

**MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME
MEDIANTE UNA TARJETA RASPBERRY PI**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:
MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME
MEDIANTE UNA TARJETA RASPBERRY PI

AUTOR:
Espinel Álvarez Santiago Xavier

TUTOR:
Ruiz Maldonado Milton Gonzalo

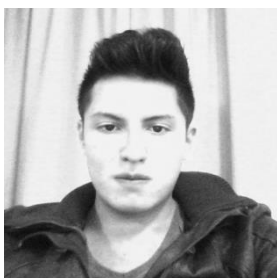
Quito, Julio 2018

Santiago Xavier Espinel Álvarez

**MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME MEDIANTE UNA
TARJETA RASPBERRY PI**

Breve reseña historia e información de contacto:

AUTORES



Santiago Xavier Espinel Álvarez (Y'1990-M'12). Obtuvo su título de bachiller en Físico Matemático y Mantenimiento en Ensamblaje de equipos de Cómputo en la unidad educativa San José La Salle actualmente. Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en automatización y monitorización, sistemas de gestión de energía, ahorro energético e iluminación inteligente.

sespinela@est.ups.edu.ec



Milton Gonzalo Ruiz Maldonado (Y'1987-M'01). Milton Ruiz se graduó de la Universidad Politécnica Salesiana en 2012 como Ingeniero Electrónico y en 2015 como Ingeniero Eléctrico; Recibió su M.Sc. en Redes de Comunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Sus intereses de investigación están en comunicaciones verdes, infraestructura de medición avanzada, red inteligente, redes inalámbricas, gestión de energía. Es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador y parte del Grupo de

Investigación GIREL.

mruizm@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2018 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO-ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, Milton Gonzalo Ruiz Maldonado declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación *MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME MEDIANTE UNA TARJETA RASPBERRY PI* realizado por Santiago Xavier Espinel Álvarez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio de 2018



.....

Milton Gonzalo Ruiz Maldonado

Cédula de identidad: 171440906-5

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Santiago Xavier Espinel Álvarez, con documento de identificación N° 050279182-5, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: “*MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME MEDIANTE UNA TARJETA RASPBERRY PI*”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELÉCTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Espinel AS', is written over a light blue grid background.

.....

Nombre: Santiago Xavier Espinel Álvarez

Cédula: 050279182-5

Fecha: julio, 2018

1. ÍNDICE DE CONTENIDO

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Introducción..... | 2 |
| 2. | Declaración de Problema..... | 2 |
| 3. | Métodos de control de iluminación..... | 3 |
| 3.1. | Control ON/OFF..... | 3 |
| 3.2. | Control de Atenuación..... | 3 |
| 4. | Raspberry pi..... | 5 |
| 4.1. | BUS I2C..... | 5 |
| 4.2. | Sensor de luz ambiente BH1750..... | 5 |
| 5. | Ventajas de la iluminación inteligente..... | 5 |
| 5.1. | Tecnología led..... | 6 |
| 5.2. | Ventajas de usar led..... | 6 |
| 6. | Proceso del sistema..... | 6 |
| 6.1. | Diseño principal del sistema de monitoreo de ahorro de energía..... | 7 |
| 6.2. | Modelo de Optimización..... | 8 |
| 6.3. | Esquema de transferencia y control..... | 8 |
| 7. | Casos de estudio..... | 9 |
| 7.1. | Caso de Estudio 1..... | 9 |
| 7.2. | Caso de Estudio 2..... | 10 |
| 8. | Viabilidad de resultados..... | 12 |
| 9. | Trabajos Futuros..... | 16 |
| | Conclusiones..... | 16 |
| | Referencias..... | 16 |
| | Estado del Arte..... | 18 |

2. ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|---|
| Figura 1. | Señal ON/OFF..... | 3 |
| Figura 2. | Control ON/OFF..... | 3 |
| Figura 3. | Control ON en una onda alterna..... | 3 |
| Figura 4. | Control de atenuacion..... | 4 |
| Figura 5. | Control de proporcional con un PWM al 90%..... | 4 |
| Figura 6. | Control de proporcional con un PWM al 65%..... | 4 |
| Figura 7. | Control de proporcional con un PWM al 35%..... | 5 |
| Figura 8. | Diagrama de una Raspberry Pi..... | 5 |
| Figura 9. | Esquema de captura de datos..... | 6 |
| Figura 10. | Esquema estratégico de control del sistema de iluminación..... | 7 |
| Figura 11. | Pantalla de Monitoreo..... | 7 |

| | |
|--|----|
| Figura 12. Programación UDP/IP Raspberry Pi - Labview | 7 |
| Figura 13. Programación Serial Labview – Arduino Uno | 8 |
| Figura 14. Flujo total del Sistema | 8 |
| Figura 15. Diagrama de control lumínico | 9 |
| Figura 16. Variación de iluminación aleatorio en una vivienda | 9 |
| Figura 17. Variación de iluminación en el día al azar en un salón | 10 |
| Figura 18. Diagrama unifilar de las lámparas y sensores posición 1 | 10 |
| Figura 19. Variación de iluminación ‘norte’ revise (Fig.18) | 10 |
| Figura 20. Variación de iluminación ‘oeste’ a 1m de altura revise (Fig.18) | 10 |
| Figura 21. Variación de iluminación ‘oeste’ a 1.5m de altura revise (Fig.18) | 11 |
| Figura 22. Variación de iluminación ‘oeste’ 2m de altura revise (Fig.18) | 11 |
| Figura 23. Variación de iluminación ‘sur’ (Fig.18) | 11 |
| Figura 24. Variación de iluminación ‘este’ (Fig.18)..... | 11 |
| Figura 25. Diagrama unifilar de las lámparas y sensores posición 2 | 12 |
| Figura 26. Iluminación a 1m sobre el suelo | 12 |
| Figura 27. Variación de iluminación 1m sin lámparas | 12 |
| Figura 28. Gráfica de correspondencia de Pareto para las lámparas..... | 12 |
| Figura 29. Funcionamiento del control automático | 13 |
| Figura 30. Consumo en la variación de la transferencia automática..... | 13 |
| Figura 31. Consumo de una lámpara fluorescente (20W)..... | 13 |
| Figura 32. Consumo de una lámpara led convencional luz blanca (9W)..... | 14 |
| Figura 33. Consumo de una lámpara led atenuable de luz amarilla (10W) | 14 |
| Figura 34. Consumo de una lámpara led atenuable de luz blanca (8.5W)..... | 15 |
| Figura 35. Consumo de energía anual (kW/h) | 15 |

3. ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Comparación entre lámparas led fluorescentes t5, t8 y led [27]..... | 6 |
| Tabla 2. Distancia de ruptura de comunicación I2C con el sensor BH2750..... | 9 |
| Tabla 3. Valores estándar en iluminación | 13 |
| Tabla 4. Energía anual consumida de un foco fluorescente..... | 14 |
| Tabla 5. Energía anual consumida de un foco led convencional | 14 |
| Tabla 6. Energía anual consumida de un foco led atenuable de luz amarilla | 15 |
| Tabla 7. Energía anual consumida de un foco led atenuable de luz blanca | 15 |

MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME MEDIANTE UNA TARJETA RASPBERRY PI

Resumen

En este documento presenta una descripción sobre la gestión eléctrica para realizar el control proporcional en la iluminación con una optimización de Pareto, principalmente enfocadas en luminarias residenciales y específicamente con un modelado en lámparas led (iluminación con diodos emisores de luz). El modelo propuesto gestiona y reduce el consumo de energía automáticamente dando rangos óptimos de iluminación y vida útil a los equipos del usuario. El uso de un sistema independiente, mejora la eficiencia y el funcionamiento de los dispositivos, con presencia optima de iluminación en los espacios selectos. Para analizar el consumo de energía en las lámparas led se utilizaron equipos de mediciones, la tarjeta de adquisición de datos RASPERRY PI; Con estos datos se gestiona y optimiza un modelo de comportamiento en la potencia consumida con relación a la tasa de atenuación, pudiendo así pronosticar el ahorro de energía y la atenuación de las luminarias led.

Palabras Clave: Gestión, Modelación, Lámparas Led, Casa Inteligente, Iluminación Inteligente, Control de Iluminación Led, Ahorro Energético, Monitoreo, Minimizar costos.

Abstract

This document presents a description of electrical management to perform proportional control in lighting with a Pareto optimization, mainly focused on residential luminaires and specifically with modeling in LED lamps (lighting with light emitting diodes). The proposed model manages and reduces the power consumption automatically giving optimal ranges of illumination and lifespan to the user's equipment. The use of an independent system improves the efficiency and operation of the devices, with optimal presence of lighting in selected spaces. To analyze the energy consumption in LED lamps, measurement equipment was used, the RASPERRY PI data acquisition card; With these data a behavior model is managed and optimized in the power consumed in relation to the attenuation rate, thus being able to predict the energy saving and the attenuation of the LED luminaires.

Keywords: Management, Modeling, Led Lamps, Smart Home, Intelligent Lighting, Led Lighting Control, Energy Saving, Monitoring, Minimize costs.

1. Introducción

El progreso de la tecnología led ayuda a perfeccionar considerablemente la eficiencia en un sistema de luminosidad.

La atenuación led ofrece beneficios significativos porque se describe como una fuente de luz puntual que facilita el avance de ópticas macizas y eficaces para una división uniforme de la iluminación. Por lo tanto, se requiere poca luz para suministrar el mismo nivel de iluminación a comparación de otras fuentes de luz habituales. Además, las lámparas leds son más convenientes para el aclaramiento lumínico, de esta forma, se construyen nuevas oportunidades para un ahorro energético y mejorar la calidad de iluminación. Las industrias están enfocadas en fabricar lámparas led y la atenuación es fundamental para el sistema de iluminación moderno descrito por [1],[2],[3],[4],[5].

Los manejos de iluminación no solo dependen de los dispositivos que permitan encender y apagar luminarias, también permiten atenuarlas de manera manual o automática. Esto depende de la tecnología de las lámparas y el diseño interior de las residencias. Además, de la correcta adaptación de luz natural en un sistema de iluminación inteligente trabajos relacionados en [6],[8].

Las aplicaciones que ayudan a gestionar la iluminación en residencias, producen dos efectos muy evidentes, uno de ellos es la reducción de consumo de energía y el otro es el incremento de la vida útil en las luminarias, con ello un ahorro monetario trabajos relacionados en [9],[10].

El modelo de gestión para minimizar el consumo de energía es un controlador proporcional. Por ello al finalizar el presente estudio se indica un modelo de gestión que relacione lo anteriormente descrito[11].

La electricidad es una de las energías más utilizadas en el mundo y la demanda está creciendo y progresando

consecutivamente. Los sistemas de energía eléctrica se han construido durante más de 100 años. Ahora es uno de los componentes más eficaces en infraestructura de la que necesita la sociedad moderna y esta necesita una demanda cada vez mayor[11].

La gestión de la electricidad enfrenta muchos desafíos: el aumento de la demanda, la disminución de CO₂, la necesidad de salvaguardar el medio ambiente, el instinto al alza y la mayor volatilidad de los costos mundiales de los combustibles. Es necesario un sistema eléctrico que pueda controlar estos retos de manera sostenible, energética, confiable y económica trabajos relacionados se describe en [11].

El presente artículo se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 describe objetivos generales y los problemas. La Sección 3, se discute sobre las tecnologías de iluminación e iluminación inteligente, en la Sección 5 se presenta todo el sistema de gestión con algunas comparaciones, en la sección 6, 7 y 8 se presentan el análisis de la gestión de una red eléctrica de iluminación inteligente y la sección 9 describe los trabajos futuros.

2. Declaración de Problema

En una vivienda que use lámparas fluorescentes o en el peor caso que use lámparas incandescentes el consumo de energía es elevado, por lo tanto, uno de los problemas está en el tipo de tecnología que usa dicho usuario. Otro factor por el cual un usuario no ahorra energía es el uso inadecuado de una lámpara al dejarlas prendidas durante mucho tiempo en el día y el consumo de energía en un año será muy significativo.

El propósito de investigación es conocer el consumo de algunas lámparas (led y fluorescentes) durante cierto periodo en una vivienda común.

3. Métodos de control de iluminación.

Existen muchos sistemas de gestión para un control de iluminación, pero todas están basadas en métodos básicos y complejos: control on-off y control de atenuación descrita por [12],[13].

3.1. Control ON/OFF

Este control se refiere a encender y apagar la luz manualmente o en otros casos automáticamente con algún tipo de sistema de control. El interruptor se usa constantemente en iluminación tradicional. En general, un interruptor normal se conecta directo entre sí con una lámpara manual, y el encendido y apagado de la corriente es controlado por la acción del interruptor[1].

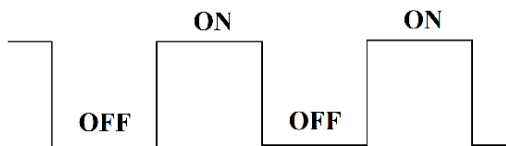


Figura 1. Señal ON/OFF

La representación matemática de control ON/OFF se muestra en la ecuación 1 y 2 [14].

$$y(t) = M_1(ON) \quad t > 0 \quad (1)$$

$$y(t) = M_2(OFF) \quad t < 0 \quad (2)$$

Cuando una lámpara precisa manipularse desde dos sitios, es necesario usar un interruptor de doble control, pero si una lámpara precisa ser controlada desde múltiples sitios, el aumento y la complejidad del circuito de la instalación acrecentarán bruscamente. Asimismo, un interruptor normal solo puede encenderse o apagarse manualmente y en tal situación la operación es más compleja trabajos similares en [12],[1].

En la iluminación inteligente, el control donde se instala una lámpara está diseñado dependiendo de las

necesidades del usuario, como pasa evidentemente en la iluminación tradicional. La diferencia radica en que hay muchas formas de controlar los cambios luminosos, el encendido y apagado de un circuito donde la lámpara está instalada se puede controlar manualmente o automáticamente a través de un interruptor inteligente, un interruptor, un temporizador, un sensor, un controlador, realizando iluminación compleja y un control diferenciado, trabajos similares en describe [12],[1],[15].

En la figura 2 muestra el diagrama de bloques con el cual el control ON/OFF trabaja de manera automática, el trabajo del control ON/OFF lo realiza la Histéresis.

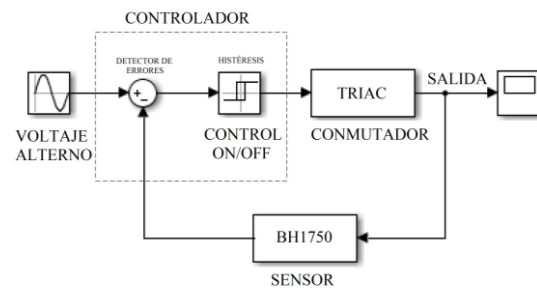


Figura 2. Control ON/OFF
Fuente: Autor

La figura 3 muestra cómo actúa un conmutador (triac) en posición ON.

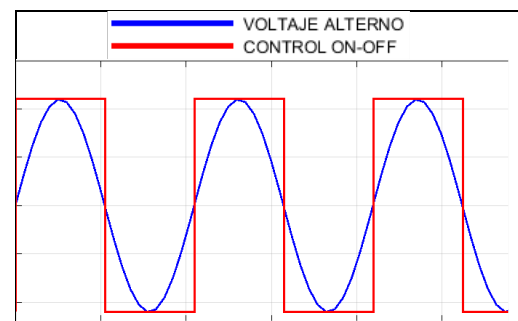


Figura 3. Control ON en una onda alterna

3.2. Control de Atenuación

El control de atenuación se refiere a regular la iluminación de una lámpara sea manual o automática. El interruptor

de perilla se usa en iluminación tradicional, el control de atenuación es continuamente utilizado para fuentes de luz tales como lámparas incandescentes, no comúnmente en lámparas led [12].

Las lámparas incandescentes consumen excesiva energía y son limitados para su uso, dichas lámparas son el motivo primordial para un aumento en el uso de lámparas led. Los atenuadores de perilla (dimmer) son cada vez rechazados y su uso es menor [12].

El sensor de iluminación es empleado generalmente para iluminación inteligente. El sensor efectúa la medición que se compara en el control proporcional de regulación de luminosidad, al regular las lámparas con diferentes fuentes, tales como lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, lámparas de halogenuros metálicos y lámparas led. Un factor en la iluminación es la alteración causada por el tiempo y el clima, por ejemplo, en un mediodía, la iluminación en una habitación está habitualmente alumbrada de luz solar, y la lámpara no precisa ser encendida. Cuando empieza a llegar la noche, el sol no proporcionar la suficiente iluminación, y la lámpara tiene que estar encendida. El brillo de la lámpara se puede regular a través de la detección por un sensor de iluminación de esta manera conservar la iluminación en la habitación cerca de un valor estándar, trabajos similares describe [12].

En la ecuación 3 se muestra matemáticamente el control proporcional [14]:

$$P(t) = K_c \cdot e(t) + C_s \quad (3)$$

Donde:

K_c es la ganancia proporcional del controlador.

C_s es las parcialidades del controlador.

$e(t)$ es el error del controlador.

La parcialidad del controlador es el valor de la operación del control cuando el error es nulo[14].

La función de transferencia del controlador se logra con la transformada de Laplace de la ecuación 4[14]:

$$P_s(S) = K_c \quad (4)$$

En la figura 4 muestra el diagrama de bloques del control de atenuación, a 110 voltios de corriente alterna y con una modulación por ancho o de pulso (PWM), y necesariamente el uso de un cruce por cero para anular la aparición de algún desfase en el conmutador.

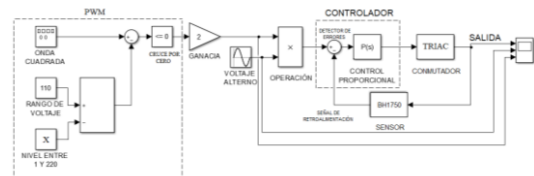


Figura 4. Control de Atenuación
Fuente: Autor

En la figura 5,6 y 7 se muestra la gestión del controlador proporcional, los rangos en el PWM son del 10%, 65% y 35%.

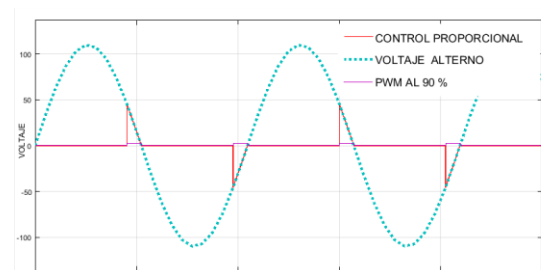


Figura 5. Control de proporcional con un PWM al 10%

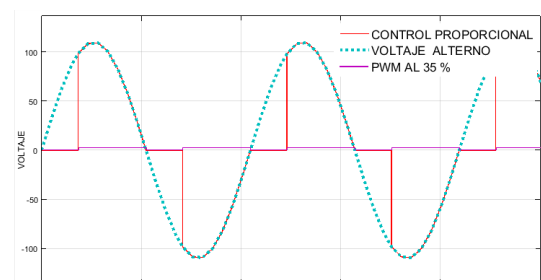


Figura 6. Control de proporcional con un PWM al 35%

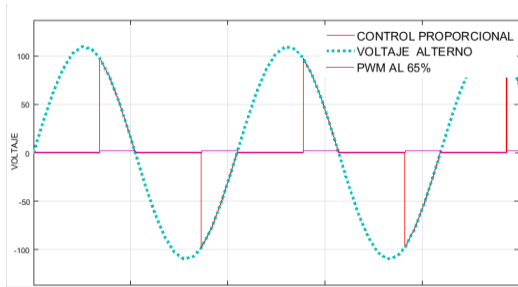


Figura 7. Control de proporcional con un PWM al 65%

4. Raspberry pi

Es un procesador de aplicaciones multimedia orientado a dispositivos móviles e integrados [16].

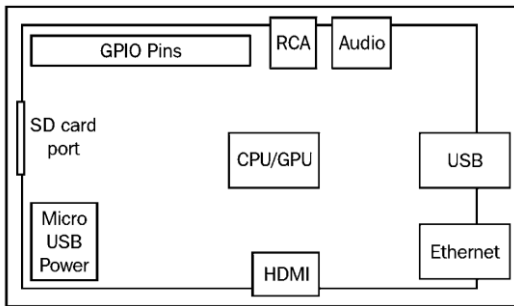


Figura 8. Diagrama de una Raspberry Pi [16]

Los pines de Entrada / Salida (GPIO) en la Raspberry Pi son la principal forma de conexión con otros dispositivos electrónicos [17].

4.1. BUS I2C

Circuito Inter-Integrado de bus (I²C) está planificado para suministrar las comunicaciones entre múltiples dispositivos integrados (IC) lo describe [18].

Cuenta con 112 terminales que se asignan a los esclavos [19].

4.2. Sensor de luz ambiente

BH1750

El sensor posee una alta calidad de resolución, con rangos de medición entre 1 y 65535 LX, por lo que se puede monitorear y seleccionar amplios niveles de intensidad de luz, descrito en [22],[17].

5. Ventajas de la iluminación inteligente

A comparación con la iluminación tradicional, la iluminación inteligente tiene principalmente las siguientes ventajas [12].

La eficiencia energética indica la dependencia entre los recursos y servicios del costo energético en una vivienda inteligente y de esta manera salvaguardar los recursos y servicios originados descrito en [23],[1].

La iluminación inteligente en diferentes ambientes es precisamente controlada por diferentes factores, y se plantean cantidades pequeñas de consumo, para poseer respaldos apreciables de iluminación estándar, de este modo evitar una iluminación demasiado molesta (muy baja iluminación o muy alta iluminación para la percepción humana) con un mínimo consumo de energía. Según las estadísticas, la lámpara inteligente en general puede ahorrar energía en más del 30% [23],[1].

La iluminación inteligente ofrece funciones tales como el manejo de voltaje del suministro, compensando los cambios en el suministro de la frecuencia, eliminando la interferencia electromagnética. Esta puede advertir la sobretensión o una caída de tensión y de esta manera causar daño a las fuentes de luz, y efectivamente extender la vida útil [1].

La combinación con el monitoreo automático de iluminación, el control normal de las condiciones de iluminación, el uso seguro y moderado del equipo de control, prolonga la vida útil [24],[13],[1].

El ambiente de iluminación es preciso para un buen estilo de vida. La iluminación inteligente usa información de electrónica de potencia y tecnología para controlar automáticamente el encendido o apagado, como también el brillo de las

lámparas para aumentar uniformemente la iluminación y reducir el efecto estroboscópico (iluminación mediante destellos) [12].

5.1. Tecnología led

La tecnología de iluminación led de gran potencia, se ha perfeccionado en la última década. En tendencia de los led para alcanzar un alto poder energético con una calidad de iluminación privilegiada, en consecuencia con un alto nivel de aceptación y aprobación del usuario, los led han conseguido una gran excelencia económica a nivel mundial [25].

5.2. Ventajas de usar led

Las luminarias led están posesionándose en el mercado. Características tales como larga duración, atenuación, variabilidad, diseño maleable, alta eficacia luminosa, compacidad y transferencia en el haz de luz de temperatura casi nula, constituyen que la iluminación led sea una alternativa atractiva a las fuentes de luz tradicionales [25],[27].

Las lámparas fluorescentes tienen una eficiencia de hasta 114 lm / w, pero no tanto como una lámpara led como se describe en la Tabla 1 [27].

El uso de lámparas se especifica mediante los siguientes parámetros: Eficiencia energética, índice de producción de color, tipo de color y temperatura.

La eficiencia luminosa se define como [27]:

$$K = \frac{lm}{W} \quad (5)$$

En donde:

K= Eficiencia luminosa.

lm= Poder de luz.

W= Energía eléctrica.

De acuerdo con la ecuación 5, en cuanto a mayor es el valor de K, más alto es el flujo luminoso con una disminución en el consumo de energía. Se asegura que los fluorescentes T5 tienen una eficiencia de luz más alta que las de un

T8 y en cambio las de un led es privilegiado a los dos tipos citados. La Tabla I a continuación muestra una comparación entre los tres tipos de lámparas.

Tabla 1. Comparación entre lámparas led fluorescentes t5, t8 y led [27].

| Tipo | K(Lm/W) | W | Lm a 25°C |
|------|---------|-----|-----------|
| T5 | 93 | 28 | 2600 |
| T8 | 75 | 18 | 1350 |
| led | 121 | 8,5 | 1027 |

Es posible concluir a partir de la Tabla 1 que las lámparas led, con menor potencia eléctrica, aún obtienen una mayor eficiencia.

6. Proceso del sistema

El sistema de iluminación inteligente está construido y programado con tres señales medidas por tres sensores BH1750, que usa un retardo para identificar los datos de cada sensor.

La extracción de datos de la interface de comunicación I2C usa salidas digitales (GPIO). El esquema consta de tres sensores BH1750 que muestra la Figura 9, permite en realidad, no acumular datos del sensor de una manera desordenada, de este modo se programa tiempos en milisegundos a cada salida para que recolecte el bus I2C, un dato cada cierto tiempo.

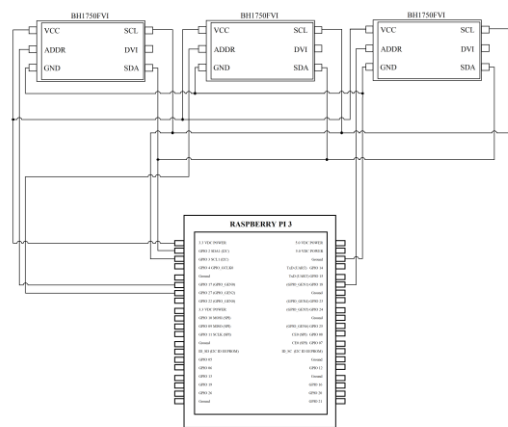


Figura 9. Esquema de captura de datos Fuente: Autor

6.1. Diseño principal del sistema de monitoreo de ahorro de energía

El diseño principal se muestra en la figura 10, que se encuentran basadas en tecnologías modernas de comunicación y control. Esto da como resultado una estructuración eficiente y energética para el funcionamiento de la vivienda inteligente.

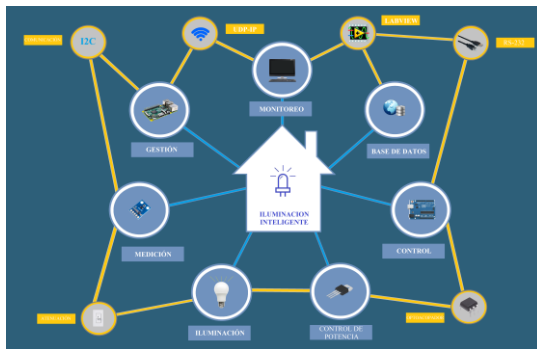


Figura 10. Esquema estratégico de control del sistema de iluminación.

Fuente: Autor

Mediante el uso de una red de sensores, que incorporan comunicación I2C, por lo tanto, es necesario utilizar los equipos para administrar y controlar la potencia y la iluminación de las lámparas led. Los parámetros se medirán y almacenarán en una base de datos para que la cantidad medida de las lámparas led se pueda verificar fácilmente [28],[13]. La construcción del sistema de bloques para monitorear la iluminación consiste en utilizar tecnología de información moderna para construir un sistema de monitoreo de iluminación sistemático, en red y basado en la investigación. El funcionamiento de monitoreo tiene que ser en tiempo real (es un procedimiento digital que interviene rápidamente en un ambiente dinámico conociendo sus salidas, entradas y limitaciones, para proporcionar un buen funcionamiento al sistema), para que el usuario este informado del ahorro de energía y la reducción del consumo [24],[13].

La pantalla de monitoreo que se muestra en la figura 11 combina las necesidades de visualización del usuario, cuenta con tres tramas de visualización de luxes que envían los sensores y con una trama de visualización de transferencia. Y un botón que permite el cambio de control manual a automático y viceversa.

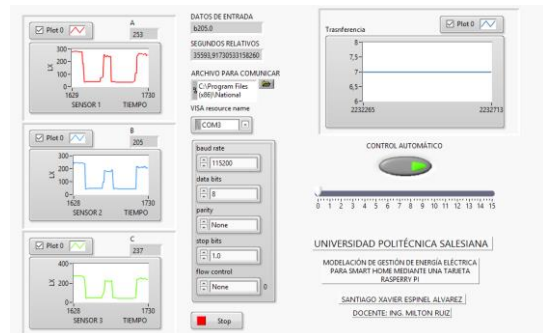


Figura 11. Pantalla de Monitoreo

Fuente: Autor

Con respecto a la comunicación eficiente, los medios de comunicación como el Wifi es uno de los candidatos más prometedores para ser utilizados en el área de trasmisión de datos [4]. El protocolo UDP/IP en realidad están diseñados para tratar una gran cantidad de dispositivos ciertamente es la mejor opción para transmitir datos y sin redundancia [2].

Para adquisición de datos desde labview es necesario el envío de caracteres especiales junto con las mediciones, finalmente dependiendo del carácter se registra y almacena la medida en una base de datos. En la figura 12 se muestra el diagrama de bloques.

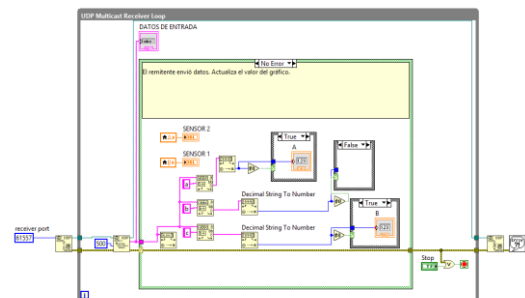


Figura 12. Programación UDP/IP Raspberry Pi – Labview

La tasa de transmisión del puerto serial es de 115200 baudios (número de símbolos por segundo en un medio de transmisión digital) para la transferencia de datos que se muestra en la figura 13.

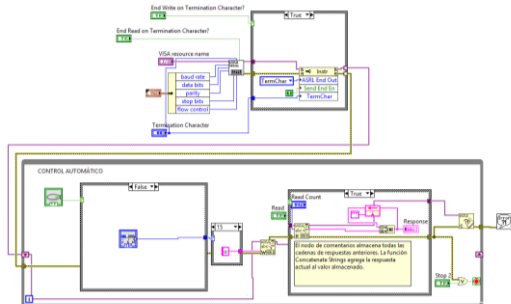


Figura 13. Programación Serial Labview – Arduino Uno

6.2. Modelo de Optimización

El pseudocódigo se encuentra compuesto por siete pasos que define la gestión y optimización de Pareto el programa, iniciando con la medición e importación de datos que serán previamente configurados para luego seleccionar y agrupar cada dato según corresponda.

La opción de elección de datos será automática o manual donde en una misma pantalla de visualización existe un cálculo de energía consumida mensual que presenta una comparación de datos entre algunas tecnologías de iluminación.

Inicio

Paso 1: Medición e importación de datos de entrada.

Bucle de 0.5 segundos por sensor medido.

Paso 2: Configuración de datos de entrada

Paso 3: Selección y agrupación de datos de entrada, pueden ser optimizados automáticamente o manualmente.

Paso 4: Si (es automáticamente) → se atenúan las lámparas led según el nivel de iluminación que existe en alguna habitación.

Paso 5: Caso contrario (es manual) → se elige un nivel de iluminación manual.

Paso 6: Calcular la energía consumida mensual de las lámparas led.

Paso 7: Presentación de resultados y comparación de consumo de energía.

Fin

La figura 14 muestra que la señal comienza desde el procesador (Raspberry Pi) con un comando inicializado y gestionado en Python todas las variables son medidas por el sensor de iluminación, que se transfieren al ordenador.

Los datos en el ordenador son monitoreados, controlados, analizados, y almacenados en labview, para luego ser enviados al sistema de conmutación donde procederá la atenuación de las lámparas led mediante un acoplado de potencia.

La iluminación emitida por las lámparas led son nuevamente medidas por el sensor de iluminación para otra vez repetir el proceso, la duración de este proceso es de 0.5 segundos por cada sensor que esté conectado.

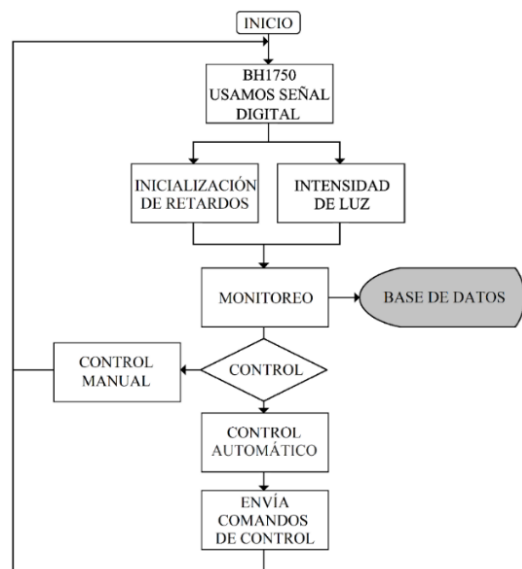


Figura 14. Flujo total del Sistema Fuente: Autor

6.3. Esquema de transferencia y control

El esquema utiliza una comunicación serial (RS-232) que obtiene y envía datos gestionados desde el sistema de monitoreo en labview. La tarjeta inteligente arduino uno que se muestra en la figura 15 emitirá la señal (PWM) a los opto acopladores (MOC3041) que

desacopla al diagrama de potencia con el de control. El opto acoplador realizar el control de disparo del triac (BT136) que está conectado a la lámpara y a corriente alterna.

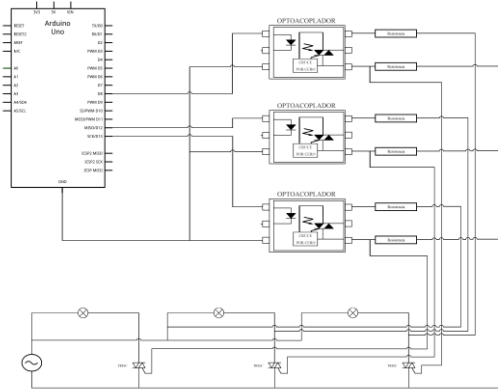


Figura 15. Diagrama de control lumínico

El diagrama de la Figura 15 permite desacoplar el circuito de potencia con el circuito de control para no tener algún daño o inconveniente con algún dispositivo electrónico.

7. Casos de estudio

7.1. Caso de Estudio 1

La comunicación entre maestro y esclavo en algún sistema de gestión, presenta una incógnita relevante, que sería la comunicación entre ambos, el enlace diferentes longitudes para el protocolo I2C se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Distancia de ruptura de comunicación I2C con el sensor BH2750

| Distancia (cm) | Sensor1 (lx) | Sensor2 (lx) | Sensor3 (lx) |
|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 10cm | 6.6 | 5 | 4.16 |
| 100cm | 6 | 5.1 | 4 |
| 200cm | 6 | 5.1 | 4.2 |
| 300cm | 6.2 | 5 | 4.2 |
| 400cm | 6.2 | 5 | 4.2 |
| 500cm | 6 | 6 | 4.1 |

La medición de datos se realizó en una habitación dando valores de

iluminación aproximadamente nulos para no tener alguna variación en el sistema de iluminación.

En la figura 9 se muestra cómo está estructurado el sensor BH1750 con la Raspberry Pi.

En la figura 16 muestra los rangos máximos y mínimos de iluminación, que están entre 410 Lx y 385 Lx, esto se debe a que las lámparas en una casa o edificio inteligente se encuentran totalmente encendidas y con las cortinas cerradas.

La iluminación es completamente estable y constante si las luces están encendidas.

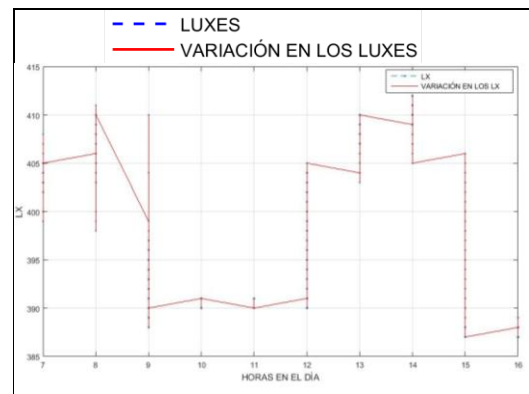


Figura 16. Variación de iluminación aleatoria en una vivienda

Con el comportamiento promedio del sol en el día, necesariamente es obligado el uso de persianas inteligentes para que en los picos máximos de iluminación medidos se cierren las persianas actuando las lámparas led de manera inmediata y en los picos bajos que se abran las persianas de tal manera que las personas se sientan cómodas con la intensidad lumínica. La iluminación normal, fija que las lámparas no estén prendidas y las cortinas estén abiertas.

La figura 17 muestra los altos y bajos de iluminación en una vivienda o edificio inteligente, porque las cortinas están completamente abiertas y los picos muy altos incomodan la vista del ojo humano.

Los picos de iluminación están entre 2000 Lx a 3000 lx que ocurren al mediodía.

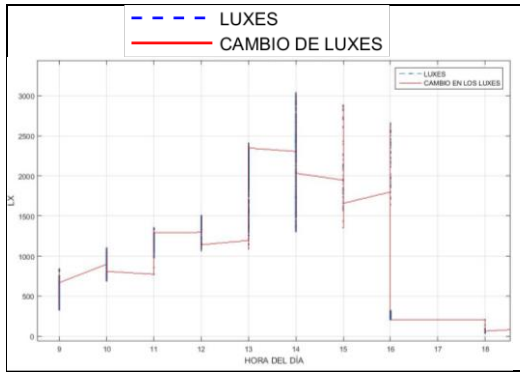


Figura 17. Variación de iluminación en el día al azar en un salón

7.2. Caso de Estudio 2

Los problemas para la resolución de la distribución de las fuentes de iluminación, y también cómo resolver la distribución de los sensores. Toda esta información promedio almacenada permite la ubicación adecuada, cómo realizar el esquema de control inteligente, cómo ajustar la fuente de iluminación y la intensidad de la brillo[24].

En la figura 18 se muestra la longitud entre cada lámpara led (A1, A2, A3) es de 3 metros y las longitudes entre cada sensor (S1, S2, S3) son de 4.5 metros.

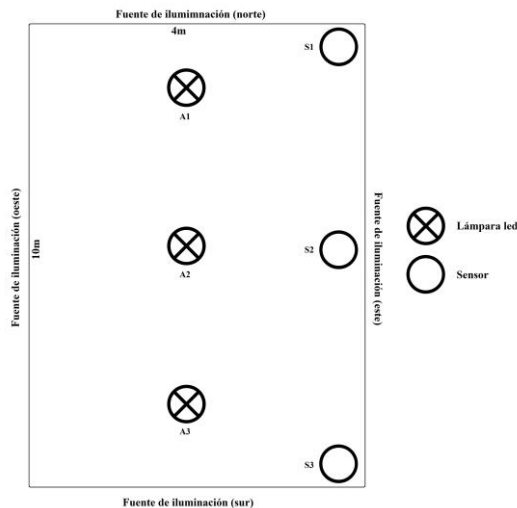


Figura 18. Diagrama unifilar de las lámparas y sensores posición 1

Las distribuciones que muestra la figura 18 de los sensores de iluminación son capaces de medir la iluminación de

la vivienda inteligente de una manera estándar. La fuente de luz acoge una distribución uniforme de múltiples puntos, y el sensor de iluminación depende del espacio interior y la cantidad de fuentes de luz [24].

Los datos que muestra la figura 19 son de forma simétrica según pasa el tiempo, el suministro con los valores más altos llegan al sensor 2 puesto que la fuente de luz se obtiene de una manera directa que la del sensor 1.

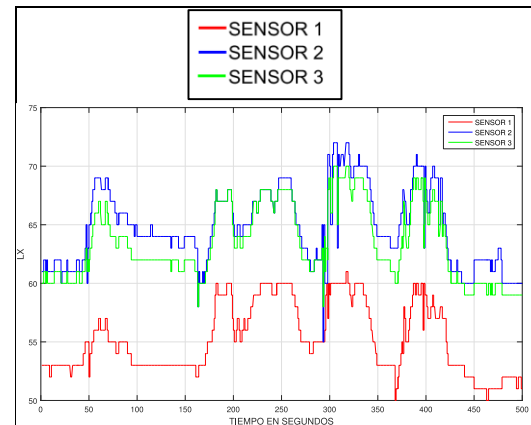


Figura 19. Variación de iluminación 'norte' revise (Figura 18)

En la figura 20 muestra una iluminación simétrica entre los sensores, existe una variación entre unos y otros debido a fuentes naturales de iluminación que afectan muy poco.

Los valores máximos son entre 82 lx en el sensor 3 y unos valores mínimos de 52 lx en el sensor 2.

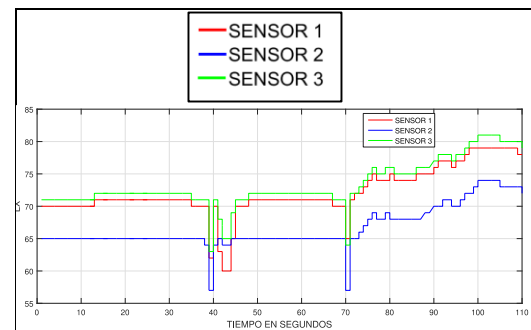


Figura 20. Variación de iluminación 'oeste' a 1m de altura revise (Figura 18)

En la figura 21 muestra un sistema equilibrado a 1.5 metros de altura, con unos valores máximos de 85 Lx en el sensor 3.

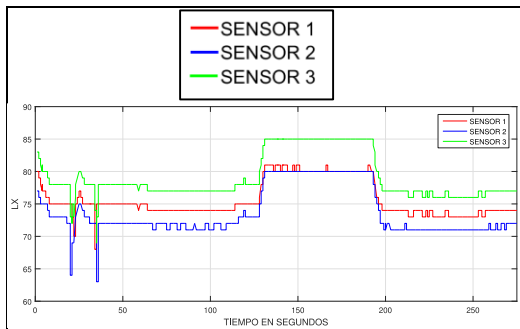


Figura 21. Variación de iluminación ‘oeste’ a 1.5m de altura revise (Figura 18)

La figura 22 muestra un comportamiento asimétrico en el sensor 3 con una fuente de iluminación al norte a 1.5 metros de altura, se mide cantidades diferentes en relación a los sensores 1 y 2 esto corresponde que el sensor 3 midió una señal lumínica puntual que solo captó este sensor y sus rangos máximos están por los 89 lx y un mínimo de 75 lx. A comparación del sensor 1 y 2 que tienen rangos muy similares que están entre los 80 y 70 lx.

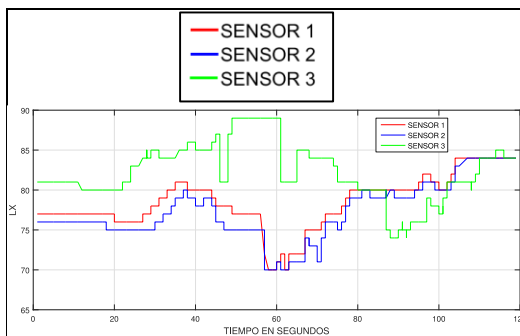


Figura 22. Variación de iluminación ‘oeste’ 2m de altura revise (Figura 18)

La figura 23 muestra el comportamiento simétrico puesto que, aparte de la fuente de iluminación del lado sur, también hubo un equilibrio en la fuente de iluminación natural (Sol), que nivela la iluminación del sistema con rangos de iluminación aproximadamente

lineales. El rango más alto lo midió el sensor 1 con 75 lx y el más bajo el sensor 2 con 68 lx.

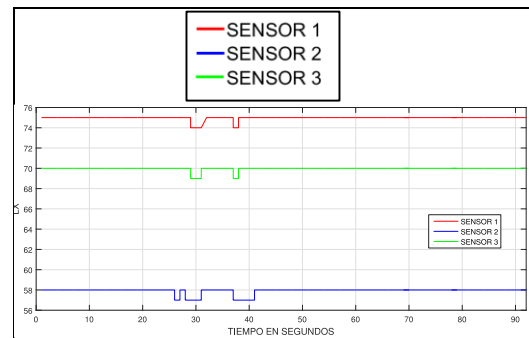


Figura 23. Variación de iluminación ‘sur’ (Figura 18)

La figura 24 muestra patrones en cada sensor muy semejantes, con máximos de 100 lx en el sensor 2 y con mínimos de 81 lx en el sensor 1.

La iluminación esta desequilibrada hasta llegar a los 180 segundos, el sistema llega a equilibrarse con la iluminación ambiente y la atenuación de las lámparas led.

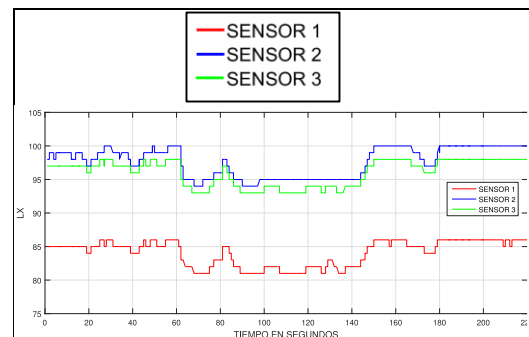


Figura 24. Variación de iluminación ‘este’ (Figura 18)

En una vivienda inteligente, para satisfacer las necesidades de los usuarios, la fuente de iluminación adopta un modo de distribución uniforme de puntos múltiples.

El sensor de iluminación (BH1750) se los coloca en el techo de la pared, en los laterales de la pared y en las mesas de sala de trabajo como muestra el diagrama de la figura 25 [24].

De esta forma los datos obtenidos permiten sincronizar el sistema con una iluminación uniforme, muy visible y sin tener alguna contrariedad a que la iluminación sea demasiado alta o baja. La distribución de las ventanas puede influir en la colocación de los sensores.

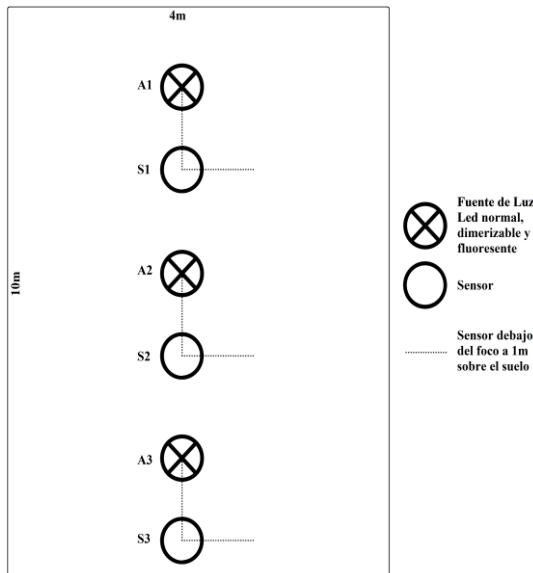


Figura 25. Diagrama unifilar de las lámparas y sensores posición 2

La figura 26 muestra cambios simétricos en los sensores, este tiene valores de iluminación más altos, debido a la posición del sensor que se encuentra a 1 m sobre el suelo y perpendicular a la lámpara de este modo capta más iluminación. Con rangos máximos de 122 lx y mínimos de 104 lx.

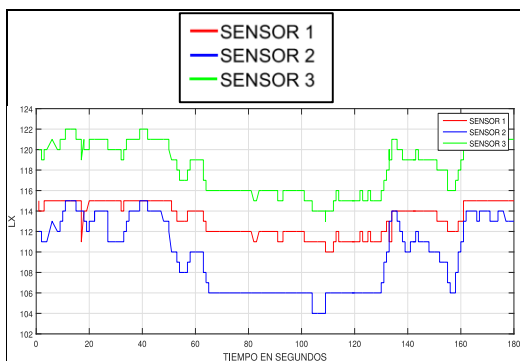


Figura 26. Iluminación a 1m sobre el suelo

La figura 27 muestra una iluminación natural. Aquella razón es

por el patrón que sigue cada sensor es muy semejante.

Los tres sensores siguen la misma trayectoria con altos de 35 lx y hasta 5 lx como bajos.

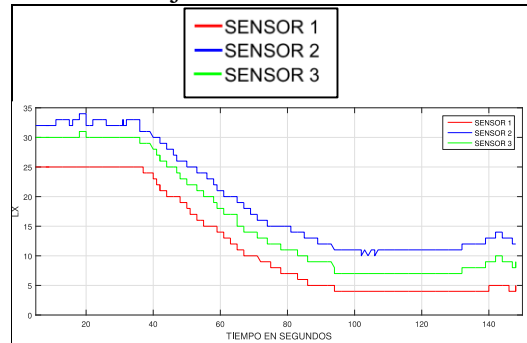


Figura 27. Variación de iluminación 1m sin lámparas

8. Viabilidad de resultados

El programa de computador de estudio matemático fue obtenido a partir del algoritmo de Pareto, con respecto al indicio de que “Exclusivamente es preciso y aproximadamente el 20% de las lámparas se encuentren conectadas a la red eléctrica de forma normal, el 80% de lámparas led deben ser optimizadas dando como resultado un ahorro del 20% de energía”. La grafica que se muestra en la figura 28 muestra la optimización de Pareto.

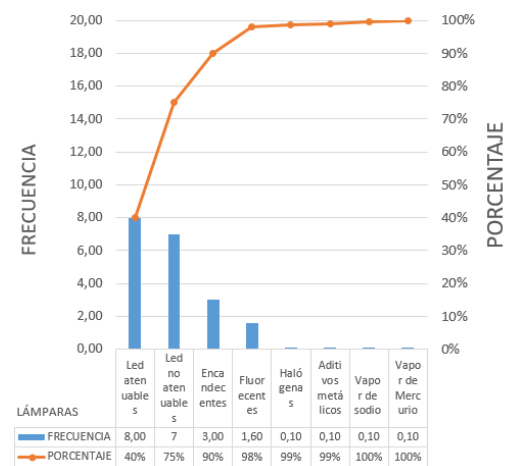


Figura 28. Gráfica de correspondencia de Pareto para las lámparas

La hora de entrada y salida de los usuarios, los días festivos, en una vivienda o edificio son muy esenciales,

para establecer los tiempos de atenuación [24].

Los valores estándar para la iluminación de algunas residencias se muestran en la Tabla 3 combinando sensores, tiempo, controlador inteligente y otros dispositivos.

La vivienda inteligente y la estrategia de control de iluminación principalmente implica los siguientes aspectos:

Tabla 3. Valores estándar en iluminación [12].

| Tipo de Lugar | | Altura (cm) sobre el piso | Valor estándar de iluminación (LX) |
|---------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Salón | Actividades generales | 75 | 100 |
| | Escribiendo y leyendo | 75 | 300 |
| Cuarto | Actividades generales | 75 | 75 |
| | En la cama leyendo | 75 | 150 |
| Comedor | | 75 | 150 |
| Cocina | Actividades generales | 75 | 100 |
| | Encimera | 75 | 150 |

La figura 29 muestra cómo funciona el control automático de iluminación, el comportamiento del sensor 1 es causado por un cambio de iluminación muy brusco en dicho sensor, de tal manera que actúa el control de iluminación para que el brillo permanezca estable.

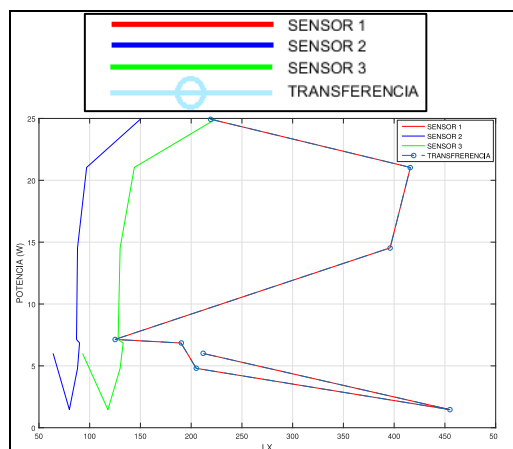


Figura 29. Funcionamiento del control automático

La figura 30 muestra los cambios generados por una fuente alterna de iluminación, a mayor potencia el valor de la transferencia es bajo, la fuente fue aplicada a un sensor y la transferencia actúa inmediatamente.

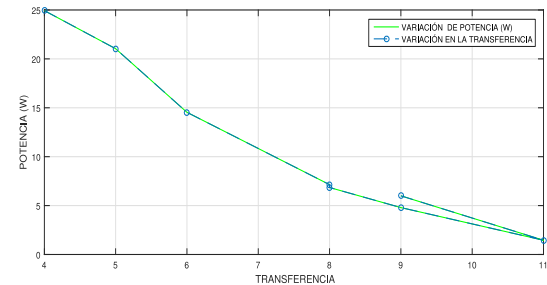


Figura 30. Consumo en la variación de la transferencia automática

La figura 31 muestra que las lámparas fluorescentes tienen un nivel bajo de atenuación, un dato muy relevante en la transferencia manual al realizar los cambios 2, 3, 4 el nivel de luminosidad es muy semejante y el consumo de potencia sigue disminuyendo, pero cruzando la transferencia 4 la lámpara fluorescente inicia a parpadear y la potencia es imposible de medir.

El consumo de potencia de una lámpara fluorescente atenuada disminuye hasta 35 w dividido para 3 lámparas a 170 lx cada una.

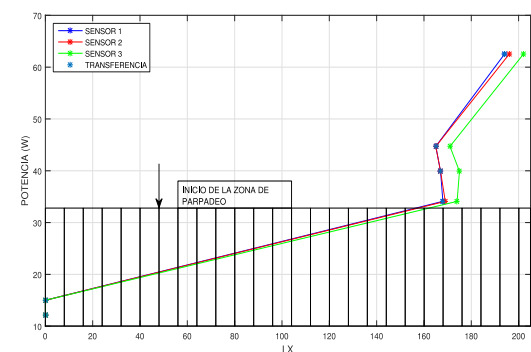


Figura 31. Consumo de una lámpara fluorescente (20W)

La tabla 4 muestra el consumo de energía de un foco fluorescente durante un periodo de un año, con un foco que pasa prendido 16 horas al día.

El ahorro de energía de una lámpara fluorescente atenuada es del 10.55 % (esta lámpara no es atenuable y solo tiene pocos rangos de atenuación).

Tabla 4. Energía anual consumida de un foco fluorescente

| POTENCIA (W/h) | Horas de uso en el día | Energía diaria consumida (W/h) | Energía anual consumida (kW/h) |
|----------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 20,83 | 11,4 | 237,46 | --- |
| 14,9 | 1,53 | 22,84 | --- |
| 13,29 | 1,53 | 20,38 | --- |
| 11,36 | 1,53 | 17,42 | --- |
| Con atenuación | 16 | 298,12 | 107,32 |
| 20,83 | 16 | 333,28 | --- |
| Sin atenuación | 16 | 333,28 | 119,98 |

Las lámparas led convencionales de luz blanca son una alternativa energética, pero para lograr adquirir un sistema con iluminación inteligente no son una alternativa muy viable.

La figura 32 muestra la atenuación y niveles de transferencia que son semejantes a una lámpara fluorescente.

Cabe recalcar que este tipo de lámparas tiene buena calidad de iluminación, los valores de luminosidad son más altos a comparación de una lámpara led atenuable.

La potencia es mínima antes de la zona de parpadeo con valores de 14w dividido para 3 lámparas, cada lámpara con valores de iluminación entre 200 y 250 lx.

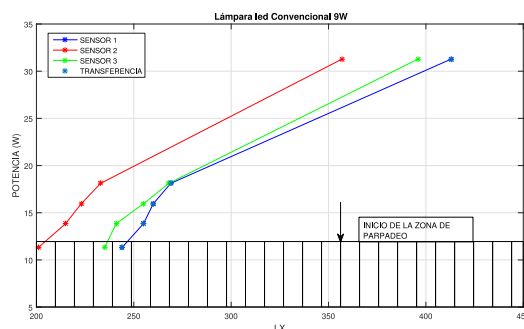


Figura 32. Consumo de una lámpara led convencional luz blanca (9W)

En la tabla 5 se muestra el consumo de energía de un foco led convencional durante un periodo de un año, con un foco que pasa prendido 16 horas al día.

El porcentaje de ahorro de energía no cambia si aumentan las horas de uso o disminuyen.

El ahorro de energía de una lámpara led convencional atenuada es del 45.53% (esta lámpara no es atenuable y solo tiene pocos rangos de atenuación)

Tabla 5. Energía anual consumida de un foco led convencional

| POTENCIA (W/h) | Horas de uso en el día | Energía diaria consumida (W/h) | Energía anual consumida (kW/H) |
|----------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 10,43 | 0 | 0 | --- |
| 6,04 | 8 | 48,32 | --- |
| 5,32 | 8 | 42,56 | --- |
| 4,61 | 0 | 0 | --- |
| Con atenuación | 16 | 90,88 | 32,7168 |
| 10,43 | 16 | 166,88 | --- |
| Sin atenuación | | 166,88 | 60,0768 |

En la figura 33 se muestra que las lámparas led atenuables de luz amarilla tienen un rango de iluminación menor a las convencionales. Los rangos de potencia están entre 30w dividido para 3 lámparas y un rango de iluminación de 225 a 250 lx por cada lámpara.

Los niveles de transferencia son menores a los de una lámpara led atenuable de luz blanca viable para el uso en viviendas inteligentes.

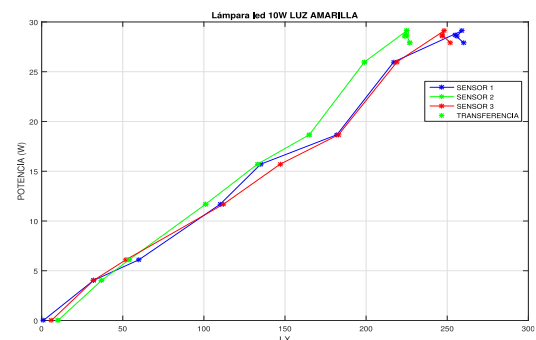


Figura 33. Consumo de una lámpara led atenuable de luz amarilla (10W)

En la tabla 6 se muestra el consumo de energía de un foco led atenuable de luz amarilla durante un periodo de un año, con un foco que pasa prendido 16 horas al día.

El ahorro de energía de una lámpara led atenuada es del 44.31% (esta lámpara es atenuable y tiene varios rangos de atenuación).

Tabla 6. Energía anual consumida de un foco led atenuable de luz amarilla

| POTENCIA (W/h) | Horas de uso en el día | Energía diaria consumida (W/h) | Energía anual consumida (kW)/h |
|----------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 9,30 | 2,00 | | --- |
| 9,56 | 2,00 | 19,11 | --- |
| 9,53 | 2,00 | 19,06 | --- |
| 9,70 | 2,00 | 19,41 | --- |
| 8,66 | 1,00 | 8,66 | --- |
| 6,22 | 1,20 | 7,47 | --- |
| 5,24 | 1,10 | 5,76 | --- |
| 3,89 | 1,10 | 4,28 | --- |
| 2,04 | 0,80 | 1,63 | --- |
| 1,34 | 0,80 | 1,07 | --- |
| 0,00 | 1,00 | 0,00 | --- |
| | 15,00 | 86,46 | 31,12 |

En la figura 34 se muestra que las lámparas led atenuables de luz blanca tienen un rango de iluminación menor a las convencionales. Los rangos de potencia están entre 28w dividido para 3 lámparas y un rango de iluminación de 240 lx por cada lámpara. Los niveles de transferencia son altos, muy viables para el uso en una vivienda inteligente.

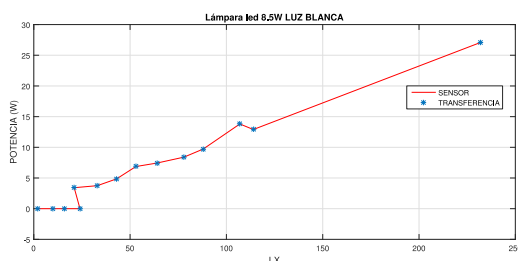


Figura 34. Consumo de una lámpara led atenuable de luz blanca (8.5W)

En la tabla 7 se muestra el consumo de energía de un foco led atenuable de luz blanca durante un periodo de un año, con un foco que pasa prendido 16 horas al día. El ahorro de energía de una lámpara led atenuada es del 30.45% (esta lámpara es atenuable y tiene varios rangos de atenuación).

Tabla 7. Energía anual consumida de un foco led atenuable de luz blanca

| POTENCIA (W/h) | Horas de uso en el día | Energía diaria consumida (W/h) | Energía anual consumida (kW)/h |
|----------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 9,03 | 9 | 81,27 | --- |
| 4,3 | 1,2 | 5,16 | --- |
| 4,6 | 1,2 | 5,52 | --- |
| 3,24 | 1 | 3,24 | --- |
| 2,8 | 0,5 | 1,4 | --- |
| 2,48 | 0,5 | 1,24 | --- |
| 2,29 | 0,5 | 1,145 | --- |
| 1,62 | 0,4 | 0,648 | --- |
| 1,25 | 0,4 | 0,5 | --- |
| 1,14 | 0,3 | 0,342 | --- |
| 0 | 0,25 | 0 | --- |
| 0 | 0,25 | 0 | --- |
| | 16 | 100,465 | 36,1674 |

El análisis de los datos de algunas lámparas led demuestran datos apreciables ayudan a comprender cómo actúan diferentes tipos de lámparas según la atenuación. En la figura 35 se muestra la comparación de consumo de energía anual de las diferentes lámparas.

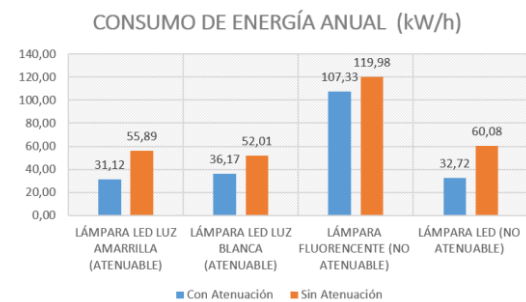


Figura 35. Consumo de energía anual (kW/h)

Para esta prueba se ha llevado a cabo en modo manual para poder tener datos más exactos de las diferentes tecnologías luminosas.

9. Trabajos Futuros

Este tipo trabajos pretende en tiempos futuros ayudar a convertir a una ciudad normal en una ciudad inteligente.

Los trabajos que intenta el uso de un sistema inteligentes con la disminución de energía como idea principal fomentada y la iluminación normalizada. Permite que, en centros comerciales, supermercados, colegios, terminales, ciudades, etc. Puedan adquirir un producto que los diferencie entre la sociedad y ayude a disminuir el consumo de electricidad.

Los espacios primordiales para la adquisición en este tipo de aplicaciones son los callejones y habitaciones que posean iluminación inestable con respeto al brillo del sol.

Conclusiones

La optimización de Pareto permite trabajar con una correspondencia porcentual en las lámparas, sin optimizar el 20% de las lámparas, el 80% restante produce un 20% de ahorro de energía.

El consumo de energía de las lámparas led atenuadas son muy similares, pero en las lámparas fluorescentes no existe un cambio muy notable.

Los trabajos que pretende el uso de un sistema inteligente de iluminación en el futuro son muchos como en centros comerciales, supermercados, colegios, terminales, ciudades, etc.

La circulación de gente en algún lugar es necesidad de un estudio para aplicar iluminación inteligente.

El control proporcional realimenta de manera lineal en función al PWM con un error menor al 5 %. Esto significa que el conmutador no permitirá notar algún problema en su funcionamiento.

La lámpara con más rangos de dimerización es la lámpara atenuable de luz blanca. Dicha lámpara exactamente contiene el número de niveles de transferencia propuestos en el sistema a diferencia de la lámpara led atenuable de luz amarilla que no obtuvo todos los niveles propuestos en el sistema. Por otra parte, tiene un punto a favor las lámparas led convencionales porque dichas lámparas obtienen una calidad de iluminación más alta a diferencia de las otras, pero dicha ventaja pierde cuando llega a su punto de ruptura al igual que las lámparas fluorescentes empiezan a parpadear sin embargo la calidad de iluminación en las fluorescentes es baja y el consumo de energía es más del doble a comparación del led.

En la temática de iluminación, específicamente de calidad de iluminación los luxes y los lúmenes no son el mismo tipo de unidad. El lumen es el flujo luminoso que emite algún objeto (potencia de luminosidad) y el lux es la calidad de iluminación que emite un objeto.

La Raspberry Pi comunicado con los sensores y con el ordenador no permite trabajar con tiempos menores a 0.5 segundos, si el tiempo disminuye la tarjeta comenzara a tener errores.

El protocolo de comunicación I2C es un protocolo que se distribuye con tiempos de retardo para poder recopilar datos si algún usuario no administra dichos retardos la lectura de varios esclavos se verán afectados y solo tomara datos de un solo esclavo.

Referencias

- [1] A. K. Mishra, "Smart Lighting : Intelligent and Weather adaptive Lighting in Street Lights using IOT," pp. 1236–1239, 2017.
- [2] J. D. Gleason *et al.*, "A novel smart lighting clinical testbed," *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, pp. 4317–4320, 2017.
- [3] L. M. Thet, A. Kumar, N. Xavier, and S. K. Panda, "A Smart Lighting System

- using Wireless Sensor Actuator Network,” no. September, pp. 217–220, 2017.
- [4] N. Xavier, A. Kumar, and S. K. Panda, “Design, fabrication and testing of smart lighting system,” *FTC 2016 - Proc. Futur. Technol. Conf.*, no. December, pp. 763–768, 2017.
- [5] A. Sepahvand *et al.*, “Current control and PWM dimming in an automotive LED driver based on a ĆUK converter,” *2017 IEEE 18th Work. Control Model. Power Electron. COMPEL 2017*, 2017.
- [6] K. Górecki and P. Ptak, “Modelling LED lamps in SPICE with thermal phenomena taken into account,” *Microelectron. Reliab.*, vol. 79, no. 1, pp. 440–447, 2017.
- [7] A. Wisniewski, “The reduction wattage of HID lamps and LED modules,” *Proc. 2016 IEEE Light. Conf. Visegr. Countries, Lumen V4 2016*, 2016.
- [8] A. K. Nair, Arunraj, N. Kumar, J. C. Ramya, and V. Kirubakaran, “Performance analysis of LED and florescent lamps a case study of street lightning system,” *2016 Int. Conf. Energy Effic. Technol. Sustain. ICEETS 2016*, pp. 850–855, 2016.
- [9] G. Huang, J. Yang, and C. Wei, “Cost-effective and comfort-aware electricity scheduling for home energy management system,” *Proc. - 2016 IEEE Int. Conf. Big Data Cloud Comput. BDCloud 2016, Soc. Comput. Networking, Soc. 2016 Sustain. Comput. Commun. Sustain. 2016*, pp. 453–460, 2016.
- [10] D. Carri??n, “Energy saving model through lighting management systems for residences,” *2013 Power Electron. Power Qual. Appl. PEPQA 2013 - Proc.*, pp. 0–5, 2013.
- [11] M. Houda, E. L. A. Abdellatif, and C. Raddouane, “A new concept of intelligence in the electric power management,” *2016 Int. Conf. Electr. Inf. Technol.*, 2016.
- [12] Y. Liang, Z. Jia, H. Yao, and J. Chen, “Housing Intelligent Lighting Control Strategy Research,” pp. 728–731, 2014.
- [13] J. Rong, “The Design of Intelligent Street Lighting Control System,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 671–674, pp. 2941–2945, 2013.
- [14] R. Mishra and A. Shukla, “A Proportional Resonator-based control scheme to suppress AC components in circulating current of modulator multilevel converter,” *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 6170–6175, 2013.
- [15] V. Barve, “Smart lighting for smart cities,” *TENSYMP 2017 - IEEE Int. Symp. Technol. Smart Cities*, 2017.
- [16] A. K. Dennis, *Raspberry Pi Home Automation with Arduino*. .
- [17] C. Bell, “Sensor Networks with Arduino and Raspberry P i,” p. 358, 2013.
- [18] C. Bus, “Using the GPIO Port in Python GPIO Output: Flashing an LED,” pp. 223–230, 2018.
- [19] I. Circuit, “11.3.1.1 Introducción,” no. 2008, pp. 295–305, 2018.
- [20] T. H. E. R. Pi, C. Science, R. P. Foundation, and A. Introduction, “Example 1: Hello World,” no. 2013, pp. 174–180, 2018.
- [21] G. Lindstrom, “Programming with Python,” 2005.
- [22] J. Gao, J. Luo, A. Xu, and J. Yu, “Light intensity intelligent control system research and design based on automobile sun visor of BH1750,” *Proc. 29th Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2017*, pp. 3957–3960, 2017.
- [23] M. García, Torres, Edwin, “Diagnóstico de la demanda de consumo de energía eléctrica en un smart home, enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015, Barrió la Kennedy. Caracterización y optimización del consumo de energía eléctrica,” *Tesis*, p. 139, 2016.
- [24] L. Jiatao, “Study on the Application of Intelligent Lighting Control and Railway Engineering,” pp. 62–68, 2017.
- [25] P. Bodrogi and T. Q. Khanh, “1 Introduction,” no. 2014, 2018.
- [26] W. R. Ryckaert, K. A. G. Smet, I. A. A. Roelandts, M. Van Gils, and P. Hanselaer, “Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation,” *Energy Build.*, vol. 49, pp. 429–436, 2012.
- [27] R. M. Abdalaal, C. Ngai, and M. Ho, “Characterization of Commercial LED Lamps for Power Quality Studies,” 2017.
- [28] T. K. D. V. Deodeshmukh, “WSN bsd intelligent lighting control using android,” pp. 1743–1746, 2016.

Estado del Arte

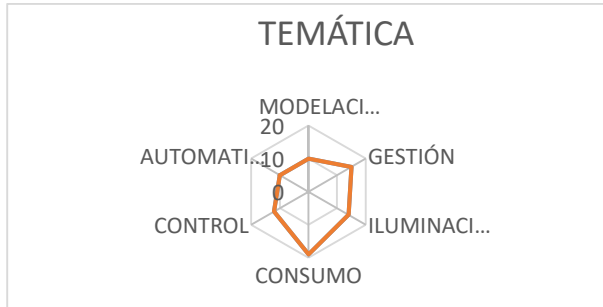
| MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SMART HOME MEDIANTE UNA TARJETA RASPBERRY PI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|---|------------|----------------------------------|---------|-------------------------|---------|--------------------------|----------------|---------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------|--------|-------------------------|----------|--------------------|--------------|--------------|-------------------------|-----------------------|-----------|-------------------|------------|----------------|--------|---|
| DATOS | | | TEMÁTICA | | | | | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | | | | RESTRICCIONES DEL PROBLEMA | | | PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA | | | | | SOLUCIÓN PROPUESTA | | | | | | | | | | |
| ITEM | AÑO | TÍTULO DEL ARTÍCULO | REFERENCIA | MODELACIÓN DE GESTIÓN DE ENERGÍA | GESTIÓN | ILUMINACIÓN INTELIGENTE | CONSUMO | CONTROL | AUTOMATIZACIÓN | CONTROL | ENLACES DE CONEXIÓN | ARBOLES DE EXPANSIÓN | ARBOLES DE EXPANSION MINIMA | BLOQUES DE EXPANSION | COSTOS | ESPACIO | EQUIPO | ILUMINACIÓN INTELIGENTE | MEDICIÓN | MONITOREO A/M | OPTIMIZACIÓN | MODELACIONES | ALMACENAMIENTO DE DATOS | CONTROL (ARDUINO IDE) | SEGURIDAD | AHORRO ENERGÉTICO | EFICIENCIA | IMPACTO SOCIAL | COSTOS | |
| 1 | 2005 | Programming with Python | 21 | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? |
| 2 | 2012 | Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation | 24 | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 3 | 2013 | Energy saving model through lighting management systems for residence | 10 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | |
| 4 | 20 | Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi | 17 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5013 | T. H. E. R. Pi, C. Science, R. P. Foundation, and A. Introduction | 20 | ? | × | ? | ? | × | × | ? | ? | ? | ? | ? | ? | × | ? | ? | ? | × | ? | ? | ? | ? | ? | ? | × | × | ? |
| 6013 | The Design of Intelligent Street Lighting Control System | 13 | × | ? | × | × | × | × | × | × | × | × | ? | × | × | ? | × | × | × | × | ? | ? | × | × | × | × | × | × |
| 7013 | Raspberry Pi Home Automation with Arduino | 16 | ? | × | ? | ? | × | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | × | ? | ? | ? | ? | ? | × | ? | ? |
| 8014 | Housing Intelligent Lighting Control Strategy Research | 12 | ? | ? | × | × | × | × | × | × | × | × | ? | ? | ? | ? | ? | × | × | × | × | ? | ? | × | × | × | × | ? |
| 9015 | Diagnóstico de la demanda de consumo de energía eléctrica en un smart home, enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015, Barrió la Kennedy. Caracterización y optimización del consumo de energía eléctrica, | 15 | ? | ? | ? | × | ? | ? | ? | × | × | × | ? | ? | ? | ? | ? | × | ? | × | × | ? | ? | × | × | × | × | ? |
| 1016 | The reduction wattage of HID lamps and LED modules | 7 | ? | ? | ? | × | ? | ? | ? | ? | × | × | ? | × | ? | ? | × | ? | ? | ? | ? | × | ? | ? | × | × | × | × |
| 1116 | Performance analysis of LED and florescent lamps a case study of street lightning system | 8 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | ? | ? | ? | ? | × | × | ? | ? | × | ? | ? | × | × | × | × | ? |
| 1216 | Cost-effective and comfort-aware electricity scheduling for home energy management system | 9 | × | ? | × | ? | ? | × | × | × | × | × | × | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | × | × | × | ? |
| 1316 | A new concept of intelligence in the electric power management | 11 | ? | ? | × | × | × | × | ? | ? | × | × | ? | ? | ? | ? | ? | ? | × | × | ? | × | ? | ? | ? | × | × | ? |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 2016 | WSN based intelligent lighting control using android | 27 | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | |
| 15 | 2017 | Smart Lighting : Intelligent and Weather adaptive Lighting in Street Lights using IOT | 1 | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | |
| 16 | 2017 | A novel smart lighting clinical testbed | 2 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | |
| 17 | 2017 | A Smart Lighting System using Wireless Sensor Actuator Network | 3 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | |
| 18 | 2017 | Design, fabrication and testing of smart lighting system | 4 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | |
| 19 | 2017 | Current control and PWM dimming in an automotive LED driver based on a ĆUK converter | 5 | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ? |
| 20 | 2017 | Modelling LED lamps in SPICE with thermal phenomena taken into account | 6 | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? |
| 21 | 2017 | Smart lighting for smart cities | 14 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | |
| 22 | 2017 | Light intensity intelligent control system research and design based on automobile sun visor of BH1750 | 22 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | |
| 23 | 2017 | Characterization of Commercial LED Lamps for Power Quality Studies | 25 | ? | ? | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|--|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|--------|--------|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|---|
| 24 | 2017 | Study on the Application of Intelligent Lighting Control and Railway Engineering | 26 | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? |
| 25 | 2018 | Using the GPIO Port in Python GPIO Output : Flashing an LED | 18 | ? | ✗ | ? | ? | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ✗ | ? | |
| 26 | 2018 | I. Circuit, 11.3.1.1 Introducción | 19 | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | |
| 27 | 2018 | P. Bodrogi and T. Q. Khanh, "1 Introduction | 20 | ? | ✗ | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ✗ | ? | ✗ | ? | ? | ? |
| 28 | 2018 | IoT-enabled smart lighting systems for smart cities | 28 | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ? | ? | ? | ? | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | |
| CA NTI DA D: | | | | 1 0 | 1 5 | 1 4 | 1 9 | 1 2 | 1 0 | 8 | 1 3 | 2 3 | 2 3 | 1 3 | 1 4 | 5 | 6 | 1 8 | 1 9 | 6 | 5 | 9 | 0 | 3 | 1 9 | 2 2 | 2 2 | 2 4 | 7 |

MATRIZ DE ESTADO DEL ARTE



RESUMEN E INDICADORES DEL ESTADO DEL ARTE

