

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y DE
SISTEMAS**



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE ALUMBRADO
PÚBLICO, BASADO EN LOS MODELOS DE CIUDAD INTELIGENTE E
INTERNET DE LAS COSAS PARA LA CIUDAD DE SICUANI**

PRESENTADO POR:

Br. ALAN RAUL CABRERA ROJAS

Br. PERCY LAURA CONDORI

**Para optar al Título Profesional de
INGENIERO INFORMÁTICO Y DE
SISTEMAS**

ASESOR:

Mg. LINO PRISCILIANO FLORES PACHECO

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISION DE ALUMBRADO PUBLICO BASADO EN LOS MODELOS DE CIUDAD INTELIGENTE E INTERNET DE LA COSAS PARA LA CIUDAD DE SUWANI

presentado por: ALAN PAUL LABREPA ROTAS con DNI Nro.: 42001397 presentado por: PERCY LAURA CONDORCI con DNI Nro.: 40139938 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO INFORMATICO Y DE SISTEMAS

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 19 de Abril de 2024



Firma

Post firma Lino P. Flores Pacheco

Nro. de DNI 10287057

ORCID del Asesor 0000-0003-1476-6851

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:347633941

NOMBRE DEL TRABAJO

**ACTUALIZACION DE INDICES SISTEMA
DE SUPERVISION 11-04-24.docx**

AUTOR

Alan Cabrera

RECUENTO DE PALABRAS

22953 Words

RECUENTO DE CARACTERES

126243 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

135 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.1MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 16, 2024 9:38 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 16, 2024 9:40 AM GMT-5**● 4% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

Dedicatoria

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, cuyo amor incondicional y constante respaldo han sido la fuerza que guía mi trayectoria académica. Su inspiración y aliento han sido cruciales para alcanzar este logro, y comparto con ellos este éxito con profundo cariño y gratitud.

Agradecimientos

Expreso mi agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría en este proyecto de investigación. Su guía ha iluminado mi camino, brindándome perseverancia y claridad para superar desafíos.

Resumen

En este proyecto se tiene como objetivo general, diseñar de un sistema de supervisión del alumbrado público basado en los modelos de ciudad inteligente e Internet de las cosas para la ciudad de Sicuani; uno de los objetivos más importantes para las ciudades inteligentes, es la sostenibilidad y se refiere a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. El concepto de ciudad inteligente se logra con el modelo de Internet de las cosas, porque es posible supervisar las luminarias que sirven para el alumbrado público en la ciudad de Sicuani; se determinó en tiempo real su consumo de energía, basándose en la potencia y por consecuencia, basándose en el voltaje y amperaje de las mismas. Así se pudo determinar si algunas luminarias tienen un comportamiento anómalo y puedan ser reemplazadas antes que perjudiquen al circuito eléctrico, también se pudo detectar si el consumo de energía eléctrica es el adecuado o no, y adicionalmente se detectó si la luminaria dejó de funcionar. Esta gestión de energía de forma masiva permite un gran impacto en la eficiencia energética de la ciudad gracias a reportes que genera el servidor central. Se pretende realizar una investigación del nivel exploratorio y el diseño de investigación es experimental. Implicando aspectos como el ahorro y gestión de energía, ahorro económico, la sostenibilidad, el medio ambiente y la seguridad ciudadana. El sistema funciona en su forma más básica con un controlador ubicado en cada una de las luminarias y es capaz de medir el voltaje, amperaje y otras variables para su supervisión remota, los datos de estas variables fueron enviados a un servidor centralizado que funciona sobre una arquitectura de Internet de las cosas para que la administración pueda supervisar el estado de las luminarias.

Palabras clave: Alumbrado público, supervisión, monitoreo, Internet de las Cosas, ciudad inteligente, energía eléctrica, gestión de la energía.

Abstract

This project aims to design a public lighting monitoring system based on smart city models and The main objective of this project is to design a public lighting monitoring system based on smart city models and the Internet of Things for the city of Sicuani. Sustainability, one of the most important objectives for smart cities, refers to meeting current needs without compromising the ability of future generations to meet their own. The smart city concept is achieved through the Internet of Things model, allowing for real-time monitoring of streetlights in Sicuani; their power consumption is determined in real-time based on power, voltage, and amperage. This enables the detection of anomalous behavior in some luminaries, allowing for timely replacements to prevent damage to the electrical circuit, as well as determining whether energy consumption is appropriate and whether luminaries have stopped functioning. This mass energy management has a significant impact on the city's energy efficiency, facilitated by reports generated by the central server. The research involves exploratory investigation and experimental design, addressing aspects such as energy and cost savings, sustainability, environmental impact, and public safety. The system operates in its most basic form with a controller located in each luminary, capable of measuring voltage, amperage, and other variables for remote monitoring. The data from these variables are sent to a centralized server operating on an Internet of Things architecture, allowing administration to supervise the state of the luminaries.

Keywords: Public lighting, supervision, monitoring, Internet of Things, smart city, electric power, energy management.

Introducción

Los dispositivos de supervisión en base a Arduino han adquirido suma importancia con el paso de los años ya que permiten que se realicen tareas habituales a través de muy poca mano de obra, además que se pueden implementar casi en todos los sectores debido a su adaptabilidad, eficiencia y facilidad de manejo; el Arduino permite generar la automatización de cualquier objeto y también generar la interacción de este con cualquier sistema, además permite que se pueda establecer la conexión con otros dispositivos y finalmente este tipo de dispositivos hacen posible que funcionen controles a distancia, cámaras, robots, etc. En la presente investigación se observará una aplicación de un dispositivo que funciona en base al internet de las cosas o IoT que principalmente es un proceso que hace posible que se conecten elementos como las luminarias de alumbrado público con la red para la supervisión automatizada de su funcionamiento y además será posible obtener datos a tiempo real, esto será posible gracias a la interacción de todos los elementos del sistema de supervisión que será implementado en la ciudad de Sicuani que actualmente cuenta con un sistema de supervisión tradicional que genera retardos en la solución de problemas cuando las luminarias dejan de funcionar; finalmente este trabajo de investigación es una guía para futuros proyectos de índole similar que apunten a la mejora de la gestión de la energía y su uso de manera sostenible.

Lista de Acrónimos

ADC: Entrada Analógica

ASCII: Código Estándar Americano para Intercambio de Información

ATMEL: Tecnología Avanzada para la Memoria y la Lógica

CLI: Línea de Comandos

CLOUD: Nube

CRI: Índice de Reproducción Cromática

CT: Transformador de corriente

DBMS: Gestor de Base de Datos

EBCDIC: Código de Intercambio Decimal Codificado en Binario Extendido

GIS: Sistema de información geográfica

GUI: Interfaz de Grafica de Usuario

HTLM: Lenguaje de Marcado de Hipertexto

IDE: Entorno de Desarrollo Integrado

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

IP: Protocolo de Internet

ISO: Organización Internacional de Normalización

ISP: Proveedor de servicio de internet

LAMP: Acrónimo del Sistema Operativo Linux

LAN: Red de Área Local

LED: Diodo emisor de luz

MAC: Capa de acceso a medios

MySQL: Lenguaje de Consulta Estructurado

OSI: Open Systems Interconnection

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

PHP: Procesador de Hipertexto

RMS: Raíz Cuadrada Media

SNMP: Simple Network Management Protocol

TCP: Protocolo de Control de Transmisión

URL: Locador de Recursos Uniforme

VCA: Voltaje de Corriente Alterna

VDC: Voltaje de Corriente Directa

VPP: Voltaje pico a pico

VRMS: Voltaje Real

WI-FI: Fidelidad Inalámbrica

WLAN: Red de Área Local Inalámbrica

Índice General

Dedicatoria.....	II
Agradecimientos	III
Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Introducción.....	VI
Lista de Acrónimos.....	VII
Índice General.....	IX
Índice de Figuras.....	XIV
Índice de Tablas	XVII
Capítulo 1 Aspectos Generales	1
1.1. Planteamiento de Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación	4
1.5. Alcances y Limitaciones.....	4
1.5.1. Alcances.....	4
1.5.2. Limitaciones	5
1.6. Metodología.....	6
1.6.1. Tipo de la Investigación	7
1.6.2. Diseño de la Investigación.....	7

1.6.3. Nivel de la Investigación.....	8
Capítulo 2 Marco Teórico.....	9
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	9
2.2. Ciudad Sostenible	11
2.3. Internet de las Cosas (IoT).....	14
2.4. Redes de Computadores Ethernet.....	15
2.4.1. Ventajas	16
2.4.2. Desventajas.....	17
2.5. Fibra óptica Ethernet.....	18
2.5.1. Funcionamiento	19
2.5.2. Características.....	20
2.5.3. Ventajas	21
2.5.4. Desventajas.....	21
2.6. Switches Ethernet.....	22
2.7. Switches Ethernet Para Fibra Óptica	23
2.8. Arduino UNO.....	24
2.8.1. Funcionamiento	26
2.9. Arduino IDE (Lenguaje de programación).....	26
2.10. Ethernet Shield para Arduino.....	28
2.10.1. Servidor Web.....	29
2.10.2. Cliente Web.....	29
2.11. Sensor de voltaje AC 220 Modelo ZMPT101B	29
2.11.1. Aplicaciones	30

2.11.2. Especificaciones Técnicas	31
2.12. Sensor de amperaje No Invasivo 30A SCT-013-030.....	32
2.12.1. Aplicaciones	32
2.12.2. Especificaciones Técnicas	32
2.13. Administración de la energía.....	33
2.14. Servidor Web Apache	36
2.14.1. Funcionamiento	37
2.14.2. Ventajas	38
2.14.3. Desventajas.....	38
2.15. Lenguaje de Programación PHP	39
2.16. Base de Datos MariaDB.....	41
2.17. Modelo de referencia OSI	41
2.18. Las siete capas del modelo OSI.....	42
2.19. Protocolo TCP/IP	50
2.20. Las cuatro capas del modelo TCP/IP	51
2.21. Términos usados para la iluminación.....	53
2.22. Eficacia Luminosa.....	54
2.23. Alumbrado Público	56
2.24. La ley de Ohm	57
2.25. Voltaje y Amperaje RMS.....	61
2.26. Potencia Activa	63
2.27. Potencia Reactiva.....	63
2.28. Potencia Aparente	63

Capítulo 3 Desarrollo del Proyecto.....	66
3.1. Necesidades y Requisitos para la Supervisión de Alumbrado Público en Sicuani.....	66
3.1.1. Población de la Investigación.....	66
3.1.2. Muestra de la Investigación.....	67
3.1.3. Ubicación y Descripción	68
3.1.4. Materiales	68
3.1.5. Costos Operativos.....	69
3.1.6. Seguridad Ciudadana.....	70
3.1.7. Impacto Ambiental	70
3.1.8. Contribuciones.....	70
3.2. Infraestructura IoT para Dispositivos de Alumbrado Público y Elementos del Sistema de Supervisión.....	71
3.2.1. Luminarias JOSSLUX LED 50W IP66.....	71
3.2.2. Circuito de Supervisión de Datos con Monitor Serial de Arduino IDE	73
3.2.3. Programación de Calibración de Sensores	77
3.2.4. Validación de Funcionamiento de Sensores.....	79
3.3. Plataforma centralizada de supervisión para monitorear el funcionamiento del Alumbrado Público	83
3.3.1. Inclusión de Servidor Web a Sistema de Supervisión de Datos.....	83
3.3.2. Esquematización de circuito para Monitoreo	84
3.3.3. Programación de Software IDE con Programación Adicional EtherShield	86
3.4. Implementación y supervisión en tiempo real de las luminarias de alumbrado público por IoT.....	89

3.4.1. Resultados del sistema de supervisión.....	89
3.4.2. Programación de Microcontrolador Arduino UNO para Conexión a Red	91
3.4.3. Creación de Base de Datos a Partir de Monitoreo.....	95
3.4.4. Programación de sitio web para interacción entre cliente y base de datos	98
Conclusiones.....	102
Recomendaciones	104
Referencias Bibliográficas.....	106
Anexo A – Código en Arduino para Monitor Serial.....	110
Anexo B – Código en Arduino para Monitor en Servidor Web	112
Anexo C – Código en Php para Recepción de Datos en el Servidor.....	115
Anexo D – Código En PHP Para Supervisión De Datos En El Servidor	116
Anexo E – Base de Datos en el Servidor	117

Índice de Figuras

Figura 1 Principales Ciudades Sostenibles al 2016	13
Figura 2 Diseño de la arquitectura de IoT	15
Figura 3 Configuración básica de una red Ethernet.....	18
Figura 4 Modos de transmisión de datos en fibra óptica (Monomodal vs Multimodal)	21
Figura 5 Switch Cisco CBS220-24FP-4G con 24 puertos + 4 puertos.....	23
Figura 6 Switch Cisco Catalyst 3850 WS-C3850-24T-L con puertos para fibra óptica.	24
Figura 7 Modelo de placa Arduino UNO	25
Figura 8 Entorno de desarrollo de IDE Arduino Versión 1.6.8.....	27
Figura 9 Ethernet Shield W5100, versión genérica	28
Figura 10 Transformador de Voltaje AC – ZMPT101B.....	31
Figura 11 Sensor de Amperaje AC 30A no invasivo SCT-013-030.....	33
Figura 12 Concepto de desempeño energético	36
Figura 13 Esquema de Modelo Cliente Servidor.....	39
Figura 14 Envío de información desde un Servidor de Correo, Base de Datos y Sistema de archivos hacia el Cliente utilizando PHP.....	40
Figura 15 Capas del modelo OSI.....	44
Figura 16 Modelo TCP/IP.....	52
Figura 17 Esquema para aplicación de la Ley de Ohm	59
Figura 18 Esquema de muestras tomadas de la corriente en intervalos de tiempo.....	61
Figura 19 Diagrama fasorial de un circuito inductivo.	64
Figura 20 Ámbito de la población de la ciudad de Sicuani – Cusco	66
Figura 21 Costos unitarios de implementación del sistema de supervisión	69

Figura 22 Luminaria desde vista frontal.....	71
Figura 23 Marca, Modelo y Potencia de Luminaria.....	72
Figura 24 Diagrama de bloques de uso del monitor serial de Arduino IDE para ver voltaje y amperaje AC.	73
Figura 25 Circuito de Monitor o Supervisor de Luminaria con Arduino UNO sin Ethershield.	74
Figura 26 Módulo de supervisión de voltaje AC con Sensor ZMPT101B.....	75
Figura 27 Voltaje AC medido con multímetro en Módulo de supervisión de voltaje.....	76
Figura 28 Programación en Arduino IDE compilado correctamente sin EtherShield.....	77
Figura 29 Programación en Arduino IDE subido correctamente a Arduino UNO sin EtherShield.	78
Figura 30 Monitor Serial de Arduino IDE con Luminaria Apagada.....	79
Figura 31 Monitor Serial de Arduino IDE con Luminaria Prendida.....	80
Figura 32 Medida del voltaje de la luminaria con multímetro.	82
Figura 33 Medida del amperaje de la luminaria con multímetro.....	83
Figura 34 Diagrama de bloques de uso del EtherShield para enviar datos al Servidor LAMP..	84
Figura 35 Circuito des sistema de recolección y envío de datos al servidor.....	85
Figura 36 Circuito de Monitor o Supervisor de Luminaria con Arduino UNO con EtherShield.	85
Figura 37 Módulo EtherShield conectado a Arduino UNO.	86
Figura 38 Programación en Arduino IDE compilado correctamente con EtherShield.....	87
Figura 39 Programación en Arduino IDE subido correctamente a Arduino UNO con EtherShield	88
Figura 40 Cliente web supervisando variables en el servidor web.....	88

Figura 41 Monitor Web de Arduino UNO con EtherShield con Luminaria Prendida.	89
Figura 42 Monitor Web de Arduino UNO con EtherShield con Luminaria Prendida y Apagada	90
Figura 43 Base de datos nombrada lumac.	96
Figura 44 Tabla nombrada sensors dentro de la base de datos.	96
Figura 45 Campos o columnas de la tabla sensors.	97
Figura 46 Algunas filas o registros insertados en la tabla sensors.	97

Índice de Tablas

Tabla 1	Descripción de los valores usados en la ley de Ohm	58
Tabla 2	Muestras de la corriente en intervalos de tiempo.....	62

Capítulo 1

Aspectos Generales

1.1. Planteamiento de Problema

1.1.1. Descripción del Problema

La importancia de los sistemas de supervisión de alumbrado público, radica principalmente en la mejora de la gestión de la energía que se realiza principalmente a través de la automatización del control que se realiza sobre los dispositivos eléctricos como las luminarias, al respecto Suárez (2020) resalta que la energía eléctrica es un recurso indispensable, por lo que todos los sectores ya sea el industrial, comercial, residencial u hospitalario deben disponer de mecanismos alternos que les permitan tener energía en diversas circunstancias, además de ello también es importante se tengan en cuenta las fallas que se pueden producir en el servicio de distribución eléctrica que afectan de manera significativa a todos los sectores antes mencionados además de la población en diversos lugares del mundo, es frente a esta problemática que los sistemas de control automáticos sirven para tener referencia del correcto funcionamiento de los dispositivos y optar por soluciones a menor tiempo para su posible solución y este tipo de soluciones las que son tomadas por las ciudades inteligentes o ciudades del futuro, como se menciona en la revista Tviligth (2020), que consideran a la iluminación pública como la columna vertebral de las mismas y dicha importancia hace que se generen iniciativas para que se implementen en las mismas sistemas inteligentes de control.

En el Perú se reportan fallas con respecto al alumbrado público en diversos sectores a diario y esta problemática se evidencia en los diferentes informes de las empresas que prestan el servicio de suministro de energía eléctrica en el país como Luz del Sur (2021) que reporta para el año 2021 el cambio de mas de 21000 luminarias y 10000 lamparas de alumbrado público que

fueron sometidas a mantenimiento en dicho periodo; Electrocentro (2022) , tambien reporta en su memoria anual al 2022 denuncias respecto a fallas en alumbrado público en la zona centrica del país que ascienden en número a 30000 durante todo el año y de la misma manera se observan casos similares en diversas zonas del Perú como en la región del Cusco, por lo que el alumbrado público y su correcto funcionamiento es un problema latente al que se debe prestar atención y plantear posibles soluciones al respecto.

De acuerdo con Electro Sur Este (2021), el alumbrado público en la ciudad de Sicuani se gestiona de manera convencional y aunque este método permite tener un nivel de aceptabilidad promedio para que se cumplan los requerimientos establecidos por OSINERGMIN, es importante modernizar el sistema de control y gestión de la energía respecto al buen funcionamiento de los dispositivos de alumbrado pero en ocasiones es complicado identificar fallas de manera inmediata o aun tiempo menor, lo que implica que cada luminaria solo puede ser identificada como defectuosa cuando un cliente o un supervisor del proveedor de energía eléctrica observa que la luminaria está apagada o presenta mal funcionamiento durante un análisis. Además, supervisar en tiempo real el funcionamiento de todo el alumbrado público resulta altamente complejo. Por lo que no es posible prevenir que una luminaria afecte parte o la totalidad del circuito eléctrico hasta que deje de funcionar por completo. Sin embargo, es viable detectar el mal funcionamiento de una luminaria verificando que su voltaje y amperaje estén fuera del rango normal. De esta manera, se evitaría el consumo innecesario de energía eléctrica. Para lograrlo, es necesario reemplazar la luminaria o resolver la causa que provoca el mal funcionamiento. Adicionalmente, no es posible detectar de inmediato si hay luminarias que no se encienden, por lo que en la presente investigación se plantea la implementación de sistemas de

supervisión de alumbrado público como los existentes en las ciudades inteligentes que se basan en el internet de las cosas o arquitectura IoT.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo es el diseño de un sistema de supervisión del alumbrado público basado en los modelos de ciudad inteligente e Internet de las cosas para la ciudad de Sicuani?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de supervisión del alumbrado público basado en los modelos de ciudad inteligente e Internet de las cosas para la ciudad de Sicuani.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de las necesidades y requisitos para la supervisión de alumbrado público en Sicuani considerando aspectos como la eficiencia energética, la seguridad ciudadana y la optimización de costos operativos.
- Diseñar la infraestructura IoT necesaria para conectar y comunicar los dispositivos de alumbrado público, los sensores y otros elementos del sistema de supervisión de manera eficiente y segura.
- Desarrollar una plataforma centralizada de supervisión que permita monitorear remotamente el funcionamiento del alumbrado público, integrando herramientas de análisis de datos para la toma de decisiones.
- Implementar la supervisión en tiempo real del estado de las luminarias de alumbrado público mediante IoT en la ciudad de Sicuani.

1.4. Justificación

La implementación de un sistema de supervisión del alumbrado público, basado en modelos de ciudad inteligente e Internet de las cosas, conlleva una serie de beneficios significativos. En primer lugar, se espera lograr un ahorro sustancial de energía eléctrica al optimizar el consumo a través de una eficiente gestión energética. Este ahorro no solo tiene un impacto económico directo, dado que la energía eléctrica conlleva costos monetarios, sino que también contribuye al medio ambiente al reducir la dependencia de centrales térmicas que emiten gases provenientes de combustibles fósiles.

Además, la implementación de este sistema repercute en la sociedad al mejorar la seguridad con calles bien iluminadas durante las horas nocturnas. La reducción en los costos por alumbrado público también beneficia directamente a la comunidad. Este enfoque innovador no solo representa un avance en la gestión de energía a nivel regional, sino que también aporta al desarrollo de la ciencia y tecnología al introducir un modelo novedoso en la gestión de energía.

La capacidad de monitorear en tiempo real el consumo de energía, respaldada por una gestión masiva de energía, se traduce en un impacto significativo en la eficiencia energética de la ciudad. Los informes generados por el servidor central se convierten en herramientas valiosas para tomar decisiones informadas y mejorar continuamente la gestión energética en la región.

1.5. Alcances y Limitaciones

1.5.1. Alcances

En la fase de implementación, se emplearán instrumentos especializados, incluyendo un controlador equipado con sensores dedicados para recopilar información vital destinada a la supervisión inteligente del alumbrado público. Este controlador será diseñado con conectividad a Internet, fundamentándose así en la arquitectura de Internet de las cosas (IoT). La información

recopilada será transmitida y gestionada a través de una plataforma centralizada alojada en el servidor, que facilitará la supervisión integral y eficiente del alumbrado público en tiempo real.

1.5.2. Limitaciones

Las pruebas del sistema y sus prototipos funcionales se llevarán a cabo en luminarias similares a las instaladas en el alumbrado público. Esta elección se debe a la falta de autorización por parte del proveedor de energía eléctrica en la ciudad de Sicuani para realizar pruebas directas en las luminarias existentes.

1.6. Metodología

El presente estudio se sitúa en un nivel exploratorio, ya que el diseño para el monitoreo del alumbrado público en la ciudad de Sicuani es una área relativamente nueva y poco estudiada en nuestra región. Las investigaciones exploratorias buscan identificar nuevas perspectivas y desarrollar conocimientos. Este estudio, al ser uno de los primeros prototipos de monitoreo de alumbrado público, busca aplicar y ampliar el conocimiento existente para abordar problemas actuales mediante el uso de IoT.

La metodología de investigación adoptada es experimental, ya que implica la manipulación de variables independientes para observar su impacto en variables dependientes fuera del laboratorio. Este enfoque se realiza en el campo, y el experimento puede repetir todos los pasos del proceso científico, incluyendo la formulación de hipótesis y la resolución de problemas específicos. La ventaja clave de este método es su practicidad y la posibilidad de implementación y experimentación en un entorno real.

Se seguirá el siguiente proceso para obtener resultados y conclusiones en esta investigación:

1. Planteamiento del Problema
2. Recopilación de antecedentes, bibliografía, referencias y otros.
3. Diseño de la investigación.
4. Diseño del prototipo.
5. Implementación del prototipo.
6. Hacer las pruebas y obtener resultados.
7. Determinar las conclusiones

Se creará un prototipo que incorporará la supervisión inteligente, diseñando una maqueta que contendrá un Arduino modelo Uno versión R3. Este Arduino funcionará en conjunto con el módulo Shield de Ethernet y contará con LEDs que representarán de manera equivalente el alumbrado público. Lo más destacado es la inclusión de sensores de luminosidad y movimiento para la administración eficiente de la iluminación.

El proceso implicará traducir los requisitos del proyecto a líneas de código Arduino específicas. En este caso, el objetivo es implementar una supervisión inteligente para los alumbrados públicos en la ciudad de Sicuani.

Esta topología será materializada en un entorno de laboratorio. Se definirá el controlador de red para el sistema de IoT junto con sus dispositivos, los cuales gestionarán la iluminación para cada poste del alumbrado público en la ciudad de Sicuani.

1.6.1. Tipo de la Investigación

El enfoque de investigación adoptado en esta tesis es aplicativo y exploratorio. Se trata de un proyecto centrado en el diseño e implementación de un sistema de supervisión de alumbrado público basado en modelos de ciudad inteligente e Internet de las cosas para promover la sostenibilidad en la ciudad de Sicuani. Uno de los objetivos principales de esta investigación es asegurar la sostenibilidad, entendida como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las oportunidades de las generaciones futuras.

1.6.2. Diseño de la Investigación

Este trabajo se enmarca en un diseño de investigación experimental y descriptivo. Está fundamentado en los principios científicos y lógicos, los cuales serán aplicados en un entorno real mediante un modelo prototipo. Su esencia implica la manipulación intencional de acciones para observar sus efectos y analizar los resultados. El desarrollo de la investigación puede tener

lugar tanto en un laboratorio como en un escenario real, abarcando una pequeña área de muestreo en Sicuani donde la cantidad de personas y equipos representan una muestra relativamente reducida. Los experimentos son especialmente efectivos para investigaciones explicativas y suelen limitarse a temas donde es posible manipular la situación en la que las personas están involucradas.

1.6.3. Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación presentada en este trabajo es exploratorio, ya que aborda un tema con pocos o ningún antecedente. Asimismo, es correlacional al buscar medir el grado de relación entre las variables planteadas en las hipótesis. Además, es descriptivo dado que no implica la manipulación de variables; estas se observan y presentan tal como se manifiestan en la realidad. La metodología empleada puede incluir referencias a elementos cualitativos y cuantitativos según sea necesario.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

Rodríguez (2017) en el estudio: “Plataforma Cloud/GIS de gestión, operación y control de sistemas fotovoltaicos de iluminación en el alumbrado público en la Universidad Técnica de Ambato”, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Este proyecto tiene como objetivo la obtención del título de graduación. Consiste en el diseño y reconstrucción de un prototipo de módulo controlado de un sistema de iluminación fotovoltaica, el cual está alimentado por la plataforma Cloud/GIS. La plataforma en la nube controla los niveles de iluminación de las luces LED que forman parte de uno de los sistemas informáticos, junto con herramientas geográficas como GIS, que permiten la geolocalización de las luces a través de una plataforma web.

Para el prototipo, se instaló un sistema de control de luces LED en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Sistemas Industriales, perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato. Este prototipo se alimenta mediante un sistema fotovoltaico previamente instalado. Para el control automático de la iluminación en el prototipo, se han programado dos estados o modos de funcionamiento del sistema, que son los siguientes:

- Desde el día lunes hasta el viernes, cuando más gente va al campus universitario.
- Los días sábados como también domingos, en el cual el número de universitarios o personas que acuden a la institución es menor.

Además, se ha propuesto un método que está relacionado con el impacto tanto en el ámbito económico como en el ambiental, vinculado a la implementación de esta plataforma para gestionar y monitorizar el hardware. Como parte final, se realizó una comparativa analítica para

mostrar los impactos ambientales y económicos que provoca la implementación de este tipo de control, en comparación con lámparas LED convencionales (Rodríguez, 2017).

Navas (2017). Sistema de Red Telemétrico de alumbrado público para la provincia de Santa Elena. Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Este trabajo de grado enfoca su investigación en poder monitorear y controlar un sistema para realizar el alumbrado público por lámparas compuestas en sodio para el condado de Santa Elena, esto por medio del diseño electrónico y un módulo inalámbrico de red de área local, que permite al operador visualizar e interpretar los datos provenientes de la luminaria los cuales se encuentran en un estado encendido o también apagado que se puede visualizar desde una interfaz web. El circuito electrónico se encarga de recopilar información sobre la lámpara, el estado de dicha lámpara como también una estación del día, la corriente y energía que consume, y luego envía la cadena de caracteres escaneada a través de la red inalámbrica local. Para poder almacenar toda esta información en servidores para poder ser colocado en una herramienta la cual tiene la capacidad de almacenar datos como también poder construir un proyecto sobre redes sistemáticas en el ámbito de la telemetría y se procedió una investigación informativa principalmente para entender las posibles causas de daño a los dispositivos, e identificar una posible solución viable para la adquisición, carga y también el control de forma remota, dicha información esta proporcionada por: Público División de Alumbrado de la Autoridad Nacional de Electricidad del Condado de Santa Elena.

La iniciativa tecnológica apunta a que la totalidad de la provincia se toma en el aspecto de muestra y así poder realizar dicho diseño con este tipo de red de telemetría el cantón La Libertad, y luego se replicó en los demás cantones de Salinas y Santa Elena. Para analizar el aspecto económico muestra que el proyecto es financieramente viable, sin embargo, es

importante que el proyecto tenga un impacto social muy significativo hacia la meta de una vida digna, como es exigida en la Constitución que está dispuesta por República del Ecuador. Para dichos dispositivos de tipo electrónico además de quipos para la comunicación los cuales se componen de sistemas serán posibles ya que estos convergen con tecnologías diferentes. Por último, para la verificación de los procesos del diseño se realiza un prototipo para realizar experimentos con el fin de reunir evidencia que sustente su proceso de ingeniería (Navas, 2017).

2.2. Ciudad Sostenible

Desde una perspectiva moderna las ciudades inteligentes están consolidándose como el futuro de los diversos países, debido a sus grandes e innovadoras soluciones del Internet de las cosas. Las tecnologías móviles e inalámbricas de bajo consumo energético son ampliamente explotadas por los gobiernos de las ciudades, un nuevo paradigma urbano, que surge a partir de utilizar la tecnología de información y herramientas de comunicaciones y así poder realizar implementación de una calidad alta para en la sociedad y estilo de vida para las personas y poder incrementar la alta eficacia como también la eficiencia para dichas operaciones, servicios e infraestructura de la ciudad. La urbanización de la población mundial es una de las principales tendencias mundiales. Los desafíos que enfrentan las ciudades hoy para poder satisfacer todas las necesidades de sus habitantes y cómo cada ciudad enfrenta estos desafíos, fomentando el desarrollo de estudios que comparen y clasifiquen dichos lugares geográficos habitables. Tenemos que ciudades es un término muy ligado a los roles claves que mantiene una lucha constante con el fin de radicar el cambio en el clima o efectos en ella que puedan ser caminos que cambien la energía utilizada en la actualidad evitando en carbono y preponderando la utilización de energías renovables (Iberdrola, 2022).

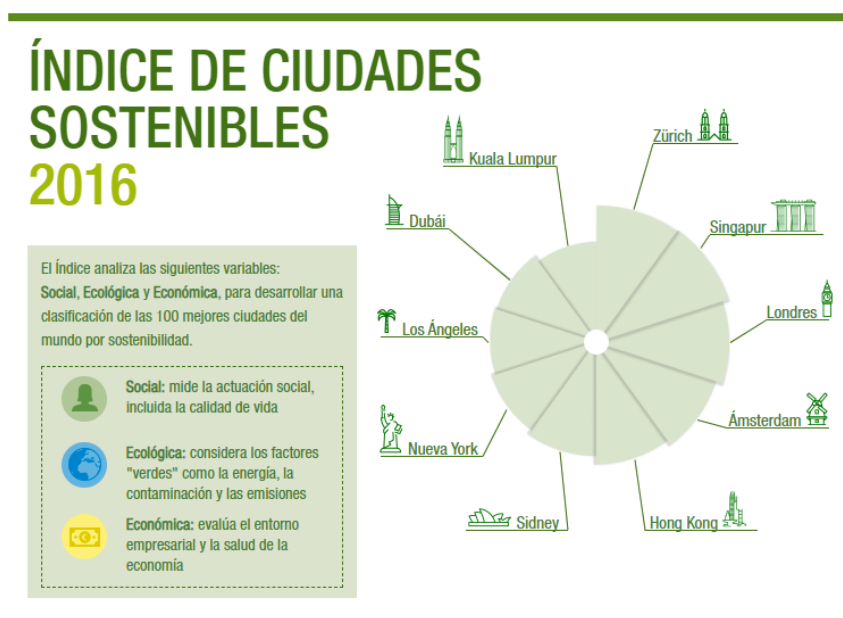
Para la construcción de ciudades sostenibles los cuales tienen la capacidad de integrar espacios verdes urbanos y minimizar la generación del dióxido de carbono para mejorar así dicha calidad del aire, promover la energía renovable para proteger y conservar recursos naturales y para esto se realiza mediante mucho éxito dicha implementación del transporte de forma sostenible con la utilización de los transportes públicos, que se vio ha elegido circulares económicas (Iberdrola, 2022).

Con respecto a los índices para las ciudades inteligentes, que fuera realizado por medio de una colaboración del programa de las Naciones Unidas y también la entidad de Asentamientos Humanos, la cual elabora un informe anualmente basado en dicha investigación en base a tres pilares que dan sostenibilidad y así determinar un ranking de 100 ciudades con mayor sostenibilidad en el mundo. Estos pilares son:

- Variables ambientales: Todo lo relacionado con los factores regulatorios de la etiqueta verde de la ciudad, tales como niveles de contaminación, iniciativas para promover las tareas de reciclaje, ampliación de áreas verdes y más.
- Factor Social: Las variables relacionadas con el nivel de vida en la cual son comunes en las personas en un lugar determinado como el trabajo, la educación, etc.
- Situación económica: la situación económica saludable que disfrutan los residentes de la ciudad (Iberdrola, 2022).

Figura 1

Principales Ciudades Sostenibles al 2016



Nota. La figura representa las principales ciudades catalogadas como sostenibles al 2016 de acuerdo a los índices que miden principalmente factores sociales, ecológicos y económicos, por Iberdrola (2022). (<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/ciudades-sostenibles>)

La política pública urbana, diseñada con la plena participación de los ciudadanos, responde a las necesidades de los ciudadanos y de las ciudades gestionadas centralmente asegurando que los proyectos transformen los problemas en oportunidades. Un enfoque participativo significa construir una historia compartida, ciudades inclusivas y garantizar que todos los intereses estén representados.

La tecnología puede acelerar el proceso de conocer a los ciudadanos y llegar a los ciudadanos expuestos en el espacio y el tiempo. Puede superar una serie de barreras y mejorar los sistemas para control. Sin embargo, aunque la tecnología es cada vez más accesible, no puede reemplazar por completo los talleres de planificación participativa, ya que el acceso a las

computadoras e Internet aún es limitado, el sistema y muchas personas están desinformadas (González, et al., 2020).

2.3. Internet de las Cosas (IoT)

Cuando hablamos de IoT o también llamando Internet de las cosas se refiere a los procesos que se realiza al conectar dispositivos físicos que son comúnmente utilizados al internet, esto parte desde bombillas que proveen luz, dispositivos domésticos, herramientas de atención médica, accesorios personales Smart, o también ciudades enteras Smart o también llamadas inteligentes.

Muchas organizaciones no se consideran como un ecosistema de IoT, al momento de realizar este tipo de tecnologías posibles donde en realidad si deberían de considerarse. En estas organizaciones las cuales operan en industrias tales de salud, manufactura, vivienda, transporte, seguridad pública, generación y distribución de energía, este tipo de rechazo es apropiado.

La terminología IoT nos hace referencia a sistemas con dispositivos físicos que reciben como también transmiten información mediante la tecnología inalámbrica o alámbrica con una escasa intervención de las personas, lo que se consigue a través de la integración de dispositivos eléctricos.

Vemos un ejemplo que al hablar de termostatos Smart o inteligentes (dispositivo con tecnología IoT) dicho dispositivo recibirá información con respecto a la ubicación de un auto también con tecnología IoT al estar conduciéndose para así establecer una temperatura promedio para preparar el hogar para cuando llegue el usuario.

Para lograr todo esto lo ideal es realizarlo sin intervención alguna de las personas para poder brindar resultados óptimos. Para un sistema tradicional con tecnología IoT como un hogar Smart que vimos en el ejemplo anterior, el enviar, recibir y posteriormente analizar dichos datos

Ethernet se considera un protocolo estándar para la implementación de redes de información a nivel local, que facilita el acceso a dispositivos mediante el método de "acceso múltiple sensible a la portadora con detección de colisiones". Esta herramienta, conocida como Ethernet, se utiliza para incrementar la eficiencia en el ámbito de las redes. El término "Ethernet" se deriva de la palabra "éter", que refiere a las características físicas y propiedades de la señal y el formato en los cuales se transmiten las tramas de información. Esto ocurre en la capa denominada "física", así como en la capa denominada "enlace de datos" que forma parte del modelo más utilizado, llamado OSI.

Desde su introducción en la década de 1970, las velocidades originales de Ethernet eran de tan solo 10 Megabits por segundo (10Mbps). Luego, surgió Fast Ethernet, con un aumento a 100 Mbps, seguido por Gigabit Ethernet, que alcanza velocidades de 1,000 Mbps. Aunque su uso actualmente se limita a unas pocas empresas tecnológicas líderes, se ha implementado un nuevo estándar, 10 Gigabit Ethernet, con velocidades de hasta 10,000 Mbps.

En cuanto a los cables Ethernet, la preocupación principal recae en el rendimiento y la transmisión de información. Los cables Ethernet más populares son del tipo 5 (Cat5), que se ajustan a los estándares antiguos y rápidos. Mientras tanto, los cables 5E y Tipo 6 (Cat5e y Cat6) son capaces de manejar velocidades de 10 Gigabit Ethernet.

2.4.1. Ventajas

Señal estable

Aunque la instalación de una LAN cableada puede ser un poco más costosa y complicada en comparación con las redes locales inalámbricas (WLAN), presenta ventajas indiscutibles. Las señales Wi-Fi se transmiten a través de frecuencias de radio, lo que las hace susceptibles a

interferencias. En el caso de una conexión Ethernet por cable, las interferencias no representan un problema, lo cual es crucial al realizar transmisiones de gran envergadura.

Flexibilidad y seguridad

Para usuarios con necesidades profesionales, la seguridad y el control proporcionados por una red Ethernet son incomparables. Con una conexión física, se tiene un control preciso sobre quiénes forman parte de la red. Esto no solo aligerar la carga del tráfico de usuarios, sino que también previene intrusiones no deseadas en la seguridad, las cuales pueden ser costosas y peligrosas. Las redes Wi-Fi que se extienden más allá de los límites físicos de la empresa conllevan una exposición mayor a posibles amenazas.

2.4.2. Desventajas

Costo

A medida que una red LAN cableada crece en tamaño y complejidad, aumenta el costo de su implementación. La creación de una pequeña red privada segura y estable requiere la inclusión de módems, enrutadores, cortafuegos y conmutadores, todos los cuales demandan instalaciones profesionales. Cada estación de trabajo en la que se desee establecer conexión contribuirá al tamaño de la red, incrementando así los costos asociados. Aunque la inversión inicial puede ser significativa, suele ser necesaria para garantizar la seguridad y estabilidad del proyecto desde el inicio.

Puertos disponibles

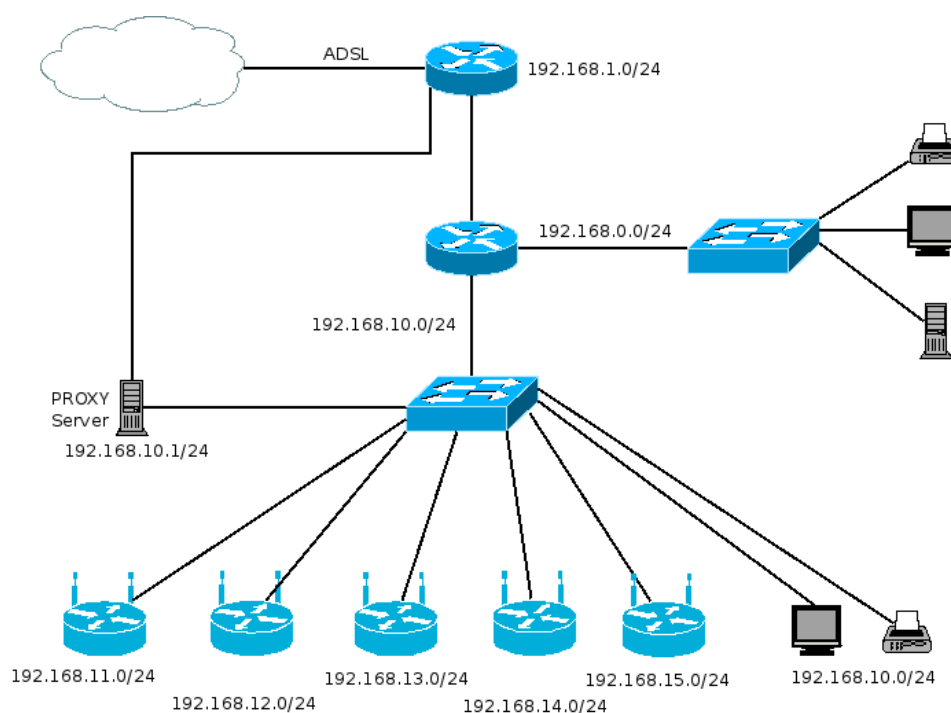
A pesar de que muchas computadoras de oficina, dispositivos portátiles y televisores inteligentes están equipadas con conexiones Ethernet, existen varios dispositivos finales que carecen de esta posibilidad. Esto puede limitar la conectividad para ciertos dispositivos, generando inconvenientes en entornos donde no se dispone de puertos Ethernet suficientes.

Movilidad

Al tratarse de una conexión física, es muy difícil realizar el movimiento de los equipos sin afectar el trazado de la red Ethernet. Otro punto importante es la velocidad de transmisión, la cual estará limitada por la velocidad contratada con el proveedor del servicio de internet (ISP) (Linksys, 2022).

Figura 3

Configuración básica de una red Ethernet



Nota. La figura representa la configuración básica de una red Ethernet que es la conexión en red de dispositivos como routers, impresoras, unidades de red, etc., por Blackhold (2013). (<https://blackhold.nusepas.com/2013/08/19/configuracion-de-la-red-de-una-escuela/>)

2.5. Fibra óptica Ethernet

La tecnología de fibra óptica se utiliza para la transmisión de datos mediante pulsos de luz a lo largo de fibras construidas con plástico o vidrio, ideales para distancias

considerablemente extensas. Estas fibras, con un diámetro comparable al de un cabello humano, se combinan en un solo cable de fibra, ofreciendo una capacidad extraordinaria para la transmisión de datos a velocidades notables y distancias significativamente mayores en comparación con otros medios.

Esta tecnología posibilita servicios de alta velocidad de telefonía, Internet y televisión de fibra óptica, tanto para hogares como para empresas. Transmitiendo información mediante pulsos de luz, la fibra óptica permite la recepción y el envío de datos a velocidades muy elevadas a través de un cable protegido contra interferencias electromagnéticas, logrando una velocidad comparable a la de las transmisiones de radio.

La fibra óptica se ha convertido en un medio cableado revolucionario en la actualidad. Su implementación es el resultado de siglos de experimentación e investigación sobre las propiedades de la luz, desde los experimentos ópticos de los griegos en la antigüedad hasta la invención de la óptica. El interés en las fibras ópticas por parte de los ingenieros se despertó en la década de 1950, y en la década de 1970, Robert Maurer, Donald Keck, Peter Schultz y Frank Zimmer lograron producir por primera vez una pieza que utilizaba impurezas de titanio en sílice. La primera transmisión de datos a través de fibra óptica tuvo lugar en Long Beach, California, el 22 de abril de 1977, y en la década de 1980, esta tecnología fue perfeccionada y comenzó a implementarse a nivel mundial.

2.5.1. *Funcionamiento*

El principio de funcionamiento de las fibras ópticas es la ley de Snell, que logra el cálculo de los ángulos para la refracción de la luz en el momento de pasar por medio de un conductor u otro y que físicos que contiene diferentes índices de refracción. En el interior de la tecnología de fibra óptica, los rayos ópticos se atrapan y luego son propagados en el núcleo, que,

con las propiedades físicas apropiadas de los recubrimientos y también los ángulos de reflexiones, transmiten la información transmitida a su destino. Después de eso, funciona de la misma manera que un telégrafo.

2.5.2. Características

Las fibras ópticas usadas hoy en día consisten en un núcleo de vidrio o plástico con un superior índice para la refracción y también de recubierto con una resina parecida, pero con un índice de refracción más bajo.

Entonces, según el mecanismo interno de transmisión de luz, las fibras ópticas se tienen de dos clases:

Fibra Monomodo

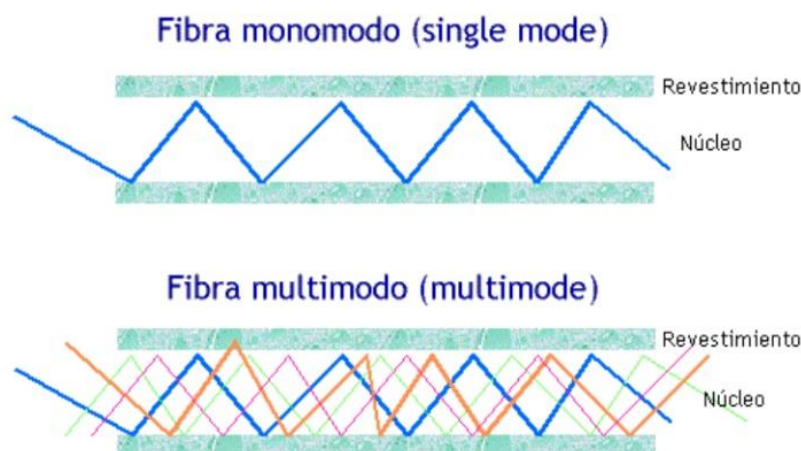
Consigue una transmisión con solo un modo de luz, al reducir el diámetro del núcleo de la fibra, lo que permite transmitir información en distancias largas y con buenas tasas de transmisión.

Fibra Multimodo

Consigue la propagación de los paquetes en varias direcciones de luz (más de mil maneras diferentes), lo que aumenta la capacidad de los errores y los hizo muy recomendados para contactos muy largos.

Figura 4

Modos de transmisión de datos en fibra óptica (Monomodal vs Multimodal)



Nota. Obtenido Fibra Óptica Perú (2018). <https://lafibraoptica peru.com/conceptos-basicos/Fibra-óptica-monomodo>

2.5.3. Ventajas

- Ocupa un muy corto espacio debido a su pequeño tamaño, sin embargo, es muy flexible, esto facilita su instalación.
- Extremadamente ligero, casi ocho veces más ligero que los cables convencionales.
- Gran resistencia mecánica y térmica. También tiene buena resistencia a la corrosión.
- Es más ecológico que los residuos que dejan los cables eléctricos tradicionales.
- Inmune a las interferencias de tipo electromagnético por la propia naturaleza de sus componentes.
- Rápido, eficiente y seguro, y actualmente es el medio más conocido de transmisión por cable.

2.5.4. Desventajas

- Es frágil, porque el vidrio que tiene en su interior se rompe fácilmente.

- Pida al transductor que devuelva la potencia óptica a su sentido de información.
- Dificultad para emparejar, especialmente en áreas alejadas o rurales.
- No transmite electricidad, por ese motivo requiere transmisores y transmisores bastante complejos, la fuente de su energía no se puede obtener de la propia línea.
- La edad de la fibra avanza cuando tiene agua, lo que limita sus aplicaciones a nivel mundial.

2.6. Switches Ethernet

En la industria, el hogar o la oficina, el switch o conmutador Ethernet funciona como una estación central que conecta computadoras, impresoras y cualquier otro dispositivo cableado entre sí. El conmutador también está conectado al enrutador y al módem para acceder a Internet. La contraparte inalámbrica de Ethernet es Wi-Fi.

Un conmutador Ethernet es una de las tres funciones principales de un enrutador inalámbrico y, aunque los conmutadores Ethernet independientes tienen hasta 48 puertos, el conmutador Ethernet del enrutador inalámbrico suele tener solo cuatro puertos.

Los switches se pueden conectar entre sí, cada uno de los cuales se divide en otros dispositivos. Los conmutadores Ethernet normales solo transmiten señales de datos; sin embargo, una versión con alimentación transmite energía eléctrica a dispositivos remotos como cámaras de seguridad usando PoE.

Los conmutadores Gigabit admiten 10, 100 y 1000 Mbps (1 Gbps). El estándar Gigabit agregó transmisión full-duplex, que proporciona envío y recepción simultáneos en cada línea. Todo Ethernet por debajo de 10 000 Mbps (10 Gbps) es compatible con versiones anteriores y detecta la velocidad común más alta entre ambos extremos de la conexión. Consulte Ethernet de 10 Gigabits.

Un conmutador básico "no administrado" no tiene configuración de usuario y no hay nada que hacer excepto conectar los cables y encenderlo. Por el contrario, para las redes de la empresa, se puede configurar un conmutador "administrado" para realizar varias tareas, como ajustar velocidades, combinar usuarios en subgrupos, monitorear el tráfico e informar la actividad. Consulte LAN virtual, SNMP, protocolo de árbol de expansión y Ethernet (Ziff, 2018).

Figura 5

Switch Cisco CBS220-24FP-4G con 24 puertos + 4 puertos



Nota. Obtenido de B&H (2022). https://www.bhphotovideo.com/spanish/c/product/1679559-REG/cisco_cbs220_24fp_4g_na_cbs220_smart_24_port_gigabit.html?ul=S

2.7. Switches Ethernet Para Fibra Óptica

Un switch Ethernet para fibra óptica se diferencia de un switch ethernet para cables de cobre, en que el medio físico cambia a usar una tecnología de tipo fibra óptica para reemplazar el cobre como conductor, en el modelo referencial OSI, se define como la capa física o capa 1.

Figura 6

Switch Cisco Catalyst 3850 WS-C3850-24T-L con puertos para fibra óptica.



Nota. Obtenido de Gigabitlanswitch (2020) <http://www.gigabitlanswitch.com/sale-10773529-cisco-catalyst-3850-ws-c3850-24t-l-10gb-data-24-port-optic-fiber-core-switch.html>

2.8. Arduino UNO

Arduino es una plataforma gratuita, el cual su hardware y código es flexible y de código abierto como también facilita al desarrollar este tipo de plataformas para así poder crear varios tipos en las computadoras de forma que se tiene solo una placa para dicha comunidad con respecto a creadores y que puedan utilizar en distintos usos.

Los dispositivos libres son dispositivos cuyas especificaciones y planos pueden ser accedidos por el público para que cualquier persona pueda copiarlos. Arduino brinda elementos básicos y así empresas o personas pueden crear sus sistemas propios, los cuales podrán ser distintos, pero a la vez tener el mismo funcionamiento por medio de la premisa de tener una misma base.

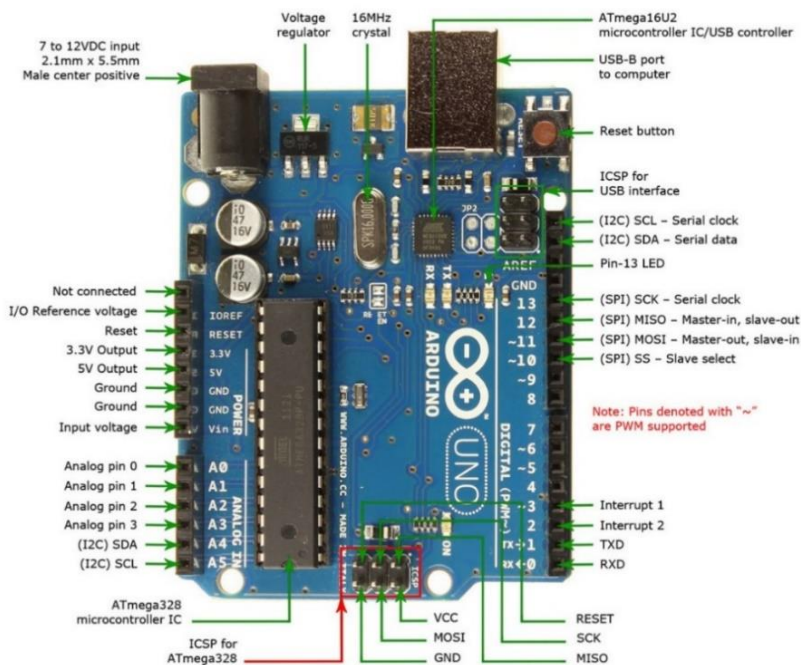
Cuando hablamos de herramientas con software libre nos referimos a los programas informáticos en los que cualquier persona puede acceder al código para que cualquier persona que lo necesite pueda utilizarlo y cambiarlo. Arduino brinda Arduino IDE, que es una plataforma

para programar con la capacidad de crear aplicaciones para la placa Arduino y obtener todo tipo de beneficios.

El proyecto se inició en 2003, en el momento que algunos los estudiantes de la institución denominada Instituto de Diseño Interactivo Ivrea, que está ubicada en Italia, simplificaron la accesibilidad como también un uso mediante la electrónica y también la programación. Con esto los estudiantes de la especialidad de electrónica tuvieron mejor opción de forma económica y también popular ya que otros eran muy caros. El resultado es un Arduino que comprende la placa con elementos de nivel básico y así poder conectar periféricos de salidas y también de entradas mediante el control de un microcontrolador el cual es programable en Windows 10/8/7, como también Linux o para algunos usuarios que tengan macOS (Xataka Basics, 2020).

Figura 7

Modelo de placa Arduino UNO



Nota. Obtenido de Xataka Basics (2020) . <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

2.8.1. Funcionamiento

Esta placa Arduino contiene un microcontrolador el cual es gobernado por un ATMEL. Este microcontrolador en simples palabras es son varios circuitos integrados compactado en uno solo, el cual podría ser programado para realizar acciones acordes a instrucciones escritas dentro del IDE de Arduino. Dichas acciones permitirán al Arduino poder realizar comunicaciones con los sensores o actuadores.

La plataforma Arduino contiene la interfaz desarrollada para poder establecer comunicación interna para distintos dispositivos en ella. Todos los datos de algún dispositivo conectado primero pasaran por el microcontrolador y este procesara la información que pasa a través de él.

El dispositivo utilizado que enviara información y se comunicara con el microcontrolador son dependientes principalmente de la utilización prevista. Podría contener una cámara y tomar fotografías, también podría ser un sensor capturando constantemente datos de variables distintas. También tiene la interfaz en formato o tipo salida, la cual transmite la información procesada en el Arduino a otros dispositivos. También se podría conectar otras plataformas o controladores acorde al uso que el usuario capacitado pueda dar a este tipo de tecnologías y plataformas predispuestas hoy en día (Xataka Basics, 2020).

2.9. Arduino IDE (Lenguaje de programación)

Del inglés “Integrated Development Environment”, el cual será el encargado de programar en base a una serie de utilidades que contienen un lenguaje de programación de múltiples plataformas o múltiples recursos.

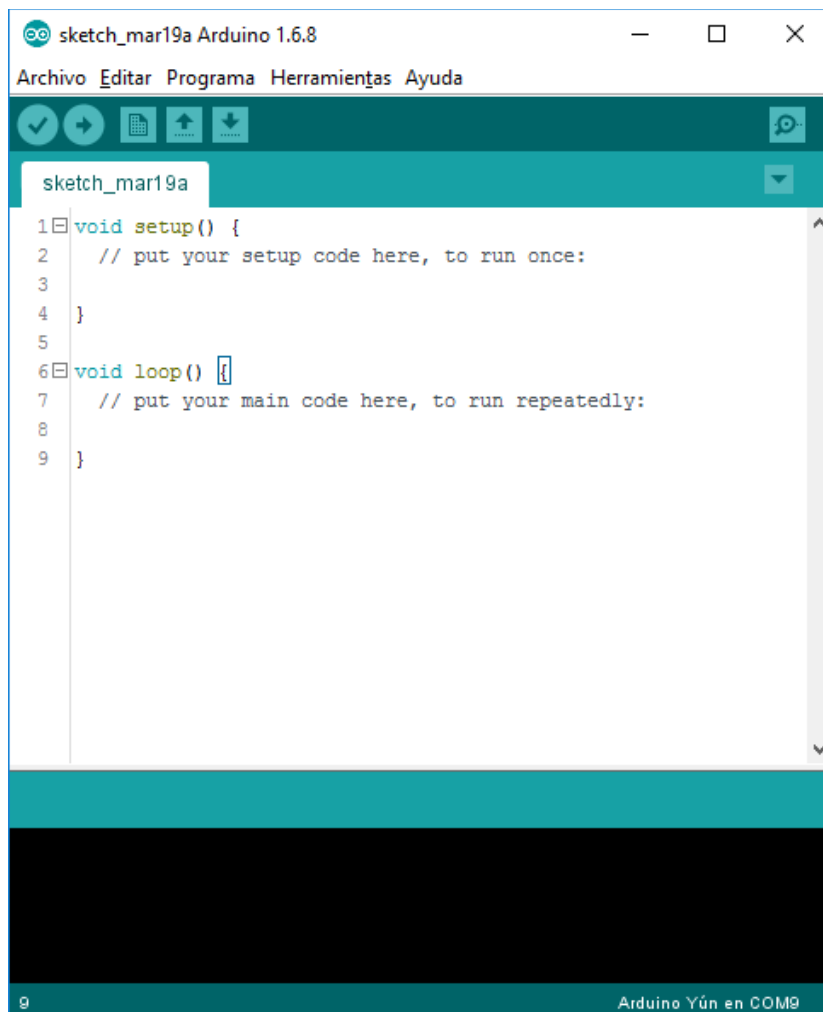
IDE quiere decir que este será la interfaz donde uno puede programar compilado como software que es un aplicativo; esto incluye una interfaz para poder editar los códigos, el

depurador de código y también un generador para interfaz gráfica de usuario (GUI).

Adicionalmente para Arduino también incluye opciones para poder subir el programa que está siendo compilada en una memoria de tipo flash que se encuentra dentro del Arduino.

Figura 8

Entorno de desarrollo de IDE Arduino Versión 1.6.8



Nota. La figura representa el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino versión 1.6.8., por WordPress (2016). <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>

La programación de la plataforma Arduino constan de solo un archivo con una extensión "ino", pero se puede organizar en distintos archivos. El archivo maestro siempre tendrá que estar

ubicada en una carpeta donde se encuentra el archivo maestro y también con el nombre idéntico (WordPress, 2016). La última versión disponible de Arduino IDE disponible es la versión 1.8.19.

2.10. Ethernet Shield para Arduino

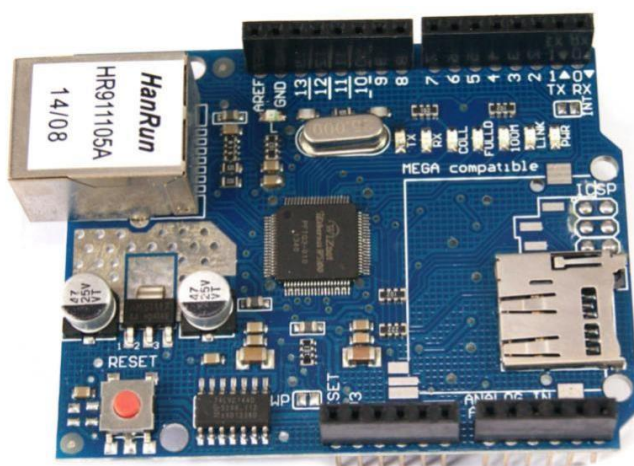
Es una placa electrónica que permite al Arduino comunicarse con el protocolo TCP/IP. Este tipo de protocolo fue creado para comunicarse con dispositivos digitales a través de una conexión de RED.

El Shield utiliza un conector Ethernet para proporcionar una conexión a la placa Arduino. Hay tres pantallas de conexión TCP/IP (Ethernet). Estas tarjetas se diferencian según el microchip que tengan.

Los tres tipos principales de chips utilizados son Wiznet W5100, W5200 y W5500. Arduino Ethernet Shield agrega capacidades de comunicación a la placa Arduino. La red será utilizada para enviar y recibir información desde Arduino a cualquier punto de la red. Existen principalmente dos clases de funciones que puede tener Arduino Ethernet Shield: Web Server y Web Client.

Figura 9

Ethernet Shield W5100, versión genérica



Nota. Obtenido de Estrada (2017). <https://hetpro-store.com/ethernet-shield>

2.10.1. Servidor Web

El servidor Arduino crea un servicio al que se pueden conectar uno o más clientes web. El sitio web es una buena analogía. Un sitio web (servidor web) proporciona servicios de almacenamiento para cierta información. A esta información se accede a través de un cliente web (usuario). Una de las limitaciones más importantes al configurar la tarjeta Ethernet Shield es la memoria limitada. Por lo general, si no se utiliza almacenamiento externo, solo se puede colocar una pequeña página HTML en Ethernet Shield.

2.10.2. Cliente Web

Cuando Arduino se configura como un cliente Web, este, puede conectarse a un servicio Web. El esquema de comunicación Cliente-Servidor permite el intercambio de información de manera eficiente. Generalmente se estará configurando al Arduino como un cliente Web (Estrada, 2017).

2.11. Sensor de voltaje AC 220 Modelo ZMPT101B

El sensor de tipo módulo, conocido como Modelo ZMPT101B, está diseñado para convertir el voltaje AC en señales que pueden ser medidas por dispositivos como Arduino. Esto es especialmente útil para medir el voltaje AC en hogares estándar (220VAC con una frecuencia de 60Hz). Dado que este tipo de voltaje AC no puede ser directamente medido por un conversor analógico-digital (ADC) de Arduino, que normalmente opera en un rango de 0 a 5 voltios, el módulo ZMPT101B resuelve este problema al reducir la medida del voltaje AC a un nivel que el Arduino puede leer.

El módulo ZMPT101B incluye un transformador que proporciona aislamiento galvánico para un uso más seguro. Para su correcto funcionamiento, se conecta la tensión AC a la entrada del transformador primario, que en este caso podría ser, por ejemplo, los 220V AC de un hogar.

Este módulo también cuenta con un circuito divisor de voltaje y un amplificador operacional del modelo LM358, que añade una compensación y proporciona una salida analógica. El rango de voltajes admitidos va hasta 250 VCA, y la señal de salida es una onda sinusoidal con amplitud ajustable mediante un potenciómetro interno. Es importante destacar que la onda resultante se desplaza positivamente para evitar voltajes negativos, permitiendo así que el ADC pueda leer toda la onda.

El desplazamiento de la señal depende del voltaje de entrada al módulo: si la tensión de entrada es V , el desplazamiento será igual a 2.5V; por otro lado, si la tensión de entrada es 3.3V, el desplazamiento será de 1.65V. Esto facilita la lectura de la señal en cualquier microcontrolador con entrada analógica (ADC) y permite realizar cálculos en términos de voltaje pico a pico (V_{pp}) y voltaje eficaz (V_{rms}).

Este sensor es fundamental para monitorear la energía eléctrica en aplicaciones de IoT (Internet de las cosas), ya que puede utilizarse con diversas tecnologías de comunicación como WiFi, GSM, LoRa o Bluetooth. Gracias a su funcionamiento basado en un transformador, el sensor está diseñado específicamente para medir voltajes de tipo CA.

2.11.1. Aplicaciones

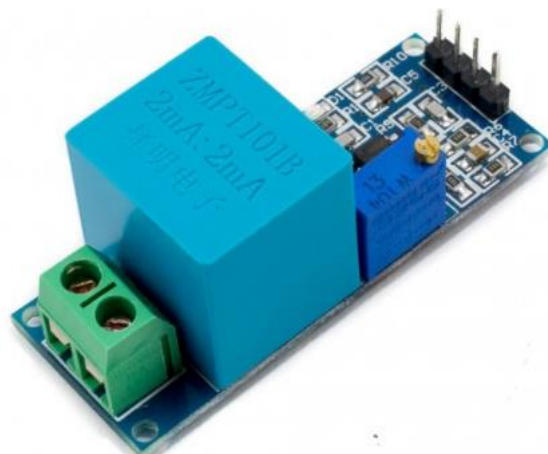
- Muy bueno para la medir voltaje AC de baja tensión como 220VAC.
- Uso en sistemas de control de voltaje AC.
- Supervisión remota y protección de equipos AC.

2.11.2. Especificaciones Técnicas

- Voltaje de operación: 3.3V - 5VDC.
- Voltaje AC de entrada: 250VAC máx.
- Voltaje AC de salida: Onda senoidal 5VAC máx.
- Señal de salida: Analógica senoidal.
- Dimensiones: 5 cm x 2 cm x 2.4 cm.
- Corriente nominal de entrada y salida: 2mA.
- Ratio entrada: salida 1000:1000.
- Diferencia de fase: $<30^\circ$ (a 50ohm).
- Rango lineal: 0-3mA (a 50ohm).
- Linealidad: 1%.
- Precisión: 0.2%.
- Aislamiento eléctrico entrada: hasta 3000V (Naylamp Mechatronics SAC, 2023).

Figura 10

Transformador de Voltaje AC – ZMPT101B



Nota. Obtenido de Naylamp Mechatronics (2021). <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html>

2.12. Sensor de amperaje No Invasivo 30A SCT-013-030

Para el transformador de corriente (CT) el cual será un sensor usado especialmente en la medición de corriente de tipo alterna. Son especialmente utilizadas para dar una magnitud al consumo de energía eléctrica en todo un edificio o casa. Funciona como un transductor basado en el principio físico de la inducción electromagnética.

2.12.1. Aplicaciones

- Excelente para medir de corriente AC.
- Supervisión y protección de motores AC.
- Ideal para equipos de iluminación.

2.12.2. Especificaciones Técnicas

- Corriente o amperaje de entrada (inducción): 0-30A AC.
- Modo de salida: 0-1V.
- Resistencia (RL): 62Ω .
- No linealidad: $\pm 1\%$.
- Grado de Resistencia: Grado B.
- Turn Ratio: 1800:1.
- Fuerza dieléctrica entre la carcasa y la salida: 1000V AC/1min 5mA.
- Temperatura de operación: $-25^{\circ}\text{C} \sim + 70^{\circ}\text{C}$.
- Longitud del cable: 1m.
- Tamaño abierto: 13mm x 13mm (Naylamp Mechatronics SAC, 2023).

Figura 11

Sensor de Amperaje AC 30A no invasivo SCT-013-030



Nota. Obtenido de Naylamp Mechatronics (2023). <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/154-sensor-de-corriente-ac-30a-no-invasivo-sct-013-030.html>

2.13. Administración de la energía

De acuerdo con la norma unificada, sistemas de gestión de la energía, UNE-EN ISO 50001:2011, trata de la especificación de requisitos para la creación, implementación, mantener dicho equipo, y también mejorar el sistema para la gestión en la energía. Un enfoque para poder mejorar de manera continua el desempeño de un individuo, que añade importantes bases tales como eficiencia de la energía y un uso progresivo del consumo de la energía.

Esta norma aclara posibles requerimientos que se aplican al uso y consumo de energía, a través de los cuales las labores como documentación, medición y prácticas de diseño y adquirir equipos, procesos, sistemas como también personas que contribuyen a la eficiencia energética. Es aplicable para vas varias variables que se tiene involucradas con respecto al desempeño en la energía y que tienen que ser controladas por una entidad y así poder ser afectadas.

En este grupo de definiciones, se puede observar que la eficiencia energética incluye, por un lado, un inventario de plantas que afectan a la energía y sus equipos, tipos de consumo de

energía (combustible, calor, electricidad, etc.). También incluye medidas de rendimiento, una de las cuales se menciona explícitamente, la eficiencia energética, en la definición de rendimiento.

Es por ello que al referirse al concepto de eficiencia energética se expresa el requerimiento de controlar y monitorear las plantas que consumen, almacenan o generan energía eléctrica, los equipos que las componen y todo tipo de energía consumida en ellas. Se trata básicamente de una formulación diferente a la de las normas europeas o nacionales anteriores denominadas "Aspectos determinantes de la energía", que ahora se divide en uso y consumo de energía.

El desempeño de energía también incorpora la necesidad de crear indicadores que puedan describir el desarrollo de varias tendencias analizadas en los parámetros de energía de importancia en una entidad. Para el ámbito de las bases de eficiencia energética incluye la necesidad de crear herramientas de medición como de procesamiento de los datos con estos parámetros y así poder convertirlos en variables que puedan facilitar una interpretación del progreso. Según la norma unificada UNE-EN ISO 50001:2011, esta trata sobre la especificación de requisitos para la creación, implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión de energía. Se centra en un enfoque continuo para mejorar el rendimiento, incorporando fundamentos clave como la eficiencia energética y una utilización progresiva del consumo de energía.

La norma establece requisitos aplicables al uso y consumo de energía, abarcando actividades como documentación, medición, prácticas de diseño, adquisición de equipos, procesos y personas que contribuyen a la eficiencia energética. Es aplicable a varias variables relacionadas con el rendimiento energético y que deben ser controladas por una entidad.

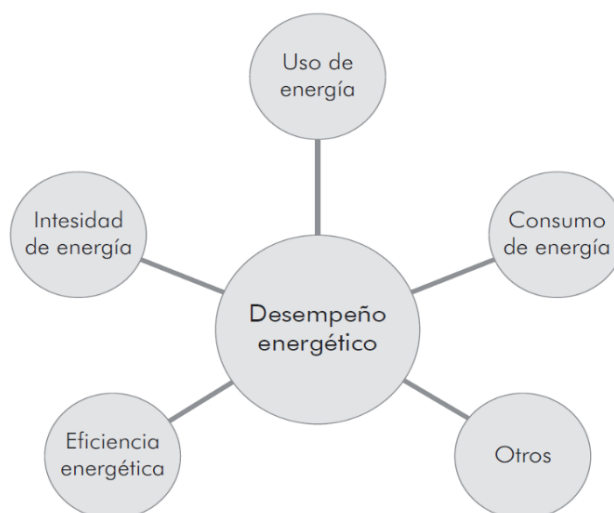
En el conjunto de definiciones, se destaca que la eficiencia energética engloba un inventario de instalaciones que impactan en la energía, sus equipos y diversos tipos de consumo energético (combustible, calor, electricidad, etc.). Además, incluye medidas de rendimiento, entre las cuales se menciona explícitamente la eficiencia energética en la definición de rendimiento.

El concepto de eficiencia energética implica el control y monitoreo de las instalaciones que consumen, almacenan o generan energía eléctrica, así como los equipos que las componen y cualquier tipo de energía consumida en ellas. Esta formulación difiere de las normas europeas o nacionales anteriores denominadas "Aspectos Determinantes de la Energía", que ahora se dividen en uso y consumo de energía.

La gestión de energía también implica la creación de indicadores que describan el desarrollo de tendencias en los parámetros de energía relevantes para una entidad. En el ámbito de los fundamentos de eficiencia energética, se reconoce la necesidad de desarrollar herramientas de medición y procesamiento de datos que conviertan estos parámetros en variables que faciliten la interpretación del progreso.

Figura 12

Concepto de desempeño energético



Nota. La figura representa al desempeño energético como resultado de las mediciones del uso de la energía, intensidad de energía, eficiencia energética, consumo de energía y otros, por Sistema de Gestión de la Energía ISO (2011). (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es.>)

2.14. Servidor Web Apache

Cuando nos referimos a un programa informático ejecutándose constantemente en la web, hablamos de una aplicación alojada en un servidor con la capacidad de acceder y utilizar el almacenamiento físico de un equipo de manera remota. Esta interacción se realiza a través de una comunicación bidireccional o unidireccional con el servidor del cliente, permitiendo generar respuestas específicas para cada cliente.

Este tipo de tecnología se centra en brindar servicios de páginas web a través de internet. Facilita una interacción inmediata entre el cliente y el servidor principal. La función principal implica extraer contenido del servidor según las solicitudes de los usuarios y enviar esas respuestas a la web. Un desafío clave para un servidor web es atender a múltiples usuarios finales con diferentes marcas de tiempo, ya que cada uno solicita páginas distintas.

El servidor web procesa archivos escritos en diversos lenguajes, como PHP, Java, Python, entre otros, para convertirlos en archivos HTML estáticos, que luego pone a disposición del navegador web del usuario. En resumen, actúa como una herramienta esencial para establecer la comunicación en tiempo real entre el cliente y el servidor.

Un ejemplo destacado de servidor web es el Apache HTTP Web Server, un software de servidor web gratuito con código abierto en la plataforma Unix. Este impulsa el 46% de todo Internet a nivel mundial y es gestionado y desarrollado por la Fundación de Software Apache. Su función principal es permitir a los administradores de páginas web publicar información en la web, por lo que es comúnmente conocido como un "servidor web".

2.14.1. Funcionamiento

Cuando hablamos de Apache como un servicio de servidor web, no nos referimos a un servidor físico, sino a un programa en ejecución dentro del servidor. Su función principal es establecer la conexión entre el servidor y los navegadores que visitan los sitios web (Google Chrome, Brave, Safari, Firefox, etc.) durante el intercambio de archivos en la arquitectura cliente-servidor.

Apache es conocido por su utilidad multiplataforma, ya que se ejecuta tanto en entornos Unix como en Windows. Al visitar una página web, el navegador envía una solicitud al servidor, y Apache responde asignando textos, imágenes, datos, etc.

Tanto el servidor como el cliente deben lograr una comunicación mediante el uso de los protocolos HTTP, y la tecnología Apache se encarga de garantizar una comunicación segura y fluida entre estos dos puntos. Es altamente personalizable gracias a su arquitectura modular, que permite a los administradores habilitar y deshabilitar módulos según sea necesario.

Apache incluye una variedad de módulos para seguridad y almacenamiento en memoria caché, que realizan funciones como la reescritura de URL, validación de contraseñas y otras herramientas. La configuración del servidor se puede realizar a través de un archivo denominado ".htaccess", que contiene la configuración específica de Apache.

2.14.2. Ventajas

- Fue creado como código libre y gratis, también es para un uso de tipo comercial e industrial.
- Software bastante estable y confiable con actualizaciones disponibles.
- Tiene constantes parches con respecto a la seguridad y estos son actualizados con una alta frecuencia.
- Muy bueno debido a su estructura que se basa en módulos individuales.
- Fácil configuración para iniciantes en informática.
- Es multiplataforma porque funciona tanto en servidores Unix, Linux y Windows.
- Esta implementado y listo para interactuar con sitios como WordPress y otros similares.
- Enorme soporte por la comunidad y soporte online que está fácilmente disponible en caso de cualquier inconveniente.

2.14.3. Desventajas

- Tiene problemas en el rendimiento de los sitios de tipo web cuando hay bastante tráfico, aunque métodos más complejos solucionarían el problema.
- Demasiadas opciones al momento de la configuración podrían ocasionar problemas y vulnerabilidades en la seguridad.

Figura 13*Esquema de Modelo Cliente Servidor*

Nota. La figura representa el esquema del Modelo cliente Servidor e incluye las conexiones: Cliente - Servidor Web - Base de Datos con lenguaje PHP. Obtenido de Barros (2022). <https://www.goconqr.com/flowchart/21853682/mapa-mental-sistema-cliente-servidor>.

2.15. Lenguaje de Programación PHP

PHP, que significa "Preprocesador de Hipertexto", es un lenguaje de programación de código abierto muy popular, especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede integrarse fácilmente en el metalenguaje HTML.

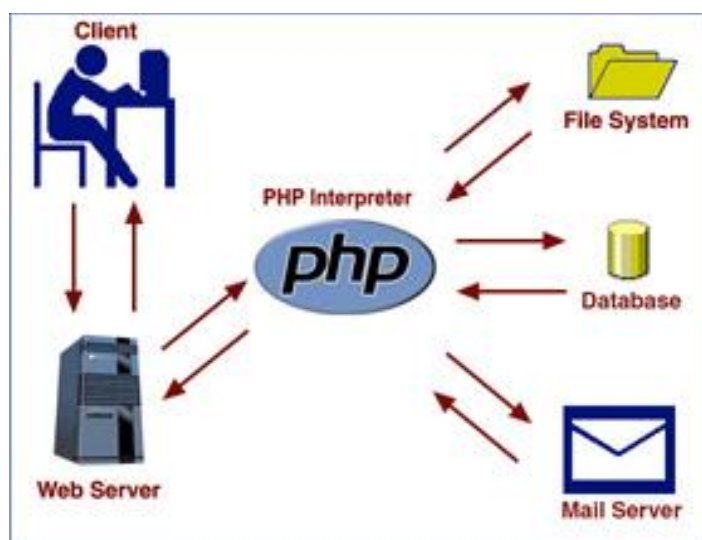
La distinción clave entre PHP y un lenguaje del lado del cliente, como JavaScript, radica en que el código PHP se ejecuta en el servidor para generar código HTML que se enviará al cliente. El cliente obtiene el resultado de la ejecución del script sin conocer el código subyacente. Además, es posible configurar el servidor web para manejar todos los archivos HTML utilizando PHP, lo que oculta al usuario cualquier complejidad subyacente (PHP, 2022).

El código PHP generalmente se procesa en un servidor web mediante un compilador PHP, implementado como un "daemon" o interfaz de puerta de enlace común. Para el servidor web, el código PHP interpretado y ejecutado forma parte o la totalidad de la respuesta HTTP, pudiendo ejecutar datos, imágenes, binarios o HTML generado.

Existen diversos sistemas y marcos, con plantillas y sistemas de administración de contenido, que facilitan la generación de retroalimentación utilizando PHP. No obstante, PHP no se limita al desarrollo web y puede ser utilizado para diversas tareas de programación, incluso para aplicaciones gráficas independientes. Además, es posible interpretar y ejecutar cualquier código PHP a través de la Línea de Comandos (CLI). El compilador PHP estándar es software gratuito publicado bajo la licencia PHP. Este lenguaje está ampliamente difundido y es compatible con la mayoría de los servidores web, sistemas operativos y plataformas de uso gratuito (Php, 2022).

Figura 14

Envío de información desde un Servidor de Correo, Base de Datos y Sistema de archivos hacia el Cliente utilizando PHP



Nota. Obtenido de Lecaros (2022). <https://www.maestrosdelweb.com/rasmus-lerdorf-php/>

2.16. Base de Datos MariaDB

MariaDB, un sistema gestor de bases de datos (DBMS), es una bifurcación de MySQL, una de las bases de datos más destacadas del mercado utilizada en proyectos de Internet como Twitter, Wikipedia y Facebook para administrar grandes cantidades de datos.

Su sintaxis simple facilita la creación de bases de datos simples o complejas, siendo compatible con diversas plataformas informáticas. MaríaDB proporciona acceso rápido a informes de gestión de bases de datos mediante diversas aplicaciones. Además, ofrece a desarrolladores y diseñadores la capacidad de realizar modificaciones en el sitio web mediante la alteración de un solo archivo, evitando la necesidad de modificar todo el código para ejecutar la estructura de datos.

Uno de los principales beneficios de MaríaDB radica en su capacidad para gestionar relaciones, perfiles multiusuario y multihilo, lo que lo convierte en un sistema eficiente y seguro. Puede almacenar rápidamente fichas de personal, listados de clientes o proveedores de manera segura. Como alternativa a MySQL, MaríaDB integra funciones propietarias y mejora el rendimiento al incorporar nuevos y eficientes motores de almacenamiento.

Al ser de código abierto, cuenta con el respaldo de una amplia comunidad de desarrolladores y el soporte de Oracle. La migración de MySQL a MariaDB es un proceso relativamente sencillo, con la ventaja adicional de la compatibilidad de MariaDB con todos los scripts de PHP (Purestorage, 2023).

2.17. Modelo de referencia OSI

En la década de 1970, la ISO inició un programa para desarrollar estándares generales y métodos de trabajo en red. En 1973, un Sistema Experimental de Conmutación de Paquetes en el Reino Unido señaló la necesidad de definir protocolos de nivel superior. En 1983, el modelo OSI

fue concebido como una especificación detallada de interfaces reales y, en 1984, fue formalmente adoptado por la ISO como un estándar internacional.

El modelo OSI es una estructura lógica basada en conceptos que define la comunicación en redes para sistemas abiertos, permitiendo la conexión y comunicación entre sistemas diversos. Para lograr esta interconexión, se establece una red lógica que describe la eficiente transmisión de paquetes informáticos mediante diferentes niveles de protocolos.

Cada clase debe crearse solo cuando se necesiten ciertos niveles de abstracción, y la funcionalidad en cada capa se selecciona de acuerdo con estándares internacionales de protocolos. La cantidad de clases debe ser suficientemente grande para garantizar una separación adecuada, evitando la complejidad excesiva.

En el modelo OSI, cada capa tiene funciones específicas, siguiendo una secuencia de inferior a superior o viceversa. Cada capa proporciona servicios a la capa superior, asegurando que los cambios en una capa se apliquen de manera coherente en las capas adyacentes.

El modelo OSI facilita la comprensión de la comunicación en redes, permitiendo una solución de problemas más sencilla al separar las funciones en diferentes capas. Además, ayuda a comprender nuevas tecnologías a medida que se desarrollan y posibilita la comparación de relaciones funcionales primarias en varias capas de red.

2.18. Las siete capas del modelo OSI

El modelo OSI presenta una arquitectura de siete capas en un sistema de servidor, donde cada capa desempeña una tarea específica, colaborando de manera continua para facilitar la transmisión de datos entre capas. Las capas se dividen en dos grupos: las superiores y las inferiores.

- **Capas Superiores:** Estas capas se centran en problemas de aplicación y, en su mayoría, se implementan exclusivamente en software. La capa más alta es la más cercana al usuario final del sistema. En esta capa, la comunicación entre usuarios finales comienza con la interacción en la capa de aplicación y se procesa hasta llegar al usuario final. Aquí se gestionan aspectos relacionados con las aplicaciones y la presentación de datos.

- **Capas Inferiores:** Estas capas se encargan de actividades relacionadas con el transporte de datos. Tanto la capa física como las capas de enlace de datos se implementan tanto en software como en hardware. La capa física se ocupa de la transmisión y recepción de bits sin procesar a través de un medio físico, mientras que las capas de enlace de datos gestionan el enlace y la conexión entre dispositivos en una red.

Este modelo de siete capas proporciona una estructura organizada para entender y diseñar sistemas de comunicación en redes, permitiendo la colaboración eficiente de cada capa en la transmisión de datos.

Figura 15

Capas del modelo OSI.



Nota. La figura representa el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) a través de las capas de una pila de red que permite las comunicaciones usando protocolos de comunicación estándar.

2.18.1. Capa física

La capa física del modelo OSI se encarga de definir las especificaciones en el ámbito eléctrico y físico de la conexión de datos. En este nivel, se establecen las relaciones de los dispositivos con el medio a través del cual se transmitirán físicamente los datos. Se ocupan de protocolos que gobiernan esta transmisión, junto con otros componentes presentes en capas de mayor jerarquía.

Características de la Capa Física:

- Define aspectos eléctricos y físicos de la conexión de datos.

- Establece la relación entre los dispositivos y el medio de transmisión física.
- Implementa protocolos que regulan la transmisión física de datos.
- Incluye componentes esenciales para la transmisión eficiente.

Ejemplos de Hardware en la Capa Física:

- Adaptadores de red.
- Tecnologías como Ethernet.
- Dispositivos como repetidores.
- Concentradores de red, entre otros.

En resumen, la capa física es fundamental para garantizar una transmisión eficaz de datos, definiendo los aspectos tangibles de la conexión y utilizando hardware especializado para facilitar esta comunicación física en una red.

2.18.2. Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos, en el modelo OSI, desempeña un papel crucial en la corrección de fallos que puedan ocurrir en la capa física. Su función principal es definir el protocolo para establecer y finalizar conexiones entre dos dispositivos de red conectados. Además, opera a un nivel comprensible para la dirección IP, facilitando el direccionamiento lógico para identificar puntos finales.

Subdivisiones de la Capa de Enlace de Datos:

- Capa de control de acceso a medios (MAC): Responsable de gestionar el acceso al medio, permitiendo la transmisión de datos.
- Capa de control de enlace lógico: Encargada de la identidad y encapsulación de protocolos de capa de red, facilitando la detección de errores.

Funciones Importantes:

- Framing: Divide los datos de la capa de red en marcos.
- Encabezado: Agrega información como la dirección física del origen y destino.
- Direcciones lógicas: Incluye las direcciones del remitente y destinatario.
- Proceso de entrega: Facilita la entrega del mensaje al destino.
- Control de errores: Detecta retransmisiones dañadas o tramas perdidas.

La capa de enlace de datos también juega un papel crucial en el enrutamiento de paquetes a través de la red, determinando la mejor ruta para llevar los datos desde el origen hasta el destino. Proporciona un mecanismo para la transmisión de datos entre redes conectadas, ofreciendo una comunicación efectiva y segura (Lawrence, 2023).

2.18.3. Capa de red

La capa de red desempeña un papel fundamental al proporcionar los medios funcionales y procedimientos necesarios para transferir secuencias de datos de longitud variable de un nodo a otro, incluso cuando pertenecen a "redes diferentes". Aunque esta capa facilita la entrega de mensajes, no garantiza la fiabilidad de un protocolo de capa de red específico.

Protocolos y Funciones de la Capa de Red:

- Protocolos de Enrutamiento: Determinan la ruta óptima para el envío de datos a través de la red.
- Gestión de Grupos de Multidifusión: Facilita la comunicación eficiente entre varios nodos de la red.
- Asignación de Direcciones de Capa de Red: Gestiona y asigna direcciones únicas a los nodos en la red.

La capa de red juega un papel esencial en coordinar la transferencia de datos entre diferentes redes, permitiendo la comunicación efectiva entre nodos conectados en entornos de red variados.

2.18.4. Capa de transporte

La capa de transporte es esencial para proporcionar movilidad de información desde la máquina de origen hasta la máquina de destino. Su función principal es mantener el servicio de manera óptima para el usuario, ya sea a través de una red única o múltiple.

Funciones Principales:

- **Cálculo de Datos y Velocidad:** Esta capa calcula la cantidad de datos enviados y su velocidad, garantizando la entrega eficiente de la información.
- **Recepción de Mensajes:** La capa de transporte recibe mensajes del nivel de aplicación y se encarga de asegurar que la información se entregue sin errores.
- **Control de Fiabilidad en Enlaces:** Implementa controles de flujo de información, control de errores y segmentación/de segmentación para garantizar la alta confiabilidad en los enlaces.
- **Transporte de Datos:** Utiliza la capa de red para transportar datos desde un proceso en una máquina de origen a un proceso en una máquina de destino.
- **Calidad de Servicio:** Mantiene funciones de calidad de servicio, determinando la cantidad de datos, la ubicación y la velocidad de envío.

Esta capa divide los mensajes recibidos en el nivel de sesión, realiza la segmentación y enumeración de la secuencia existente. Asegura la transmisión exitosa de información, controlando el flujo y corrigiendo errores, siendo fundamental para mantener la confiabilidad del enlace.

2.18.5. Capa de Sesión

La capa de sesión desempeña un papel fundamental en el control de los procedimientos de comunicación entre computadoras. Su objetivo es establecer y finalizar conexiones entre aplicaciones locales y remotas, solicitando conexiones lógicas según los requisitos del usuario final.

Principales Funciones:

- Inicio y Finalización de Sesiones: Gestiona todo el proceso de inicio de sesión, incluida la validación de contraseñas, y se encarga de la finalización adecuada de las sesiones.
- Disciplina de Diálogo: Ofrece servicios de disciplina de diálogo, que pueden ser dúplex o semidúplex, adaptándose a los requisitos de las aplicaciones que utilizan llamadas y protocolos remotos.
- Establecimiento y Mantenimiento de Sesiones: Su función principal es establecer, mantener y finalizar sesiones según sea necesario.
- Diálogo entre Sistemas: Facilita el diálogo entre dos sistemas, permitiendo que los procesos agreguen puntos de control al flujo de datos.
- Manejo de Llamadas y Protocolos Remotos: Se implementa en entornos donde las aplicaciones utilizan llamadas y protocolos remotos.

La capa de sesión contribuye significativamente a la gestión de la comunicación entre sistemas, garantizando un diálogo efectivo y proporcionando servicios esenciales para el establecimiento y mantenimiento de sesiones.

2.18.6. Capa de presentación

La capa de presentación tiene la función de definir la forma en que se intercambiarán los datos entre las entidades comunicantes. Además, se encarga de manejar la compresión y el cifrado de datos, transformando la información en la forma aceptada por la aplicación y formateando y cifrando los datos para su transmisión a través de redes. También se conoce como capa de sintaxis.

Principales Funciones:

- Traducción de Código de Caracteres: Realiza la traducción de código de caracteres, convirtiendo, por ejemplo, de ASCII a EBCDIC para garantizar la compatibilidad entre sistemas.
- Compresión de Datos: Permite la compresión de datos, reduciendo la cantidad de bits necesarios para transmitir la información a través de la red.
- Cifrado de Datos: Se encarga del cifrado de datos por razones de seguridad, como el cifrado de contraseñas u otra información sensible.
- Interfaz de Usuario y Soporte de Servicios: Proporciona una interfaz de usuario y soporte para servicios como correo electrónico y transferencia de archivos.

La capa de presentación desempeña un papel esencial al garantizar la adecuada presentación y manipulación de datos entre sistemas, al tiempo que ofrece funcionalidades críticas como compresión y cifrado para asegurar la eficiencia y seguridad de la comunicación.

2.18.7. Capa de aplicación

La capa de aplicación es la más alta en el modelo OSI y tiene la función de interactuar con programas o aplicaciones. Se sitúa en el nivel superior y permite a los usuarios comunicarse

mediante otras aplicaciones de software. En el contexto del modelo OSI, este nivel facilita la interacción del usuario con aplicaciones y proporciona herramientas para la comunicación.

Principales Funciones:

- **Identificación de Puntos de Comunicación:** Ayuda a identificar puntos disponibles en recursos para sincronizar la comunicación.
- **Inicio de Sesiones Remotas:** Permite a los usuarios iniciar sesiones a través del host de forma remota.
- **Correo Electrónico:** Proporciona varias fuentes para el correo electrónico, facilitando la comunicación por correo.
- **Recursos para Bases de Datos Distribuidas:** Ofrece recursos para bases de datos distribuidas y acceso global a la información a través de diversos servicios y objetivos.

La capa de aplicación es esencial para la interacción y la comunicación a nivel de software, permitiendo a los usuarios trabajar con aplicaciones y programas de manera eficiente. Ejemplos de esta capa incluyen aplicaciones como el correo electrónico, la transferencia de archivos, la inicialización con sistemas remotos, entre otros.

2.19. Protocolo TCP/IP

TCP/IP, que significa Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet, representa un conjunto de reglas estandarizadas que posibilitan la comunicación entre computadoras en redes como Internet.

A nivel individual, una computadora puede llevar a cabo diversas tareas, pero su verdadero potencial se desata cuando se establece la comunicación con otras computadoras. Muchas de las actividades cotidianas, como enviar correos electrónicos o buscar direcciones,

implican la interacción entre sistemas informáticos. Estos sistemas pueden ser de diferentes compañías, ubicados en distintas partes del mundo y utilizados por individuos y programas que se expresan en diversos lenguajes, tanto humanos como de computadora.

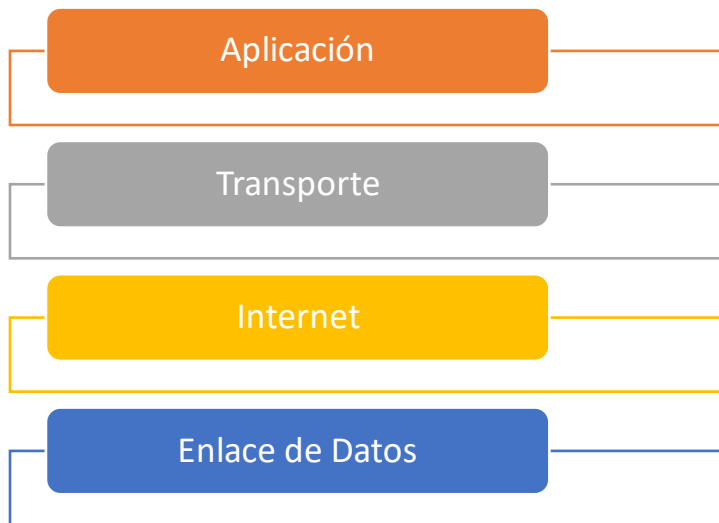
Cada interacción puede involucrar a dos sistemas informáticos o incluso a cientos de ellos. Sin embargo, al igual que pasar una carta de mano en mano, cada transacción se lleva a cabo entre dos computadoras a la vez. Para que esto suceda de manera eficiente, ambas computadoras deben conocer previamente cómo se espera que se comuniquen.

Este intercambio de información se rige por protocolos, que son conjuntos de reglas acordadas. Así como utilizamos protocolos sociales para orientarnos en la interacción con otras personas, las tecnologías implementan reglas de comunicación, como el código Morse en el telégrafo, pero de manera más rigurosa y rápida. Cuando todas las computadoras emplean el mismo protocolo, la información fluye de manera eficaz; de lo contrario, se genera caos.

La comunicación entre computadoras se volvió más compleja cuando se empezó a intercambiar información entre proveedores. Cada proveedor tenía su propio método de comunicación interno, lo que impedía la interacción con las computadoras de otros proveedores. Pronto se hizo evidente la necesidad de un estándar acordado que permitiera la comunicación entre computadoras de distintos proveedores. Este estándar es el TCP/IP (Avast, 2019).

2.20. Las cuatro capas del modelo TCP/IP

TCP/IP es un protocolo de enlace de datos utilizado en Internet. Su modelo se divide en cuatro capas distintas. Usados juntos, también pueden denominarse conjunto de protocolos.

Figura 16*Modelo TCP/IP*

2.20.1. Capa de enlace de datos

También conocida como capa de enlace, capa de interfaz de red o capa física. Es el procesador que maneja las partes físicas del envío y recepción de datos a través de cables Ethernet, redes inalámbricas, tarjetas de interfaz de red, controladores de dispositivos informáticos y más.

2.20.2. Capa de Internet

También llamada capa de red, se encarga del control del movimiento de paquetes por la red.

2.20.3. Capa de transporte

Proporciona una conexión de datos fiable entre dos dispositivos. Divide los datos en paquetes, identifica los paquetes que ha recibido de otro dispositivo y se asegura de que el otro dispositivo reconozca los paquetes que recibió.

2.20.4. Capa de aplicación

Este es un grupo de aplicaciones que requieren comunicación de red. Es con lo que los usuarios suelen interactuar, como correos electrónicos y mensajes. Dado que las capas inferiores manejan los detalles de comunicación, las aplicaciones no deben preocuparse.

2.21. Términos usados para la iluminación

2.21.1. Lumen

La unidad SI de flujo luminoso. La cantidad total de luz que es emitida por una fuente de luz, independientemente de la direccionalidad, se expresa en lúmenes (lm).

2.21.2. Eficacia luminosa

El flujo luminoso total emitido por la fuente de luz dividido por la potencia de la lámpara; expresado en lúmenes por vatio (lm/W).

2.21.3. Eficacia de la luminaria

El flujo luminoso total emitido por la luminaria dividido por la entrada de energía total a la luminaria, expresado en lúmenes por vatio (lm/W).

2.21.4. Eficiencia de la aplicación

Si bien no hay una definición estándar de eficiencia de la aplicación, usamos el término para denotar una consideración de diseño importante: que el nivel de iluminancia y la calidad de iluminación deseados para una aplicación determinada deben lograrse con la entrada de energía más baja posible. La direccionalidad y la intensidad de la fuente de luz pueden resultar en una mayor eficiencia de la aplicación, aunque la eficacia luminosa sea menor en relación con otras fuentes de luz.

2.21.5. Eficiencia o eficacia

El término “eficacia” normalmente es utilizado cuando las unidades de entrada y salida difieren. Por ejemplo, en iluminación, nos preocupa la cantidad de luz (en lúmenes) producida por una determinada cantidad de electricidad (en vatios). El término "eficiencia" suele ser adimensional. Por ejemplo, la eficiencia de la instalación de iluminación es la relación entre los lúmenes totales que salen de la instalación y los lúmenes totales producidos por la fuente de luz. "Eficiencia" también se utiliza para discutir el concepto más amplio de usar los recursos de manera eficiente.

2.22. Eficacia Luminosa

El término más conveniente para evaluar el número de lúmenes producidos a expensas de la energía eléctrica es la eficacia luminosa. El valor máximo de eficacia luminosa para la visión fotópica fue determinado por Pulli como 683,002 lúmenes por vatio. La luz verde con un pico de emisión a 555 nm es la más sensible para el ojo humano. Por tanto, el valor de la eficacia luminosa para la visión fotópica se calculó utilizando únicamente la luz de 555 nm. Sin embargo, para obtener un índice de reproducción cromática (CRI) más alto, es esencial obtener la dispersión espectral en todo el rango del espectro de luz visible. Así, el índice de reproducción cromática y la eficacia luminosa se contradicen. Existe un efecto significativo del tamaño de la partícula de fósforo sobre la eficacia luminosa. Las partículas dispersarán más luz cuando su tamaño sea menor. La luz retrodispersada luego es reabsorbida por el chip LED azul en el paquete, lo que provoca una caída en la eficacia luminosa. Además, existe un efecto crítico de la temperatura sobre la eficacia luminosa. A menudo hay una disminución en la eficacia del fósforo con el aumento de las temperaturas.

Con el tiempo, el término “lúmenes” ha desaparecido de la lista de métricas para evaluar la eficiencia real de una luminaria LED. Los lúmenes no pueden medir el brillo percibido del LED. Este factor se puede entender tomando un ejemplo. Considere dos luminarias LED que emiten una cantidad similar de vatios ópticos. La primera luminaria tiene en cuenta la reproducción del color y emite fotones de menor energía (longitud de onda más larga) con tonos rojos intensos. Por otro lado, la segunda luminaria ignora por completo el aspecto de la reproducción cromática pero emite la misma cantidad de vatios ópticos que la primera. La primera luminaria está fuertemente penalizada en términos de salida de lúmenes.

Se puede lograr una mayor precisión en la evaluación de la eficiencia de una luminaria LED calculando la cantidad de vatios ópticos producidos por cada unidad de vatio eléctrico proporcionada como entrada a la luminaria. Esta nueva métrica proporciona más información sobre la eficiencia de la luminaria y se denomina "Eficiencia blanca". Esta métrica es una cantidad física que mide la eficiencia de conversión de la potencia de entrada eléctrica en potencia de salida óptica en forma de luz blanca. También describe la cantidad de energía eléctrica de entrada que se pierde en forma de calor. En los dispositivos prácticos, los disipadores de calor son limitados y se genera una cantidad sustancial de calor en el circuito del controlador, por lo que la eficiencia y el rendimiento del fósforo se ven afectados negativamente. Por lo tanto, es esencial comprender la relación de conversión de la potencia de entrada en calor en la luminaria y esta información se puede reconocer a partir de la eficiencia de White. A partir del conocimiento obtenido de esta métrica, la pérdida de energía en la luminaria se puede reducir de manera efectiva al realizar ciertas modificaciones en su diseño (Nair & Dhoble, 2021).

2.23. Alumbrado Público

El mercado de alumbrado público está creciendo a nivel mundial, impulsado por políticas regulatorias que fomentan la eficiencia energética, la convergencia de IoT, las caídas de precios de LED y un nuevo modelo de negocio “como servicio” en diferentes industrias. El nuevo concepto de “postes inteligentes” también está creciendo en todo el mundo, con casos de uso que van desde el reemplazo básico de LED y el control remoto hasta el concepto más innovador de “postes inteligentes” equipados para ofrecer servicios de videovigilancia, monitoreo de la calidad del aire, fibra o Conectividad Wi-Fi.

La infraestructura del alumbrado público tiene tres características clave que la posicionan como activos estratégicos potenciales para el concepto de ciudades inteligentes, permitiendo el desarrollo de una plataforma común con importantes sinergias de costos: capilaridad, electrificación y conectividad.

Este estudio tiene como objetivo analizar los principales servicios de ciudad inteligente que se pueden desarrollar aprovechando la infraestructura de alumbrado público, identificando los principales cuellos de botella y obstáculos que impiden el despliegue a gran escala y desarrollando recomendaciones clave para las empresas que ingresan a este nuevo mercado. Para ello, analizamos una serie de casos de uso relevantes y entrevistamos a diferentes actores a lo largo de la cadena de valor. Los principales hallazgos se resumen a continuación:

Los postes de iluminación representan una infraestructura estratégica para el desarrollo de las ciudades inteligentes (y, en particular, para los servicios de videovigilancia y conducción autónoma) gracias a su capilaridad, conectividad y electrificación.

Está surgiendo un número significativo de proyectos piloto en muchos países, pero con una falta de implementación a gran escala.

Las principales restricciones para el desarrollo a gran escala están relacionadas con una demanda que aún no existe (los actores deben crear demanda de servicios inteligentes, y esto lleva tiempo), los principales compradores (administración pública) que tienen restricciones financieras y carecen de experiencia técnica, y la presencia de varias partes interesadas que necesitan encontrar la forma correcta de colaborar.

Los operadores de alumbrado público deben innovar e impulsar la innovación tecnológica y los nuevos modelos comerciales/asociaciones para aprovechar de manera efectiva su infraestructura y participar en esta nueva área de competencia (Caldani et al., 2019).

2.24. La ley de Ohm

La Ley de Ohm es una fórmula usada para calcular la relación entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito eléctrico. Para los estudiantes, la Ley de Ohm ($E = IR$) es fundamentalmente importante.

$$E = I \times R$$

Cuando se deletrea, significa:

voltaje = corriente x resistencia

voltios = amperios x ohmios

$$V = A \times \Omega.$$

Nombrada en honor al físico alemán Georg Ohm (1789-1854), la Ley de Ohm aborda las cantidades clave en el trabajo en los circuitos:

Tabla 1

Descripción de los valores usados en la ley de Ohm

	Símbolo en la ley de Ohm	Unidad de medida	Rol en el circuito	Descripción
Voltaje	E	Voltaje (V)	Presión que inicia el flujo de electrones	E = fuerza electromagnética
Amperaje	I	Amperaje (A)	Índice de flujo de electrones	I = intensidad de corriente eléctrica
Resistencia	R	Ohm (Ω)	Inhibidor del flujo de electrones	Ω = letra griega omega

Nota. Obtenido de Fluke (2023). <https://www.fluke.com/en/learn/blog/electrical/what-is-ohms-law>

Si se conoce el voltaje (E) y la corriente (I) y desea conocer la resistencia (R), entonces gracias a la ley de Ohm, es posible. Basta con conocer dos valores para hallar el tercero.

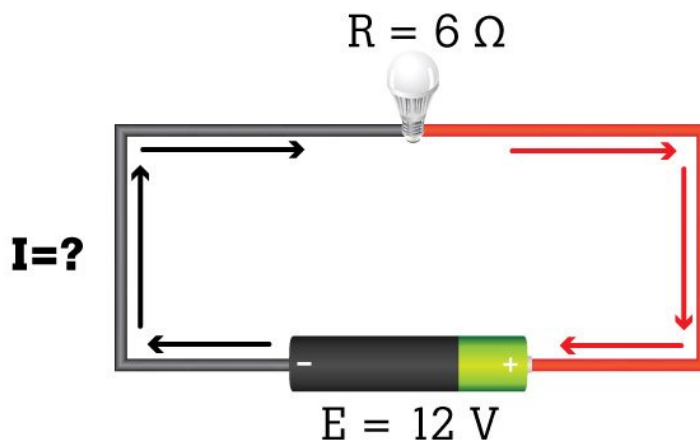
La resistencia no puede ser medida en un circuito operativo, por lo que la ley de Ohm es especialmente útil cuando se necesita calcularla. En lugar de apagar el circuito para medir la resistencia, se puede determinar R utilizando la variación anterior de la Ley de Ohm.

Algunos cálculos de muestra basados en un circuito en serie simple, que incluye solo una fuente de voltaje (batería) y resistencia (luz). Se conocen dos valores en cada ejemplo. Usa la Ley de Ohm para calcular el tercero.

Se conocen el voltaje (E) y la resistencia (R).

Figura 17

Esquema para aplicación de la Ley de Ohm



Nota. Obtenido de Fluke (2023). <https://www.fluke.com/en/learn/blog/electrical/what-is-ohms-law>

¿Cuál es la corriente en el circuito? $I = E/R = 12\text{V}/6\Omega = 2\text{A}$

En otro ejemplo, si se conocen el voltaje ($E = 24\text{V}$) y la corriente ($I = 6\text{A}$). ¿Cuál es la resistencia creada por la lámpara? $R = E/I = 24\text{V}/6\text{A} = 4\Omega$

Cuando Ohm publicó su fórmula en 1827, su hallazgo clave fue que la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través de un conductor es directamente proporcional al voltaje que se le impone. En otras palabras, se requiere un voltio de presión para empujar un amperio de corriente a través de un ohmio de resistencia.

La Ley de Ohm se puede utilizar para validar los valores estáticos de los componentes del circuito, los niveles de corriente, los suministros de tensión y las caídas de tensión. Por ejemplo, si un dispositivo de prueba detecta una medición de corriente superior a la normal, podría significar que la resistencia ha caído o el voltaje ha aumentado, lo que provoca una condición de alto voltaje. Esto podría indicar un problema de alimentación o de circuito.

En un circuito de corriente continua (CC), un valor de corriente inferior al normal puede significar que el voltaje ha disminuido o que la resistencia del circuito ha aumentado. Las posibles causas del aumento de la resistencia son conexiones deficientes o sueltas, piezas corroídas y/o dañadas.

Las cargas en un circuito consumen corriente. Estas cargas pueden ser cualquier tipo de componente: un pequeño electrodoméstico, una computadora, un electrodoméstico o un gran motor. La mayoría de estos componentes (cargas) tienen una placa de identificación o una etiqueta informativa. Estas placas de identificación proporcionan un certificado de seguridad y un número de referencia. Los técnicos del se refieren a las placas de identificación de los componentes para las clasificaciones estándar de voltaje y corriente. Durante las pruebas, si los Técnicos encuentran que los valores habituales no se registraron en sus multímetros digitales o pinzas amperimétricas, la Ley de Ohm puede ser utilizada para detectar esa parte del circuito, a partir de ahí, identificar el problema donde puede estar él.

Los circuitos, como toda la materia, están formados por átomos. Los átomos están formados por partículas subatómicas: protones (con carga positiva), neutrones (sin carga) y electrones (con carga negativa).

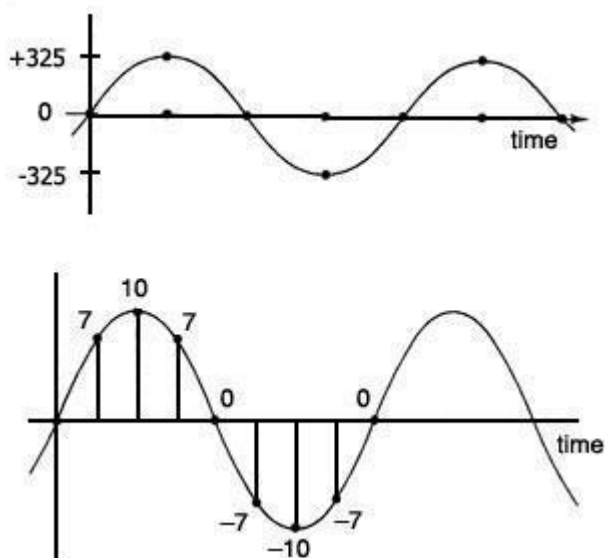
Los átomos se mantienen unidos por la atracción entre el núcleo del átomo y los electrones en su capa más externa. Cuando se ven afectados por una diferencia de potencial, los átomos en el circuito comienzan a renovarse y sus componentes crean una energía potencial gravitatoria llamada diferencia de potencial. Los electrones libres se atraen entre sí moviéndose hacia el protón, creando un flujo de electrones (corriente). Cualquier material en este circuito limitador de corriente se considera una resistencia (Fluke, 2023).

2.25. Voltaje y Amperaje RMS

Hay muchas maneras de explicar la tensión y la corriente de la raíz cuadrada media (RMS) en diferentes niveles de complejidad. Para el nivel más simple, se toma muestras de la corriente (o diferencia de potencial) en pequeños intervalos de tiempo, se eleva al cuadrado cada valor, se suma los cuadrados (que son todos positivos) y finalmente se divide por el número de muestras para encontrar el cuadrado promedio o el cuadrado medio. Luego sacando la raíz cuadrada de eso, se obtiene el valor promedio de la raíz cuadrada media (RMS) (IOP Institute of Physics, 2022).

Figura 18

Esquema de muestras tomadas de la corriente en intervalos de tiempo.



Nota. Obtenido de IOP Institute of Physics (2022). <https://spark.iop.org/explaining-rms-voltage-and-current>

Por ejemplo, la onda senoidal de la imagen anterior, tiene un pico de 10, suponiendo que hay 8 intervalos de tiempo como se muestra en el diagrama anterior se puede elaborar la siguiente tabla:

Tabla 2*Muestras de la corriente en intervalos de tiempo*

Voltaje	7	10	7	0	-7	-10	-7	0
Potencia(cuadrados)	49	100	49	0	49	100	49	0

La suma de los cuadrados es 396 y la media de los cuadrados es $396/8 = 49.5$, y su raíz cuadrada es casi 7. Con más intervalos la media RMS resulta ser:

$$RMS = \frac{\text{valor pico}}{\sqrt{2}} = \frac{\text{valor pico}}{1.4142} = 0.707 \times \text{valor pico}$$

Si el valor pico es 10 entonces según la ecuación, el valor de RMS es 7.07.

Con los gráficos de las funciones seno y coseno, se puede intentar el siguiente método algebraico.

$$I = I_0 \times \sin \omega t$$

$$I^2 = I_0^2 \times \sin^2 \omega t$$

El efecto de calentamiento o potencia depende de $I^2 R$, por lo que se necesita un promedio de I^2 y no un promedio de I .

Para encontrar el valor RMS, necesita el valor promedio de \sin^2 a medida que pasa el tiempo.

La gráfica de $\sin \omega t$ y la gráfica de $\cos \omega t$ se ven iguales, excepto por un cambio de origen. Debido a que son el mismo patrón, $\sin^2 \omega t$ y $\cos^2 \omega t$ tienen el mismo promedio a medida que pasa el tiempo.

Pero $\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1$. Por tanto, los valores medios de cualquiera de ellos deben ser $1/2$.

Por lo tanto, el valor RMS de $I_0 \times \sin \omega t$ debe ser:

$$\frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

El valor RMS es 0.707 veces el valor máximo y el valor máximo es 1.4142 veces el valor que muestra el voltímetro. El valor máximo para la red de 230 V es de 325 V.

Los valores RMS de corriente y voltaje multiplicados juntos dan la potencia real. Esta es una fracción vital cuando se trata de hacer experimentos cuantitativos de potencia y energía, como la capacidad térmica específica. Los valores son solo el 80% del valor en el mejor de los casos.

2.26. Potencia Activa

La potencia real consumida o utilizada en un circuito de CA se denomina potencia real o activa o potencia real. Se mide en vatios (W), kilovatios (kW) o MW. Estos son los resultados reales de los circuitos o cargas de operación del sistema eléctrico.

2.27. Potencia Reactiva

La potencia que fluye de un lado a otro, es decir, se mueve en ambas direcciones en el circuito o reacciona sobre sí misma, se llama Potencia Reactiva. La potencia reactiva se mide en voltioamperios reactivos, kilo voltioamperios reactivos (kVAR) o MVAR.

2.28. Potencia Aparente

El producto del valor cuadrático medio (RMS) del voltaje y la corriente se conoce como potencia aparente. Esta potencia se mide en kVA o MVA.

Se ha visto que la potencia se consume sólo en la resistencia. Un inductor puro y un capacitor puro no consumen energía ya que, en medio ciclo, cualquiera que sea la energía que estos componentes reciben de la fuente, la misma energía regresa a la fuente. Esta potencia que regresa y fluye en ambas direcciones en el circuito, se llama potencia reactiva y no realiza ningún trabajo útil en el circuito.

En un circuito puramente resistivo, la corriente está en fase con el voltaje aplicado, mientras que en un circuito puramente inductivo y capacitivo la corriente está desfasada 90 grados, es decir, si la carga inductiva está conectada en el circuito, la corriente se retrasa 90 grados respecto al voltaje y si la carga capacitiva está conectada, la corriente se adelanta al voltaje en 90 grados.

Por lo tanto, se concluye que la corriente en fase con el voltaje produce potencia verdadera o activa, mientras que la corriente desfasada 90 grados con el voltaje contribuye a la potencia reactiva en el circuito.

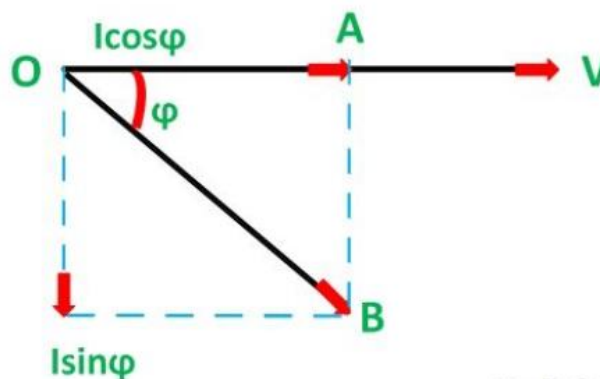
Potencia verdadera = voltaje x corriente en fase con el voltaje

Potencia reactiva = tensión x corriente desfasada con la tensión

El diagrama fasorial para un circuito inductivo se muestra a continuación:

Figura 19

Diagrama fasorial de un circuito inductivo.



Nota. Obtenido de Circuite Globe (2023). <https://circuitglobe.com/what-is-active-reactive-and-apparent-power.html>

Tomando el voltaje V como referencia, la corriente I va a la zaga del voltaje V por un ángulo ϕ . La corriente I se divide en dos componentes:

$I \times \cos\phi$ en fase con la tensión V

$I \times \sin\phi$ que está desfasado 90 grados con el voltaje V

Por lo tanto, la siguiente expresión que se muestra a continuación da la potencia activa, reactiva y aparente respectivamente.

Potencia activa $P = V \times I \times \cos\phi$

Potencia reactiva P_r o $Q = V \times I \times \sin\phi$

Potencia aparente P_a o $S = V \times I$

El componente activo de corriente es el componente de corriente, que está en fase con el voltaje del circuito y contribuye a la potencia activa o verdadera del circuito, se denomina componente activo o componente de vatios completos o componente en fase de la corriente.

El componente reactivo de corriente es el componente de corriente, que está en cuadratura o desfasado 90 grados con respecto al voltaje del circuito y contribuye a la potencia reactiva del circuito, se denomina componente reactivo de la corriente (Circuite Globe, 2023).

Capítulo 3

Desarrollo del Proyecto

3.1. Necesidades y Requisitos para la Supervisión de Alumbrado Público en Sicuani

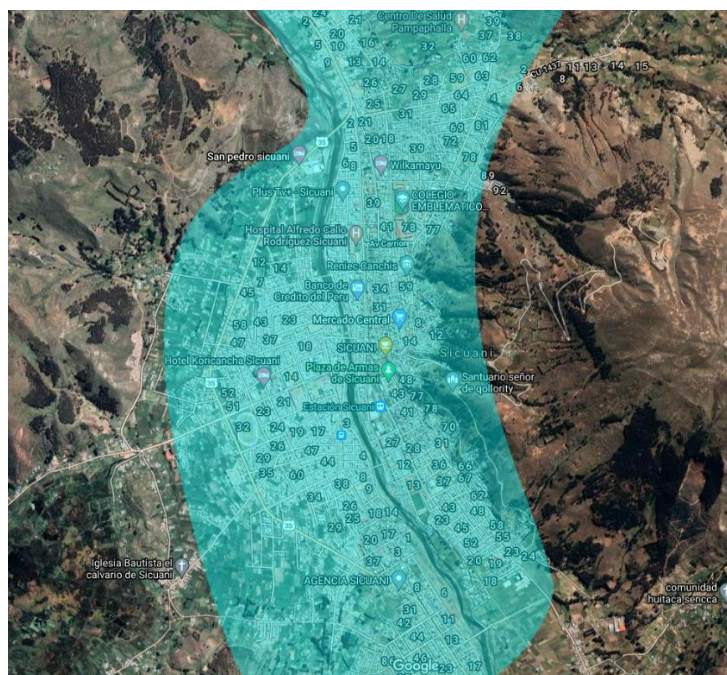
3.1.1. Población de la Investigación

Considerando a la población como el conjunto de entidades o cosas respecto a las cuales se basa las conclusiones de una investigación, para nuestro proyecto de investigación la población está definida por los componentes de alumbrado público de la ciudad de Sicuani en Cusco.

Actualmente la ciudad de Sicuani tiene una población estimada de 57,551 habitantes según el último censo realizado por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) en el año 2015. Adicionalmente, para un estimado 35,000 luminarias que se implementaran en el futuro, ya se podría dar una muestra.

Figura 20

Ámbito de la población de la ciudad de Sicuani – Cusco



Nota. Elaboración en base a Google Maps

3.1.2. Muestra de la Investigación

La muestra es una sección que es motivo de estudio y también es fundamentalmente representativa de la población, en otras palabras, es un grupo que incluye peculiaridades y singularidades de la población total. El universo también es una definición de población y está compuesto por todos los individuos o elementos, en este caso treinta y cinco mil. Para determinar el tamaño de muestra con un margen de error del cinco por ciento (0.05) y un nivel de confianza del noventa por ciento, considerando una probabilidad de éxito u ocurrencia de 90% y una probabilidad de fracaso o no ocurrencia de 10%.

Se determina la muestra con la fórmula siguiente, siempre y cuando se conoce el tamaño de la población y es:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde:

N - Tamaño del universo o población.

p - Probabilidad de éxito.

q - Probabilidad de fracaso.

d - Precisión.

Z_a - Nivel de confianza.

Con N=35,000, p=0.9, q=0.1, d=0.1 y Z_a=1.645, indicador de nivel de confianza 90% según tablas estadísticas, la muestra resulta con el valor de 97.15.

Será entonces necesario realizar la investigación y pruebas en por lo menos 97.15 unidades, que son luminarias, luego de implementado el sistema es necesario obtener también los resultados. Pero en esta investigación, se debe considerar un muestreo adecuado y no

probabilístico al tener la mayoría de unidades las mismas singularidades y peculiaridades generales en cuanto al hardware y en cuanto a la forma de gestión, que hace que se tome como caso estudio el prototipo desarrollado.

Aquí se realizarán todas las pruebas aplicando el modelo de Internet de las cosas, y será posible supervisar las luminarias que sirven para el alumbrado público; se determinará en tiempo real su consumo de energía, basándose en la potencia y por consecuencia, en el voltaje y amperaje de las mismas.

También se podrá determinar si algunas luminarias tienen un comportamiento anómalo para poder ser reemplazadas antes que perjudiquen al circuito eléctrico, también se podrá detectar si el consumo de energía eléctrica es el adecuado o no y adicionalmente se detectará si la luminaria dejó de funcionar.

La entidad o institución interesada en implementar el diseño de supervisión de luminarias será responsable de realizar los análisis estadísticos de datos, encuestas o muestras, según considere necesarias. Además, deberá tomar la decisión sobre la sostenibilidad del proyecto para su implementación.

3.1.3. Ubicación y Descripción

La investigación se desarrollará en la zona urbana del distrito de Sicuani, provincia de Canchis, en la Región Cusco.

3.1.4. Materiales

3.1.4.1. Hardware

- Sensor de voltaje AC 220 modelo ZMPT101B.
- Sensor de amperaje No Invasivo 30A SCT-013-030.
- Arduino UNO.
- Ethershield para Arduino.

- Redes de computadoras Ethernet.
- Cables de cobre y fibra óptica Ethernet.
- Servidor en Internet.
- Computadora cliente para la supervisión.

3.1.4.2. Software

- Arduino IDE (Lenguaje de Programación).
- Servidor Web Apache.
- Base de Datos MariaDB.
- Lenguaje de programación PHP.
- Sistema Operativo Linux, distribución Ubuntu Server.

3.1.5. Costos Operativos

Figura 21

Costos unitarios de implementación del sistema de supervisión

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO (S/)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (S/)
Ordenador	UNIDAD	S/ 2,400.00	1	S/ 2,400.00
Unidades de Almacenamiento USB	UNIDAD	S/ 24.00	2	S/ 48.00
Cable UTP Cat5	METROS	S/ 1.40	10	S/ 14.00
Microcontrolador Arduino	UNIDAD	S/ 110.00	1	S/ 110.00
Modulo Arduino	UNIDAD	S/ 50.00	1	S/ 50.00
Sensores	UNIDAD	S/ 5.00	10	S/ 50.00
LED	UNIDAD	S/ 2.00	10	S/ 20.00
Cables para protoboard	UNIDAD	S/ 0.20	20	S/ 4.00
Protoboard	UNIDAD	S/ 20.00	1	S/ 20.00
Desarrollador	UNIDAD	S/ 2,900.00	1	S/ 2,900.00
				S/ 5,616.00

3.1.6. Seguridad Ciudadana

Los casos de inseguridad ciudadana en Sicuani están en aumento, considerándose esta provincia dentro del rango de inseguridad medio a nivel nacional, al día se reporta entre 10-12 llamados a seguridad ciudadana por casos de hurto, violencia familiar, entre otros.

Rodrigo Sarabia, jefe de seguridad ciudadana de Sicuani, manifestó que la capital de la provincia, Sicuani, concentra el mayor porcentaje de casos correspondiente al 70% del total de los casos de inseguridad ciudadana. Costos Operativos

3.1.7. Impacto Ambiental

La producción de energía eléctrica puede generar contaminantes atmosféricos que afectan la calidad del aire que respiramos. Los sistemas de generación convencionales liberan contaminantes como dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas finas (PM), los cuales contribuyen a problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares y daños en la salud humana en general. Además, estos contaminantes pueden tener efectos adversos en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Por lo tanto, es necesario que el consumo de energía eléctrica sea responsable y se ajuste según los requisitos de los usuarios.

3.1.8. Contribuciones

A través de los resultados anticipados, se busca aportar al proyecto mediante el diseño y la implementación de un sistema supervisado de alumbrado público en la ciudad de Sicuani. Este enfoque se basará en modelos de ciudades inteligentes, integrando herramientas de IoT. La contribución también se extiende al establecimiento de un punto de referencia para proyectos futuros en la misma temática. Además, la ciudad experimentará beneficios tangibles, como una gestión de energía mejorada, mayor seguridad nocturna y ahorros económicos.

3.2. Infraestructura IoT para Dispositivos de Alumbrado Público y Elementos del Sistema de Supervisión

3.2.1. Luminarias JOSSLUX LED 50W IP66

La luminaria adquirida para el sistema tiene tecnología LED para así poder asegurar el consumo de energía bajo, también provee una durabilidad más larga para el dispositivo, también podemos considerar mayor eficiencia del dispositivo porque consume menos energía e ilumina más, a comparación de otros sistemas que no son LED; y por último se tendrá un impacto ambiental mucho menor ya que esta tecnología LED tiene menor huella de carbono que las luminarias tradicionales. Se puede notar su característica IP66.

Figura 22

Luminaria desde vista frontal



La marca de la luminaria es JOSSLUX para exteriores con tecnología LED (LED Street Light) el cual contiene una potencia de 50W, con 5000 lúmenes y 6500°K (Grados Kelvin) para determinar su color y se le considera blanco frío, que corresponde desde 5500 °K hasta 7000 °K. IP66 también se conoce como clasificación IP (Ingress Protection), tal como se define en la norma internacional EN 60529 (British BS EN 60529: 1992, European IEC 60509: 1989). Ayudan a determinar la eficacia del sellado de un dispositivo electrónico contra la entrada de objetos extraños (herramientas, suciedad, etc.) y la humedad. El primer número IP (protección contra intrusión), que es 6, es común a la mayoría de los dispositivos y significa máximo porque esta escala va del 1 al 6. El número 6 en IP significa Completamente a prueba de polvo. Protección total contra el polvo y otras partículas, probada contra el flujo de aire continuo. El segundo número (protección contra la humedad), también 6, protege contra los rayos directos de alta presión, por lo que IP66 es un dispositivo que está sellado contra el polvo y protegido contra fuertes chorros de agua.

Figura 23

Marca, Modelo y Potencia de Luminaria

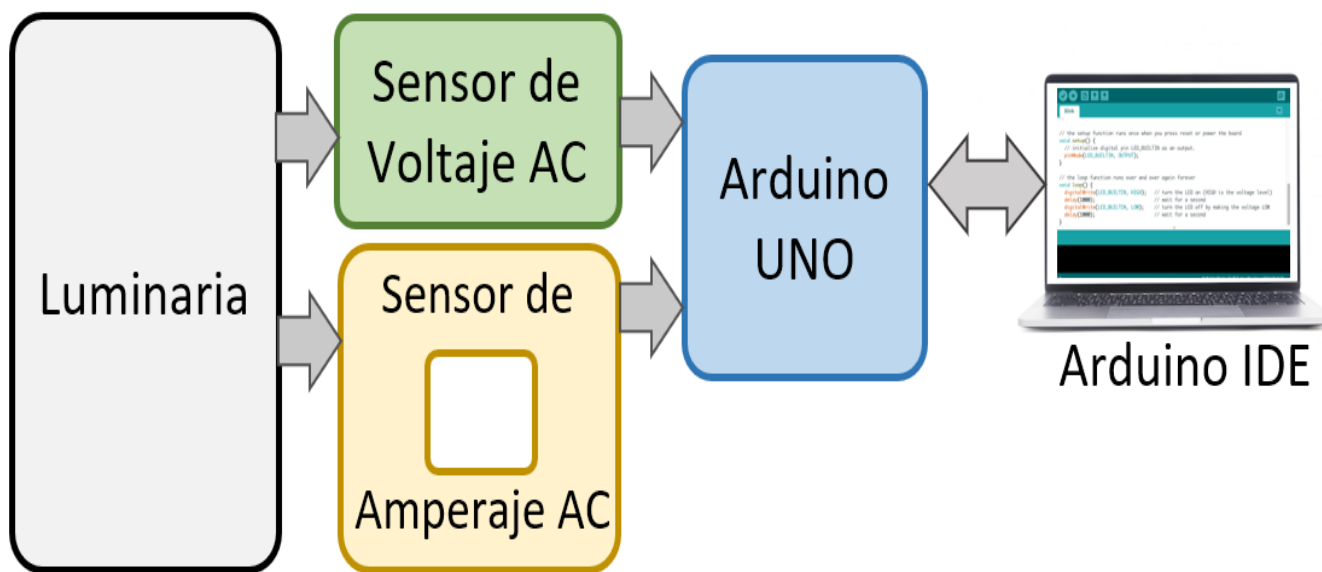


3.2.2. Circuito de Supervisión de Datos con Monitor Serial de Arduino IDE

El sistema de recolección de datos de voltaje AC y amperaje AC de la luminaria se muestra en la figura siguiente, en un diagrama de bloques, se hace lectura del voltaje AC y corriente o amperaje AC con ambos sensores conectados a la luminaria para que posteriormente pueda ser monitorizado y supervisado por la tarjeta Arduino UNO y finalmente esta tarjeta pueda ser programada por medio del Software Arduino IDE y podamos tener una correcta, eficaz y confiable obtención de datos. Arduino UNO se comunica con la PC a través de un cable USB, con el protocolo RS232, para poder enviar los datos procesados por los sensores, en la PC se visualizarán los valores obtenidos.

Figura 24

Diagrama de bloques de uso del monitor serial de Arduino IDE para ver voltaje y amperaje AC.



El circuito en laboratorio para el sistema utilizado se muestra en la figura siguiente, colocando en funcionamiento el sensor de corriente modelo SCT013 y el sensor de voltaje ZMPT101B para así poder monitorear los valores de voltaje AC y corriente AC del dispositivo

final, la luminaria, a esto se añadió el módulo Arduino UNO el cual tendrá que monitorear la lectura de estos sensores.

Figura 25

Circuito de Monitor o Supervisor de Luminaria con Arduino UNO sin Ethershield



Para poder monitorear correctamente los valores de voltaje AC de la luminaria, se utiliza el sensor de voltaje en corriente alterna (AC), modelo ZMPT101B el cual contiene una alimentación de 5V en corriente continua (DC), la precisión del sensor es de 0.2% para lo cual las lecturas que se realizaran serán considerablemente precisas y mostrarán un buen análisis

posterior con la recolección de dichos valores, las conexiones de este sensor y el aspecto físico del mismo se muestra en la siguiente figura, cabe resaltar que la conexión en el conector verde, es una conexión en paralelo con el voltaje de la luminaria.

Figura 26

Módulo de supervisión de voltaje AC con Sensor ZMPT101B.



En la siguiente figura se muestra el sensor de corriente alterna (AC) la cual es no invasiva para un mejor uso en ambientes o estructuras que no son eficientes de modificar o alterar, este sensor puede realizar una lectura de hasta 100 A, la temperatura de trabajo es desde 25° C hasta 70° C con una frecuencia de operación de 50 Hz hasta 1KHz. Considerando que la frecuencia de la red eléctrica es de 60Hz, es conveniente usar este sensor. Se puede apreciar que solo un cable pasa por el sensor, de los dos usados para la alimentación de la luminaria.

Figura 1

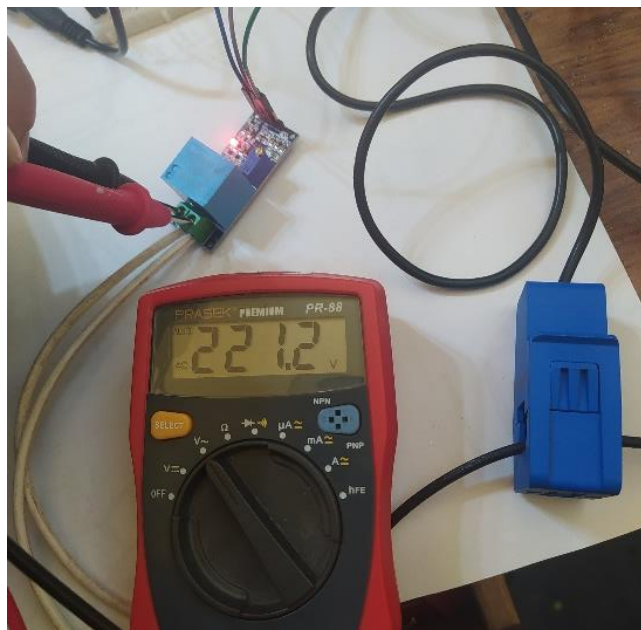
Módulo de supervisión de amperaje AC con invasivo con Sensor SCT013.



Se hizo la medida el voltaje AC en el sensor de voltaje ZMPT101B dando lugar a una correcta y eficiente lectura del voltaje AC según el multímetro usado, obteniendo un valor de 221.2V en corriente alterna (AC), dichas pruebas realizadas se pueden visualizar a continuación.

Figura 27

Voltaje AC medido con multímetro en Módulo de supervisión de voltaje



3.2.3. Programación de Calibración de Sensores

Se realizó pruebas de manera local para la lectura correcta y calibración de los sensores de corriente y voltaje alterna con las mediciones, para esto se realizó la programación en el software IDE de Arduino para poder comprobar que el sistema no tenga algún tipo de fallas y si las hubiera poder corregir, como se muestra en la figura a continuación, la programación se realizó correctamente compilando así el código sin errores y poder realizar pruebas de lecturas de los sensores, se puede ver un mensaje al final que indica “Done compiling”, que significa compilación realizada. Ver ANEXO A para el código en Arduino para monitor serial.

Figura 28

Programación en Arduino IDE compilado correctamente sin EtherShield.



```

AC-Volt-Amp-Monitor | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help
AC-Volt-Amp-Monitor
double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30 ciclos de 60Hz)
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*(1.1/1023.0);///voltaje del sensor
    corriente=voltajeSensor*30.0; //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados
    N=N+1;
    delay(1);
  }
}

Done compiling
Sketch uses 4326 bytes (13% of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 434 bytes (21% of dynamic memory, leaving 1614 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
ArduinoGenius L100 en COM7

```

Posteriormente de copiar el código de manera correcta y sin errores de escritura en el código se procede a subir el código al microcontrolador de Arduino UNO esto también se realizó con el software de IDE de Arduino, como se muestra en la figura siguiente, el código fue subido

correctamente al microcontrolador de Arduino UNO para su posterior comprobación de que todos los sensores puedan funcionar de manera correcta. Se puede ver un mensaje al final que indica “Donde uploading”, que significa la subida ha sido realizada.

Figura 29

Programación en Arduino IDE subido correctamente a Arduino UNO sin EtherShield.

```

AC-Volt-Amp-Monitor | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help
AC-Volt-Amp-Monitor
double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30 ciclos de 60Hz)
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*(1.1/1023.0);///voltaje del sensor
    corriente=voltajeSensor*30.0; //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados
    N=N+1;
    delay(1);
  }
}

Done uploading.
Sketch uses 4326 bytes (13%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 434 bytes (21%) of dynamic memory, leaving 1614 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
Arduino/Genuino Uno on COM3

```

Una vez que el código fue comprobado, se determinó que no existe errores en la escritura y también todo este código fue transferido correctamente al microcontrolador de Arduino UNO, se procede a realizar la lectura de los sensores en una primera etapa con el dispositivo final, la luminaria, sin ser energizado (apagado) y vemos en la siguiente figura que las lecturas son correctas teniendo un voltaje de cero y una corriente también cercana a cero concluyendo que no se transmite energía por el cable que conecta a la luminaria.

3.2.4. Validación de Funcionamiento de Sensores

Figura 30

Monitor Serial de Arduino IDE con Luminaria Apagada.

```

AC-Volt-Amp-Monitor | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help

AC-Volt-Amp-Monitor
double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*1;
    corriente=voltajeSensor*30.0; //c
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente)
    N=N+1;
    delay(1);
  }
}

COM3
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.96
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.95
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.97
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.99
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 1.01
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.92
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.92
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.92
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.93
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.91
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.92
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.96
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.95
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.96
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.94
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.92
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.89
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.84
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.84
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.84
Vrms (V): 0.00 Irms (mA): 0.82
Vrms (V): 0.00

Done uploading.
Sketch uses 4346 bytes (13% of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 442 bytes (21% of dynamic memory, leaving 1606 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
Arduino/Genuino Uno on COM3
  
```

En el caso de la corriente no se tiene un cero ideal porque el sensor de corriente al no ser invasivo, puede captar corrientes de otros dispositivos cercanos, así como también captar algunas corrientes parásitas en el circuito local. También es importante señalar que la corriente se está presentando en mili amperios (mA).

En una segunda etapa se realiza también la lectura de los sensores con la luminaria encendida y así poder medir el voltaje AC, corriente AC y que las lecturas de estos sensores sean coherentes con la implementación del sistema que se pretende realizar, en la siguiente imagen notamos que las lecturas se realizan de forma correcta y tiene coherencia.

Figura 31

Monitor Serial de Arduino IDE con Luminaria Prendida

```

AC-Volt-Amp-Monitor | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help
AC-Volt-Amp-Monitor
double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración 0
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*(1.1//
    corriente=voltajeSensor*30.0; //corr
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente)//s
    N=N+1;
    delay(1);
  }
}

Serial.println("Vrms (V): " + Vrms + " Irms (mA): " + Irms);
}

Done compiling.
Sketch uses 4346 bytes (13%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 442 bytes (21%) of dynamic memory, leaving 1606 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

Según los datos obtenidos por el monitor serial en la primera línea de la imagen anterior, se puede hallar la potencia de la luminaria, se conoce el voltaje AC de 223.30 V, la corriente AC de 261.15 mA y el factor de potencia de la luminaria. Se puede hallar la potencia aparente de la luminaria, que es la suma vectorial de la potencia activa y reactiva.

$$Pap = V \times I$$

Dónde:

Pap: Potencia Aparente.

V: Voltaje AC.

I: Amperaje AC.

Con los valores de 223.30 V y 261.15mA, se tiene una potencia aparente de 58.315 VA (VoltAmpere).

Se puede hallar también la potencia activa de la luminaria, que es la potencia que se transforma en energía útil, es decir es la potencia útil en la luminaria.

$$Pac = V \times I \times Fp$$

Dónde:

Pac: Potencia Activa.

V: Voltaje AC.

I: Amperaje AC.

Fp: Factor de Potencia.

Con los valores de 223.30 V, 261.15mA y un factor de potencia de 0.9, se tiene una potencia activa de 52.483 W (Watts). Este valor hallado concuerda con el valor de la luminaria ideal que es de 50 W, según sus especificaciones técnicas.

De esta forma se puede monitorear las luminarias, si los valores de voltaje o amperaje, cambiarían de forma que sus valores se acerquen a cero o valores muy bajos de los normal, indicaría una avería en la luminaria o en el circuito que la energiza. También el hecho que los valores sean más altos de lo normal, indicaría que la luminaria tiene un desperfecto. Se requiere que los valores obtenidos sean los esperados según la hoja de datos de las luminarias, haciendo referencia al voltaje AC, la corriente AC y la potencia activa.

En el caso actual de una luminaria que según su hoja de datos acepta 220VAC, con una potencia activa de 50W y un factor de potencia de 0.9. Se puede usar la siguiente fórmula de la potencia activa, pero con la corriente (I) despejada.

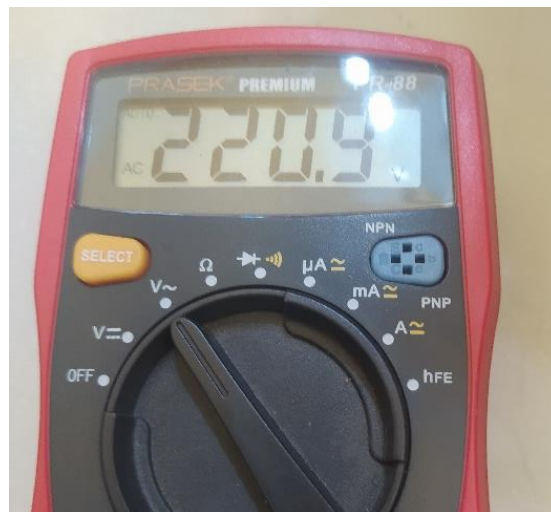
$$I = \frac{Pac}{V \times Fp}$$

Con los valores ya expuestos, el valor de la corriente alterna (I) es 0.252525 A (Amperios), que es lo mismo que 252.525 mA (mili Amperios), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el sistema de supervisión con monitor serial.

En la imagen a continuación, la lectura del voltaje en el sistema muestra concordancia con la lectura o los valores obtenidos por parte del sensor que está conectado al Arduino UNO, esto demuestra que los valores que se obtienen tienen coherencia y son válidos para monitorear el voltaje AC de la luminaria. Se muestra una medida de 220.9V en corriente alterna.

Figura 32

Medida del voltaje de la luminaria con multímetro.



De igual forma la medición por parte de un multímetro con respecto a la corriente alterna y el sensor es coherente para poder ser monitoreado y proceder con los pasos siguientes respecto a este proyecto de investigación. Se muestra una medida de 310.6mA en corriente alterna.

Figura 33

Medida del amperaje de la luminaria con multímetro



3.3. Plataforma centralizada de supervisión para monitorear el funcionamiento del Alumbrado Público

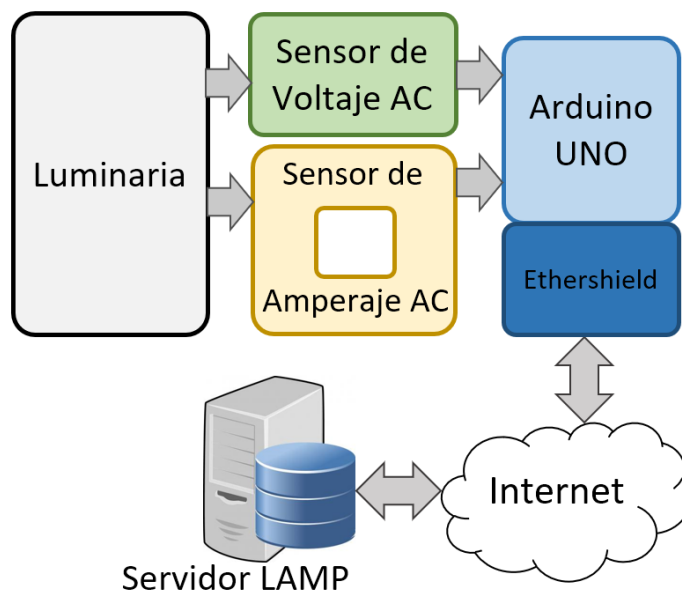
3.3.1. Inclusión de Servidor Web a Sistema de Supervisión de Datos

Luego de realizar la lectura de datos de la luminaria se procede a añadir el módulo EtherShield, es un módulo Ethernet para Arduino UNO, y así proporcionar conectividad a una red y a Internet, de esa forma poder comunicarse con el servidor que reside en Internet (la nube) y poder enviar los datos de las variables a la base de datos que también residen en el servidor, el usuario también tendrá la posibilidad de visualizar estos datos almacenado en la nube a través de una dirección URL asignada para la visualización de los datos en tiempo real.

El diagrama que se muestra a continuación, indica cómo se agrega el Ethershield al Arduino UNO, esto permite la conexión a Internet y a la vez la conexión al Servidor LAMP, el acrónimo LAMP significa, que se usa un sistema operativo Linux, en este caso la distribución de Linux, Ubuntu Server, también se usa como servidor web el software Apache, todo esto soportado con una base de datos MariaDB y finalmente un lenguaje de programación web PHP.

Figura 34

Diagrama de bloques de uso del EtherShield para enviar datos al Servidor LAMP

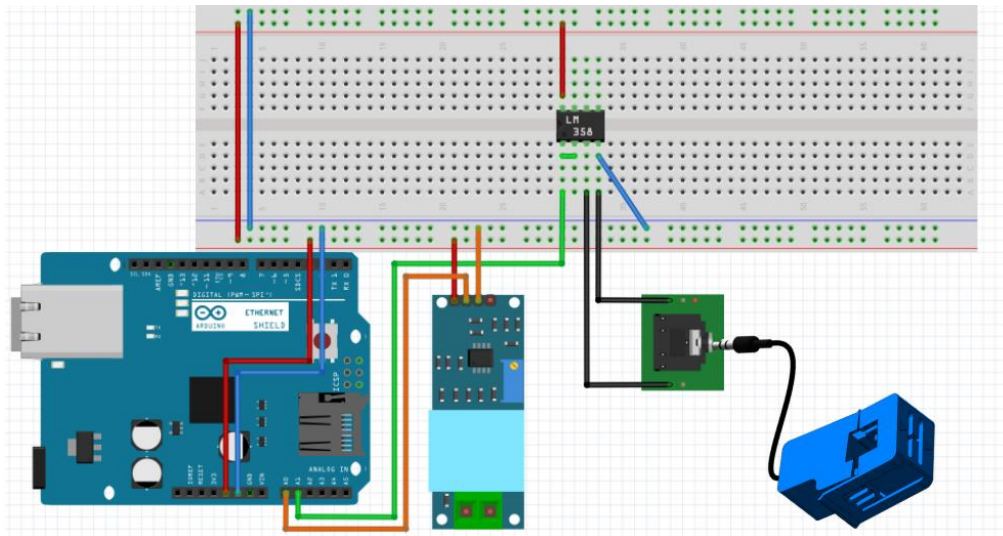


3.3.2. Esquematización de circuito para Monitoreo

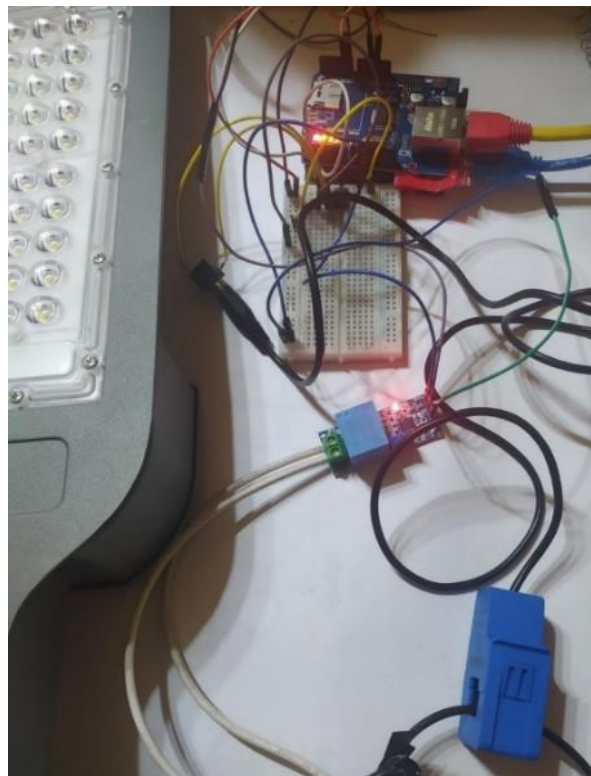
En la figura siguiente se muestra el diagrama de dispositivos y conexiones realizadas para el correcto funcionamiento del sistema recolector de datos, este diagrama es el esquemático, vemos que se utiliza el sensor de corriente AC conjuntamente con un conector Jack de tipo hembra seguidamente de un circuito integrado de un amplificador operacional, conocido también como OPAMP, en este caso el LM358, para ajustar de forma correcta la tensión enviada por el sensor de corriente AC, por otro lado se muestra la sensor de voltaje AC conectado al Arduino UNO en el pin A0, o entrada analógica 0, finalmente vemos que el EtherShield se encuentra conectado por encima de la tarjeta Arduino UNO para poder proporcionar conexión con la nube y así poder enviar los datos al servidor.

Figura 35

Circuito des sistema de recolección y envío de datos al servidor

**Figura 36**

Circuito de Monitor o Supervisor de Luminaria con Arduino UNO con EtherShield.



El sistema está actualmente supervisado por Arduino UNO conjuntamente con el EtherShield y enviar los valores obtenidos por los sensores hacia un servidor web en la nube.

El módulo EtherShield está ubicado en la parte superior del Arduino UNO, también se nota que permite una conexión de un cable de UTP con un conector RJ-45 para habilitar y proporcionar conexión a una red e Internet.

Figura 37

Módulo EtherShield conectado a Arduino UNO.



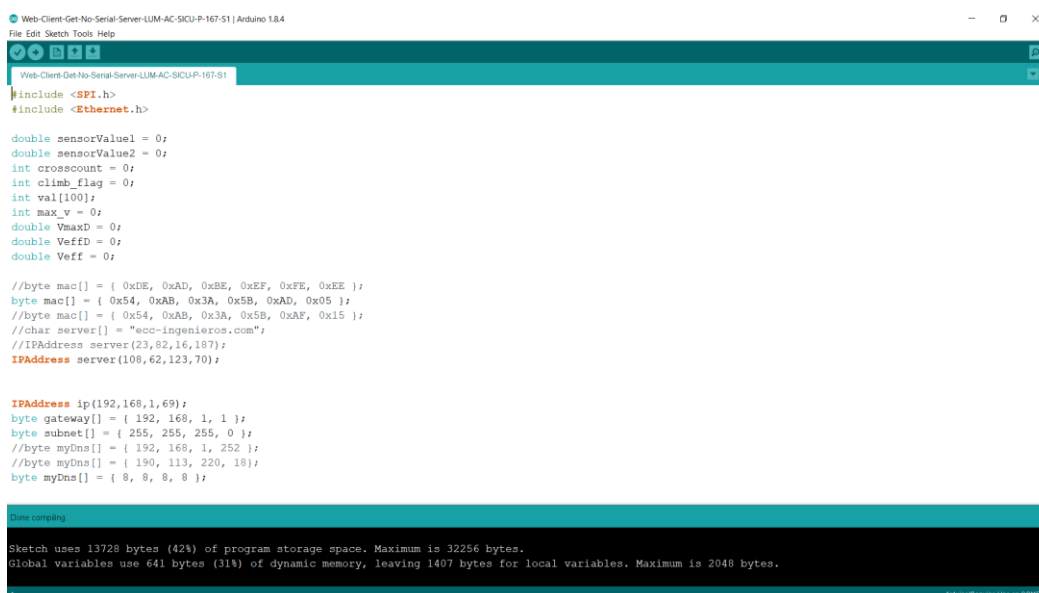
3.3.3. Programación de Software IDE con Programación Adicional EtherShield

Se procede con la programación en el software IDE de Arduino para poder comprobar que el sistema no tenga algún tipo de fallas y si las hubiera poder corregir, esta vez con programación adicional para el Ethershield, se tiene que configurar el módulo Ethershield para que pueda operar con una dirección IP válida, una máscara de subred, una puerta de enlace y de

ser necesario, un servidor DNS, como se muestra en la figura a continuación, la programación se realizó correctamente compilando así el código sin errores y poder realizar pruebas de lecturas de los sensores, se puede ver un mensaje al final que indica “Donde compiling”, que significa compilación realizada. Ver ANEXO B para el código en Arduino para conexión con el servidor web.

Figura 38

Programación en Arduino IDE compilado correctamente con EtherShield.



```

Web-Client-Get-No-Serial-Server-LUM-AC-SICU-P-167-51 | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help
Web-Client-Get-No-Serial-Server-LUM-AC-SICU-P-167-51
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

//byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xEE };
byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAD, 0x05 };
//byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAF, 0x15 };
//char server[] = "acc-ingenieros.com";
//IPAddress server(23,82,16,187);
IPAddress server(108,62,123,70);

IPAddress ip(192,168,1,69);
byte gateway[] = { 192, 168, 1, 1 };
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };
//byte myDns[] = { 192, 168, 1, 252 };
//byte myDns[] = { 190, 113, 220, 18 };
byte myDns[] = { 8, 8, 8, 8 };

Done compiling
Sketch uses 13728 bytes (42%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 641 bytes (31%) of dynamic memory, leaving 1407 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
  
```

Posteriormente de copilar el código de manera correcta y sin errores de escritura en el código se procede a subir el código, hay que considerar que la tarjeta Arduino UNO es la que opera el funcionamiento del Ethershield, el código fue subido correctamente. Se puede ver un mensaje al final que indica “Donde uploading”, que significa la subida ha sido realizada.

Figura 39

Programación en Arduino IDE subido correctamente a Arduino UNO con EtherShield

```

Web-Client-Get-No-Serial-Server-LUM-AC-SICU-P-167-S1 | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help
Web-Client-Get-No-Serial-Server-LUM-AC-SICU-P-167-S1
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_Y = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

//byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xEE };
byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAD, 0x05 };
//byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAF, 0x15 };
//char server[] = "acc-ingenieros.com";
//IPAddress server(23,85,16,187);
IPAddress server(108,62,123,70);

IPAddress ip(192,168,1,69);
byte gateway[] = { 192, 168, 1, 1 };
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };
//byte myDns[] = { 192, 168, 1, 252 };
//byte myDns[] = { 190, 113, 220, 18 };
byte myDns[] = { 8, 8, 8, 8 };

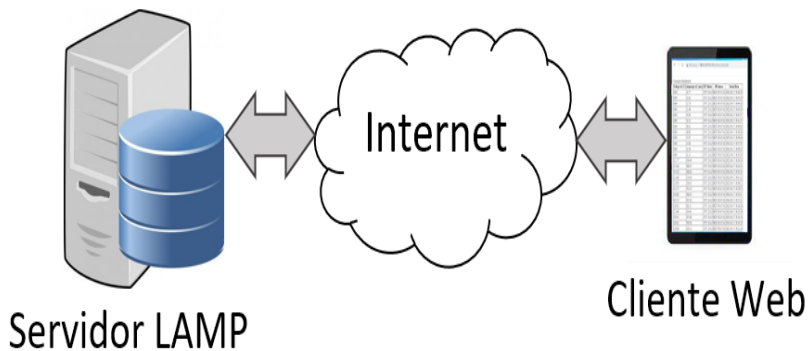
//Pin outputs
Sketch used 13728 bytes (42%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 641 bytes (31%) of dynamic memory, leaving 1407 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

Se procede a verificar los valores que se lectura por parte de los sensores de voltaje AC y corriente AC, para esto se ingresa al servidor web por medio de un cliente que usa un navegador como se muestra en la figura siguiente.

Figura 40

Cliente web supervisando variables en el servidor web.



3.4. Implementación y supervisión en tiempo real de las luminarias de alumbrado público por IoT

3.4.1. Resultados del sistema de supervisión

Figura 41

Monitor Web de Arduino UNO con EtherShield con Luminaria Prendida.

← → ↻ Not secure | 108.62.123.70/LUMAC/show_lumac.php

Conexión Satisfactoria!

Voltaje AC (V)	Amperaje AC (mA)	IP Cliente	ID Sensor	Fecha Hora
211.77	256.03	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:34:24
221.66	268.35	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:33:23
218.36	260.48	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:32:23
221.66	270.10	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:31:22
224.95	256.42	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:30:22
216.72	254.28	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:29:22
226.60	266.83	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:28:21
216.72	255.26	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:27:21
220.01	261.31	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:26:20
221.66	254.61	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:25:20
220.01	257.08	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:24:19
220.01	256.56	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:23:19
229.89	258.12	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:22:18
233.19	253.44	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:21:18
223.30	250.72	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:20:18
229.89	269.73	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:19:17
221.66	259.03	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:18:17
221.66	265.21	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:17:16
224.95	262.67	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:16:16
220.01	254.49	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:15:15
218.36	260.73	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:14:15
229.89	263.64	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:13:15
231.54	261.02	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:12:14
223.30	267.77	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:11:14
218.36	240.32	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:10:13

Notamos que ambos valores son correctamente enviados por parte del sistema, al mismo tiempo se verifica que el servidor web responde correctamente, se muestra también que se añade la información como la IP del dispositivo el cual envía los datos al servidor (dispositivo ubicado en la luminaria), el ID o identificador del sistema que está recolectando las variables (dispositivo

ubicado en la luminaria) y se incluye la fecha-hora de la lectura y subida de datos al servidor. Se concluye que dicho sistema trabaja de manera correcta y exitosa en tiempo real.

También se realizó pruebas con respecto al sistema con la luminaria de forma encendida y apagada para mostrar y comprobar que los datos se están recolectando de forma correcta y en tiempo real, se puede entonces detectar averías al recibir valores inesperados cercanos a cero o valores fuera de lo normal, según las características de las luminarias.

Figura 42

Monitor Web de Arduino UNO con EtherShield con Luminaria Prendida y Apagada

← → ↻ Not secure | 108.62.123.70/LUMAC/show_lumac.php

Conexión Satisfactoria!

Voltaje AC (V)	Amperaje AC (mA)	IP Cliente	ID Sensor	Fecha Hora
0.00	12.77	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:46:29
0.00	12.82	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:45:29
0.00	11.78	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:44:28
0.00	11.49	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:43:28
0.00	12.03	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:42:27
0.00	12.22	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:41:27
0.00	10.23	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:40:26
0.00	10.85	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:39:26
0.00	11.87	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:38:26
0.00	11.06	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:37:25
0.00	12.58	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:36:25
0.00	12.15	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:35:24
211.77	256.03	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:34:24
221.66	268.35	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:33:23
218.36	260.48	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:32:23
221.66	270.10	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:31:22
224.95	256.42	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:30:22
216.72	254.28	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:29:22
226.60	266.83	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:28:21
216.72	255.26	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:27:21
220.01	261.31	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:26:20
221.66	254.61	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:25:20
220.01	257.08	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:24:19
220.01	256.56	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:23:19
229.89	258.12	179.7.224.2	SICU-P-167-S1	2022-03-17 19:22:18

El concepto de Internet de las Cosas (IoT) indica que las cosas pueden tener una dirección IP para poder enviar información relacionada a su estado y contribuir a la mejora de alguna actividad, mejorar la eficiencia en cuestiones energéticas y otros beneficios; en este caso

las luminarias tienen agregado un módulo que les permite tener una IP, y al mismo tiempo tienen sensores que envían información de su estado a un servidor, de esa forma se puede hacer la supervisión en el servidor para detectar anomalías, luminarias que consumen mucha energía, luminarias malogradas y problemas en los circuitos de alimentación. Este concepto de Internet de las Cosas permite que se cumpla con los requisitos de una Ciudad Inteligente, que se caracteriza por ser una ciudad con supervisión de los elementos que la conforman en tiempo real para mejorar la eficiencia energética, mejorar los servicios a los ciudadanos, entre otras ventajas.

3.4.2. Programación de Microcontrolador Arduino UNO para Conexión a Red

Este proceso se realiza en dos componentes, el primer componente es el microcontrolador, como se describió con anterioridad es la tarjeta Arduino UNO que contiene el circuito integrado ATmega328P y es el microcontrolador por sí mismo. Este microcontrolador debe ser programado con un lenguaje llamado también ARDUINO y es un lenguaje muy parecido a C. Esta tarjeta Arduino UNO está complementada con otra tarjeta llamada Ethernet Shield o Ethershield, es una tarjeta de red para Arduino UNO y le permite conectarse a una red Ethernet.

Se puede verlos los ANEXOS A y B para ver el código completo, pero se harán descripciones de la funcionalidad de las partes más importantes.

```
byte mac [] = {0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAD, 0x05};
```

Primero debe asignarse una dirección MAC a la tarjeta Ethershield. Es una dirección de Capa 2 del modelo OSI.

También se determina la dirección IP del servidor de destino, dónde se registrarán los datos.

```
IPAddress server (108,62,123,70);
```

Por supuesto, se debe asignar los parámetros IP al Ethershield, la dirección IPv4, la puerta de enlace o Gateway, la máscara de subred y de ser necesario un servidor DNS.

```
IPAddress ip (192,168,1,69);
byte gateway [] = {192, 168, 1, 1};
byte subnet [] = {255, 255, 255, 0};
byte myDns [] = {8, 8, 8, 8};
```

Se define una variable con el identificador del dispositivo, para poder diferenciarlo de otros módulos ubicados en otras luminarias.

```
char sensor_id[] = "SICU-P-167-S1";
```

Se asigna los parámetros IP al Ethershield.

```
void setup () {
  Ethernet. begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);
}
```

Se define una función para obtener la corriente del sensor de corriente o amperaje 30A SCT-013-030. El método usado es hacer una sumatoria de N muestras del sensor de corriente y hacer al final un promedio de las N muestras, de esa forma se tiene un valor más coherente en un determinado tiempo que sea humanamente comprensible. Los datos se leen de una entrada analógica A1. Se desea obtener la corriente RMS.

```

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
  ciclos de 60Hz)

  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*(1.1/1023.0);////voltaje del
    sensor
    corriente=voltajeSensor*30.0;
    //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados
    N=N+1;
    delay(1);
  }

  Sumatoria=Sumatoria*2;//Para compensar los cuadrados de los
  semiciclos negativos.
  corriente=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del RMS
  return(corriente);
}

```

Se escribe más código para obtener el voltaje del sensor ZMPT101B. El método usado es hacer un cálculo que permita hallar el voltaje RMS que es el voltaje que se desea y se espera tener un valor próximo a 220VAC, se usa la entrada analógica A0 para hacer la lectura del voltaje.


```

for ( int i = 0; i < 100; i++ ) {
  sensorValue1 = analogRead(A0);
  if (analogRead(A0) > 511) {
    val[i] = sensorValue1;
  }
  else {
    val[i] = 0;
  }
  delay(1);
}

max_v = 0;

for ( int i = 0; i < 100; i++ )
{
  if ( val[i] > max_v )
  {
    max_v = val[i];
  }
  val[i] = 0;
}
if (max_v != 0) {

  VmaxD = max_v;
  VeffD = VmaxD / sqrt(2);
  Veff = (((VeffD - 420.76) / -90.24) * -210.2) + 210.2;
}
else {
  Veff = 0;
}
}

```

Se hace el llamado a la función para obtener la corriente y se usa un factor de 16 para poder calibrar el sensor de corriente, de esa forma se tiene un valor más aproximado a la realidad.

```

float Irms=get_corriente(); //Corriente eficaz (A)
Irms=Irms*16;

```

Finalmente, el Ethershield cumple la función de enviar los datos de voltaje al servidor web, la dirección del servidor se definió anteriormente y se encuentra en la variable “server” y el puerto usado es el 80 (HTTP). Se envían las variables con el método GET.

```
if (client.connect(server, 80)) {  
  
    client.print("GET /LUMAC/formaction_lumac.php?vac=");  
    client.print(Veff);  
    client.print("&iac=");  
    client.print(Irms);  
    client.print("&sensor_id=");  
    client.print(sensor_id);  
    client.println(" HTTP/1.1");  
    client.print("Host: ");  
    client.println(server);  
    client.println("Connection: close");  
    client.println();  
}
```

3.4.3. Creación de Base de Datos a Partir de Monitoreo

Ya en el lado del servidor es necesario crear la base de datos, es una base fundamental del sistema porque es la que registra los datos. Una vez creada la base de datos en MariaDB en un servidor Linux con la distribución Ubuntu Server 20.04. Dentro de MariaDB se puede usar el comando `show databases` para verificar que la base de datos “lumac” existe.

Figura 43

Base de datos nombrada lumac.

```

MariaDB [(none)]> show databases;
+-----+
| Database          |
+-----+
| information_schema |
| lumac             |
| mult              |
| mysql              |
| performance_schema |
| temhum            |
| unap               |
| uv                 |
+-----+
8 rows in set (0.008 sec)

```

Luego con el comando `use lumac` se puede ingresar a la base de datos y luego se usa el comando `show tables` para verificar que exista la tabla `sensors`.

Figura 44

Tabla nombrada sensors dentro de la base de datos.

```

MariaDB [(none)]> use lumac;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
MariaDB [lumac]> show tables;
+-----+
| Tables_in_lumac |
+-----+
| sensors          |
+-----+
1 row in set (0.002 sec)

```

La tabla `sensors` tiene columnas o campos definidos y se puede usar el comando `describe sensors` para verificar cada campo de la tabla. El campo `id` es un identificador simple para cuestiones administrativas, el campo `vac` el voltaje expresado como un valor decimal de dos dígitos decimales, valga la redundancia. El campo `iac` es la corriente y es el mismo tipo que `vac`, `client_ip` es la IP del cliente que se conecta para enviar los datos, o en otras palabras, es la IP del módulo con los sensores que se encuentra ubicado en el mismo lugar de la luminaria. El campo

sensor_id es el identificador del módulo, y reg1 es la fecha y hora en que se hace el registro de los datos.

Figura 45

Campos o columnas de la tabla sensors.

```
MariaDB [lumac]> describe sensors;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field      | Type                | Null | Key | Default | Extra          |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id         | int(10) unsigned   | NO   | PRI | NULL    | auto_increment |
| vac        | decimal(10,2)      | NO   |     | NULL    |                |
| iac        | decimal(10,2)      | NO   |     | NULL    |                |
| client_ip  | varchar(15)         | NO   |     | NULL    |                |
| sensor_id  | varchar(15)         | NO   |     | NULL    |                |
| reg1       | datetime            | NO   |     | NULL    |                |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.013 sec)
```

Cuando el sistema está funcionando en su totalidad, se puede hacer consultas a la base de datos para verificar los registros o filas, en este caso se muestra un ejemplo mostrando los 15 registros más recientes.

Figura 46

Algunas filas o registros insertados en la tabla sensors.

```
MariaDB [lumac]> select * from sensors order by reg1 desc limit 15;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id      | vac  | iac  | client_ip | sensor_id | reg1           |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 840562 | 0.00 | 13.66 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:48:30 |
| 840561 | 0.00 | 11.69 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:47:29 |
| 840560 | 0.00 | 12.77 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:46:29 |
| 840559 | 0.00 | 12.82 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:45:29 |
| 840558 | 0.00 | 11.78 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:44:28 |
| 840557 | 0.00 | 11.49 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:43:28 |
| 840556 | 0.00 | 12.03 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:42:27 |
| 840555 | 0.00 | 12.22 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:41:27 |
| 840554 | 0.00 | 10.23 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:40:26 |
| 840553 | 0.00 | 10.85 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:39:26 |
| 840552 | 0.00 | 11.87 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:38:26 |
| 840551 | 0.00 | 11.06 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:37:25 |
| 840550 | 0.00 | 12.58 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:36:25 |
| 840549 | 0.00 | 12.15 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:35:24 |
| 840548 | 211.77 | 256.03 | 179.7.224.2 | SICU-P-167-S1 | 2022-03-17 19:34:24 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
15 rows in set (0.002 sec)
```

3.4.4. Programación de sitio web para interacción entre cliente y base de datos

Continuando en el lado del servidor, ya con la base de datos establecida, se procede a programar el sitio web que interactúa entre el cliente (módulo con sensores) y la base de datos, este lenguaje de programación es PHP, este lenguaje de programación es muy usado para interactuar entre el usuario o cliente y la base de datos. Se pueden ver los ANEXOS C y D para ver los códigos completos.

Es necesario definir el nombre de la base de datos, el usuario, la contraseña y el host, para poder conectarse con la base de datos creada en MariaDB, recordar que la base de datos se llama lumac.

```
$dbname = 'lumac';  
$dbuser = 'lumac_user';  
$dbpass = 'Lumac78Ac';  
$dbhost = 'localhost';
```

Se realiza la conexión con la base de datos, de haber un error se mostrará. Si la conexión es un éxito se mostrará un mensaje.

```
$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);  
  
if(!$connect){  
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();  
    exit();  
}
```

Luego se deben obtener las variables con el método GET, se obtiene los valores del voltaje la corriente, el identificador del sensor, la dirección IP del cliente y la fecha y hora.

```

$vac = $_GET["vac"];
$iac = $_GET["iac"];
$sensor_id = $_GET["sensor_id"];
$client_ip = $_SERVER["REMOTE_ADDR"];
date_default_timezone_set('America/Lima');
$now = date("Y-m-d H:i:s");
echo "Connection Success!<br><br>";

```

Se inserta los valores obtenidos en la base de datos, en caso de no haber errores, se envía un mensaje éxito.

```

$query = "INSERT INTO sensors (vac, iac, sensor_id, client_ip, reg1)
VALUES ('$vac', '$iac', '$sensor_id', '$client_ip', '$now')";
$result = mysqli_query($connect,$query);

echo "Insertion Success!<br>";

```

Una vez que los datos están insertados en la base de datos, es muy importante supervisar los datos por parte del usuario o un administrador que en este caso es un humano y tomará decisiones según los resultados mostrados.

Se procede a configurar la página o sitio web para refrescarse o actualizarse cada minuto (60 segundos).

```

echo          "<html><head><meta          http-equiv='refresh'
content='60' ></head><body>";

```

Es necesario definir el nombre de la base datos, el usuario, la contraseña y el host, para poder conectarse con la base de datos creada en MariaDB.

```

$dbname = 'lumac';
$dbuser = 'lumac_user';
$dbpass = 'Lumac78Ac';
$dbhost = 'localhost';

```

Se realiza la conexión con la base de datos, de haber un error se mostrará. Si la conexión es un éxito se mostrará un mensaje.

```
$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
if(!$connect){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}
echo "Conexión Satisfactoria!<br>";
```

Se establece un límite del número de filas a supervisar y se realiza la consulta para seleccionar los datos de voltaje, corriente, IP del cliente, identificador del sensor o módulo, fecha y hora de la tabla sensors, luego ordenar la consulta por fecha de forma descendente.

```
$limit = 30;
$query = "SELECT vac, iac, client_ip, sensor_id, reg1 FROM sensors
ORDER BY reg1 DESC LIMIT ".$limit."";
```

Luego se imprime una tabla con una cabecera con la descripción de los datos de cada columna de la tabla.

```
echo "<table border='1'>";
echo "<tr><th>Voltaje AC (V)</th><th>Amperaje AC (mA)</th><th>IP
Cliente</th><th>ID Sensor</th><th>Fecha Hora</th></tr>";
$
```

Luego se hace la consulta y cada registro o fila del resultado de la consulta será mostrado en una fila de la tabla, agregando fila por fila.

```
$result = mysqli_query($connect,$query);  
  
while($row = mysqli_fetch_array($result)){  
    echo  
    "<tr><td>".$row['vac']. "</td><td>".$row['iac']. "</td><td>".$row['c  
    lient_ip']. "</td><td>".$row['sensor_id']. "</td><td>".$row['reg1'].  
    "</td></tr>";  
}
```


Conclusiones

1. Se ha diseñado un sistema integral de supervisión del alumbrado público para la ciudad de Sicuani, basado en los principios de ciudad inteligente e Internet de las cosas. La utilización de tecnología LED en las luminarias garantiza un consumo energético reducido, una vida útil prolongada y una mayor eficiencia lumínica, con un impacto ambiental minimizado. La incorporación de sensores de voltaje y corriente AC, junto con Arduino UNO y módulos Ethernet, permite monitorear en tiempo real el estado de las luminarias, identificando posibles fallos o anomalías para mejorar la gestión y eficiencia del alumbrado. La conexión a una red Ethernet y la transmisión de datos a un servidor web en la nube posibilitan el análisis y visualización de datos, facilitando la toma de decisiones informadas para el mantenimiento y optimización del sistema. Esta integración de tecnologías demuestra el potencial de la automatización y conectividad para mejorar la eficiencia y gestión de recursos en entornos urbanos.
2. El análisis exhaustivo de las necesidades y requisitos ha proporcionado una comprensión profunda de los desafíos y oportunidades en la supervisión del alumbrado público en Sicuani, destacando la importancia de la eficiencia energética, la seguridad ciudadana y la optimización de costos operativos.
3. El diseño e implementación de la infraestructura IoT ha demostrado ser efectivo para conectar y comunicar de manera eficiente y segura los dispositivos de alumbrado público, sensores y otros elementos del sistema de supervisión, facilitando la recopilación y análisis de datos en tiempo real.

4. La plataforma centralizada de supervisión ha sido efectiva en el monitoreo remoto del alumbrado público, integrando herramientas de análisis de datos que respaldan la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y la calidad del servicio.
5. La implementación exitosa de la supervisión en tiempo real del estado de las luminarias de alumbrado público mediante IoT ha mejorado significativamente la eficiencia operativa y el mantenimiento preventivo del sistema de alumbrado público en Sicuani.

Recomendaciones

1. Se recomienda explorar la migración hacia un modelo de Internet de las cosas (IoT) para el sistema de supervisión del alumbrado público implica considerar una serie de aspectos clave. En primer lugar, se debe evaluar la infraestructura de conectividad existente en toda la ciudad y determinar si es adecuada para admitir la implementación completa de IoT. Esto incluye asegurarse de que haya una cobertura de red confiable y suficiente para garantizar la comunicación efectiva entre los dispositivos IoT y el servidor central. Además, se deben identificar y abordar posibles desafíos de seguridad y privacidad asociados con la transmisión de datos a través de una red IoT. Esto podría implicar la implementación de medidas de seguridad robustas, como la encriptación de datos y la autenticación de dispositivos, para proteger la integridad y la confidencialidad de la información transmitida. Además, es importante considerar la interoperabilidad entre diferentes dispositivos IoT y plataformas de gestión para garantizar una integración sin problemas y una supervisión eficiente del alumbrado público en toda la ciudad.
2. Basándonos en este análisis, se recomienda desarrollar estrategias específicas para mejorar la eficiencia energética, fortalecer la seguridad ciudadana y optimizar los costos operativos del sistema de alumbrado público en Sicuani.
3. Con base en este éxito, se recomienda continuar mejorando y actualizando la infraestructura IoT para mantenerla alineada con las últimas tecnologías y estándares de seguridad, garantizando un rendimiento óptimo a largo plazo
4. Para maximizar el potencial de la plataforma de supervisión, se recomienda continuar desarrollando y mejorando las herramientas de análisis de datos, así como capacitar al personal en su uso adecuado para tomar decisiones óptimas

5. Basándonos en esta implementación exitosa, se recomienda seguir monitoreando y evaluando continuamente el sistema en tiempo real, realizando ajustes y mejoras según sea necesario para garantizar un funcionamiento óptimo y una respuesta eficiente a las necesidades de la ciudad.

Referencias Bibliográficas

- Avast. (2019). *What is TCP/IP and How Does it Work?* Obtenido de <https://www.avast.com/c-what-is-tcp-ip>
- B&H. (2022). *Cisco CBS220-24FP-4G 24-Port Gigabit PoE+ Compliant Managed Network Switch with SFP*. Obtenido de www.bhphotovideo.com:
https://www.bhphotovideo.com/spanish/c/product/1679559-REG/cisco_cbs220_24fp_4g_na_cbs220_smart_24_port_gigabit.html?ul=S
- Barros, V. (2022). *Mapa mental sistema cliente - servidor*. Obtenido de <https://www.goconqr.com/flowchart/21853682/mapa-mental-sistema-cliente-servidor>
- Blackhold. (2013). *Configuración de la red de una escuela*. Obtenido de <https://blackhold.nusepas.com/2013/08/19/configuracion-de-la-red-de-una-escuela/>
- Caldani, S., Macchiarelli, I., Romboli, A., & Ippolito, V. (October de 2019). *Arthur Little*. Obtenido de The evolution of tge street lighting market:
<https://www.adlittle.com/en/insights/report/evolution-street-lighting-market>
- Circuite Globe. (2023). *Reactive and Apparent Power Active*. Obtenido de <https://circuitglobe.com/what-is-active-reactive-and-apparent-power.html>
- Concepto. (2021). <https://concepto.de/fibra-optica/>. Obtenido de Concepto.
- Electro Sur Este. (2021). *Memoria Anual* .
- Electrocentro . (2022). *Memoria anual* .
- Estrada, R. (2017). *Ethernet Shield*. Hetpro. Obtenido de <https://hetpro-store.com/ethernet-shield/#:~:text=Es una tarjeta electrónica que,conectividad a las tarjetas Arduino>
- Fibra Óptica Perú. (2018). <https://lafibraoptica peru.com/conceptos-basicos/Fibra-%C3%B3ptica-monomodo>. Obtenido de Fibra Óptica Perú.

- Fluke. (2023). *What is Ohm's Law? 1995-2023*. Obtenido de <https://www.fluke.com/en/learn/blog/electrical/what-is-ohms-law>
- Gigabitlanswitch. (2020). *Switch Cisco Catalyst 3850 WS-C3850-24T-L con puertos para fibra óptica*. Obtenido de <http://www.gigabitlanswitch.com/sale-10773529-cisco-catalyst-3850-ws-c3850-24t-l-10gb-data-24-port-optic-fiber-core-switch.html>
- González, B., Cárdenas, D., Pacheco, E. A., Miranda, L., Poma, L., & Cepeda, J. (2020). *Consulta de Ciudades Sostenibles*. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat).
- Iberdrola. (2022). *Ciudades Sostenibles*. Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/ciudades-sostenibles>
- IOP Institute of Physics. (2022). *spark.iop.org*. Obtenido de Explaining rms voltage and current: <https://spark.iop.org/explaining-rms-voltage-and-current>
- ISO. (2011). *ISO 50001:2011(en)*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es.>
- Lawrence, W. (2023). *OSI Model Layers and Protocols in Computer Network*. Obtenido de <https://www.guru99.com/layers-of-osi-model.html>
- Lecaros, M. (2022). *Rasmus Lerdorf: Ingeniero estrella y padre del PHP*. Obtenido de <https://www.maestrosdelweb.com/rasmus-lerdorf-php/>
- Linksys. (2022). <https://www.linksys.com/es/r/resource-center/que-es-ethernet/>. Obtenido de Linksys.
- Luz del Sur . (2021). *Memoria Anual* .
- Nair, B., & Dhoble, S. (2021). Fundamentals of LEDs. *ScienceDirect*. 35-57.
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819605-2.00002-1>

- Navas, P. (2017). *Sistema de Red Telemétrico de alumbrado público para la provincia de Santa Elena*. Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4012>
- Naylamp Mechatronics. (2021). <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html>. Obtenido de Naylamp Mechatronics.
- Naylamp Mechatronics. (2023). *Sensor de Corriente AC 30A no invasivo - SCT-013-030*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/154-sensor-de-corriente-ac-30a-no-invasivo-sct-013-030.html>
- PHP. (2022). <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>. Obtenido de PHP.net.
- Purestorage. (2023). *¿Qué es MariaDB?* Obtenido de <https://www.purestorage.com/es/knowledge/what-is-mariadb.htm>
- Red Hat . (2022). *El concepto del Internet de las cosas (IoT)*. Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things>
- Rodríguez, K. (2017). *Plataforma Cloud/GIS de Gestión, Operación y Control de Sistemas Fotovoltaicos de Iluminación en el Alumbrado Público en la Universidad Técnica de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25704>
- Suárez, D. (2020). Sistema Inteligente para la gestión automática de un generador eléctrico basado en arquitectura del IoT. *J. Comput Electron Sci.: Theory Appl.*, 1-10.
- Tviligh. (2020). *Tviligh Empowering Intelligence*. Obtenido de <https://tviligh.com/wp-content/uploads/2021/04/Folleto-Inteligente-Ciudad-Iluminacio%CC%81-Controlar-Sensor-CMS-lumi%CC%81nica-Gestio%CC%81n-ES.pdf>

WordPress. (2016). *IDE Arduino*. Obtenido de

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>

Xataka Basics. (2020). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Obtenido de

<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Ziff, L. (2018). *Ethernet switch. 1996-2023*. Obtenido de

<https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/ethernet-switch>

Anexo A – Código en Arduino para Monitor Serial

```

double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30 ciclos de
60Hz)
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*(1.1/1023.0);////voltaje del sensor
    corriente=voltajeSensor*30.0; //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados
    N=N+1;
    delay(1);
  }
  Sumatoria=Sumatoria*2;//Para compensar los cuadrados de los semiciclos
negativos.
  corriente=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del RMS
  return(corriente);
}

void loop() {

  for ( int i = 0; i < 100; i++ ) {
    sensorValue1 = analogRead(A0);
    if (analogRead(A0) > 511) {
      val[i] = sensorValue1;
    }
  }
}

```

```

    }
    else {
        val[i] = 0;
    }
    delay(1);
}

max_v = 0;

for ( int i = 0; i < 100; i++ )
{
    if ( val[i] > max_v )
    {
        max_v = val[i];
    }
    val[i] = 0;
}
if (max_v != 0) {
    VmaxD = max_v;
    VeffD = VmaxD / sqrt(2);
    Veff = (((VeffD - 420.76) / -90.24) * -210.2) + 210.2;
}
else {
    Veff = 0;
}
Serial.print("Vrms (V): ");
Serial.print(Veff);
VmaxD = 0;
delay(100);

delay(1);
analogReference(INTERNAL);
float Irms=get_corriente(); //Corriente eficaz (A)
float P=Irms*220.0; // P=IV (Watts)
Irms=Irms*16;

Serial.print(" Irms (mA): ");
Serial.println(Irms,2);
analogReference(DEFAULT);
delay(1);
}

```

Anexo B – Código en Arduino para Monitor en Servidor Web

```

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

double sensorValue1 = 0;
double sensorValue2 = 0;
int crosscount = 0;
int climb_flag = 0;
int val[100];
int max_v = 0;
double VmaxD = 0;
double VeffD = 0;
double Veff = 0;

byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAD, 0x05 };
IPAddress server(108,62,123,70);

IPAddress ip(192,168,1,69);
byte gateway[] = { 192, 168, 1, 1 };
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };
byte myDns[] = { 8, 8, 8, 8 };

EthernetClient client;

bool printWebData = true;
char sensor_id[] = "SICU-P-167-S1";

void setup() {
  Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);
}

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  float Sumatoria=0;
  long tiempo=millis();
  int N=0;
  while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30 ciclos de
60Hz)
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1)*(1.1/1023.0);////voltaje del sensor

```

```

    corriente=voltajeSensor*30.0; //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)
    Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados
    N=N+1;
    delay(1);
}
Sumatoria=Sumatoria*2;//Para compensar los cuadrados de los semiciclos
negativos.
corriente=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del RMS
return(corriente);
}

void loop() {

for ( int i = 0; i < 100; i++ ) {
    sensorValue1 = analogRead(A0);
    if (analogRead(A0) > 511) {
        val[i] = sensorValue1;
    }
    else {
        val[i] = 0;
    }
    delay(1);
}

max_v = 0;

for ( int i = 0; i < 100; i++ )
{
    if ( val[i] > max_v )
    {
        max_v = val[i];
    }
    val[i] = 0;
}
if (max_v != 0) {

    VmaxD = max_v;
    VeffD = VmaxD / sqrt(2);
    Veff = (((VeffD - 420.76) / -90.24) * -210.2) + 210.2;
}
else {
    Veff = 0;
}

VmaxD = 0;
delay(100);
}

```

```

delay(1);
  analogReference(INTERNAL);
float Irms=get_corriente(); //Corriente eficaz (A)
//float P=Irms*220.0; // P=IV (Watts)
Irms=Irms*16;

analogReference(DEFAULT);
delay(1);

delay(1000);

if (client.connect(server, 80)) {

  client.print("GET /LUMAC/formaction_lumac.php?vac=");
  client.print(Veff);
  client.print("&iac=");
  client.print(Irms);
  client.print("&sensor_id=");
  client.print(sensor_id);
  client.println(" HTTP/1.1");
  client.print("Host: ");
  client.println(server);
  client.println("Connection: close");
  client.println();

} else {

}

while (client.connected()) {
  int len = client.available();
  if (len > 0) {
    byte buffer[80];
    if (len > 80) len = 80;
    client.read(buffer, len);
    if (printWebData) {

    }
  }
}

if (!client.connected()) {
  client.stop();
  delay(58358);
}
}

```

Anexo C – Código en Php para Recepción de Datos en el Servidor

```
<html>
<body>

<?php

$dbname = 'lumac';
$dbuser = 'lumac_user';
$dbpass = 'Lumac78Ac';
$dbhost = 'localhost';

$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);

if(!$connect){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}

echo "Connection Success!<br><br>";

$vac = $_GET["vac"];
$iac = $_GET["iac"];
$sensor_id = $_GET["sensor_id"];
$client_ip = $_SERVER["REMOTE_ADDR"];
date_default_timezone_set('America/Lima');
$now = date("Y-m-d H:i:s");

$query = "INSERT INTO sensors (vac, iac, sensor_id, client_ip, reg1)
VALUES ('$vac', '$iac', '$sensor_id', '$client_ip', '$now')";
$result = mysqli_query($connect,$query);

echo "Insertion Success!<br>";

?>

</body>
</html>
```

Anexo D – Código En PHP Para Supervisión De Datos En El Servidor

```

<?php
echo          "<html><head><meta          http-equiv='refresh'
content='60'></head><body>";

$dbname = 'lumac';
$dbuser = 'lumac_user';
$dbpass = 'Lumac78Ac';
$dbhost = 'localhost';

$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);

if(!$connect){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}

echo "Conexión Satisfactoria!<br>";

$limit = 30;
$query = "SELECT vac, iac, client_ip, sensor_id, reg1 FROM sensors ORDER
BY reg1 DESC LIMIT ".$limit.";

echo "<table border='1'>";
echo "<tr><th>Voltaje AC (V)</th><th>Amperaje AC (mA)</th><th>IP
Cliente</th><th>ID Sensor</th><th>Fecha Hora</th></tr>";

$result = mysqli_query($connect,$query);

while($row = mysqli_fetch_array($result)){
    echo
"<tr><td>".$row['vac']. "</td><td>".$row['iac']. "</td><td>".$row['clien
t_ip']. "</td><td>".$row['sensor_id']. "</td><td>".$row['reg1']. "</td></
tr>";

echo "</table>";
?>

</body>
</html>

```

Anexo E – Base de Datos en el Servidor

```

root@template:~# mysql
Welcome to the MariaDB monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MariaDB connection id is 71236
Server version: 10.3.25-MariaDB-0ubuntu0.20.04.1 Ubuntu 20.04

Copyright (c) 2000, 2018, Oracle, MariaDB Corporation Ab and others.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input
statement.

MariaDB [(none)]> show databases;
+-----+
| Database                |
+-----+
| information_schema      |
| lumac                   |
| mult                    |
| mysql                   |
| new4g                   |
| performance_schema     |
| temhum                  |
| unap                    |
| uv                      |
+-----+
9 rows in set (0.011 sec)

MariaDB [(none)]> use lumac;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
MariaDB [lumac]> show tables;
+-----+
| Tables_in_lumac        |
+-----+
| sensors                 |
+-----+
1 row in set (0.001 sec)

MariaDB [lumac]> describe sensors;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
-+
| Field      | Type                | Null | Key | Default | Extra          |

```



```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
-+
| id      | int(10) unsigned | NO   | PRI | NULL   | auto_increment
| vac     | decimal(10,2)    | NO   |     | NULL   |
| iac     | decimal(10,2)    | NO   |     | NULL   |
| client_ip | varchar(15)      | NO   |     | NULL   |
| sensor_id | varchar(15)      | NO   |     | NULL   |
| reg1    | datetime         | NO   |     | NULL   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
-+
6 rows in set (0.008 sec)

MariaDB [lumac]>
```