede observar los resultados predictivos en tabla, para después mostrar la curva del modelo que se predijo.

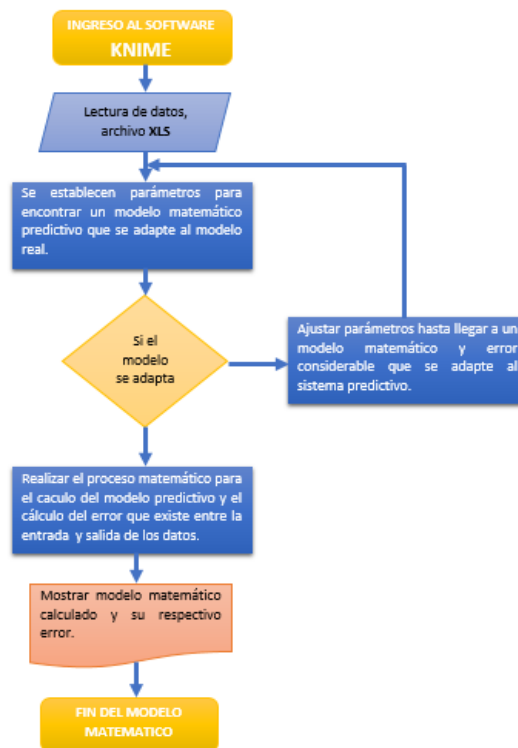


Fig. 5: Diagrama de flujo de la Metodología

¹ Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de un modelo en el software Tableau para la predicción, el cual nos permita predecir el comportamiento de la demanda con respecto al tiempo, fue demostrada mediante la base de datos que se obtuvo, era imposible modelar algún sistema matemático analíticamente por lo cual se utilizó el software antes mencionado que permitió trabajar de manera fácil y ajustar la curva de los datos reales con una curva predictora que se ajustaría a lo real, o más exacto posible, hasta obtener el modelo de regresión lineal. Obteniendo en las figuras. 6, 7, 8,9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 se presentan las demandas promedias de cada día de la semana que fueron obtenidas a través de 2688 datos captados por los sensores de corrientes y almacenados en las Raspberry PI mediante Grafana, que es una herramienta de software libre para la visualización de datos temporales y almacenados en la memoria del dispositivo IoT.

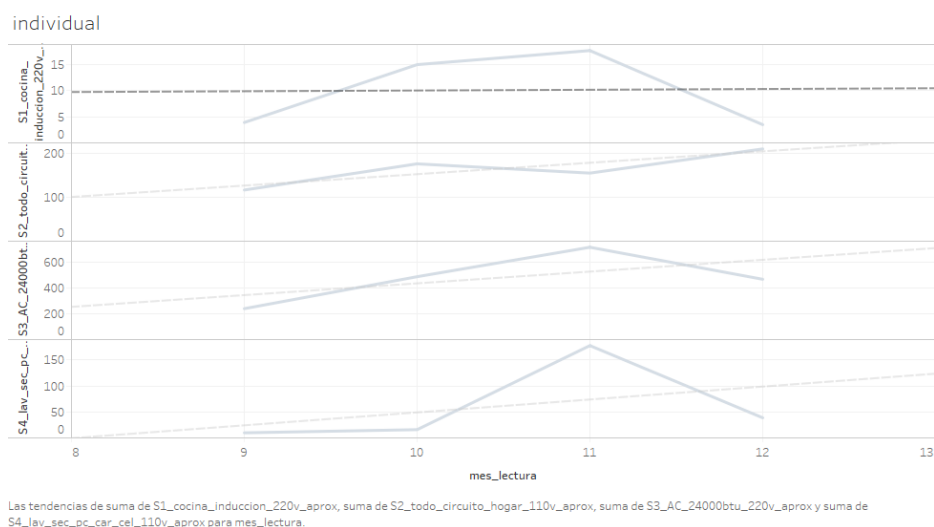


Fig. 6: Consumo de cada circuito instalado por consumo diario

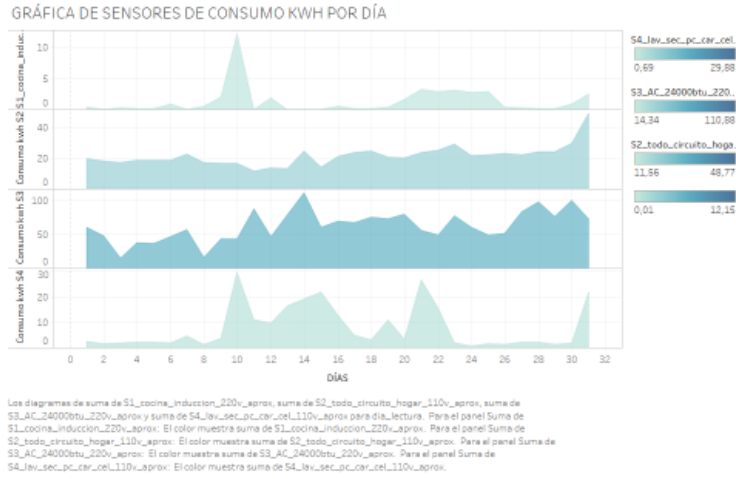


Fig. 7: Consumo de cada circuito instalado por lectura diaria

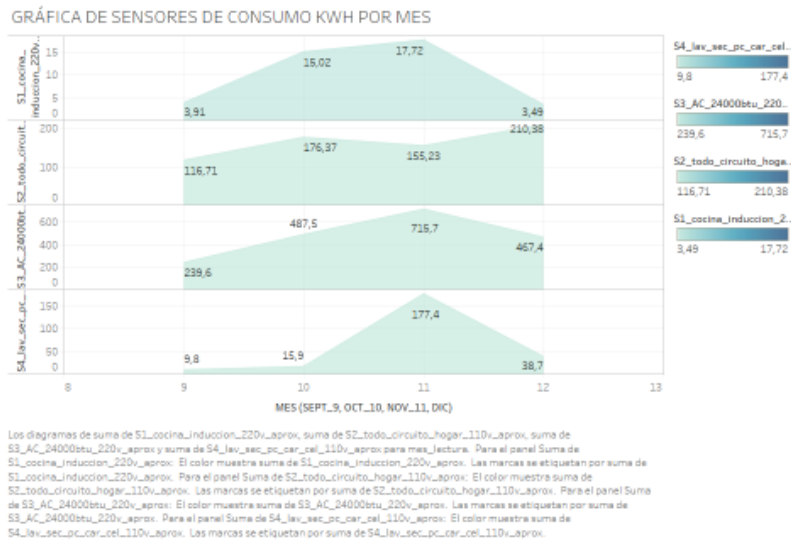
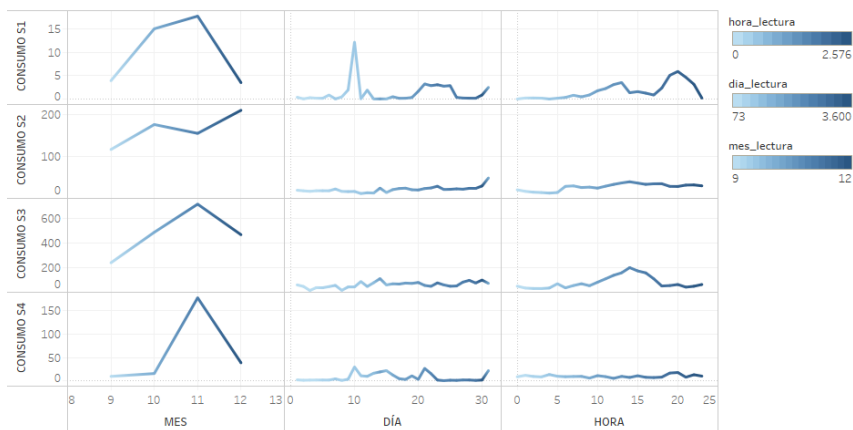


Fig. 8: Consumo de cada circuito instalado por consumo mensual

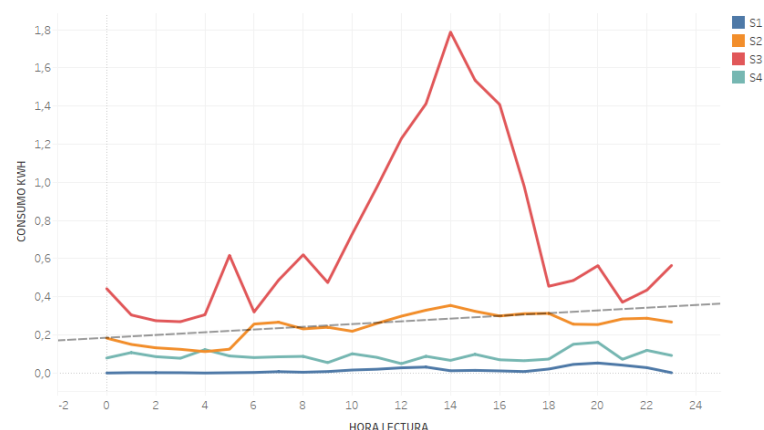
GRÁFICA DE LOS SENSORES SOBRE CONSUMO KWH POR MES, DÍA Y HORA



Las tendencias de suma de S1_cocina_induccion_220v_aprox, suma de S2_todo_circuito_hogar_110v_aprox, suma de S3_AC_24000btu_220v_aprox y suma de S4_lav_sec_pc_car_cel_110v_aprox para mes_lectura, dia_lectura y hora_lectura. Para el panel Mes_lectura: El color muestra detalles acerca de mes_lectura. Para el panel Dia_lectura: El color muestra suma de dia_lectura. Para el panel Hora_lectura: El color muestra suma de hora_lectura.

Fig. 9: Consumo de cada circuito instalado por consumo por hora, día y mes

GRÁFICA LÍNEAL DEL CONSUMO KWH DE LOS SENSORES POR HORA



La tendencia de promedio de Valor_sensor para hora_lectura. El color muestra detalles acerca de Sensores.

Fig. 10: Regresión Lineal de cada circuito instalado por consumo por hora

Valor P: 0,169577

Ecuación: Valor_sensor = 0,802242*hora_lectura + 20,4691

Coefficientes

<u>Término</u>	<u>Valor</u>	<u>StdErr</u>	<u>valor t</u>	<u>valor p</u>
hora_lectura	0,802242	0,579574	1,38419	0,169577
intercepto	20,4691	7,77939	2,63119	0,0099442

Fig. 11: resumen modelo lineal del consumo kwh de los sensores por hora

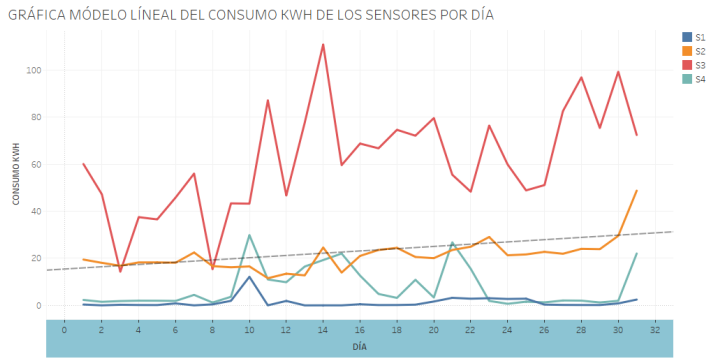


Fig.12: Regresión Lineal de cada circuito instalado por consumo por día

Valor P: 0,0722252

Ecuación: Valor_sensor = 0,479573*día_lectura + 15,3164

Coefficientes

<u>Término</u>	<u>Valor</u>	<u>StdErr</u>	<u>valor t</u>	<u>valor p</u>
día_lectura	0,479573	0,264458	1,81342	0,0722252
intercepto	15,3164	4,84759	3,15959	0,0019923

Fig. 13: resumen modelo lineal del consumo kwh de los sensores por día

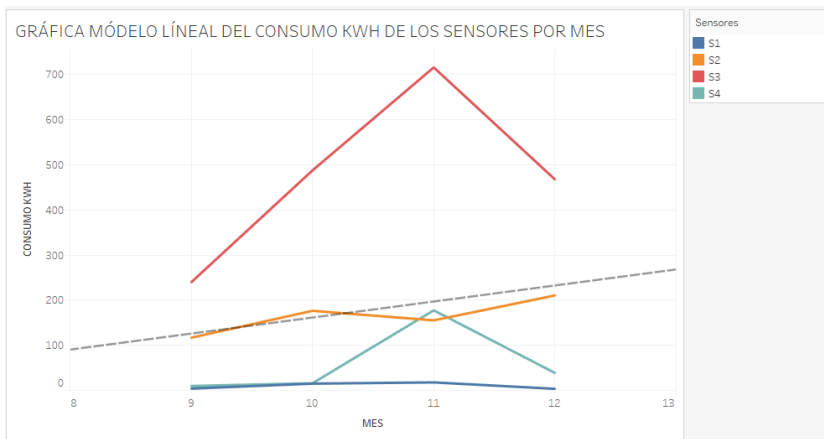


Fig.14: Regresión Lineal de cada circuito instalado por consumo por mes

Valor P: 0,469509

Ecuación: Valor_sensor = 35,5304*mes_lectura + -194,9

Coefficientes

<u>Término</u>	<u>Valor</u>	<u>StdErr</u>	<u>valor t</u>	<u>valor p</u>
mes_lectura	35,5304	47,7919	0,743439	0,469509
intercepto	-194,9	504,652	-0,386206	0,70515

Fig. 15: resumen modelo lineal del consumo kwh de los sensores por mes

En la presente sección se analiza los resultados obtenidos y métodos aplicados, con respecto a los resultados, y métodos de investigaciones realizadas por otros autores, y analizando el valor p: asignado al concepto de significación:

Si valor $p < 0,05$ resultados se interpretan como significativos: es positivo

Valor $p > 0,05$ (0 a 1) estaría sujeta a la probabilidad no a los factores del modelo.

En los que podemos citar los siguientes trabajos de investigación:

Modelo de Predicción de la Demanda Eléctrica Horaria a Muy Corto Plazo. Por el autor: David Fernández Jiménez. (Jimenez, 2016)

Modelación Predictiva, Simulación y Minimización de la Variable Específico de Generación Energética de Central Santa Fe. Por el autor: Gonzalo Ricardo Escobar Marchant. (Marchant, 2015)

Se puede observar que el concepto de significancia del modelo de regresión lineal presenta valores mayores a 0,05, lo que indicaría que está sujeta a probabilidades de uso de los de equipos eléctricos instalados en residencias de la ciudad de Quevedo, implicando que se debe considerar otras variables para poder obtener un modelo que aproxime la curva de consumo como presión, temperatura, entre otras variables el modelo no este estar sujeta a datos probabilísticos.

CONCLUSIONES

Mediante los datos proporcionados por Los dispositivos electrónicos construidos a partir de reaspberrí Pi, se procedió a realizar la predicción en el modelo matemático acorde al consumo energético diario por consumidor. El modelo que se adaptó mejor a la predicción fue el método de regresión lineal por el comportamiento de su curva.

En el método de regresión lineal, pero está sujeta a eventos estocásticos dada de adaptación a la curva predictora a la real, como también por la inestabilidad de las demandas. Para este modelo se optó por el uso del software Tableau, debido a que es un software que nos ofrece un modo de predecir, a través de un modelo realizado en él, gracias a la ayuda de este programa se logró obtener los valores de predicciones que se observaron en los resultados.

REFERENCIAS

[Maurizio Armando. (2018). *"Tutorial sensor de corriente AC no invasivo SCT-013*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html

Alvaro. (30 de Agosto de 2016). *Twenergy*. Recuperado el 02 de Julio de 2019, de <https://twenergy.com/a/el-consumo-energetico-en-nuestros-hogares-2313>

- Bosque Perez, G., & Fernandez Rodriguez, P. (2015). *Principios de diseño de sistemas digitales*. Universidad del País Vasco.
- C. Con and S. U. Contador. (2015). Tarifa eléctrica por horario de uso,. 4.
- Cabello, D. (4 de Mayo de 2017). *WordPress*. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de <https://metodonumericos2017.wordpress.com/2017/05/04/regresion-polinomial/>
- CHOLLOX. (26 de julio de 2019). *Raspberry Pi 3, la revolución en el mundo de las placas –* <https://chollox.com/raspberry-pi-3/>. [Accessed: 26-Jul-2019]. . Obtenido de <https://chollox.com/raspberry-pi-3/>
- CNEL. (13 de 02 de 2019). *CNEL EP expone tarifa residencial y tips de consumo eléctrico*. Obtenido de <https://www.cnelep.gob.ec/2019/02/cnel-ep-expone-tarifa-residencial-y-tips-de-consumo-electrico/>
- Collantes, C. J. (2019). *Tableau para la Inteligencia de Negocios del Área de Análisis de Información TI*. LIMA: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/dmining/clases/PresentacionKNime.pdf>
- Contreras, L. (2013). *RASPBERRY PI – Historia de la Informática,* Musei informatico.
- EcuRed. (17 de Abril de 2012). *EcuRed*. Recuperado el 07 de Julio de 2019, de https://www.ecured.cu/Sistema_din%C3%A1mico
- España, R. E. (1998). *“Proyecto INDEL - Atlas de la Demanda Electrica española,”* p. 163. Madrid: Red Eléctrica de España S, A,.
- Hacia una ciudad sostenible! . (2017). *Revista digital, Tiempo de Sostenibilidad*, 70.
- Instituto de Tecnologías Educativas* . (s.f.). Recuperado el 03 de Julio de 2019, de https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion01/13_tipos_de_modelos_matemticos.html
- Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud, I. (2011). *Problema ambiental del consumo de energía*. Obtenido de vol. 35, pág. 54: <https://istas.net/istas/guias-interactivas/ahorro-y-eficiencia-energetica/problema-ambiental-del-consumo-de-energia>
- Investigacion de Operaciones*. (s.f.). Recuperado el 06 de Julio de 2019, de http://www.investigaciondeoperaciones.net/metodo_del_gradiente.html

- Jimenez, D. F. (Junio de 2016). *UPM*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de http://oa.upm.es/42869/1/TFG_DAVID_FERNANDEZ_JIMENEZ.pdf
- Marchant, G. R. (Enero de 2015). *UDEC*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1891/Tesis_Modelacion_Predictiva_Simulacion_y_Minimizacion.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MathWorks. (s.f.). *MathWorks*. Recuperado el 07 de Julio de 2019, de <https://es.mathworks.com/discovery/dynamic-systems.html>
- Mecafenix, F. (08 de febrero de 2019). *Como calcular el consumo eléctrico de tus aparatos*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/otros/calcular-el-consumo-electrico/>
- Minitab18. (s.f.). *Minitab*. Recuperado el 07 de Julio de 2019, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/supporting-topics/basics/what-is-a-time-series/>
- Miprofe.com. (s.f.). Recuperado el 06 de Julio de 2019, de <https://miprofe.com/minimos-cuadrados/>
- Miyara, F. (2004). *CONVERSORES D/A Y A/D* (segunda ed., Vol. I). Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- Prat, J. (2015). *Federación Española de Comerciantes de Electrodomésticos*. Obtenido de Especial Electrodomésticos de Expansión: <http://fece.org/blog/2016/07/05/fece-colabora-con-el-especial-electrodomesticos-de-expansion/>
- Real, I. G. (5 de Diciembre de 2018). *garciaREAL.com*. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de <http://www.garciaREAL.com/2018/12/05/knime-la-herramienta-para-bigdata-para-novatos/>
- Ruesca, P. (28 de junio de 2019). *Radiocomunicaciones, Radio & Engineering Company S.L.* Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/telemetry/>
- Santos Gonzalez, M. (2014). *Diseño de redes telemáticas*. España: RA.MA.
- Sosa Medina, K. (1993). *Diseño y Construcción de un Medidor Digital de Energía Trifásico*. Quito: Quito : EPN, 1993.
- Wordpress. (s.f.). *wordpress*. Recuperado el 07 de Julio de 2019, de <https://lkquesadaf.wordpress.com/primer-corte/patrones-de-medicion/>

