



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LA**  
**GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LOS DISTRITOS DE**  
**PUNO Y JULIACA BASADO EN EL MODELO DE INTERNET DE**  
**LAS COSAS - 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JEFFERSON SUCARI CHAVEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LOS DISTRITOS DE PUNO Y JULIACA BASADO EN EL MODELO DE INTERNET DE LAS COSAS - 2023**

AUTOR

**JEFFERSON SUCARI CHAVEZ**

RECUENTO DE PALABRAS

**29113 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**160447 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**132 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 13, 2023 8:59 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 13, 2023 9:02 PM GMT-5**

● **16% de similitud general**

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

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado

Christian Augusto Romero Goyzueta  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
CIP. 133009



## DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mis padres por su apoyo y a mis compañeros que me dieron consejos para poder llevar de la mejor forma este estudio.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis docentes que me ayudaron a realizar este trabajo.



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT..... 13**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 15**

**1.2. HIPÓTESIS GENERAL..... 15**

1.2.1. Hipótesis específicas..... 15

**1.3. OBJETIVO GENERAL..... 16**

1.3.1. Objetivos específicos..... 16

**1.4. METODOLOGÍA ..... 16**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 17**

**2.2. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... 24**

**2.3. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ANALÓGICOS ..... 26**

**2.4. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DIGITALES ..... 27**

2.4.1. Adquisición y Control de Datos en Tiempo Real..... 29

**2.5. SENSORES ..... 32**



2.5.1. Sensor De Corriente .....	35
<b>2.6. CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL Y DIGITAL ANALOGICO ...</b>	<b>41</b>
2.6.1. Puertos Serie (RS-232, RS-422, RS-485) .....	46
<b>2.7. ENERGÍA EOLICA.....</b>	<b>50</b>
<b>2.8. TIPOS DE GENERADORES EOLICOS .....</b>	<b>53</b>
2.8.1. Generador de Tipo HAWT .....	55
2.8.2. Generador de Tipo VAWT .....	57
<b>2.9. SISTEMAS IOT .....</b>	<b>59</b>
<b>2.10. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN C++.....</b>	<b>62</b>
2.10.1. Arduino .....	63
2.10.2. Microcontrolador .....	66

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>68</b>
<b>3.2. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>68</b>
<b>3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>68</b>
<b>3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>68</b>
<b>3.5. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....</b>	<b>69</b>
3.5.1. Servidor .....	73
3.5.2. Generador Eólico.....	85
3.5.3. Carga Constante .....	88
3.5.4. Sensor de Amperaje.....	89
3.5.5. Sensor de Voltaje.....	91
3.5.6. Arduino Uno - Modulo Ethernet .....	93



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.	CONCLUSIONES.....	112
VI.	RECOMENDACIONES.....	113
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
	ANEXOS.....	123

**Área** : Telecomunicaciones

**Tema** : Internet de las Cosas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 24 de julio de 2023



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Funcionamiento de un sensor Hall.....	36
<b>Figura 2:</b> Convertidor analógico digital, digital analógico.....	42
<b>Figura 3:</b> Conversión de analógico a digital.....	44
<b>Figura 4:</b> Tasa de muestreo del convertidor analógico a digital.....	46
<b>Figura 5:</b> Protocolo RS232. ....	47
<b>Figura 6:</b> Protocolo RS485. ....	49
<b>Figura 7:</b> Generador Eólico. ....	52
<b>Figura 8:</b> Generador Eólico – HAWT. ....	56
<b>Figura 9:</b> Generador Eólico – VAWT. ....	59
<b>Figura 10:</b> Sistemas IoT.....	60
<b>Figura 11:</b> Arduino Uno. ....	64
<b>Figura 12:</b> Microcontrolador del Arduino Uno. ....	66
<b>Figura 13:</b> Arquitectura IoT del sistema.....	70
<b>Figura 14:</b> Diagrama del sistema de adquisición de datos. ....	71
<b>Figura 15:</b> Prototipo del sistema completo.....	72
<b>Figura 16:</b> Instalación de paquetes necesarios.....	74
<b>Figura 17:</b> Archivos en el servidor. ....	74
<b>Figura 18:</b> Ingreso a la base de datos.....	75
<b>Figura 19:</b> Mostrar base de datos.....	76
<b>Figura 20:</b> Tabla dentro de la base de datos. ....	77
<b>Figura 21:</b> Descripción de la tabla.....	77
<b>Figura 22:</b> Creación de un usuario.....	78
<b>Figura 23:</b> Código del archivo - formaction_vaeol.php. ....	79



<b>Figura 24:</b> Código del archivo - formation_vaeol.php.....	80
<b>Figura 25:</b> Código del archivo - show_vaeol_head.php.....	81
<b>Figura 26:</b> Código del archivo - show_vaeol.php. ....	82
<b>Figura 27:</b> Código del archivo - show_vaeol.php. ....	82
<b>Figura 28:</b> Código del archivo - show_vaeol_range.php.....	84
<b>Figura 29:</b> Código del archivo - show_vaeol_range.php.....	84
<b>Figura 30:</b> Generador eólico.....	86
<b>Figura 31:</b> Estructura para reposar el generador eolico.....	87
<b>Figura 32:</b> Generador eólico.....	88
<b>Figura 33:</b> Resistencia o carga constante del sistema.....	89
<b>Figura 34:</b> Diagrama de la conexión del sensor de amperaje.....	90
<b>Figura 35:</b> Sensor de amperaje. ....	91
<b>Figura 36:</b> Divisor de voltaje.....	92
<b>Figura 37:</b> Divisor de voltaje.....	93
<b>Figura 38:</b> Arduino Uno con el módulo Ethernet Shield.....	94
<b>Figura 39:</b> Código del Arduino Uno con el módulo Ethernet Shield.....	96
<b>Figura 40:</b> Código del Arduino Uno con el módulo Ethernet Shield.....	97
<b>Figura 41:</b> Pagina web de los datos almacenados. ....	98
<b>Figura 42:</b> Selección de datos ordenados. ....	99
<b>Figura 43:</b> Selección de datos por fecha.....	100
<b>Figura 44:</b> Selección de datos por fecha.....	102
<b>Figura 45:</b> Selección de datos por fecha en MariaDB.....	103
<b>Figura 46:</b> Tamaño de la data. ....	104
<b>Figura 47:</b> Primeras filas de la data. ....	104



<b>Figura 48:</b> Estadígrafos de la data. ....	105
<b>Figura 49:</b> Porcentaje de registros únicos.....	105
<b>Figura 50:</b> Porcentaje de registros faltantes.....	106
<b>Figura 51:</b> Tipos de datos en la data. ....	107
<b>Figura 52:</b> Voltaje vs Tiempo.....	107
<b>Figura 53:</b> Amperaje vs Tiempo.....	108
<b>Figura 54:</b> Tres nuevas columnas con valores normalizados. ....	109
<b>Figura 55:</b> Primeros valores en nuevas columnas normalizadas. ....	109
<b>Figura 56:</b> Datos estadísticos de nuevas columnas.....	109
<b>Figura 57:</b> Voltaje versus tiempo con valores normalizados.....	110
<b>Figura 58:</b> Corriente eléctrica versus tiempo con valores normalizados.....	110
<b>Figura 59:</b> Potencia versus tiempo. ....	111



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>IoT</b>	Internet de las cosas.
<b>kWh</b>	Kilovatio hora.
<b>CO2</b>	Dióxido de carbono.
<b>DB</b>	Base de datos.
<b>ADC</b>	Convertidor Analógico-Digital (Analog-to-Digital Converter).
<b>DAC</b>	Convertidor Digital-Analógico (Digital-to-Analog Converter).
<b>HAWT</b>	Generador Eólico de Eje Horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine).
<b>VAWT</b>	Generador Eólico de Eje Vertical (Vertical Axis Wind Turbine).
<b>RS-232</b>	Estándar de Comunicación en Serie.
<b>RS-422</b>	Estándar de Comunicación Diferencial en Serie.
<b>RS-485</b>	Estándar de Comunicación Multidrop en Serie.
<b>C++</b>	Lenguaje de Programación C++.
<b>Ethernet</b>	Tecnología de Red para la Conexión a Internet.
<b>IAD</b>	Sistema de adquisición de datos



## RESUMEN

El crecimiento de los generadores de energías limpias es un factor bastante relevante debido al aporte bueno que tiene con ambiente y su potencial como principales fuentes de energía del futuro. Un sistema para la supervisión de la generación de energía de tipo eólica utilizando el modelo de IoT en la ciudad de Puno y Juliaca, permite monitorear la potencia de manera efectiva y reportar las ventajas y desventajas existentes en sistemas de este tipo. El diseño de un sistema de Internet de las cosas para la supervisión para generar electricidad en base a energías eólicas es una herramienta clave que ayuda a monitorear de manera efectiva la potencia de este sistema y optimizar su rendimiento energético en los distritos de Puno y Juliaca. Mediante la implementación de esta tecnología, es posible mitigar los desafíos que limitan la aceptación de las energías renovables y mejorar su adopción en la región. La evaluación de las ventajas y desventajas al realizar una instalación de generadores de energías alternativas como la eólica en los distritos de Puno y Juliaca ha permitido identificar los beneficios para generadores de energía por medio de fuentes limpias como la reducción de emisiones de gases contaminantes como también un impacto beneficioso para el medio ambiente. Sin embargo, también se han identificado desafíos para realizar una implementación generadores alternativos limpios como la energía eólica, como la necesidad de un análisis detallado del sitio y las condiciones climáticas para optimizar el rendimiento energético y garantizar la viabilidad del proyecto. La implementación de sistemas de generación de energía con generadores eólicos en los distritos de Puno y Juliaca puede contribuir significativamente al desarrollo sostenible y también mejoran significativamente la vía de las personas en términos de calidad, siempre y cuando se aborden adecuadamente los desafíos existentes.

**Palabras clave:** Energías Renovables, Energía Eólica, IoT.



## ABSTRACT

The growth of clean energy generators is a quite relevant factor due to the good contribution it has to the environment and its potential as the main energy sources of the future. A system for the supervision of wind energy generation using the IoT model in the city of Puno and Juliaca, allows to monitor power effectively and report the advantages and disadvantages of systems of this type. The design of an Internet of Things system for supervision to generate electricity based on wind energy is a key tool that helps to effectively monitor the power of this system and optimize its energy performance in the districts of Puno and Juliaca. By implementing this technology, it is possible to mitigate the challenges that limit the acceptance of renewable energy and improve its adoption in the region. The evaluation of the advantages and disadvantages when carrying out an installation of alternative energy generators such as wind power in the districts of Puno and Juliaca has made it possible to identify the benefits for energy generators through clean sources such as the reduction of polluting gas emissions as well as a beneficial impact on the environment. However, challenges have also been identified to implement clean alternative generators such as wind power, such as the need for detailed analysis of the site and climatic conditions to optimize energy performance and ensure project viability. The implementation of energy generation systems with wind generators in the districts of Puno and Juliaca can significantly contribute to sustainable development and also significantly improve the path of people in terms of quality, as long as existing challenges are adequately addressed.

**Keywords:** Renewable Energies, Wind Energy, IoT.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Es innegable que la promoción de fuentes de energía alternativas en lugar de las tradicionales es un asunto crucial, ya que tiene efectos beneficiosos para el medio ambiente al emplear fuentes de energía limpias y sostenibles, reduciendo así la contaminación. No es exagerado afirmar que las energías renovables serán las principales fuentes de energía que impulsarán el futuro. Su implementación ha aumentado de manera exponencial, lo que ha permitido la creación de soluciones energéticas inteligentes. Estas son una alternativa mucho mejor que los recursos no renovables que emiten gases nocivos. La adopción de energías renovables está creciendo a una velocidad sin precedentes; y además lo hace de manera rentable. El empleo de tecnologías innovadoras puede aumentar la incorporación de fuentes de energía renovable de manera significativa. Estas tecnologías permiten la supervisión y gestión de la generación, transmisión y distribución de energía sin la necesidad de intervención humana. En la actualidad, los sistemas fotovoltaicos autónomos, que constan de un convertidor de seguimiento de potencia máxima, un controlador, un sistema de almacenamiento de batería y un inversor, están siendo cada vez más utilizados para monitorear los parámetros de la energía solar fotovoltaica. Esto ha permitido una mayor expansión de las energías renovables en todas partes. Tomando en cuenta los puntos anteriores, se propone diseñar un sistema de monitorización de la generación de energía eólica para controlar de forma eficaz la potencia de este sistema con el uso de la Internet de las Cosas. Se trata de una tecnología que se encuentra en el estado del arte en el campo de la investigación. El propósito de este estudio es presentar una evaluación completa de los sistemas de energía eólica, detallando tanto sus ventajas como sus desventajas, para que los proyectos futuros puedan



considerar estos hallazgos. La investigación en sistemas de energía eólica ofrece una gran cantidad de beneficios, como su carácter renovable, seguridad, confiabilidad, limpieza y la ausencia de emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, el viento es una fuente de energía gratuita y renovable, lo que significa que los sistemas de energía eólica pueden producir electricidad sin incurrir en costos de combustible. Esto significa que los sistemas eólicos son una forma de energía barata y limpia para los consumidores. Además, los sistemas eólicos son silenciosos y no producen residuos tóxicos. Estos sistemas también son fáciles de instalar y mantener, lo que los hace una excelente opción para muchas aplicaciones. Investigar sistemas eólicos también puede ayudar a mejorar la tecnología y hacerla más eficiente, lo que puede reducir aún más los costos de energía. Este estudio se llevará a cabo en las ciudades de Puno y Juliaca.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Como realizar un sistema de supervisión de la generación de energía eólica en los distritos de Puno y Juliaca utilizando Internet de las Cosas para determinar las ventajas y desventajas de instalar este sistema de energía renovable en el año 2023?

## **1.2. HIPÓTESIS GENERAL**

El diseño de un sistema de supervisión de la generación de energía eólica en los distritos de Puno y Juliaca permitirá usar el modelo de Internet de las Cosas para determinar las ventajas y desventajas de instalar este sistema de energía renovable en el año 2023.

### **1.2.1. Hipótesis específicas**

- Se puede diseñar un sistema de Internet de las cosas para la supervisión de un generador de energía eólica.



- Se puede determinar las ventajas y desventajas en el rendimiento de energía con la instalación de un sistema de energía eólica en las ciudades de Puno y Juliaca

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de supervisión de la generación de energía eólica en los distritos de Puno y Juliaca basado en el modelo de Internet de las Cosas en el año 2023.

#### **1.3.1. Objetivos específicos**

- Diseñar el sistema de Internet de las cosas para la supervisión de la generación de energía eólica.
- Determinar las ventajas y desventajas para el rendimiento energético en la instalación de un sistema de energía eólica en los distritos de Puno y Juliaca.

### **1.4. METODOLOGÍA**

El estudio actual será experimental, ya que realizará pruebas y prototipos de los sistemas implementados en los municipios de Puno y Juliaca, seguido de una evaluación de la eficiencia energética de dichos sistemas eólicos. La investigación también será cuantitativa ya que habrá una fase de observación y medición de los factores energéticos



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se desarrolló un modelo para supervisar el uso de energía eléctrica en hogares mediante la creación de un prototipo que incluye nodos sensores capaces de medir corriente y voltaje. Estos nodos envían los datos a una base de datos alojada en un servidor Raspbian a través del protocolo HTTPS. La información recopilada se puede visualizar en una interfaz IoT que incluye gráficos diarios, semanales y mensuales generados con Atom y Highcharts. También se pueden generar informes que indican el consumo de kilovatios hora al mes y el costo del servicio. Además, mediante la Telegestión, se controla la distribución de energía a las cargas conectadas, lo que fomenta la eficiencia energética y reduce los gastos. La información es accesible desde cualquier dispositivo conectado a la red de sensores (Córdova Córdova y Carrasco Chipantiza, 2018).

Este escrito describe el desarrollo de un sistema para supervisar y analizar el uso de energía en una micro-red de modo CD. Se empleará un sensor inteligente para controlar los voltajes y corrientes de los componentes de la micro-red, incluyendo la línea principal de corriente alterna, el sistema fotovoltaico, las cargas y el banco de baterías. Los datos recopilados se almacenarán en una base de datos para su análisis posterior. Además, se creará una red neuronal mediante el algoritmo de retropropagación (BackPropagation) para identificar los factores que afectan la eficiencia de generación de energía, incluyendo las pérdidas y los ahorros energéticos. Los resultados se mostrarán en una aplicación web interactiva, que incluirá gráficos con el historial de las variables



monitoreadas, factores meteorológicos y predicciones de la red neuronal (Araujo Rodríguez et al., 2020)

Para lograr un buen rendimiento en la producción de energía eólica, es crucial medir con precisión la velocidad del viento, especialmente en áreas remotas donde se necesita un monitoreo y análisis efectivos de las turbinas. Sin embargo, la medición de esta variable plantea desafíos como la necesidad de una frecuencia de muestreo adecuada, la validación de las mediciones y la necesidad de un lugar para registrar los datos. Con el fin de superar estos desafíos, se ha desarrollado una solución de bajo costo basada en el Internet de las cosas (IoT). Esta solución conecta un anemómetro de copas con un microcontrolador ESP32 programado en lenguaje C, permitiendo la determinación y publicación en línea de la velocidad del viento. El software original del anemómetro fue reemplazado por una solución personalizada de hardware y software. Además, se llevaron a cabo pruebas de validación en el túnel de viento de la Universidad de Costa Rica para asegurar la precisión de las mediciones. Como resultado, se ha creado un sistema capaz de monitorear la velocidad del viento en tiempo real de forma autónoma (Martínez Soto et al., 2022).

La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, se enfoca en la digitalización e interconexión de los procesos de fabricación. Esta revolución no solo implica tecnología, sino también la creación de valor a través de la combinación de tecnologías de producción y TIC. Para gestionar la gran cantidad de información generada por este nuevo modelo de producción, se requieren sistemas IoT o sensores que conecten los procesos de producción y permitan la recopilación y procesamiento de datos a distancia para mejorar la programación, operación y mantenimiento de la maquinaria. Los dispositivos IoT permiten mejorar la eficiencia de la producción al recolectar información de diferentes variables físicas o ambientales como la temperatura, el ruido, la vibración,



la presión, el movimiento y los contaminantes. Estos sensores transmiten la información a un lugar central de manera cooperativa, y estas redes son bidireccionales, lo que permite controlar el comportamiento de los sensores. Sin embargo, aunque las máquinas modernas pueden detectar una variedad de variables, la información obtenida se limita a la propia máquina, lo que limita su capacidad para mejorar la eficiencia de la producción (Garate Añibarro y Ferreiro del Rio, 2018).

La Industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial que se caracteriza por la digitalización y la interconexión de los procesos de fabricación. Esta revolución industrial va más allá de la tecnología y se extiende a la generación de valor añadido a través de la combinación de tecnologías de producción y TIC. Para procesar la información, se necesitan sistemas sensoriales o IoT que se comunican entre sí y con el control central, lo que implica un cambio en la arquitectura para la automatización y el control de los procesos de producción. Los dispositivos IoT tienen como objetivo mejorar la eficiencia de la producción al recopilar datos a distancia y procesarlos para mejorar la programación, operación y mantenimiento de la máquina. La tecnología IoT se aplica a una amplia gama de ámbitos, como la salud, la producción industrial y las ciudades inteligentes. Para lograr la transferencia, el almacenamiento, el procesamiento y el análisis de información, los sistemas IoT conectan dispositivos mecánicos, digitales, sensores, objetos, personas y animales a unidades de computación mediante una red. Los datos son transmitidos automáticamente entre los componentes físicos conectados, permitiendo una visión general del sistema, una comunicación segura de los datos y una monitorización inteligente que une personas y objetos. El objetivo del Trabajo Final de Máster (TFM) es crear un sistema IoT para parques eólicos, el cual recopila datos de sensores de cada molino. Los datos se almacenan, validan y analizan, y el sistema realiza cálculos significativos para el parque, permitiendo el acceso al historial de los datos de



los sensores, monitoreando el estado del parque en tiempo real y pronosticando su comportamiento mediante algoritmos de Machine Learning para predecir la producción energética total del parque. El proyecto implicó la colaboración de dos TFM's y se exponen los aspectos que ambos compartieron, así como las responsabilidades que les asignaron a cada uno (Moreno Prieto, 2022).

El objetivo de esta investigación es crear una herramienta matemática que permita pronosticar la cantidad de electricidad generada por un sistema fotovoltaico. Para lograrlo, se recolectaron datos climáticos de Meteomatics y GoodWe, junto con datos de producción reales del sistema fotovoltaico durante un período de 15 días. A través del uso del software de IBM SPSS, se construyó y evaluó una regresión multivariable. El modelo generado tiene una precisión del 96.4% (en días despejados), lo que permite predecir con exactitud la energía generada a intervalos de 15 minutos (Sámano Ortega y Martínez Nolasco, 2021).

El propósito de este proyecto es diseñar una placa que utilice la energía solar y eólica para alimentar una estación meteorológica. Los paneles solares y la turbina eólica cargan una batería cuando se produce un excedente de energía, la cual se utiliza para alimentar el circuito de medición de diferentes variables climáticas, como la temperatura y la velocidad del viento. Esta iniciativa ayuda a reducir el consumo de energía y, por lo tanto, disminuye la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Además, al no requerir cables para su conexión, se reducen los costos de instalación (Abdessamie, 2021)

En la actualidad, es esencial adquirir y monitorear datos de sensores para garantizar el estado y el correcto funcionamiento de máquinas y sistemas sin necesidad de controles manuales. Este artículo describe el proceso de desarrollo, ensamblaje y configuración de un sistema versátil para la adquisición y el monitoreo de datos de



sensores basados en la nube. Aunque el proyecto solo utiliza dos sensores, el sistema puede ampliarse para recopilar datos de hasta seis sensores. La placa microcontroladora lee y accede a los datos, que luego se envían a una Raspberry Pi. Esta última se encarga de enviar la información a Internet, desde donde se puede acceder a través de un sistema PHP que muestra los datos en forma de gráficos. El objetivo es lograr una automatización eficiente y de fácil acceso a los datos recolectados (Silva et al., 2017).

En esta investigación se aborda el tema de las soluciones más comunes para la generación de energía eólica, centrándose en el control y diseño de aplicaciones a pequeña escala. Estas soluciones son especialmente útiles en zonas rurales o remotas, donde conectar a la red eléctrica puede resultar difícil o muy costoso. Se examinan las características comunes y diferencias entre las diversas opciones, junto con sus pros y contras, su potencial y las evoluciones que se pueden anticipar en el corto y largo plazo (Lopez et al., 2008).

El consumo de energía está directamente relacionado con el bienestar de la población, lo que ha resultado en mayores emisiones de dióxido de carbono debido a la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, causando un gran impacto ambiental. Como solución, se han invertido muchos recursos en la investigación y el aprovechamiento de la energía solar y eólica, que es una forma indirecta de transformar la energía solar. A pesar de que la utilización eficiente de la energía eólica presenta desafíos en su aplicación como fuente de energía eléctrica, la Universidad de Quintana Roo está llevando a cabo investigaciones en diversas áreas para maximizar su rendimiento. Este estudio describe varios modelos de aerogeneradores, experimentos realizados en un túnel de viento con una turbina eólica, y la evaluación del recurso eólico local en la región (Becerra et al., 2020).



En la actualidad, el aumento del papel de las fuentes renovables en la producción y abastecimiento de energía está llevando a una transición hacia una economía energética más sostenible. Este cambio se ha reflejado en la aparición de sistemas de generación de energía distribuida (GDE) mediante sistemas eólicos de baja potencia (SEBP). Estas iniciativas de pequeña escala tienen como objetivo satisfacer las necesidades locales y generar procesos de transformación. Esto conlleva un mayor aprovechamiento del potencial eólico y nuevos roles para los agentes implicados en la gestión energética. El artículo se enfoca en la evaluación de estas iniciativas en Argentina, con el fin de fomentar el uso de la energía eólica en el suministro eléctrico. Se identifican los beneficios y desventajas de impulsar proyectos de energía eólica de baja potencia que contribuyan a una mayor sostenibilidad y descentralización en la energía. En Argentina, la energía eólica de baja potencia es una opción costosa, pero con un alto potencial para el desarrollo de la región. La investigación se llevó a cabo a través de la revisión de fuentes secundarias y entrevistas semiestructuradas con informantes clave (Luciana Vanesa y Guillermina Paula, 2021).

Debido a la creciente demanda de dispositivos electrónicos con tecnología inalámbrica y baja potencia, se han creado sensores integrados para ser utilizados con objetos industriales, lo que lleva a una evolución de la web, conocida como Internet de las Cosas. Este avance significa que los aparatos pueden conectarse entre sí (M2M) y con las personas (M2P) y viceversa (P2P). Sin embargo, esto aumenta la necesidad de energía, lo que debe ser proporcionado por fuentes limitadas como las baterías. Este aumento en la demanda energética presenta algunos desafíos, como la necesidad de cargar las baterías con frecuencia, la contaminación causada por componentes no biodegradables y la baja fiabilidad de los dispositivos si la energía es insuficiente. Para abordar estos problemas, se han llevado a cabo dos proyectos para mejorar el uso de la energía en los dispositivos



inteligentes, utilizando energías alternativas y una batería de respaldo. El objetivo de estos proyectos es diseñar e implementar un modelo que optimice el uso de la energía en los teléfonos móviles inteligentes utilizando fuentes de energía alternativas. El artículo se enfoca en encontrar nuevas formas y tecnologías eficientes, confiables y de bajo costo para la recopilación y almacenamiento de energía. También se pueden utilizar señales electromagnéticas del entorno para convertirlas en energía útil para los sensores inalámbricos integrados, los cuales requieren una fuente de energía para lograr la autonomía. Desarrollar un sistema eficiente de captación y almacenamiento de energía que conecte los dispositivos y ofrezca la potencia necesaria para la autosuficiencia energética aumentará la seguridad de los procesos realizados por los sensores. Debido a que los sensores integrados tienen un bajo consumo de energía, la investigación sobre la autoalimentación energética de sus fuentes de alimentación ha aumentado (Joel de Jesus, 2019).

Se ha propuesto una solución completa para atender los problemas de escasez de agua y electricidad en la isla de Providencia, Colombia. La solución se basa en el aprovechamiento del potencial energético de la región, considerando factores como el clima, la cultura, la geografía y la economía de la isla. La propuesta incluye la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica, un sistema de desalinización de agua utilizando la tecnología de ósmosis inversa, una plataforma marítima equipada con sistemas de flotación y anclaje, una red IoT, sensores, protocolos de comunicación, cálculos de potencia y consumo, y equipos de generación eléctrica (Villar Villar y Baquero Almazo, 2022).

Este proyecto busca crear un sistema generador de energía piezoeléctrica mediante el uso de la energía eólica como una solución para la necesidad de desarrollar nuevas formas de generación de energía sostenible. Para ello, se ha diseñado un prototipo



utilizando técnicas de fabricación aditiva con una impresora 3D y transductores piezoeléctricos, y se ha integrado con una plataforma IoT para la recolección y análisis de datos. El prototipo aprovecha la rotación sobre su eje central con el viento y una hoja añadida al transductor produce desviaciones favorables y contrarias en la dirección del viento, generando energía. El proyecto ha demostrado resultados satisfactorios en términos de generación de energía y aprovechamiento del movimiento de los transductores con vientos de incidencia de hasta 6 m/s, obteniendo potencias de hasta 5  $\mu$ W. Al final del experimento se concluyó que la velocidad del viento, la velocidad de rotación y la adición de masa al final de la estructura mejoraron la deflexión del transductor piezoeléctrico. En resumen, este proyecto propone una alternativa viable para trabajar con generadores de energía piezoeléctrica a pesar de las limitaciones en los recursos disponibles (Nazário, 2019).

## **2.2. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

A pesar de esta ambigüedad, la mayoría de los usuarios de computadoras, ingenieros y científicos concuerdan en que una computadora personal (PC) se usa para programar equipos de prueba, manipular o almacenar datos, realizar gráficos en tiempo real y generar informes. Esta PC puede estar conectada a un equipo de adquisición de datos o no, y el equipo de prueba puede consistir en tarjetas enchufables para PC, chasis de tarjetas externas o instrumentos discretos conectados a la PC a través de puertos de comunicación estándar o una placa de interfaz patentada. El equipo de prueba puede luego realizar procesos de medición y control con diferentes combinaciones de entradas y salidas. Los instrumentos modernos ahora cuentan con ranuras para tarjetas y microprocesadores, usan sistemas operativos de software y se comportan más como computadoras que como los instrumentos tradicionales. Esto permite construir sistemas de prueba con un alto número de canales que almacenen y registren datos en una



computadora de control. Los tableros enchufables pueden transformar una computadora en multímetros digitales de rango múltiple, osciloscopios y otros instrumentos con paneles frontales virtuales en pantalla fáciles de usar. El hardware de adquisición y control de datos está disponible en varias formas, con diferentes niveles de funcionalidad, cantidad de canales, velocidad, resolución, precisión y costo. Esta sección ofrece una descripción general de las características y beneficios comunes de estas categorías, basada en una amplia muestra de productos de distintos fabricantes. Los sistemas DAQ suelen estar formados por hardware y software DAQ, sensores y actuadores, y generalmente requieren una red de soporte para la transferencia de datos entre el hardware y el software de adquisición de datos. El hardware normalmente se compone de componentes externos en forma de tarjetas de expansión. Estas tarjetas se conectan a la computadora por una interfaz de comunicación como PCI o USB, o se pueden instalar directamente en la placa base. El hardware se conecta a un dispositivo de entrada, como un escáner 3-D o un convertidor de analógico a digital. La señal del dispositivo de entrada se procesa en el dispositivo / tarjeta de hardware y luego se envía al software DAQ, donde se almacena para su posterior revisión y análisis. Un sistema de adquisición de datos es una herramienta útil para recopilar, procesar y almacenar datos para su posterior análisis. Esta herramienta es esencial para recopilar información precisa y en tiempo real, lo que permite a los usuarios tomar decisiones informadas y acelerar el procesamiento de datos (Roque, Zaldívar, & Fuentes, 2013). Estos sistemas ofrecen una variedad de ventajas, incluyendo:

- Mejorar la productividad: Los sistemas de adquisición de datos permiten a los usuarios recopilar y procesar información de forma rápida y precisa. Esto mejora la productividad y reduce los errores humanos.



- Reducción de costos: Los sistemas de adquisición de datos permiten a los usuarios recopilar y almacenar información sin tener que contratar personal especializado. Esto reduce los costos de personal y permite a los usuarios ahorrar dinero.
- Flexibilidad: Estos sistemas ofrecen flexibilidad para adaptarse a varios entornos y aplicaciones. Esto permite a los usuarios recopilar y procesar datos de forma eficiente.

### **2.3. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ANALÓGICOS**

La teoría de los sistemas de adquisición de datos analógicos se ocupa de la recopilación, procesamiento y almacenamiento de datos analógicos. Estos sistemas se utilizan para obtener información de sensores, dispositivos electrónicos, dispositivos mecánicos y otras fuentes externas, como bases de datos o redes informáticas. Un sistema de adquisición de datos analógicos consta de varios componentes, como una fuente de datos, una interfaz de adquisición de datos, un sistema de procesamiento de datos y un dispositivo de almacenamiento. La fuente de datos es el dispositivo que recoge los datos analógicos, como un sensor, dispositivo electrónico o mecánico. La interfaz de adquisición de datos se conecta a la fuente de datos para recopilar los datos analógicos. Los datos analógicos se pueden recopilar mediante una tarjeta de adquisición de datos. Se utilizan sistemas de adquisición de datos para controlar y supervisar diversos procesos, como la medición del nivel de líquido, la presión, la temperatura, el flujo y la velocidad en la industria. Al proporcionar información en tiempo real, estos sistemas permiten a los operadores tomar decisiones más informadas. Los sistemas de adquisición de datos también se utilizan para detectar y monitorear parámetros de seguridad, como niveles de humo, ruido, temperatura y gases tóxicos, para prevenir y responder rápidamente a posibles amenazas. Además, se pueden utilizar para monitorear la calidad en distintas aplicaciones. Los sistemas de adquisición de datos analógicos miden los datos en



términos de magnitud, lo que los hace precisos y confiables. Los sistemas de adquisición de datos analógicos son capaces de recopilar datos con mayor precisión y detalle que los sistemas digitales, ya que tienen una mayor resolución. Estos sistemas son especialmente útiles para aplicaciones que requieren la medición de señales de audio o vídeo precisas. Además, los sistemas de adquisición de datos analógicos tienen una mayor velocidad de procesamiento que los sistemas digitales, lo que les permite recopilar y procesar datos mucho más rápido. En los últimos años, la investigación en sistemas de adquisición de datos analógicos ha avanzado significativamente debido a la disponibilidad de tecnologías de hardware y software avanzadas, y a la demanda de sistemas más eficientes y fiables. Los sistemas de adquisición de datos analógicos se utilizan para procesar señales analógicas en un entorno de procesamiento digital. Estos sistemas generalmente constan de una combinación de hardware y software para recopilar, procesar y almacenar datos analógicos. Estos sistemas se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde el control de procesos industriales hasta la medición de sensores. Los sistemas de adquisición de datos analógicos se han desarrollado para satisfacer una amplia gama de requisitos de aplicación. Estas aplicaciones incluyen desde la medición de señales de baja potencia hasta la recopilación de señales (Bradney, 2020).

#### **2.4. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DIGITALES**

La disciplina de la Teoría de Sistemas de Adquisición de Datos Digitales (DAS) se enfoca en la adquisición, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos digitales en diversos campos como la investigación científica, ingeniería, medicina, robótica e industria. Un sistema de adquisición de datos digitales está compuesto por varios componentes, incluyendo una fuente de datos, dispositivos de almacenamiento, dispositivos de procesamiento, una red de comunicación y una interfaz de usuario. La fuente de datos puede ser una señal analógica o digital, una imagen, un video, una señal



de audio o una señal de radiofrecuencia. Para almacenar los datos adquiridos se pueden usar dispositivos como discos duros, tarjetas de memoria, discos ópticos, tarjetas flash, discos magnéticos o cintas. LabVIEW es una herramienta de adquisición de datos digitales que se enfoca en la adquisición y procesamiento de datos. Su interfaz gráfica de usuario intuitiva permite la adquisición de datos de dispositivos externos, como sensores, instrumentos, controladores y dispositivos de comunicación, y también la creación de gráficos y diagramas para visualizar los datos adquiridos. National Instruments, por otro lado, es una aplicación de adquisición de datos digitales que ofrece una interfaz gráfica de usuario intuitiva para la adquisición y procesamiento de datos de dispositivos externos, así como herramientas de procesamiento de datos para la creación de gráficos y diagramas. Data Acquisition Toolbox es otra herramienta de adquisición de datos digitales que se centra en la adquisición de datos y también permite una mayor precisión en la recopilación de datos. En general, los sistemas de adquisición de datos digitales ofrecen una mayor precisión en la recopilación de datos y pueden utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones. La razón de esto es que los datos se recopilan directamente en formato digital en lugar de ser convertidos desde un formato analógico. De esta manera, los datos recopilados son más precisos y exactos. Además, los sistemas de adquisición de datos digitales permiten una velocidad de recopilación de datos mayor, lo que se traduce en resultados más rápidos y una reducción del tiempo necesario para recopilar y procesar los datos. También permiten un mayor almacenamiento de datos, lo que permite que se almacenen de forma segura y se acceda fácilmente cuando se necesiten. Los datos pueden almacenarse de manera permanente para su uso futuro. Los sistemas de adquisición de datos digitales han experimentado un gran avance en los últimos años, lo que representa el estado del arte en esta tecnología. Dado que la necesidad de recolectar y procesar datos digitales para diversas aplicaciones sigue aumentando, los sistemas de adquisición de



datos digitales se vuelven cada vez más importantes. Estos sistemas se basan en tecnología de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos y se utilizan para recolectar datos de varios dispositivos, incluidos sensores, dispositivos de medición, dispositivos de control y dispositivos de comunicación, entre otros. Luego, los datos se procesan para obtener información útil que facilite la toma de decisiones. Los sistemas de adquisición de datos digitales se aplican en diversos campos, como medición de procesos, control de procesos, monitoreo de sistemas y seguridad (Hua Zhang, 2021).

#### **2.4.1. Adquisición y Control de Datos en Tiempo Real**

El término "adquisición de datos" se refiere al software y hardware que usamos para medir las características físicas de los procesos del mundo real. Con el término "control", nos referimos al proceso de realizar cambios en atributos específicos en el mundo real. Utilizo las palabras "mundo real" para enfatizar el hecho de que la adquisición y el control de datos se ocupan de procesos fuera de una computadora. Usamos sensores para convertir señales del mundo real a código binario para que las computadoras puedan almacenarlas y procesarlas. Y usamos actuadores (motores, relés, etc.) para controlar atributos específicos en el mundo real. Las tecnologías de adquisición y control de datos son muy comunes en entornos industriales, como fábricas y almacenes. En los últimos 20 años, la adquisición y el control de datos es una parte común de nuestra experiencia diaria. Los automóviles modernos están llenos de computadoras y sensores, que recopilan datos y toman decisiones que controlan todos los aspectos de las operaciones del motor y los subsistemas (Bolo, Mpoeleng, & Zlotnikova, 2019).

Los hogares también se están automatizando utilizando tecnologías similares. En esta lección, proporcionaré una definición amplia de adquisición y control de datos y daré algunos ejemplos. La adquisición de datos es el proceso de muestreo y registro de señales del mundo real. Para grabar una señal del mundo real en la memoria de una computadora,



primero se debe convertir la señal a un formato digital compatible. El muestreo, la conversión, el filtrado, la amplificación, el procesamiento y el registro son los elementos básicos de la adquisición de datos. Un ejemplo simple de una señal del mundo real es la temperatura. Podemos capturar la temperatura con la ayuda de un sensor. Los sensores de temperatura comunes convierten la temperatura en voltaje. El dispositivo de captura puede leer el voltaje y convertirlo en un número binario que luego se almacena en la memoria de una computadora. Las computadoras pueden usar este número para controlar actuadores. Los actuadores son dispositivos que producen algún tipo de trabajo. Ejemplos de actuadores son motores, hornos industriales, relés y solenoides. Las computadoras también pueden analizar rápidamente un gran número de señales del mundo real. El resultado del análisis nos permite comprender algún aspecto de nuestro mundo. Una nueva tecnología revolucionaria que depende del análisis de grandes conjuntos de datos es la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. El resultado de estas tecnologías son computadoras que pueden tomar decisiones. Desde lavadoras hasta automóviles autónomos y exploradores de Marte, las máquinas inteligentes dependen de los procesos de adquisición, análisis y control de datos. Un sistema de control es una computadora diseñada específicamente para controlar uno o más actuadores, como motores, válvulas y frenos hidráulicos. En casi todos los casos, un sistema de control regula un actuador en función de algún tipo de entrada y lógica. La lógica se implementa a través de un lenguaje de programación. La entrada se deriva de un sensor y/o de un usuario humano a través de una interfaz de usuario. No puedo pensar en un sistema de control que no contenga algún tipo de entrada. Los sistemas de control son extremadamente importantes en la vida moderna. Los sistemas de control aseguran que un elevador lo llevará al piso correcto, que el motor de su automóvil inyectará y quemará combustible en el momento exacto para obtener el máximo par y eficiencia, y que la puerta de su garaje no se cerrará sobre



una persona que se encuentre de pie en el lugar y momento equivocados (Ho, Yen, Lai, & Liu, 2021). Los sistemas de control abundan en fábricas, edificios de oficinas, autopistas y aeropuertos. Los sistemas de control funcionan en conjunto con los sistemas de adquisición de datos. De hecho, las capacidades de control y adquisición de datos están integradas en un hardware que hace ambas cosas muy bien. Una aplicación común del sistema de control y adquisición de datos es la regulación de las condiciones ambientales de una habitación. Los termostatos se utilizan comúnmente para esto. Un termostato contiene un sensor de temperatura para medir la temperatura del aire que lo rodea. Los termostatos están conectados a un dispositivo de calefacción y refrigeración, como un calefactor o un acondicionador de aire. El usuario puede configurar el termostato a la temperatura deseada y controla el acondicionador de aire para que la temperatura real del aire coincida con la temperatura seleccionada. Los termostatos inteligentes también contienen memoria. Esto les permite registrar la actividad en la habitación controlada, conocer las preferencias del usuario y controlar el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado para lograr una habitación cómoda y eficiente desde el punto de vista energético sin instrucciones explícitas del usuario. Las cintas transportadoras pueden mover todo tipo de objetos de un lugar a otro de un almacén. La gestión de equipajes en aeropuertos, los almacenes e instalaciones de distribución de Amazon, las líneas de montaje de ordenadores e incluso grandes cantidades de mineral de hierro y carbón se mueven en cintas transportadoras. Con un moderno sistema de control y adquisición de datos, una simple cinta transportadora se transforma en una autopista inteligente de productos. Se utilizan escáneres ópticos y lectores RFID para que el controlador de la cinta transportadora sepa exactamente dónde se encuentra un objeto específico. Luego se utilizan puertas motorizadas para desviar un objeto hacia rutas alternativas (L. Tuck,



2019). Todo esto se hace de forma determinista para que el flujo de productos a través del sistema de cintas transportadoras sea constante.

## 2.5. SENSORES

Para que un sistema de control de circuito cerrado funcione correctamente, se requiere al menos un sensor. Esta herramienta es la encargada de proporcionar al algoritmo de control la variable que debe ser monitoreada. Por ejemplo, si deseamos controlar la velocidad de una máquina, necesitamos un sensor de velocidad para medir la velocidad real (en tiempo real) y proporcionar la información de vuelta al sistema de control (controlador). Se puede definir a un sensor como un dispositivo que recibe un estímulo y emite una señal. Esta descripción es tan amplia que puede aplicarse a casi cualquier cosa en la naturaleza. Imagina un auto circulando por una carretera con un límite de velocidad de 50 km/h. El conductor regulará la posición del acelerador y del freno para mantener la velocidad del vehículo cerca de los 50 km. Si hacemos una analogía del vehículo que se conduce en la carretera con el diagrama de bloques anterior de un sistema de control de circuito cerrado, obtendremos:

- Referencia: Límite de velocidad en carretera (por ejemplo, 50 kph)
- Error medido: La diferencia entre la velocidad de referencia y la velocidad real del vehículo
- Controlador: El conductor
- Entrada del sistema: Posición del pedal del acelerador y/o freno
- Sistema: Vehículo conducido
- Salida del sistema: Velocidad del vehículo
- Sensor: El sensor de velocidad real del vehículo + el velocímetro + los ojos del conductor



- Salida medida: Velocidad real del vehículo

Para este ejemplo en particular, el “sensor” no es un componente exacto sino un complejo de varios componentes, que tienen el propósito de informar al conductor sobre la velocidad real del vehículo. Sin ninguno de estos componentes, el conductor no podría leer la velocidad real del vehículo. En ingeniería estamos interesados en la información que se lee de sistemas artificiales creados por el hombre (Soroush Abbasian Dehkordi, 2020). Dado que la mayoría de los sistemas de control de bucle cerrado tienen controladores electrónicos, los sensores deben enviar la información como una señal eléctrica. Si consideramos al sensor como un sistema de entrada-salida, el estímulo (entrada) es una variable medida, una cantidad física o química (en la mayoría de los casos no eléctrica). En la mayoría de los casos la señal (salida) es una cantidad eléctrica (voltaje). El propósito de un sensor es responder con una señal eléctrica a una propiedad física de entrada. La señal eléctrica enviada por el sensor debe ser compatible con el circuito electrónico receptor (módulo de control). Las curvas características lineales (continuas) se utilizan ampliamente en aplicaciones de control. Los sensores lineales tienen la ventaja de que es fácil verificar su consistencia y son fáciles de calibrar para aplicaciones particulares. Los sensores no lineales (continuos) se usan cuando el lazo de control se enfoca en un rango de trabajo muy estrecho. La característica del sensor también se considera una función de transferencia. Excepto la característica (gráfico), la relación entre la entrada y la salida de un sensor también se puede expresar como una tabla de valores o como una expresión matemática. Si la relación entrada-salida de un sensor no varía en el tiempo, podemos referirnos a ella como una función de transferencia (Sehrawat & Gill, 2019).



Otro criterio para la clasificación del sensor es el tipo de señal de salida. La salida de un sensor discreto puede tener dos etapas: alta o baja (por ejemplo, +5 V o 0 V) o puede ser una onda de forma rectangular con frecuencia variable (ciclo de trabajo). Los sensores no pueden funcionar de forma independiente, necesitan estar conectados a un dispositivo electrónico. En el caso de un sistema de control de lazo cerrado, la salida del sensor debe conectarse al controlador. En la mayoría de los casos, el controlador es un módulo de control electrónico (ECM). La señal eléctrica generada por un sensor no puede ser utilizada directamente por el ECM. La señal es demasiado ruidosa, demasiado débil o, en términos generales, no tiene las propiedades eléctricas esperadas por el receptor (ECM). Para hacer coincidir la salida del sensor con las expectativas del ECM, necesitamos un circuito de acondicionamiento de señal. El módulo de acondicionamiento de señales (circuito) es una interfaz que tiene el propósito de alinear la salida del sensor con los requisitos del dispositivo de carga (ECM). El circuito de acondicionamiento de señales se denomina acondicionador de señales y está diseñado específicamente para proporcionar escalado, amplificación, linealización, filtrado, atenuación y otras funciones de procesamiento de señales. Una función de acondicionamiento de señal muy común es la amplificación.

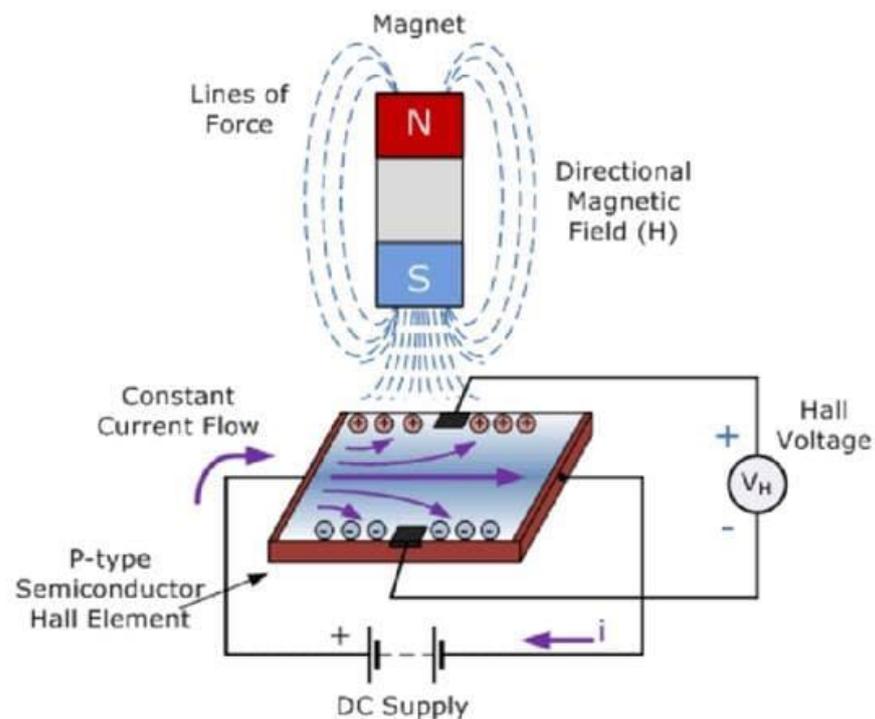
La amplificación de la señal es necesaria para proporcionar al convertidor de analógico a digital (A/D) una señal mucho más fuerte, lo que da como resultado una resolución de señal digital más alta. Un convertidor de analógico a digital (ADC) lee la señal analógica del sensor y produce señales de salida digitales que pueden ser interpretadas por el módulo de control electrónico. Las principales características de los convertidores A/D incluyen resolución, velocidad de conversión, precisión, linealidad y estabilidad. Un término común usado para



sensor es el transductor, que no es del todo exacto. Un transductor es un convertidor entre diferentes tipos de energía (por ejemplo, química a térmica), mientras que un sensor es un convertidor de cualquier tipo de energía en energía eléctrica. Un transductor puede ser parte de un sensor más complejo, como un paso intermedio de conversión de energía. Los sensores son ampliamente utilizados en todas las áreas de la ingeniería, especialmente en aquellas que requieren un sistema de control de lazo cerrado. Desde este punto de vista, tener un buen conocimiento de sensores y procesamiento de señales debería ser un requisito para todo ingeniero (Rajalakshmi Krishnamurthi, 2020). Para cualquier pregunta u observación con respecto a este tutorial, utilice el formulario de comentarios a continuación.

### **2.5.1. Sensor de Corriente**

La detección y medición de corriente son importantes en aplicaciones tales como conversión de energía, carga de baterías y procesos industriales. Se utilizan diferentes tecnologías de detección de corriente, dependiendo de si la medición es para corriente alterna (CA) o corriente continua (CC) y cuánta corriente se necesita medir. Esta pregunta frecuente revisa el efecto Hall, la detección de inducción y las derivaciones resistivas, y analiza el rendimiento relativo, las aplicaciones apropiadas y los costos, y analiza el uso de amplificadores de detección de corriente y filtrado. Se produce un campo magnético alrededor de un conductor portador de corriente proporcional a la cantidad de corriente que fluye. La cantidad de corriente que fluye se puede determinar midiendo el campo magnético. Hay dos formas principales de medir el campo magnético alrededor de un conductor (Pablo Nicolás Granell, 2019). Los dispositivos de efecto Hall se pueden usar para medir CC y CA, mientras que los sensores inductivos se pueden usar para medir CA.



**Figura 1:** Funcionamiento de un sensor Hall.  
Fuente: Pablo Nicolás Granell, 2019.

Un sensor de efecto Hall está compuesto de un núcleo, un dispositivo Hall y un circuito de tratamiento de señal. El campo magnético generado por el conductor que transporta la corriente a medir es concentrado por el núcleo magnéticamente permeable. El dispositivo Hall está colocado perpendicularmente al campo magnético y alimentado con una corriente constante. Cuando el dispositivo Hall se expone al campo magnético, produce una diferencia de voltaje que es leída y amplificada por el circuito de tratamiento de señal para producir una salida proporcional a la corriente que fluye a través del núcleo. (Goswami, Sreejeth, & Singh, 2022). Los sensores Hall están aislados de la corriente y el voltaje monitoreados, lo que minimiza las preocupaciones de seguridad. Además, los sensores de efecto Hall se pueden diseñar para proporcionar mediciones repetibles y precisas de CA y CC. Sin embargo, los dispositivos Hall tienen algunas desventajas:

- Los dispositivos de efecto Hall pueden requerir más energía que los sensores inductivos o derivaciones



- Los dispositivos de efecto Hall pueden tener rangos de medición más limitados en comparación con los sensores inductivos
- Los dispositivos de efecto Hall pueden ser más costosos que los sensores inductivos o las derivaciones

El sensor de corriente inductivo es un dispositivo utilizado para medir la corriente alterna. Está compuesto por un núcleo magnético enrollado con alambre y un acondicionador de señal. La corriente que se desea medir fluye a través del núcleo magnético permeable, lo que amplifica el campo magnético del conductor. La corriente alterna provoca la expansión y contracción del campo magnético, lo que induce una corriente en los devanados. A diferencia de un transformador, el conductor que transporta la corriente se parece al devanado primario y el núcleo funciona como el devanado secundario (Mohammed Asadullah Khan<sup>1</sup>, 2021). La señal de corriente secundaria es transformada en una señal de voltaje de corriente continua, y el circuito de procesamiento produce una salida que está directamente relacionada con la corriente medida. Generalmente, los sensores de corriente inductivos trabajan a una frecuencia de 20 a 100 Hz, aunque es factible diseñarlos para que operen a frecuencias de hasta 1 kHz o incluso superiores. La detección de corriente inductiva está inherentemente aislada del voltaje que se detecta y puede proporcionar una alta precisión y un amplio rango de detección. Tanto los dispositivos de detección inductiva como los de efecto Hall producen una pérdida de inserción cercana a cero (caída de voltaje) en el circuito monitoreado. Los shunts son más resistentes y de menor costo que los dispositivos de detección inductiva y de efecto Hall, pero su uso siempre implica una caída de voltaje medible en el circuito monitoreado.

Una derivación es simplemente una resistencia de bajo ohmio que se usa para medir la corriente. Las derivaciones están disponibles en una amplia gama de corrientes



y voltajes y se pueden usar para medir corrientes de miles de amperios o miliamperios. La corriente a medir fluye a través de la derivación, que está conectada en paralelo con el circuito o dispositivo de medición. El uso de una derivación implica invariablemente una caída de voltaje y generación de calor; por lo tanto, usar una resistencia muy baja del orden de unos pocos miliohmios o menos es una consideración importante. Las derivaciones son resistencias de precisión basadas en la ley de Ohm:  $V = IR$ , donde  $V$  = caída de voltaje,  $I$  = flujo de corriente y  $R$  = resistencia de derivación. Las derivaciones se pueden usar para medir CA o CC y, por lo general, producen una caída de voltaje de unos pocos milivoltios. Cuando se usan para medir CA, las derivaciones presentan desafíos operativos y problemas de seguridad. Cuando se utilizan para monitorear CA en un entorno industrial, las derivaciones (normalmente no aisladas) pueden transportar 480 VCA y presentar un riesgo de descarga eléctrica. Además, en ambientes de 480 Vac, el acondicionador de señal asociado debe estar diseñado para soportar el alto voltaje. Puede ser costoso, negando algunos de los beneficios de usar una derivación de bajo costo. Al medir corrientes altas, las derivaciones pueden necesitar refrigeración. Incluso entonces, pueden estar muy calientes y representar un riesgo potencial de quemaduras. Y el calor generado por una derivación reduce la eficiencia general del sistema y desperdicia energía.

- Las derivaciones son resistentes y pueden soportar altos niveles de sobrecorriente
- Las fallas se pueden detectar rápidamente, lo que hace que las derivaciones sean útiles en aplicaciones relacionadas con la seguridad
- Los shunts brindan mediciones de corriente precisas, lo que los hace útiles en aplicaciones tales como unidades de motor o sistemas de administración de baterías.



- Las derivaciones tienden a ser de bajo costo y tienen una alta confiabilidad.

Las resistencias de derivación están disponibles con películas metálicas o construcciones totalmente metálicas, cada una con diferentes compensaciones de costo/beneficio. Por ejemplo, las derivaciones de película metálica son menos costosas, pero sus coeficientes de temperatura son inferiores a las derivaciones completamente metálicas. Además, su construcción interfiere con las medidas actuales (Bashir, Paul, & Chang, 2019). Las derivaciones de película metálica consisten en una pasta aplicada a un sustrato de cerámica y recortada con láser a la resistencia deseada. El recorte con láser es bueno y puede dar como resultado una alta precisión. La naturaleza heterogénea de los materiales utilizados no es buena y da como resultado una inductancia ( $L$ ), y la ley básica de Ohm no se aplica necesariamente. La fórmula para la caída de tensión en una derivación de película metálica es:  $V = I \times R - (L \times (di/dt))$ , donde  $di/dt$  es la tasa de cambio de corriente a lo largo del tiempo, lo que aumenta la complejidad de determinar la corriente real.

Los shunts completamente metálicos pueden ser más costosos que los dispositivos de película metálica, pero su estructura homogénea produce mediciones más consistentes y sin distorsiones. Dado que no existe inductancia adicional, estos dispositivos son adecuados para aplicaciones de alta precisión, como ingeniería médica o equipos de prueba y medición. Son más resistentes térmicamente que los dispositivos de película metálica, están disponibles en factores de forma mucho más grandes que las resistencias de chip estándar y se pueden usar para medir miliohmios de corriente de un solo dígito con precisión (Wei, Hu, He, Li, & Xiong, 2021). Las aplicaciones que exigen alta precisión pueden beneficiarse del uso de derivaciones de cuatro hilos donde la corriente a medir fluye a través de dos terminales y el voltaje se mide en los otros dos terminales. La separación de los terminales de corriente y voltaje elimina la resistencia del conductor



y del contacto de la medición. Esta es una ventaja para la medición precisa de valores de corriente bajos. La detección de cuatro terminales también se conoce como detección Kelvin. Cada conexión de dos hilos se puede llamar conexión Kelvin. Las derivaciones de cuatro hilos son útiles cuando:

- La línea y la resistencia de contacto son relativamente altas y no despreciables en relación con la resistencia medida.
- El valor de resistencia es inferior a diez miliohmios ( $m\Omega$ ), ya que los valores de resistencia de los conductores también se pueden medir en  $m\Omega$  y, por lo tanto, deben incorporarse.

El filtrado en la entrada o salida de un amplificador de detección de corriente puede ser necesario por varias razones. Por ejemplo, para los amplificadores de detección de corriente, se utilizan resistencias de derivación de película delgada de  $1 m\Omega$  o menos. Las resistencias de película delgada por debajo de  $1 m\Omega$  pueden tener una inductancia de derivación que provoca picos transitorios en la línea de detección de corriente y pueden sobrecargar el extremo frontal del amplificador de detección de corriente. En aplicaciones donde la corriente que se mide es inherentemente ruidosa, el filtrado después de la salida del amplificador de detección de corriente puede ser el mejor enfoque, especialmente si la salida del amplificador está conectada a un circuito de alta impedancia. Otras aplicaciones, como convertidores CC/CC y fuentes de alimentación, también pueden requerir filtrado en la entrada del amplificador de detección de corriente (Zandi & Poshtan, 2019).

Por ejemplo, la inductancia de derivación puede afectar significativamente la respuesta de frecuencia a medida que disminuye el valor de las resistencias de derivación. En valores por debajo de  $1 m\Omega$ , la inductancia de derivación puede causar un cero en la



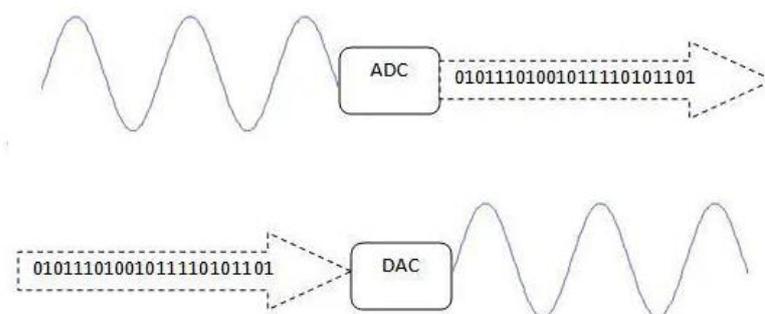
función de transferencia, lo que da como resultado frecuencias de esquina en los bajos 100 de kHz. La amplitud de los picos transitorios de alta frecuencia en la línea de detección de corriente aumenta por la inductancia de derivación y puede sobrecargar el extremo frontal del circuito integrado de detección de corriente de derivación. Agregar filtrado a la entrada del amplificador puede corregir este problema (Figura 3) . El filtrado puede ser necesario incluso si las frecuencias pico están por encima del ancho de banda nominal del IC de detección de corriente.

## **2.6. CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL Y DIGITAL ANALOGICO**

Casi todos los parámetros ambientales medibles están en forma analógica, como temperatura, sonido, presión, luz, etc. Considere un sistema de monitoreo de temperatura en el que no es posible adquirir, analizar y procesar datos de temperatura de sensores con computadoras y procesadores digitales. Por lo tanto, este sistema necesita un dispositivo intermedio para convertir los datos de temperatura analógicos en datos digitales para comunicarse con procesadores digitales como microcontroladores y microprocesadores. Un dispositivo que transforma una señal de voltaje de forma continua a una señal digital de forma discreta se conoce como convertidor analógico a digital (ADC). Estos circuitos integrados electrónicos toman una entrada de voltaje entre 0 y 10 V, -5 V y +5 V, etc., y producen una salida digital que se expresa en números binarios. El término ADC también se refiere a A/D, ADC, A a D o AD. La función inversa de DAC no es más que ADC. El símbolo del convertidor analógico a digital se muestra a continuación (Kosuke Mitarai, 2019). Se pueden emplear varios métodos para convertir una señal analógica en digital. Existen diversos tipos de chips ADC disponibles en el mercado, como la serie ADC08xx, que son fabricados por diferentes empresas. Además, se puede construir un ADC simple utilizando componentes discretos. Las características principales que definen a un ADC son la frecuencia de muestreo y la resolución de bits.

- La rapidez con la que un Convertidor Analógico-Digital puede transformar una señal analógica a digital se denomina frecuencia de muestreo.
- Por otro lado, la precisión con la que un ADC puede realizar la conversión de señal analógica a digital se conoce como resolución de bits.

Los ADC de alto rendimiento ofrecen una serie de ventajas, como una medición repetible, un consumo de energía reducido, una precisión mejorada, una linealidad aumentada, una excelente relación señal-ruido (SNR), etc. Esto hace que la adquisición de datos de varios sensores sea más exacta y rápida (Kim et al., 2019). Uno de los principales beneficios de los ADC es la alta tasa de adquisición de datos, incluso para entradas múltiples (Kim, Kim, Kim, & Yoo, 2019). Estos circuitos integrados (IC) se pueden utilizar para una amplia variedad de aplicaciones, como sistemas de medición y control, instrumentación industrial, sistemas de comunicación y otros sistemas basados en sensores. La clasificación de los ADC se realiza en función de factores como el rendimiento, la tasa de bits, la potencia, el costo, etc.



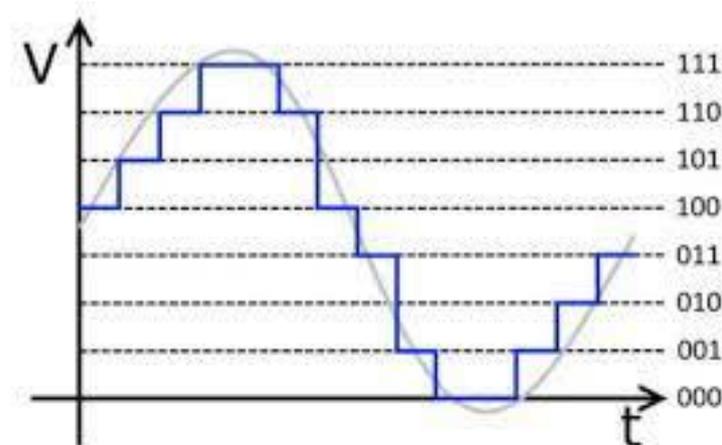
**Figura 2:** Convertidor analógico digital, digital analógico.  
Fuente: Kim et al., 2019.

El diagrama de bloques de ADC se muestra a continuación, que incluye muestra, retención, cuantificación y codificador. El proceso de ADC se puede hacer como el siguiente. Primero, la señal analógica se aplica al primer bloque, es decir, una muestra siempre que se pueda muestrear a una frecuencia de muestreo exacta. El valor de amplitud



de la muestra, como un valor analógico, puede mantenerse dentro del segundo bloque como Hold (Shaofu Xu, 2019). La muestra de retención se puede cuantificar en un valor discreto a través del tercer bloque como cuantificación. Finalmente, el último bloque como codificador cambia la amplitud discreta en un número binario. En ADC, la conversión de la señal de analógico a digital se puede explicar a través del diagrama de bloques anterior. En el bloque de muestra, la señal analógica se puede muestrear en un intervalo de tiempo exacto. Las muestras se utilizan en amplitud continua y tienen un valor real, sin embargo, son discretas con respecto al tiempo. Al convertir la señal, la frecuencia de muestreo juega un papel esencial. Por lo tanto, se puede mantener a un ritmo preciso. Según los requisitos del sistema, la tasa de muestreo se puede fijar. En ADC, HOLD es el segundo bloque y no tiene ninguna función porque simplemente mantiene la amplitud de la muestra hasta que se toma la siguiente muestra. Entonces, el valor de retención no cambia hasta la siguiente muestra. En ADC, este es el tercer bloque que se utiliza principalmente para la cuantificación. La función principal de esto es convertir la amplitud de continuo (analógico) en discreto. El valor de la amplitud continua dentro del bloque de retención se mueve a lo largo del bloque de cuantización para convertirse en una amplitud discreta. Ahora, la señal estará en forma digital porque incluye amplitud discreta además de tiempo. El bloque final en ADC es un codificador que convierte la señal de forma digital a binaria. Sabemos que un dispositivo digital funciona mediante el uso de señales binarias. Por lo tanto, se requiere cambiar la señal de digital a binaria con la ayuda de un codificador. Entonces, este es el método completo para cambiar una señal analógica a digital usando un ADC. El tiempo necesario para la conversión completa se puede hacer en un microsegundo. Hay muchos métodos para convertir señales analógicas en señales digitales. Estos convertidores encuentran más aplicaciones como un dispositivo intermedio para convertir las señales de forma

analógica a digital, muestran la salida en la pantalla LCD a través de un microcontrolador (Esteban Tlelo-Cuautle, 2020). El propósito de un convertidor analógico a digital (A/D) es obtener la palabra de señal de salida que corresponde a una señal analógica. En este momento, se discutirá el ADC 0804, que es un convertidor de 8 bits y utiliza una fuente de alimentación de 5V. Este tipo de ADC solo es capaz de aceptar una señal analógica como entrada.

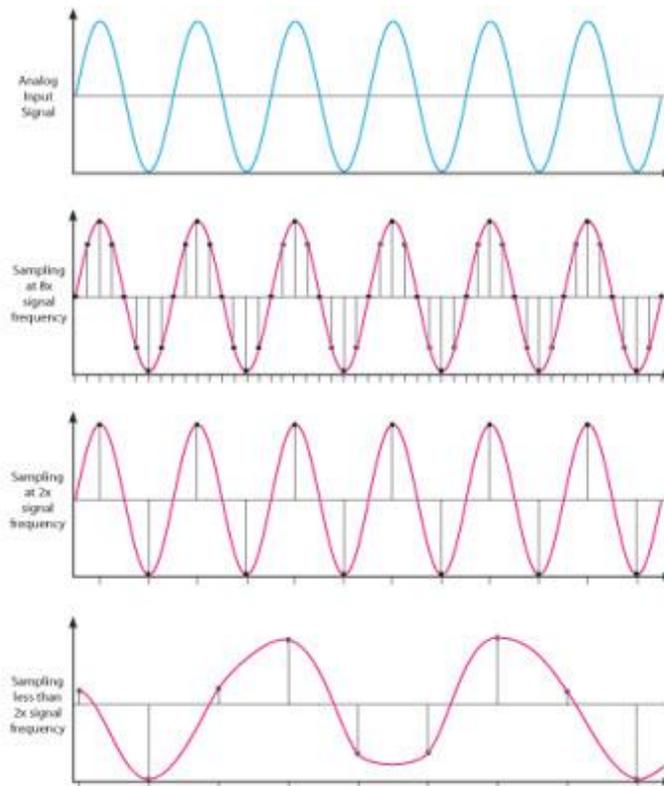


**Figura 3:** Conversión de analógico a digital  
Fuente: Eduardo, 2019.

La salida digital del convertidor analógico a digital (ADC) puede variar en un rango de 0 a 255. El ADC requiere un reloj para su funcionamiento, y el tiempo que tarda en convertir una señal analógica a digital depende de la fuente de reloj utilizada. Si se desea utilizar un reloj externo, se puede asignar al pin 4 de CLK IN. Para utilizar el reloj interno, se debe conectar un circuito RC entre los pines IN y R del reloj. El pin 2 es el pin de entrada, donde el pulso de alto a bajo lleva los datos del registro interno a los pines de salida después de la conversión. El pin 3 es para la escritura, que se activa con un pulso de bajo a alto en el reloj externo. Los pines 11 a 18 son los pines de datos, desde el bit más significativo (MSB) hasta el menos significativo (LSB). El ADC muestrea la señal analógica en cada flanco ascendente o descendente del reloj de muestra. En cada ciclo, el ADC obtiene, mide y convierte la señal analógica en un valor digital. Los datos de salida



del ADC son una serie de valores digitales que aproximadamente representan la señal original con precisión fija. La precisión del valor digital que captura la señal analógica original depende de dos factores en el ADC: el nivel de cuantificación o la tasa de bits y la tasa de muestreo. La siguiente figura muestra cómo se lleva a cabo la conversión de analógico a digital. La tasa de bits decide la resolución de la salida digitalizada y puede observar en la siguiente figura dónde se usa ADC de 3 bits para convertir la señal analógica. Suponga que la señal de un voltio debe convertirse de digital mediante el uso de ADC de 3 bits como se muestra a continuación. Por lo tanto, hay un total de  $2^3=8$  divisiones disponibles para producir una salida de 1V. Este resultado  $1/8=0.125V$  se denomina cambio mínimo o nivel de cuantificación representado para cada división como 000 para 0V, 001 para 0.125 y también hasta 111 para 1V. Si aumentamos las tasas de bits como 6, 8, 12, 14, 16, etc. obtendremos una mejor precisión de la señal. Por lo tanto, la tasa de bits o la cuantificación dan el cambio de salida más pequeño en el valor de la señal analógica que resulta de un cambio en la representación digital. Supongamos que si la señal es de aproximadamente 0-5 V y hemos usado ADC de 8 bits, entonces la salida binaria de 5 V es 256. Y para 3 V es 133, como se muestra a continuación. Existe una posibilidad absoluta de tergiversar la señal de entrada en el lado de salida si se muestrea a una frecuencia diferente a la deseada (Gielen, Hernandez, & Rombouts, 2020). Por lo tanto, otra consideración importante del ADC es la tasa de muestreo. El teorema de Nyquist establece que la reconstrucción de la señal adquirida introduce distorsión a menos que se muestree al (mínimo) el doble de la tasa del contenido de frecuencia más grande de la señal, como puede observar en el diagrama. Pero esta tasa es de 5 a 10 veces la frecuencia máxima de la señal en la práctica.



**Figura 4:** Tasa de muestreo del convertidor analógico a digital  
Fuente: Gielen et al., 2020.

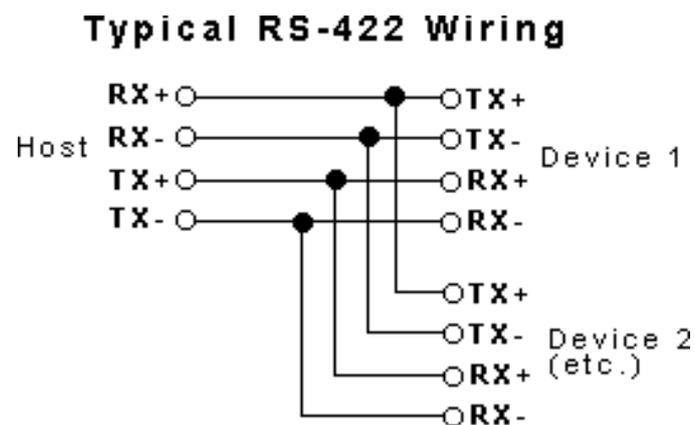
### 2.6.1. Puertos Serie (RS-232, RS-422, RS-485)

La interfaz RS-232 cumple con el estándar de interfaz para comunicación de datos en serie establecido por Electronic Industries Alliance (EIA). El número original es EIA-RS-232 (232, RS232 para abreviar). Es ampliamente utilizado para conexiones periféricas de interfaz serial de computadora. Conexión de cables y procesos mecánicos, eléctricos, de señal y de transferencia. La velocidad de transmisión de datos especificada por el estándar RS-232-C es 50, 75, 100, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 baudios por segundo. RS-232 es una de las principales interfaces de comunicación en serie. Debido a la temprana aparición del estándar de interfaz RS232, es inevitable que existan deficiencias, principalmente en los siguientes cuatro puntos:

- El nivel de señal de la interfaz es alto, por lo que es fácil dañar el chip del circuito de interfaz. El voltaje de cualquier línea de señal en la interfaz RS232 está en una

relación lógica negativa. Es decir: el "1" lógico es  $-3 - 15V$ ; la lógica es "0":  $+3 - +15V$ , y el margen de ruido es  $2V$ . Es decir, se requiere que el receptor reconozca una señal superior a  $+3V$  como un "0" lógico, una señal inferior a  $-3V$  como un "1" lógico, un nivel TTL de  $5V$  como un positivo lógico y 0 como un "1" lógico. negativo. Incompatible con el nivel TTL, se requiere un circuito de cambio de nivel para conectarse al circuito TTL.

- La tasa de transmisión es baja. En transmisión asíncrona, la tasa de bits es de  $20 Kbps$ ; por lo tanto, en la placa de desarrollo 51CPLD, la tasa de baudios del programa integrado solo puede ser  $19200$ , que también es la razón.
- La interfaz utiliza una línea de señal y una cadena de retorno de señal para formar una forma de transmisión de tierra común. Esta transmisión terrestre estándar es propensa a la interferencia de modo común, por lo que la inmunidad al ruido es débil.
- La distancia de transmisión es limitada. La distancia máxima de transmisión es de  $50$  pies. Solo puede alcanzar unos  $15$  metros.



**Figura 5:** Protocolo RS232.  
Fuente: Andrés et al., 2022.

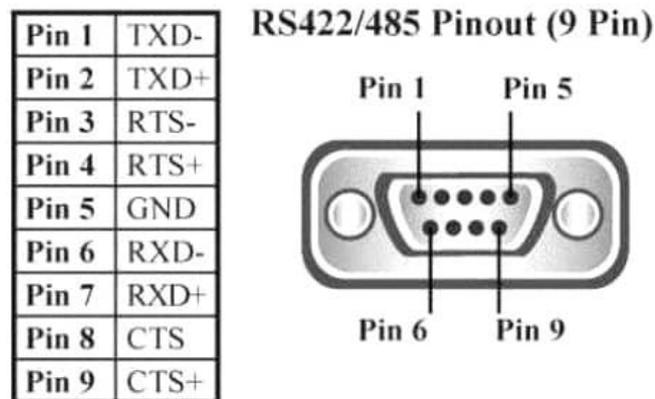
El bus serial RS-485 se usa ampliamente cuando la distancia de comunicación debe ser de varias decenas de metros a varios kilómetros. RS-485 utiliza transmisión balanceada y recepción diferencial para que pueda rechazar la interferencia de modo



común. Además de la alta sensibilidad del transceptor de bus, puede detectar voltajes tan bajos como 200 mV, por lo que recupera la señal transmitida más allá del kilómetro. RS-485 utiliza un modo de operación semidúplex y envía solo un punto en cualquier momento (Dawoud & Dawoud, 2020). Por lo tanto, el circuito de transmisión debe ser controlado por una señal de habilitación. RS-485 es muy conveniente para la interconexión multipunto y puede ahorrar muchas líneas de señal. Aplicaciones RS-485 se puede conectar en red para formar un sistema distribuido que permite conectar hasta 32 unidades y 32 receptores en paralelo. En respuesta a las deficiencias de RS-232-C, el nuevo estándar RS-485 tiene las siguientes características mencionadas:

- Las características eléctricas de RS-485 están representadas por diferencias de voltaje entre las dos líneas, con un nivel lógico "1" entre +2V y +6V y un nivel lógico "0" entre -6V y -2V. El nivel de señal de la interfaz es más bajo que el de RS-232-C, lo que hace que sea más difícil dañar el chip del circuito de la interfaz. Además, el nivel es compatible con el nivel TTL, lo cual facilita la conexión con el circuito TTL.
- La interfaz RS-232-C permite que solo un transceptor esté conectado al bus, es decir, la capacidad de una sola estación. En contraste, la interfaz RS-485 permite solo hasta 128 transceptores conectados en el bus, es decir, capacidad multiestación. El usuario La red de dispositivos se puede establecer rápidamente utilizando una sola interfaz RS-485.

# RS422/485



**Figura 6:** Protocolo RS485.  
Fuente: Andrés et al., 2022.

RS-422 es un estándar de "características eléctricas del circuito de interfaz digital de voltaje balanceado". Esto define los aspectos de la interfaz. Esta señal cuenta con una tierra, y un total de cinco líneas. Dado que el receptor es de alta impedancia de entrada, y el controlador de transmisión tiene una mayor capacidad de conducción que RS232, se pueden conectar múltiples nodos de recepción en la misma línea de transmisión, con un máximo de diez nodos. Un dispositivo maestro (maestro) y el resto de dispositivos esclavos (esclavo), los dispositivos esclavos no pueden comunicarse entre sí, por lo que RS-422 admite comunicación bidireccional de punto a multidireccional. La impedancia de entrada del receptor es de  $4k$ , por lo que la capacidad de carga máxima del transmisor es de  $10$  y  $VECES; 4k + 100\Omega$  (resistencia de terminación). Los circuitos RS-422 y RS-485 tienen el mismo principio. Se envían y reciben en modo diferencial y no se requiere tierra digital. La operación diferencial es la razón fundamental de la larga distancia de transmisión bajo la misma condición de velocidad. Esa es la diferencia real entre RS-422, RS-485 y RS232, porque RS232 es una entrada y salida de un solo extremo, y se requiere al menos una conexión a tierra digital para la operación dúplex (Li, 2022). Enviar línea y aceptar línea tres (transmisión asíncrona). También puede agregar otras líneas de control



para completar la sincronización y otras funciones. Por lo tanto, solo se puede recibir o transmitir a la vez (semi-duplex). RS-422 y RS-485 pueden transmitir hasta 1200 metros a una velocidad de 19kbps. Un dispositivo puede estar conectado a la línea a través de un transceptor nuevo. El rendimiento eléctrico de RS-422 es el mismo que RS-485, la única diferencia es que RS-422 cuenta con cuatro líneas de señal: dos para transmitir (Y, Z) y dos para recibir (A, B). Esto permite que RS-422 reciba y transmita simultáneamente (full-duplex), mientras que RS-485 solo puede realizar una de estas tareas a la vez (semi-duplex).

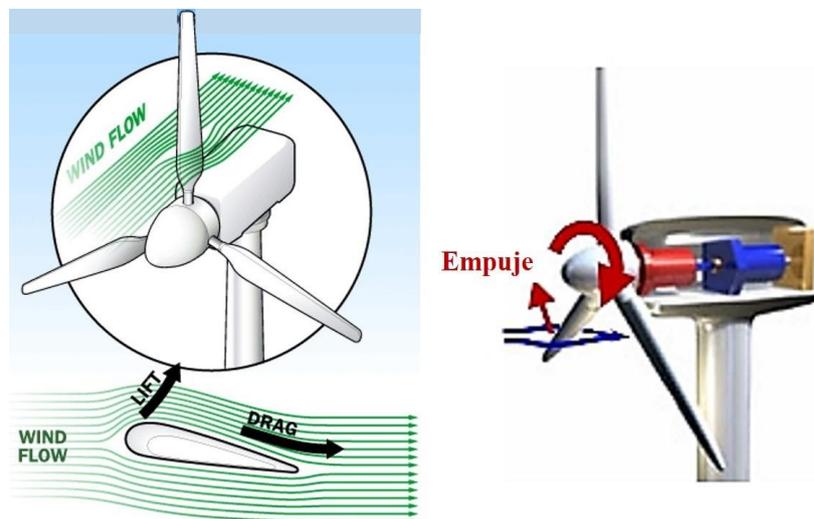
## **2.7. ENERGÍA EOLICA**

La energía eólica es una fuente de energía que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica o eléctrica mediante el uso de turbinas eólicas. La energía mecánica generada por las turbinas eólicas se puede utilizar para realizar diferentes tareas, como moler granos o bombear agua, mientras que la energía eléctrica se produce mediante la conversión de la energía mecánica en electricidad mediante un generador. Si desea comprender mejor el proceso, puede visualizar una representación gráfica de los componentes de una turbina eólica o ver una animación que muestra cómo el movimiento del aire hace girar las aspas de la turbina eólica y cómo los componentes internos trabajan juntos para generar electricidad. Las turbinas eólicas pueden proporcionar energía para uso en el sitio, así como para exportar para la venta (Ángel Germán, 2019). Las necesidades energéticas determinarán el tamaño de la turbina. La economía de las turbinas eólicas se maximiza cuando el tamaño del proyecto está diseñado para satisfacer las necesidades energéticas de la carga y, al mismo tiempo, monetizar las economías de escala y el historial del equipo. El uso de energía residencial en el sitio requiere una pequeña turbina (generalmente menos de 10 kilovatios (kW)) que puede generar la cantidad de energía que el hogar requiere para la operación diaria. Las máquinas medianas



pueden producir suficiente energía para igualar cargas comerciales más grandes en el sitio. Las máquinas a escala de servicios públicos que maximizan la generación para la huella y el costo de la infraestructura del sitio son las más adecuadas para proyectos a escala de servicios públicos. Independientemente del tamaño del proyecto, los proyectos conectados a la red eléctrica requerirán aprobaciones de servicios públicos y pueden requerir estudios de impacto en la red antes de que pueda comenzar la construcción. Las pequeñas turbinas residenciales producen tanta energía como la que requiere un hogar. Debido a que estas turbinas generalmente se instalan en torres más cortas, debe obtener una evaluación del sitio para determinar dónde ubicar el proyecto para asegurarse de que funcionará según lo diseñado. Estas turbinas eólicas se compran en efectivo, por lo que, si bien es importante considerar el retorno de la inversión, no siempre es el factor decisivo para que un proyecto avance. Muchos estados brindan incentivos para esta clase de máquina. Las turbinas eólicas a escala residencial generalmente no garantizan una evaluación detallada de los recursos en el sitio. Esta clase de turbina eólica es adecuada para pequeñas empresas, granjas, ranchos, escuelas, edificios de oficinas, parte de un campus o una carga pública como un hospital. Esta máquina puede producir más energía que la que consume una casa promedio, pero también incorpora un mayor nivel de sofisticación, lo que resulta en una mayor eficiencia y producción de energía, pero también requiere un mantenimiento más costoso. Estas turbinas, aunque requieren menos mantenimiento que las máquinas más grandes, pueden costar tanto como una casa. Si desea financiar este tipo de proyecto, debe ser de tamaño pequeño para que el prestamista lo revise. Además, es posible que los proyectos de este tamaño requieran una evaluación de recursos en el sitio, pero se pueden utilizar mediciones cercanas y modelos de proyecto y ubicación experimentados para avanzar. (Karina Torres-Castro, 2021). Esta clase de aerogenerador produce cantidades comerciales de energía y puede combinarse bien con

campus, instalaciones más grandes, comunidades y cargas públicas municipales más grandes. Esta clase de turbina eólica comparte muchos atributos técnicos y operativos de las máquinas a gran escala y, a menudo, se instala en torres que requieren permisos especiales y coordinación con otras organizaciones o agencias reguladoras. Estas turbinas a menudo representan una inversión de capital sustancial y, por lo tanto, requieren aprobaciones corporativas o institucionales. No es inusual que los gerentes de instalaciones se asocien con actores financieros mientras desarrollan proyectos de este tamaño. Estos proyectos requieren un modelado de proyectos experimentado y detallado utilizando datos de recursos eólicos en el sitio o en las cercanías.



**Figura 7:** Generador Eólico.  
Fuente: Karina Torres-Castro, 2021.

Esta clase de turbina eólica se encuentra en el extremo superior de las máquinas de tamaño mediano y es muy adecuada para comunidades y cargas industriales muy grandes en el sitio e incluso puede formar la base de pequeños parques eólicos en ciertas situaciones. Esta clase de máquina es típicamente indistinguible de las turbinas a escala de servicios públicos en términos de tecnología. Las torres a menudo superan los 200 pies, por lo que deben equiparse con iluminación de obstrucción. Los proyectos de este tamaño merecen la participación y el respaldo



o la aprobación de la comunidad en todos los niveles. Esta clase, excepto en situaciones muy inusuales, generalmente se financia a través de prestamistas comerciales con sus propios requisitos de diligencia debida y, por lo tanto, requiere estudios de factibilidad y campañas de evaluación de recursos en el sitio. Aerogeneradores a gran escala, aunque también se instalan ocasionalmente en el punto de uso, generalmente se instalan en grandes grupos que producen energía para la venta. Se trata de turbinas eólicas de última generación y muy eficientes que funcionan con tasas de disponibilidad excepcionalmente altas y generan electricidad a un costo competitivo a escala de las centrales eléctricas. Estas grandes turbinas tienen rotores que miden más de 250 pies de diámetro y están instaladas en torres altas que requieren notificación e iluminación de obstrucciones de aviación (Eduardo, 2019). Debido a su tamaño y la escala de las instalaciones, las turbinas eólicas a gran escala requieren una coordinación ambiental, pública y de servicios públicos al más alto nivel. Los parques eólicos a escala de servicios públicos requieren evaluaciones de recursos exigentes, diligencia debida legal y financiera, integración de servicios públicos y financiamiento típico de instalaciones de inversiones de capital muy grandes, como los aeropuertos.

## **2.8. TIPOS DE GENERADORES EOLICOS**

La base de la energía eólica es la energía cinética del viento, que se puede aprovechar para hacer girar algunos dispositivos, como los molinos de viento. Esta vez, sin embargo, se puede usar para generar electricidad, como sucede con las turbinas de gas, donde el gas caliente hace girar la turbina y genera energía. Por lo tanto, lo que se entiende como energía eólica es la energía generada por el viento a través de turbinas eólicas (Esteve et al., 2019). Esta energía se puede dividir en dos categorías: energía



eólica terrestre y energía eólica marina, dependiendo de dónde se recolecta su energía. (Esteve, Silveira, & Maldonado, 2019). El viento terrestre en sí mismo se puede clasificar en dos tipos de "pequeño viento" o "viento distribuido" y viento a gran escala:

- Small wind se refiere al uso de energía eólica en pequeña escala para hogares, granjas y negocios, para lo cual se utilizan pequeños aerogeneradores con potencias de hasta 100 KW para proporcionar la potencia requerida. En esta configuración, las turbinas ganadoras no están conectadas a la red y su energía generada es consumida directamente por el usuario final.
- El viento a gran escala se refiere al uso de la energía eólica en aplicaciones de generación de energía a gran escala. La turbina eólica utilizada para este viento tiene tamaños dentro del rango de tan solo 100 KW hasta varios megavatios. A pesar de las pequeñas turbinas eólicas, la energía generada por las turbinas eólicas a gran escala se inyecta en la red eléctrica para ser distribuida y utilizada por los usuarios finales.
- La energía eólica marina, como su nombre indica, está utilizando energía eólica en áreas marinas mediante la instalación de grandes aerogeneradores en ellas. Las turbinas eólicas en alta mar son más grandes que las turbinas eólicas en tierra y, por lo tanto, generalmente pueden generar más energía que sus contrapartes en tierra.

Las turbinas eólicas que realizan la conversión de energía eólica en energía eléctrica también se pueden clasificar en diferentes tipos. Las turbinas eólicas se clasifican en el sentido más general en los dos tipos de turbina eólica de eje horizontal (HAWT) y turbina eólica de eje vertical (VAWT). A pesar de que hay turbinas eólicas que no pertenecen a ninguno de estos dos tipos, debido a su implementación muy limitada en aplicaciones reales, naturalmente podemos



quedarnos con los dos tipos de HAWT y VAWT como los principales tipos de turbinas eólicas utilizadas en acción.

### **2.8.1. Generador de Tipo HAWT**

Uno de los tipos importantes de aerogeneradores es el HAWT, que es el aerogenerador más utilizado que existe. Estos tipos de turbinas eólicas son probablemente lo que pensaría cuando escuche "turbina eólica". El diseño de estas turbinas sigue más o menos la misma idea ya implementada en los molinos de viento; palas de rotor que están conectadas a un eje y lo giran cuando el viento las golpea, solo que esta vez el eje está conectado a un generador que produce la energía eléctrica prometida. Se parecen a una gran hélice de avión montada en la parte superior de un mástil o torre. Los aerogeneradores de eje horizontal son uno de los tipos de aerogeneradores que requieren estar alineados con la dirección del viento (González Silverio, 2021). Por lo tanto, requieren un sensor de viento que detecte la dirección del viento y algún mecanismo de guiñada que gire el dispositivo para que esté correctamente alineado contra el viento. La razón de la necesidad de enfrentarse al viento es tanto una distribución más eficaz de la fuerza sobre los rotores como la prevención de daños estructurales en la turbina debido a una carga inadecuada en la estructura de la turbina. Hablando de consideraciones estructurales, la estructura de las turbinas eólicas de eje horizontal debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso de las palas del rotor, la caja de cambios, el generador y otros componentes de la turbina. Adicionalmente, la base del mástil deberá ser capaz de soportar los fuertes vientos que soplen donde se instale la turbina. De los diferentes tipos de aerogeneradores, los HAWT son el tipo más utilizado debido a su eficiencia y mayor capacidad de generación de energía para el mismo espacio. Por lo tanto, la mayoría de los parques eólicos, que son centrales eléctricas con varios aerogeneradores que generan energía, utilizan este tipo de aerogeneradores. Las turbinas

eólicas de eje horizontal incluyen básicamente dos tipos, a saber, turbinas contra el viento y turbinas a favor del viento (Ramírez Arboleda, 2021). Discutamos cada uno más a continuación. Este tipo de aerogeneradores son los más utilizados. Los HAWT contra el viento se enfrentan al viento, lo que significa que el viento llega a los rotores antes que al mástil. Por lo tanto, los rotores no sufren la sombra del viento detrás de la torre, lo que significa una operación más eficiente, así como una menor susceptibilidad al desgaste de los rotores. No obstante, la necesidad del mecanismo de guiñada aumenta el peso de la estructura. Las turbinas eólicas de eje horizontal a favor del viento son los tipos de turbinas eólicas que se ven con menos frecuencia. Su diseño se parece bastante al de los HAWT contra el viento, excepto por la ubicación del rotor, que está aguas abajo de la torre; el viento golpea el mástil antes de llegar a las palas. Esta configuración permite una mayor flexibilidad de las palas del rotor y, por lo tanto, se puede utilizar un material más ligero. Por lo tanto, este diseño tiene dos propósitos: un peso estructural más ligero y una mejor dinámica estructural de la torre al quitar algo de la carga de la torre a las palas durante su flexión.



**Figura 8:** Generador Eólico – HAWT.  
Fuente: Ramírez Arboleda, 2021.



### 2.8.2. Generador de Tipo VAWT

Las turbinas eólicas de eje vertical (VAWT) son uno de los tipos de turbinas eólicas cuyos rotores hacen girar un eje que se instala verticalmente. Esta forma de diseño permite una menor sensibilidad con respecto a la dirección del viento, lo que los convierte en la opción perfecta para lugares donde la dirección del viento cambia con frecuencia. No importa en qué dirección sople el viento, las aspas aún se moverían y rotarían el eje para producir energía. El generador de este tipo de aerogeneradores se encuentra cerca del suelo. Esto se debe a que llevarlo a una altura no sería tan plausible dado el diseño de los rotores y su altura. Esta configuración facilita el mantenimiento de los aerogeneradores de eje vertical frente a los aerogeneradores de eje horizontal, que tienen todos los componentes instalados a cierta altura. Sin embargo, las turbinas eólicas de eje vertical tienen menos eficiencias que las HAWT debido a la cantidad significativa de arrastre de aire en los rotores para algunos diseños, así como a una menor potencia de salida debido al hecho de que la velocidad del viento y su flujo a una distancia del suelo es mayor y más suave que el nivel del suelo (Andrés, Mateo, & Pedro Arturo, 2022). La fuerza que hace girar las turbinas Savonius es el arrastre, lo que las convierte en VAWT de tipo arrastre. La idea de su diseño es bastante similar a la de los anemómetros de cazoletas. En los anemómetros de copa, como el que se muestra a continuación, siempre hay una copa que mira hacia el viento y experimenta la mayor resistencia ejercida sobre su superficie, mientras que otras copas tienen sus otras superficies redondas y, por lo tanto, que reducen la resistencia hacia el viento. El punto importante de este diseño es que rotaría sin importar en qué dirección sople el viento. Estos tipos de aerogeneradores también son muy buenos para trabajar con vientos de baja velocidad, son fáciles de fabricar y mantener, y funcionan bien con viento turbulento. A pesar de estas ventajas, este diseño es altamente ineficiente. Es porque las fuerzas de arrastre favorables y



adversas no son tan diferentes entre sí y, por lo tanto, la velocidad de rotación no sería tan alta. Estos tipos de turbinas eólicas pueden arrancar automáticamente debido al alto par generado, pero sus bajas RPM significan que no se puede producir mucha energía eléctrica en el generador. Por lo tanto, no se pueden usar para la generación de energía a gran escala y solo podrían ser buenos para aplicaciones a pequeña escala donde otros tipos de turbinas eólicas no podrían funcionar tan bien. Existen estos diseños de turbinas Savonius retorcidas que tienen palas helicoidales largas que generan un par de torsión sin problemas que podrían usarse en los techos. Los aerogeneradores Giromill están inspirados en los aerogeneradores Darrieus. Estos tipos de aerogeneradores, por lo tanto, son VAWT de tipo ascensor con palas verticales rectas en lugar de curvas (Erazo Laverde, 2023). Las turbinas Giromill no arrancan automáticamente como las turbinas eólicas Darrieus y es posible que no tengan una velocidad de rotación constante. Por lo tanto, no son tan eficientes como las turbinas Darrieus. No obstante, son más baratos, más fáciles de fabricar y pueden funcionar bien con vientos turbulentos. Las turbinas eólicas Darrieus, a diferencia de las turbinas eólicas Savonius, son VAWT de tipo ascensor, en las que se ha implementado la idea de producción de superficies aerodinámicas. Este tipo de aerogeneradores son los aerogeneradores de eje vertical más utilizados para la generación de energía con palas curvas, en forma de C, que van desde la parte superior de la torre hasta la parte inferior donde se conecta al eje del generador. Tienen buena eficiencia porque giran a velocidades más altas que podrían generar más energía.



**Figura 9:** Generador Eólico – VAWT.  
Fuente: Erazo Laverde, 2023.

## 2.9. SISTEMAS IOT

Los dispositivos pueden adquirir inteligencia a través de la incorporación de sensores, lo que ha sido posible gracias a los chips de computadora económicos y la presencia de redes inalámbricas. Esto permite a los objetos recopilar y compartir información sin la necesidad de intervención humana, lo que ha dado lugar a la Internet de las Cosas (IoT). Ejemplos de dispositivos IoT incluyen lámparas que se pueden encender con una aplicación móvil, detectores de movimiento, termostatos inteligentes y farolas conectadas que se ajustan automáticamente a la luz solar. El IoT tiene aplicaciones que van desde juguetes para niños hasta camiones autónomos, y los proyectos de ciudades inteligentes están utilizando sensores para monitorear y controlar el medio ambiente. Los dispositivos portátiles, como los relojes inteligentes y las pulseras de fitness, también se consideran parte del IoT. La tecnología detrás del IoT ha estado en desarrollo desde las décadas de 1980 y 1990, pero ha sido lenta debido a las limitaciones tecnológicas. Sin embargo, la disminución del costo de los sensores y la conexión a Internet ha permitido

que la funcionalidad básica del IoT sea accesible para casi cualquier objeto a un costo muy bajo. La adopción de IPv6, una versión más reciente de la tecnología de direccionamiento de Internet, ha sido un requisito clave para la expansión del IoT. El término "IoT" fue acuñado por Kevin Ashton en 1999, pero la tecnología no cumplió con su visión hasta al menos una década después.



**Figura 10:** Sistemas IoT.

Fuente: Córdova Córdova & Carrasco Chipantiza, 2018.

Al principio, la Internet de las Cosas se enfocó en la comunicación entre máquinas y fue principalmente relevante para las empresas e industrias, bajo el nombre de Máquina a Máquina (M2M). Sin embargo, actualmente la atención se ha desplazado hacia el uso de dispositivos inteligentes en hogares y oficinas, lo que la hace relevante para cualquier persona. Se exploraron diversas ideas para conectar objetos a Internet, como los "blogjects", la computación ubicua, la computación invisible y la computación generalizada, pero fue la Internet de las Cosas la que tuvo éxito. Según IDC, en 2025 habrá 41.600 millones de dispositivos IoT, conocidos como "cosas". La empresa afirma que los sistemas industriales y automotrices ofrecen una gran oportunidad para los dispositivos conectados, pero también predice una amplia adopción de dispositivos portátiles y domésticos inteligentes en el futuro cercano (Abdessamie, 2021). Según Gartner, se espera que haya unos 5.800 millones de dispositivos IoT en los sectores



empresarial y automotriz este año, lo que representa un aumento de alrededor del 25% en comparación con 2019. La tecnología de IoT se utiliza ampliamente en servicios públicos, particularmente en la implementación de medidores inteligentes y herramientas de seguridad, como la detección de intrusos y las cámaras web. La automatización de edificios es la aplicación de IoT que se espera que tenga el mayor crecimiento, seguida de la industria automotriz y la atención médica. Estos avances son conocidos como la Internet industrial de las cosas, la cuarta revolución industrial o Industria 4.0. Al igual que los dispositivos IoT para uso doméstico, la Internet industrial de las cosas utiliza sensores, redes inalámbricas, Big Data, Inteligencia Artificial y análisis para monitorear y mejorar los procesos industriales. Si se implementa en toda la cadena de suministro, en lugar de solo en empresas individuales, su efecto puede ser aún mayor, asegurando el suministro de materiales a tiempo y mejorando la gestión de la fabricación desde el principio hasta el fin. (Paz Penagos, Moreno, & Poveda, 2019). Para empezar, el Internet de las Cosas (IoT) puede ayudar a las empresas a mejorar la eficiencia de su fuerza de trabajo y reducir costos, así como a crear nuevas fuentes de ingresos. En lugar de simplemente vender un producto, como un motor, los fabricantes pueden ofrecer servicios de mantenimiento predictivo para el mismo. La recopilación, almacenamiento y análisis de datos generados por dispositivos IoT es crucial para su utilidad en los negocios. Las empresas están integrando la información obtenida de dispositivos IoT en sistemas de Inteligencia Artificial (IA) para obtener un mayor beneficio. Google, por ejemplo, utiliza una IA para controlar el sistema de refrigeración en sus instalaciones, la cual utiliza datos de miles de dispositivos IoT en redes neuronales profundas para predecir los resultados de diferentes opciones de consumo de energía. El aprendizaje automático y la inteligencia artificial también se han aplicado en otros ámbitos de la industria para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las empresas.



## 2.10. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN C++

C++ es un lenguaje de programación de propósito general de alto nivel que es sintácticamente similar al inglés, conocido popularmente como una extensión de C. Usando C++, podemos Desarrollar o Codificar SO (Sistema Operativo), Juegos, aplicaciones, etc. C ++ fue desarrollado por Bjarne Stroustrup en 1979 y luego se estandarizó en el año 1998. La intención de Bjarne Stroustrup es agregar clases al lenguaje C existente. Anteriormente, C ++ se denominó 'C con clases', luego se le cambió el nombre agregando un operador ++ a C en 1983, por lo tanto, C ++ se conoce como una extensión de C que tiene capacidades orientadas a objetos / paradigma como clases, objetos, herencia, sobrecarga de operadores, etc. En 1985, se lanzó el lenguaje de programación Bjarne Stroustrup C ++; sin embargo, en 1989 se agregaron algunas características nuevas al lenguaje de programación C ++, como estático y protegido. En 1990 se publicaron el manual de referencia de C++ y el compilador Turbo C++, lo que crea un impacto sustancial en el desarrollo de C++. En 1998, el comité de estándares y asesoramiento habitual de C++ publicó el primer estándar internacional para C++ ISO , conocido popularmente como C++98 . Más tarde, en 2011, C ++ agregó algunas características más que incluyen un nuevo bucle para cada uno, Auto, plantillas variadas, nueva biblioteca de tiempo de C ++, etc., que se conocen popularmente como características de C ++ 11. A pesar de que las tecnologías cambiaron y muchos lenguajes nuevos están en el mercado, todavía C ++ juega un papel vital en las nuevas tecnologías como AI, ML, Big Data, etc. Además, sigue siendo uno de los lenguajes populares y de referencia para los desarrolladores. C ++ le permite tener mucho control sobre los recursos de la computadora y, si se maneja correctamente, brinda un gran rendimiento en términos de velocidad. De hecho, es el lenguaje de programación de más rápido



crecimiento (Flores, 2022). Usando C ++, se puede escribir un programa que sea eficiente en memoria ya que no hay recolección de basura.

### **2.10.1. Arduino**

Arduino es una plataforma de software y hardware de código abierto que se utiliza para diseñar y construir dispositivos electrónicos. Diseña y fabrica kits de microcontroladores e interfaces de placa única para proyectos de electrónica de construcción. Las placas Arduino se crearon inicialmente para ayudar a los estudiantes con conocimientos no técnicos. Los diseños de placas Arduino utilizan una variedad de controladores y microprocesadores. La placa Arduino consta de conjuntos de pines de E/S (entrada/salida) analógicos y digitales, que además están interconectados con la placa de prueba, las placas de expansión y otros

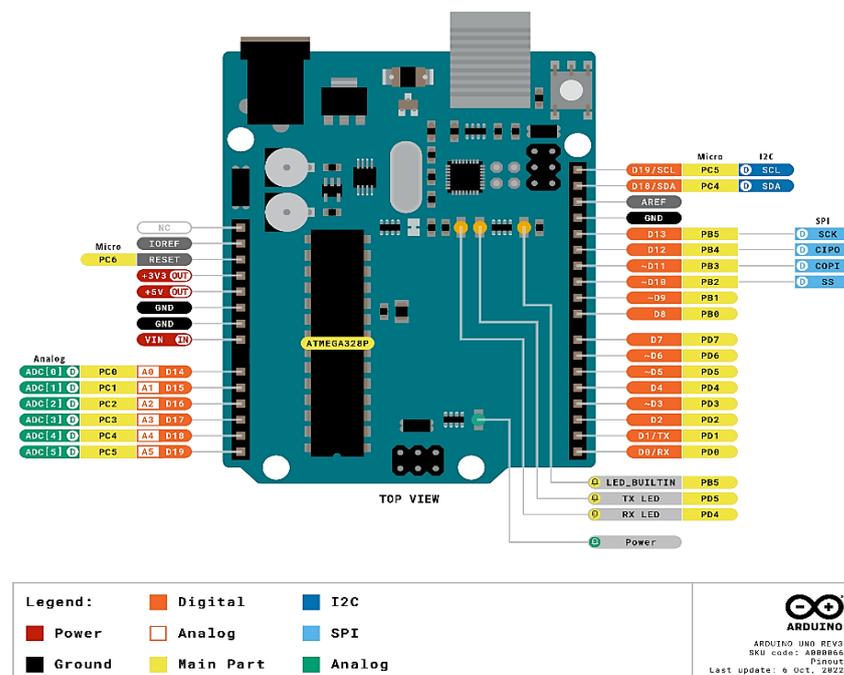
circuitos. Dichas placas cuentan con el modelo Universal Serial Bus (USB) e interfaces de comunicación en serie, que se utilizan para cargar programas desde las computadoras. También proporciona un proyecto IDE (Entorno de desarrollo integrado), que se basa en el lenguaje de procesamiento para cargar el código en la placa física. Los proyectos están autorizados bajo la GPL y LGPL. La GPL se denomina Licencia Pública General GNU. La licencia LGPL se denomina GNU Lesser General Public License. Permite el uso de placas Arduino, su distribución de software y puede ser fabricado por cualquier persona. También está disponible en forma de kits de auto práctica.

El Arduino se utiliza para varios propósitos, tales como:

- Botón de dedo.
- Botón para activación del motor.
- La luz como sensor.
- Botón LED.

- Diseño.
- La construcción de dispositivos electrónicos.

Para crear proyectos electrónicos, se puede utilizar la plataforma de hardware y software llamada Arduino. Esta plataforma es de código abierto y ofrece una variedad de controladores y microprocesadores. Hay varios tipos de placas Arduino disponibles para diferentes propósitos. Cada placa es una placa de circuito integrado que contiene diferentes partes o interfaces. Estas placas tienen un conjunto de pines digitales y analógicos que se pueden usar para conectar componentes y dispositivos que se requieren para que los dispositivos electrónicos funcionen. En particular, la mayoría de las placas Arduino incluyen 14 pines de entrada/salida digitales (Bafdal, Suryadi, & Bono, 2020). Los pines analógicos en Arduino son principalmente útiles para el control de grano fino. Los pines de la placa Arduino están dispuestos en un patrón específico. Los otros dispositivos en la placa Arduino son puerto USB, pequeños componentes (regulador de voltaje u oscilador), microcontrolador, conector de alimentación, etc.



**Figura 11:** Arduino Uno.  
Fuente: Bafdal et al., 2020.



Las características de Arduino se enumeran a continuación:

- La programación Arduino es una versión simplificada de C++, lo que facilita el proceso de aprendizaje.
- El IDE de Arduino se utiliza para controlar las funciones de las placas. Además, envía el conjunto de especificaciones al microcontrolador.
- Arduino no necesita una placa o pieza adicional para cargar un nuevo código.
- Arduino puede leer señales de entrada analógicas y digitales.
- La plataforma de hardware y software es fácil de usar e implementar.

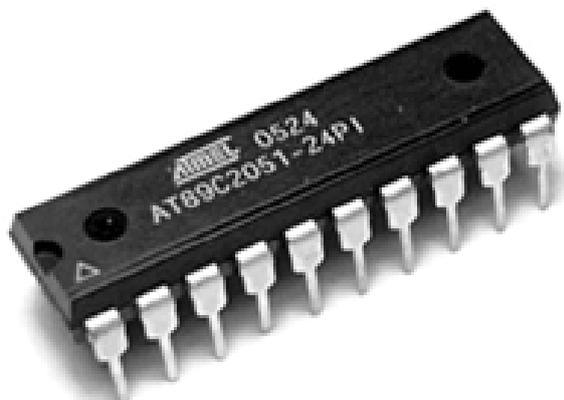
El proyecto comenzó en el Instituto de Diseño de Interacción en Ivrea, Italia. Bajo la supervisión de Casey Reas y Massimo Banzi, el Hernando Bar en 2003 creó el Cableado (una plataforma de desarrollo). Fue considerado como el proyecto de tesis de maestría en el IDII. La plataforma Wiring incluye la PCB (Placa de Circuito Impreso). El PCB se opera con el microcontrolador ATmega168. El microcontrolador ATmega168 era un IDE. Se basó en la biblioteca y las funciones de procesamiento, que se utilizan para programar fácilmente el microcontrolador. En 2005, Massimo Banzi, David Cuartielles, David Mellis y otro estudiante del IDII apoyaron el ATmega168 a la plataforma Wiring (Kamaruddin, Mali, Murad, & Latiff, 2020). Además, llamaron al proyecto Arduino. El proyecto de Arduino se inició en 2005 para estudiantes en Ivrea, Italia. Su objetivo era proporcionar un método fácil y de bajo costo para que los aficionados y profesionales interactuaran con el entorno utilizando los actuadores y los sensores. Los dispositivos para principiantes eran simples detectores de movimiento, robots y termostatos. A mediados de 2011, la producción estimada de Arduino comercialmente era de 300.000. En 2013, las placas Arduino en uso eran unas 700.000. Alrededor de abril de 2017, Massimo Banzi presentó la base de Arduino como el "nuevo comienzo para Arduino". En julio de 2017, Musto continuó extrayendo muchas licencias de código abierto y el

código de los sitios web de Arduino. En octubre de 2017, Arduino presentó su colaboración con ARM Holdings. Arduino continúa trabajando con arquitecturas y proveedores de tecnología (Barik, 2019).

### 2.10.2. Microcontrolador

La parte más esencial del Arduino es el Microcontrolador, que se muestra a continuación:

- El microcontrolador es una computadora pequeña y de bajo consumo. La mayoría de los microcontroladores tienen una RAM (memoria de acceso aleatorio), una CPU (unidad central de procesamiento) y un almacenamiento de memoria como otros sistemas informáticos.
- Tiene una memoria muy pequeña de 2KB (dos Kilobytes). Debido a la menor cantidad de memoria, algunos microcontroladores solo pueden ejecutar un programa a la vez.
- Es un solo chip que incluye memoria, periféricos de entrada/salida (E/S) y un procesador.
- Los pines GPIO (General Purpose Input Output) presentes en el chip nos ayudan a controlar otros componentes electrónicos o circuitos desde el programa.



**Figura 12:** Microcontrolador del Arduino Uno.  
Fuente: Barik, 2019.



Tenemos muchos dispositivos electrónicos a nuestro alrededor. La mayor parte del aparato consiste en el microcontrolador para su funcionamiento. Analicemos algunos de los ejemplos.

- El microcontrolador presente en el horno de microondas acepta la entrada del usuario y controla el funcionamiento del imán que genera rayos de microondas para cocinar los alimentos y muestra el temporizador de salida.
- Los automóviles modernos también contienen docenas de microcontroladores que funcionan en tándem (uno tras otro) para controlar funciones como iluminación, interfaz de radio, etc.

Hay una variedad de placas Arduino utilizadas para diferentes propósitos. La placa varía en pines de E/S, tamaño, etc. Los diversos componentes presentes en las placas Arduino son microcontrolador, pines de entrada/salida digital, interfaz y conector USB, pines analógicos, botón de reinicio, botón de encendido, LED, oscilador de cristal y Regulador de voltaje (Prakash & Jai Prakash, 2021). Algunos componentes pueden diferir según el tipo de placa. Analicemos algunas de las placas Arduino populares.

- Arduino Uno
- Arduino Nano
- Mega Arduino
- Arduino Debido
- Arduino Bluetooth



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Se recopilaron un total de 29391 muestras de cada variable de medición medida por los sensores. El sistema de adquisición tomo datos contantemente para obtener una data optima y fiable para el análisis. El proceso de recolección de datos se llevó a cabo desde 2023-04-12 hasta 2023-05-03 durante días consecutivos en la ciudad de Puno y Juliaca.

#### 3.2. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los sistemas para la adquisición de datos serán una réplica los dos puntos de recolección de datos para su posterior análisis. Para la investigación se recolectará datos en dos puntos de la ciudad de Juliaca y Puno con el mismo sistema de adquisición, la frecuencia de muestreo también será idéntica, las coordenadas de dicha ubicación son: - 15.463441,-70.137001.

#### 3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este estudio se llevará a cabo una investigación de carácter experimental con el fin de aplicar la lógica y principios de la ciencia en un prototipo de sistema de adquisición de datos. El modelo análisis se alimentará con una gran cantidad de datos, los cuales incluirán variables que son monitoreados por el sistema físico instalado en la ciudad de Juliaca.

#### 3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este documento, se llevó a cabo una investigación de tipo experimental para abordar las necesidades de la problemática. Se formuló una hipótesis predictiva y se

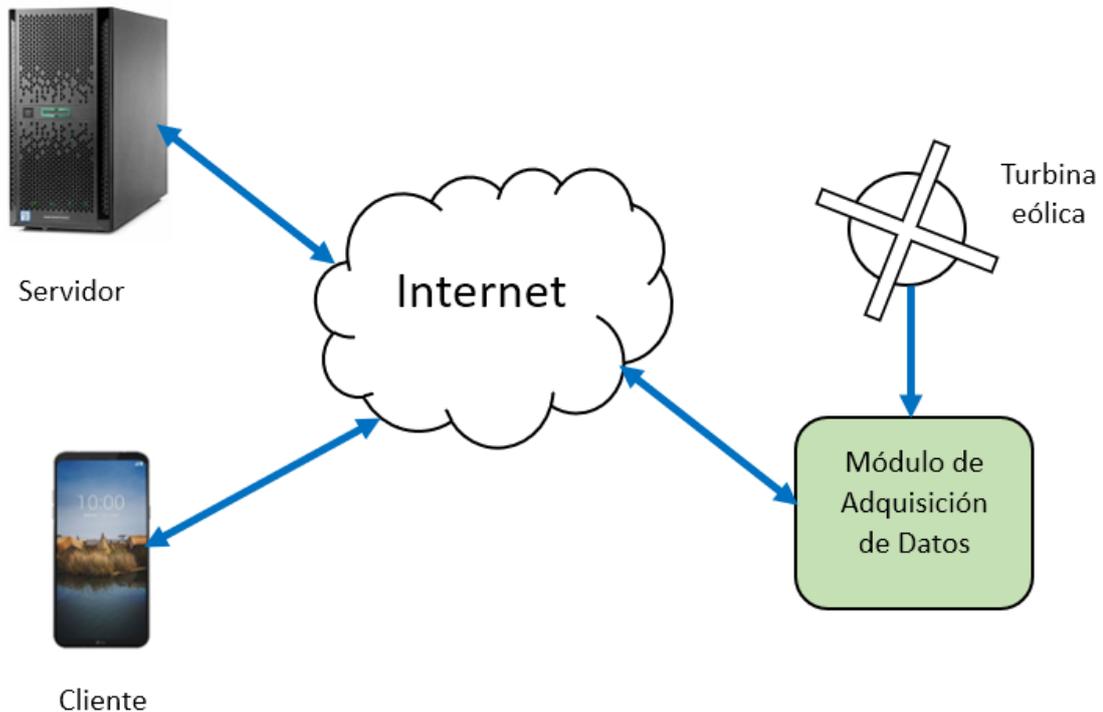


diseñó un experimento para probarla. El experimento se llevó a cabo en un entorno controlado o en un laboratorio con el objetivo de evaluar la hipótesis y el sistema propuesto.

### **3.5. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

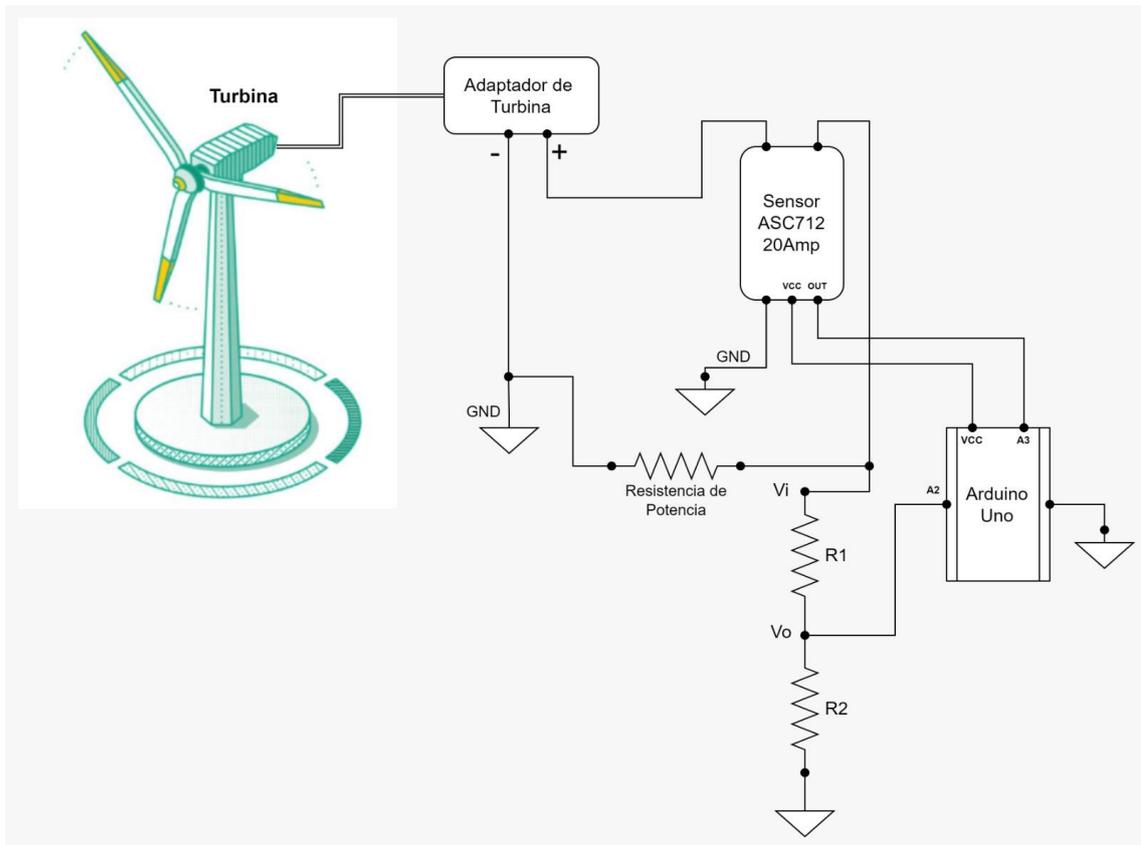
La captura de información o señales es una etapa fundamental en el procesamiento de datos en muchos campos, desde la medicina hasta la ingeniería. El proceso de captura de señales implica la toma de muestras del mundo físico, como sonidos, imágenes, señales eléctricas o cualquier otra información analógica que se pueda medir, y su transformación en un formato digital que pueda ser procesado por dispositivos electrónicos. El objetivo principal de la captura de señales es generar datos que puedan ser analizados, procesados y almacenados. Para ello, se utilizan una variedad de sensores y transductores que convierten las señales analógicas en señales digitales que pueden ser manipuladas por un ordenador. Los datos adquiridos pueden ser utilizados para realizar análisis, tomar decisiones, controlar procesos o generar respuestas en tiempo real. La captura de señales es una tarea compleja que requiere una serie de habilidades y conocimientos técnicos. Es importante tener un buen entendimiento de los principios físicos detrás de las señales que se están midiendo, así como un conocimiento sólido de los diferentes tipos de sensores y transductores disponibles y cómo se utilizan. En resumen, la captura de señales es un proceso esencial en la adquisición de información y datos en muchos campos, y es crucial para el éxito del análisis de datos y la toma de decisiones basadas en datos.

Para la adquisición de datos se tiene la siguiente arquitectura basada en Internet de las Cosas.



**Figura 13:** Arquitectura IoT del sistema.  
Elaboración propia.

Por su naturaleza la arquitectura está conectada a Internet, la turbina eólica genera energía según la velocidad del viento que hace girar sus hélices, el módulo de adquisición de datos obtiene las variables para medir la energía, que son, el voltaje y corriente eléctrica, en base a ellos se puede hallar la potencia generada, para ello se usa sensores. Estos datos necesitan un procesamiento mediante un microcontrolador que es parte del módulo de adquisición de datos, el microcontrolador tiene una interfaz de red que le permite conectarse a Internet y enviar los datos al servidor. El servidor en la nube está basado en LAMP, esto quiere decir que usa un sistema operativo Linux, específicamente Ubuntu Server 20.04, un servicio web establecido por Apache, la base de datos es MariaDB donde se almacenan y estructuran los datos, y finalmente se usa PHP como un lenguaje web para interactuar entre el usuario o cliente y la base de datos. El objetivo es que el cliente pueda ver los datos generados por la turbina eólica en tiempo real a través del servicio web.

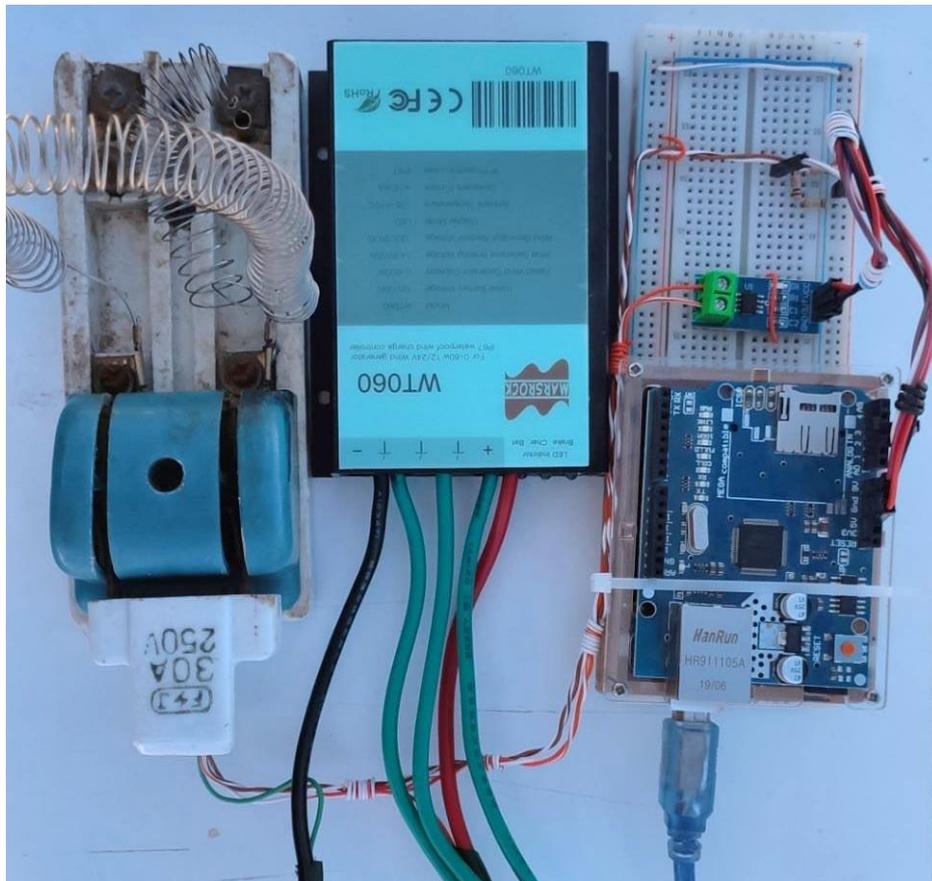


**Figura 14:** Diagrama del sistema de adquisición de datos.  
Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra el diagrama en el cual contiene el adaptador del generador eólico que provee entre 12VDC o 24VDC, según el tipo de generador que se utiliza, en este caso el adaptador de la turbina o generador eólico provee 12VDC, este adaptador está conectado a una carga constante que es una resistencia de potencia, este elemento simula la carga, el sensor ASC712 de 20 amperios, es un sensor de corriente eléctrica continua (corriente DC), el sensor ASC712 necesita una alimentación VCC que se la provee la tarjeta Arduino UNO como se puede ver en el diagrama, este sensor indica la cantidad de corriente continua que pasa hacia la resistencia de potencia y envía la señal de forma analógica desde la salida del sensor hacia el puerto analógico número 3 (A3) de la tarjeta Arduino UNO. Para medir el voltaje se usa la entrada analógica número 2 (A2) de la tarjeta Arduino UNO, pero el voltaje en la resistencia de potencia es de 12VDC como se indicó antes, y la entrada analógica de la tarjeta Arduino UNO tiene un máximo

de 5VDC por ello se usa un divisor de voltaje que hace una división entre 3 para que los 12VDC de entrada puedan usarse en otra escala y en la entrada de analógica de la tarjeta Arduino UNO sea 4VDC, por supuesto, el voltaje 12VDC será menor cuando la turbina eólica no genere energía o incluso puede ser un poco mayor a 12VDC, por ejemplo, 14VDC en momentos de alta generación de energía, el divisor entre 3 tiene esa tolerancia, porque 14VDC entre 3 es 4.67VDC. Los detalles del divisor de voltaje se muestran posteriormente.

En la siguiente imagen se puede observar el resultado de la implementación del prototipo completo.



**Figura 15:** Prototipo del sistema completo.  
Fuente: Elaboración propia.



### 3.5.1. Servidor

El proceso de instalación, configuración y programación de un servidor en la nube es una tarea esencial para alojar y administrar aplicaciones web de manera eficiente. Para comenzar, es necesario instalar los paquetes que conforman el servidor web. En este caso, se mencionan cuatro paquetes principales:

- Apache: es el servidor web más utilizado en el mundo, y es responsable de servir las páginas web y los archivos estáticos a los clientes que se conectan a la aplicación.
- MariaDB: es un sistema de gestión de bases de datos relacional que permite almacenar y acceder a la información de manera estructurada.
- PHP: es un lenguaje de programación ampliamente utilizado para la creación de aplicaciones web dinámicas.
- Módulos de conexión: son complementos que permiten la comunicación entre los diferentes componentes del servidor.

Una vez que se han instalado los paquetes necesarios, es importante configurarlos correctamente para que trabajen juntos de manera óptima. Por ejemplo, se debe configurar Apache para que pueda servir archivos PHP, lo que se logra a través de la instalación del módulo que conecta Apache con PHP. Asimismo, se debe instalar otro módulo que permita que PHP se conecte con la base de datos MariaDB.

Finalmente, una vez que se han instalado y configurado los paquetes, se puede proceder con la programación del servidor en la nube para alojar la aplicación web. Esto implica escribir código en PHP, diseñar la estructura de la base de datos y configurar Apache para que sirva correctamente la aplicación. En resumen, la instalación, configuración y programación del servidor en la nube es un proceso esencial para alojar

y administrar aplicaciones web de manera eficiente, y requiere la instalación y configuración de varios paquetes y módulos para que trabajen juntos de manera óptima.

```
root@template:~# apt install apache2 mariadb-server php libapache2-mod-php php-mysql
```

**Figura 16:** Instalación de paquetes necesarios.  
Elaboración propia.

Dentro del directorio mostrado se crean los archivos que contienen la información para mostrar usando el servicio Web. Los cuatro archivos contenidos en el directorio sirven y fueron utilizados para la correcta manipulación, transmisión y guardado de la data mediante el servidor, estos archivos están en formato PHP ya que será compatible con los navegadores actuales, posteriormente se procederá a explicar el funcionamiento de cada uno de los archivos.

```
root@template:~# ls -l /var/www/html/VAEOL/
total 20
-rw-r--r-- 1 root root  787 Apr 11 01:47 formation_vaeol.php
-rw-r--r-- 1 root root  181 Apr 21 13:52 show_vaeol_head.php
-rw-r--r-- 1 root root 3742 Apr 21 14:05 show_vaeol.php
-rw-r--r-- 1 root root 4099 Apr 21 14:05 show_vaeol_range.php
root@template:~#
```

**Figura 17:** Archivos en el servidor.  
Elaboración propia.

MariaDB es una base de datos de tipo relacional de código abierto que utiliza SQL y es una bifurcación (fork) del sistema MySQL. Para ingresar a una base de datos MariaDB, se necesita emplear el comando "mysql" en la consola de comandos del sistema operativo y suministrar algunos parámetros específicos. Para acceder a una base de datos MariaDB, primero debe especificar el nombre del servidor o su dirección IP. Si la base de datos está en la misma máquina, use "localhost". Si está en otro servidor, proporcione la dirección IP o el nombre de dominio. Es necesario ingresar el nombre de usuario y contraseña de la cuenta para conectarse a la base de datos, y se puede crear cuentas con permisos limitados. El usuario por defecto es "root".

En resumen, para ingresar a una base de datos MariaDB, debes seguir los siguientes pasos:

- Iniciar la consola de comandos de tu sistema operativo.
- Utilizar los parámetros requeridos después de ejecutar el comando "mysql".
- Indicar la dirección del servidor de la base de datos (por ejemplo, "localhost" o una dirección IP).
- Suministrar el nombre de usuario de la cuenta que se empleará para conectarse a la base de datos.
- Ingresar la contraseña asociada a la cuenta de usuario proporcionada.

Una vez que hayas iniciado sesión en la base de datos, puedes ejecutar comandos SQL para administrar la base de datos, como crear tablas, insertar datos, actualizar registros, eliminar datos y realizar consultas.

```
root@template:~# mysql -u root -h localhost -p
Enter password:
Welcome to the MariaDB monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MariaDB connection id is 416164
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.
```

**Figura 18:** Ingreso a la base de datos.  
Elaboración propia.

Para crear una nueva base de datos en MariaDB, se puede emplear el comando "CREATE DATABASE" seguido del nombre que se desea dar a la nueva base de datos. Por ejemplo, si se quiere crear una base de datos llamada "vaeol", se puede ejecutar el siguiente comando en la línea de comandos de MariaDB. Una vez ejecutado, MariaDB creará la nueva base de datos con el nombre "vaeol" y estará lista para su uso. Para verificar que la base de datos se ha creado correctamente, se puede usar el comando "SHOW DATABASES", el cual

mostrará una lista de todas las bases de datos disponibles en el servidor MariaDB. Para ejecutar este comando, basta con escribir lo siguiente en la línea de comandos de MariaDB. Si la base de datos "vaeol" aparece en la lista, entonces se ha creado correctamente y se puede utilizar. Sin embargo, es importante destacar que antes de utilizar una nueva base de datos, es necesario seleccionarla con el comando "USE". Por ejemplo, para seleccionar la base de datos "vaeol", se debe escribir lo siguiente en la línea de comandos de MariaDB.

```
MariaDB [(none)]> show databases;
+-----+
| Database |
+-----+
| information_schema |
| loadcell |
| lumac |
| mult |
| mysql |
| new4g |
| performance_schema |
| temhum |
| tempfan |
| unap |
| uv |
| vaeol |
+-----+
12 rows in set (0.005 sec)

MariaDB [(none)]> █
```

**Figura 19:** Mostrar base de datos.  
Elaboración propia.

En resumen, para crear una tabla en MariaDB se debe seleccionar la base de datos con el comando "USE" y luego usar el comando "CREATE TABLE" para definir el nombre de la tabla, sus columnas y restricciones. Para verificar que la tabla se ha creado correctamente, se puede usar el comando "SHOW TABLES". Una vez creada la tabla, se pueden agregar datos con "INSERT INTO" y realizar consultas con "SELECT". La estructura de la tabla también puede ser modificada con "ALTER TABLE" o eliminada con "DROP TABLE".

```
MariaDB [(none)]> use vaeol;
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 [vaeol]> show tables;
+-----+
| Tables_in_vaeol |
+-----+
| sensors          |
+-----+
1 row in set (0.002 sec)

MariaDB [vaeol]>
```

**Figura 20:** Tabla dentro de la base de datos.  
Elaboración propia.

Se describe también los campos o columnas de la tabla sensors, id es el identificador que tiene un uso administrativo para poder identificar registros en la data, servirá para darle también temporalidad relativa y ordenar como también controlar la data registrada en la tabla, vp es el voltaje del sistema eólico, ap el amperaje o corriente eléctrica en DC del sistema eólico, client\_ip es es la identificación en la red o internet que tiene el dispositivo para poder determinar de manera correcta y ordenada de donde o cual es el equipo donde se envía y transmite la información, sensor\_id es la identificación del sensor, al tener varios sensores en dicho escenario se tiene que formar un protocolo de nomenclatura para que el registro sea más ordenado y segmentado, y reg1 es el registro del tiempo o marca de tiempo el cual indica cuando se registró dichos datos, esto nos ayudara a asociar a la data un factor de temporalidad y poder utilizarlo en el análisis posterior; en esta tabla se guardan los datos obtenidos por el sistema de supervisión.

```
MariaDB [vaeol]> describe sensors;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field | Type | Null | Key | Default | Extra |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id    | int(10) unsigned | NO | PRI | NULL | auto_increment |
| vp    | decimal(10,2) | NO | | NULL | |
| ap    | 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 [vaeol]>
```

**Figura 21:** Descripción de la tabla.  
Elaboración propia.

En MariaDB, es posible crear usuarios con diferentes permisos y privilegios para acceder a una o varias bases de datos. Para crear un usuario con acceso a todas las tablas dentro de la base de datos "vaeol", se deben seguir los siguientes pasos:

- Accede a la base de datos como usuario root utilizando el comando "mysql -u root -p" en la terminal. Se te pedirá la contraseña del usuario root para poder ingresar.
- Una vez dentro de la consola de MariaDB, utiliza el siguiente comando para crear el usuario "vaeol\_user" con una contraseña específica.
- Este comando crea un usuario llamado "vaeol\_user" con una contraseña definida en la sentencia "IDENTIFIED BY".
- Para otorgar los permisos adecuados al usuario "vaeol\_user": GRANT ALL PRIVILEGES ON vaeol.\* TO 'vaeol\_user'@'localhost'.
- Este comando otorga todos los permisos para la base de datos "vaeol" al usuario "vaeol\_user".
- Por último, utiliza el siguiente comando para actualizar los cambios en los permisos: FLUSH PRIVILEGES.

Una vez que se consiguió estos pasos, el usuario "vaeol\_user" tendrá los permisos necesarios para acceder a todas las tablas dentro de la base de datos "vaeol". Recuerda que para ingresar a la base de datos como "vaeol\_user", debes utilizar el comando "mysql -u vaeol\_user -p" en la terminal y proporcionar la contraseña definida para ese usuario.

```
MariaDB [(none)]> grant all on vaeol.* to vaeol_user@localhost identified by 'VaeolP4s';
```

**Figura 22:** Creación de un usuario.  
Elaboración propia.

Por ahora se culminan las configuraciones y establecimiento de la base de datos. Ahora es conveniente editar el archivo formation\_vaeol.php, este archivo permite interactuar con el cliente usando el método GET, recordemos que el cliente es un

microcontrolador provisto con una interfaz de red, este archivo está dentro del directorio del servicio Web Apache:

El código HTML y PHP establece una conexión a una base de datos MySQL y usa el método GET para insertar datos en la tabla "sensors". Se definen las variables necesarias para establecer la conexión y se muestra un mensaje de éxito o error en caso de establecer o no la conexión.

Luego, se obtienen los datos enviados por el cliente y se crea una nueva entrada en la tabla "sensors" con los datos obtenidos. Se establece la zona horaria, se construye la consulta SQL y se ejecuta con éxito. Finalmente, se muestra un mensaje de éxito de la inserción de datos.

```
1  <html>
2  <body>
3
4  <?php
5
6  //Se define el nombre de la base de datos,
7  //el nombre del usuario, la contraseña de usuario
8  //y el host
9  $dbname = 'vaeol';
10 $dbuser = 'vaeol_user';
11 $dbpass = 'VaeolP4s';
12 $dbhost = 'localhost';
13
14 //Se realiza la conexión a la base de datos
15 $connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
16
17 //Si no se puede conectar mostrar el mensaje de error
18 if(!$connect){
19     echo "Error: " . mysqli_connect_error();
20     exit();
21 }
22
23 //Mostrar mensaje de éxito al conectar
24 echo "Connection Success!<br><br>";
25
26 //Obtener datos con el método GET desde el cliente
27 //Los datos son voltaje, amperaje, identificador del sensor
28 //y la dirección IPv4 del cliente
29 $vp = $_GET["vp"];
30 $ap = $_GET["ap"];
31 $sensor_id = $_GET["sensor_id"];
32 $client_ip = $_SERVER["REMOTE_ADDR"];
33
```

**Figura 23:** Código del archivo - formation\_vaeol.php.  
Elaboración propia.

```
20     exit();
21 }
22
23 //Mostrar mensaje de éxito al conectar
24 echo "Connection Success!<br><br>";
25
26 //Obtener datos con el método GET desde el cliente
27 //Los datos son voltaje, amperaje, identificador del sensor
28 //y la dirección IPv4 del cliente
29 $vp = $_GET["vp"];
30 $ap = $_GET["ap"];
31 $sensor_id = $_GET["sensor_id"];
32 $client_ip = $_SERVER["REMOTE_ADDR"];
33
34 //Establecer la zona de tiempo para un correcto registro
35 //de fecha y hora, luego obtener la fecha y hora actual
36 date_default_timezone_set('America/Lima');
37 $now = date("Y-m-d H:i:s");
38
39 //Insertar en la tabla sensors los valores obtenidos desde el cliente
40 $query = "INSERT INTO sensors (vp, ap, sensor_id, client_ip, regi) VALUES ('$vp', '$ap', '$sensor_id', '$client_ip', '$now')";
41 $result = mysqli_query($connect,$query);
42
43 //Mostrar mensaje de éxito al insertar
44 echo "Insertion Success!<br>";
45
46 ?>
47
48 </body>
49 </html>
```

**Figura 24:** Código del archivo - formation\_vaeol.php.  
Elaboración propia.

Ahora se edita el archivo show\_vaeol\_head.php, este archivo muestra el menú de navegación, este archivo está dentro del directorio del servicio Web Apache:

- Este código PHP muestra dos enlaces en la página web. El primer enlace, "Página Principal", dirige al usuario de vuelta a la página principal de la aplicación o sitio web. El segundo enlace, "Contacto", dirige al usuario a una página donde se muestran los datos de contacto del sitio web o de la aplicación.
- Los enlaces se construyen utilizando la etiqueta HTML "a" y el atributo "href". En el primer enlace, el atributo "href" se establece como "show\_vaeol.php", lo que indica que al hacer clic en el enlace se dirigirá al usuario a la página "show\_vaeol.php". En el segundo enlace, el atributo "href" se establece como "show\_vaeol\_con.php", lo que indica que al hacer clic en el enlace se dirigirá al usuario a la página "show\_vaeol\_con.php".
- El código también incluye una línea que dibuja una línea horizontal en la página utilizando la etiqueta HTML "hr". Esta línea se utiliza para separar visualmente los enlaces de los contenidos de la página.

```
1 <?php
2 //Se establece dos enlaces, uno para regresar a la página
3 //principal y otro para mostrar los datos de contacto
4 echo "<a href='show_vaeol.php'>Página Principal</a>";
5 echo " - <a href='show_vaeol_con.php'>Contacto</a>";
6 echo "<hr>"
7 ?>
8
```

**Figura 25:** Código del archivo - show\_vaeol\_head.php.  
Elaboración propia.

Ahora se edita el archivo show\_vaeol.php, este archivo permite mostrar los datos obtenidos del cliente, este archivo está dentro del directorio del servicio Web Apache: Este código es una página web que muestra una tabla con información obtenida de una base de datos llamada "vaeol". La página tiene una cabecera que establece que se debe refrescar cada 60 segundos y utiliza un archivo llamado "show\_vaeol\_head.php" para incluir un menú de navegación. Luego se establecen las credenciales de la base de datos y se hace una conexión a la misma. Si la conexión falla, se muestra un mensaje de error, de lo contrario, se muestra un mensaje de éxito. Se define un límite para el número de filas que se mostrarán en la tabla y se hace una consulta a la base de datos para obtener los valores de "vp", "ap", "client\_ip", "sensor\_id" y "reg1" desde la tabla "sensors", ordenados por fecha y hora de forma descendente. Luego, se agrega un formulario que permite solicitar resultados de una fecha específica y se crea una tabla con una cabecera que indica los valores que se mostrarán en la tabla. Finalmente, se hace la solicitud a la base de datos y se muestra la información obtenida en la tabla. La tabla se construye fila por fila mediante un bucle while que recorre los resultados de la consulta y agrega una fila por cada resultado.

```
1 <?php
2 //Se define una cabecera en HTML para refrescar la página cada 60 segundos
3 echo "<html><head><meta http-equiv='refresh' content='60'></head><body>";
4
5 //Se incluye el contenido del archivo show_vaeol_head.php
6 //que contiene un menú de navegación por el sitio
7 include 'show_vaeol_head.php';
8
9 //Se define el nombre de la base de datos,
10 //el nombre del usuario, la contraseña de usuario
11 //y el host
12 $dbname = 'vaeol';
13 $dbuser = 'vaeol_user';
14 $dbpass = 'VaeolP4s';
15 $dbhost = 'localhost';
16
17 //Se realiza la conexión a la base de datos
18 $connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
19
20 //Si no se puede conectar mostrar el mensaje de error
21 if(!$connect){
22     echo "Error: " . mysqli_connect_error();
23     exit();
24 }
25
26 //Mostrar mensaje de éxito al conectar
27 echo "Conexión Satisfactoria!<br>";
28
29 //Se define el límite o cantidad de filas a mostrar
30 $limit = 60;
31
```

Figura 26: Código del archivo - show\_vaeol.php.  
Elaboración propia.

```
29 //Se define el límite o cantidad de filas a mostrar
30 $limit = 60;
31
32 //Se hace una solicitud para mostrar voltaje, amperaje
33 //identificador del sensor y fecha hora desde la tabla sensors
34 //se ordena de forma descendente y se establece el límite máximo
35 //para mostrar el número de filas indicado previamente
36 $query = "SELECT vp, ap, client_ip, sensor_id, regl FROM sensors ORDER BY regl DESC LIMIT ".$limit."";
37
38 //Se agregó un formulario para solicitar los resultados de una fecha
39 //determinada o un día determinado
40 //el formulario redirige al archivo show_vaeol_range.php
41 echo "Seleccionar una fecha:<br>";
42 echo "<form accion='show_vaeol_range.php' method='post'>";
43 echo "<label for='dateini'>Fecha(2023-04-12) </label>";
44 echo "<input type='text' id='dateini' name='dateini'>";
45 echo "<input type='submit' value='Mostrar'></form>";
46
47 //Se crea una tabla con una cabecera de tabla con
48 //valores como voltaje, amperaje, IPv4 de cliente,
49 //identificador de sensor, fecha y hora
50 echo "<table border='1'>";
51 echo "<tr><th>Voltaje DC</th><th>Amperaje DC</th><th>IP Cliente</th><th>ID Sensor</th><th>Fecha Hora</th></tr>";
52 //Se hace la consulta a la base de datos
53 $result = mysqli_query($connect,$query);
54 //Mientras existan resultados de la solicitud previamente hecha,
55 //mostrarlos fila por fila en una fila para la tabla
56 while($row = mysqli_fetch_array($result)){
57     echo "<tr><td>".$row['vp'].</td><td>".$row['ap'].</td><td>".$row['client_ip'].</td><td>".$row['sensor_id'].</td><td>".$row['regl'].</td></tr>";
58 }
59 //Se establece el final de la tabla
60 echo "</table>";
61 ?>
62 </body>
63 </html>
64
```

Figura 27: Código del archivo - show\_vaeol.php.  
Elaboración propia.

Ahora se edita el archivo show\_vaeol\_range.php, este archivo permite mostrar los datos obtenidos del cliente, pero haciendo una búsqueda de un día en específico, este archivo está dentro del directorio del servicio Web Apache.



Este código muestra una página web que se conecta a una base de datos y muestra los datos de una tabla en una tabla HTML. A continuación, se explica el código en detalle: Las líneas de código del 3 al 5 incluyen el archivo 'show\_vaeol\_head.php', que contiene un menú de navegación por el sitio.

- Las líneas de código del 7 al 10 definen los valores de la base de datos, el usuario, la contraseña y el host para realizar la conexión.
- La línea de código del 12 establece una conexión a la base de datos mediante la función `mysqli_connect()` de PHP.
- La línea de código del 15 comprueba si la conexión se ha realizado correctamente, y en caso contrario muestra un mensaje de error.
- La línea de código del 18 obtiene el valor de la fecha o día indicado por el usuario a través del método POST desde el formulario.
- Las líneas de código del 20 al 23 realizan una consulta a la tabla 'sensors' de la base de datos para obtener los valores de voltaje, amperaje, identificador del sensor y fecha hora. La consulta se filtra para mostrar solo los datos del día indicado por el usuario.
- La línea de código del 25 ejecuta la consulta y almacena el resultado en una variable.
- Las líneas de código del 28 al 34 muestran un formulario en la página para que el usuario pueda seleccionar otra fecha y volver a consultar los datos.
- Las líneas de código del 36 al 45 crean una tabla HTML con una cabecera y muestran los valores de voltaje, amperaje, identificador del sensor, dirección IPv4 del cliente y fecha y hora.
- Las líneas de código del 47 al 49 cierran la tabla HTML y finalizan la página.

En resumen, este código muestra una página web que permite a los usuarios ver los datos de una tabla de la base de datos 'sensors' en función de la fecha seleccionada por el usuario.

```
1 <html>
2 <body>
3 <?php
4
5 //Se incluye el contenido del archivo show_vaeol_head.php
6 //que contiene un menú de navegación por el sitio
7 include 'show_vaeol_head.php';
8
9 //Se define el nombre de la base de datos,
10 //el nombre del usuario, la contraseña de usuario
11 //y el host
12 $dbname = 'vaeol';
13 $dbuser = 'vaeol_user';
14 $dbpass = 'vaeolP@';
15 $dbhost = 'localhost';
16
17 //Se realiza la conexión a la base de datos
18 $connect = mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
19
20 //Si no se puede conectar mostrar el mensaje de error
21 if(!$connect){
22     echo "Error: " . mysqli_connect_error();
23     exit();
24 }
25
26 //Mostrar mensaje de éxito al conectar
27 echo "Conexión Satisfactoria!<br>";
28
29 //Obtener el dato con el método POST desde el formulario
30 //el dato consiste en la fecha o día determinado
31 $dateini = $_POST["dateini"];
32
33 //Se hace una solicitud para mostrar voltaje, amperaje
34 //Identificador del sensor y fecha hora desde la tabla sensors
35 //siempre que sea en el día indicado mayor o igual a las 00:00:00 horas
36 //y que sea en el día indicado menor o igual a las 23:59:00 horas
37 $query = "SELECT vp, ap, client_ip, sensor_id, regl FROM sensors WHERE regl >= '". $dateini. "' 00:00:00' AND regl <= '". $dateini. "' 23:59:59'";
```

Figura 28: Código del archivo - show\_vaeol\_range.php.  
Elaboración propia.

```
38 //y que sea en el día indicado menor o igual a las 23:59:00 horas
39 $query = "SELECT vp, ap, client_ip, sensor_id, regl FROM sensors WHERE regl >= '". $dateini. "' 00:00:00' AND regl <= '". $dateini. "' 23:59:59'";
40
41 //Se hace la solicitud a la base de datos
42 $result = mysqli_query($connect,$query);
43
44 //Se agrega un formulario para solicitar los resultados de una fecha
45 //determinada o un día determinado
46 //el formulario redirecciona al archivo show_vaeol_range.php
47 echo "Seleccionar una fecha:<br>";
48 echo "<form action='show_vaeol_range.php' method='post'>";
49 echo "<label for='dateini'>Fecha(2023-04-12) </label>";
50 echo "<input type='text' id='dateini' name='dateini'>";
51 echo "<input type='submit' value='Mostrar'></form>";
52
53 //Se crea una tabla con una cabecera de tabla con
54 //valores como voltaje, amperaje, IPv4 de cliente,
55 //identificador de sensor, fecha y hora
56 echo "<table border='1'>";
57 echo "<tr><th>Voltaje DC</th><th>Amperaje DC</th><th>IP Cliente</th><th>ID Sensor</th><th>Fecha Hora</th></tr>";
58
59 //Mientras existan resultados de la solicitud previamente hecha,
60 while($row = mysqli_fetch_array($result)){
61     echo "<tr><td>". $row['vp']. "</td><td>". $row['ap']. "</td><td>". $row['client_ip']. "</td><td>". $row['sensor_id']. "</td><td>". $row['regl']. "</td></tr>";
62 }
63
64 //Se establece el final de la tabla
65 echo "</table>";
66
67 ?>
68 </body>
69 </html>
```

Figura 29: Código del archivo - show\_vaeol\_range.php.  
Elaboración propia.

El texto hace referencia a la configuración de un cliente, el cual está formado por diferentes componentes. En particular, se describe un diagrama de bloques que muestra las partes del cliente. El cliente en cuestión utiliza una tarjeta Arduino UNO que contiene un microcontrolador ATmega. Esta tarjeta es una plataforma de desarrollo de hardware que se utiliza comúnmente para crear prototipos de dispositivos electrónicos interactivos.

El microcontrolador ATmega es el componente principal de la tarjeta, encargado de realizar las operaciones lógicas y aritméticas necesarias. Además de la tarjeta Arduino UNO, el cliente está conformado por un Ethershield, que es un módulo de expansión que permite la conexión del microcontrolador a una red Ethernet. Este módulo es el encargado de establecer la conexión a Internet del cliente. Por último, el cliente se encuentra conectado a un dispositivo de red, en este caso un router, que le permite conectarse a Internet. Un router es un dispositivo de red que interconecta dispositivos de una red local con una red externa, en este caso Internet.

### **3.5.2. Generador Eólico**

La turbina eólica es una tecnología que permite transformar la energía cinética del viento en electricidad. Es una fuente de energía renovable y limpia, lo que la hace una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Las características de esta turbina eólica destacan por ser económica y de buena calidad, lo que la hace una opción ideal para los clientes que buscan un aerogenerador eficiente. Además, cuenta con las siguientes características

- Maximización de la energía eólica: La turbina eólica logra una eficiente utilización de la energía del viento, optimizando así la producción de energía y aprovechando al máximo los recursos disponibles.
- La turbina eólica ha sido diseñada con enfoque en la practicidad y conveniencia para los clientes, con un diseño humano que facilita su instalación, mantenimiento y reparación. Además, su alta utilización de la energía eólica permite aprovechar al máximo la energía del viento y aumentar la producción de energía.
- Contorno aerodinámico optimizado de las palas: Las palas de la turbina eólica cuentan con un diseño aerodinámico optimizado que aumenta la producción anual de energía al aprovechar al máximo la energía eólica disponible.

- Los generadores de la turbina eólica incorporan un diseño de estator especial y un alternador de rotor de imán permanente patentado, lo que disminuye el par de resistencia de los generadores y aumenta su eficiencia. Esto garantiza la fiabilidad de su funcionamiento y hace que los aerogeneradores sean altamente compatibles con los generadores.



**Figura 30:** Generador eólico.  
Elaboración propia.

Dicha turbina eólica utilizada en la investigación fue instalada en la ciudad de puno, dicho equipo contiene las siguientes características técnicas:

- Número de modelo: 3S3-400
- Tipo: Generador de energía eólica
- Nombre de la marca: ROCA DE MARTE
- Origen: China continental
- Certificación: CE FCC RoHS
- Potencia nominal: 400w

- Voltaje nominal: 12V o 24VAC
- Diámetro del rotor: 1300 mm
- Velocidad del viento inicial: 2 m/s
- Velocidad nominal del viento: 13 m/s
- Velocidad segura: 50 m/s
- Producto: Aerogenerador de 400W
- Mercancía: Turbina eólica
- Nombre del producto: aerogenerador residencial



**Figura 31:** Estructura para reposar el generador eólico.  
Elaboración propia.

El uso de un parante (tubo de fierro) es una opción común para instalar una turbina eólica. El parante es un tubo de metal resistente que se clava en el suelo y se asegura con cemento u otro material sólido para garantizar su estabilidad y resistencia al viento. En la parte superior del parante se fija un soporte o base donde se coloca el generador eólico, que es la parte que captura la energía del viento y la transforma en electricidad.



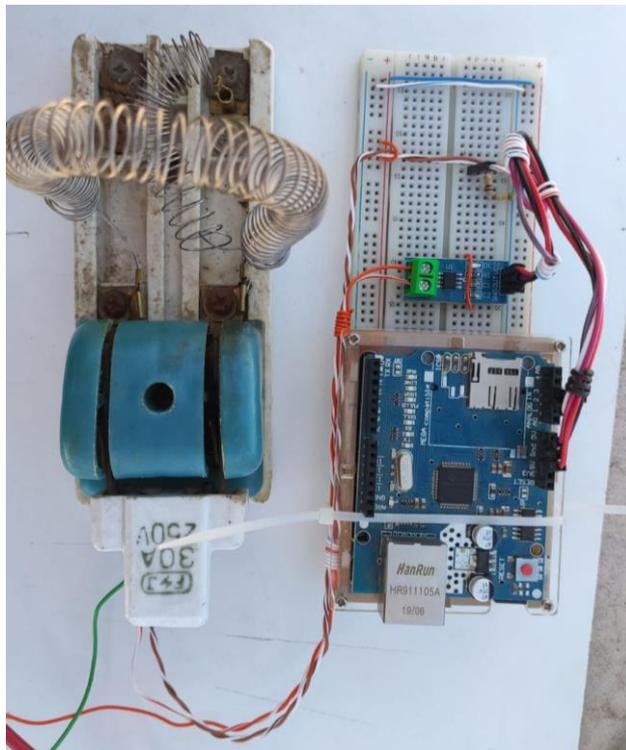
**Figura 32:** Generador eólico.  
Elaboración propia.

La altura del parante es importante ya que afecta la cantidad de energía que puede ser capturada por la turbina eólica, ya que, a mayor altura, mayor es la velocidad del viento y, por lo tanto, mayor es la producción de energía. Además, la ubicación del parante también es importante, ya que debe ser colocado en un lugar donde el viento sea constante y libre de obstáculos que puedan disminuir su velocidad o calidad. En general, el parante es una opción económica y práctica para instalar una turbina eólica en una ubicación fija. Es por esa razón que se utilizó una estructura como parante y que el equipo pueda reposar y lograr un funcionamiento óptimo.

### **3.5.3. Carga Constante**

Cuando una resistencia fija se conecta a un generador eólico, se crea un circuito eléctrico que consume una cantidad de voltaje y amperaje, en este caso el consumo de la resistencia es determinada por la ley de Ohm. En el caso de un generador eólico, la cantidad de energía eléctrica generada varía según la velocidad del viento. Por lo tanto, si se utiliza una resistencia de valor constante, en este caso 7.2 ohm, de esta forma según la

ley de Ohm, si la resistencia es constante, entonces el valor de la corriente eléctrica puede variar directamente proporcional al voltaje. Así es como se pueden obtener los valores reales de un sistema de generación eólica, porque al usar una resistencia o carga que varía su valor con el tiempo, no se obtendrá los valores de voltaje y corriente eléctrica en las mismas condiciones. La resistencia tiene una potencia máxima de 3000Watts. En la imagen a continuación se muestra la resistencia ubicada en un aislante cerámico ya que emite bastante calor, por la disipación de la energía generada. Con una resistencia de 7.2 ohm y un voltaje de 12VDC se espera tener una corriente eléctrica de 1.67 amperios en corriente continua, según la ley de Ohm.

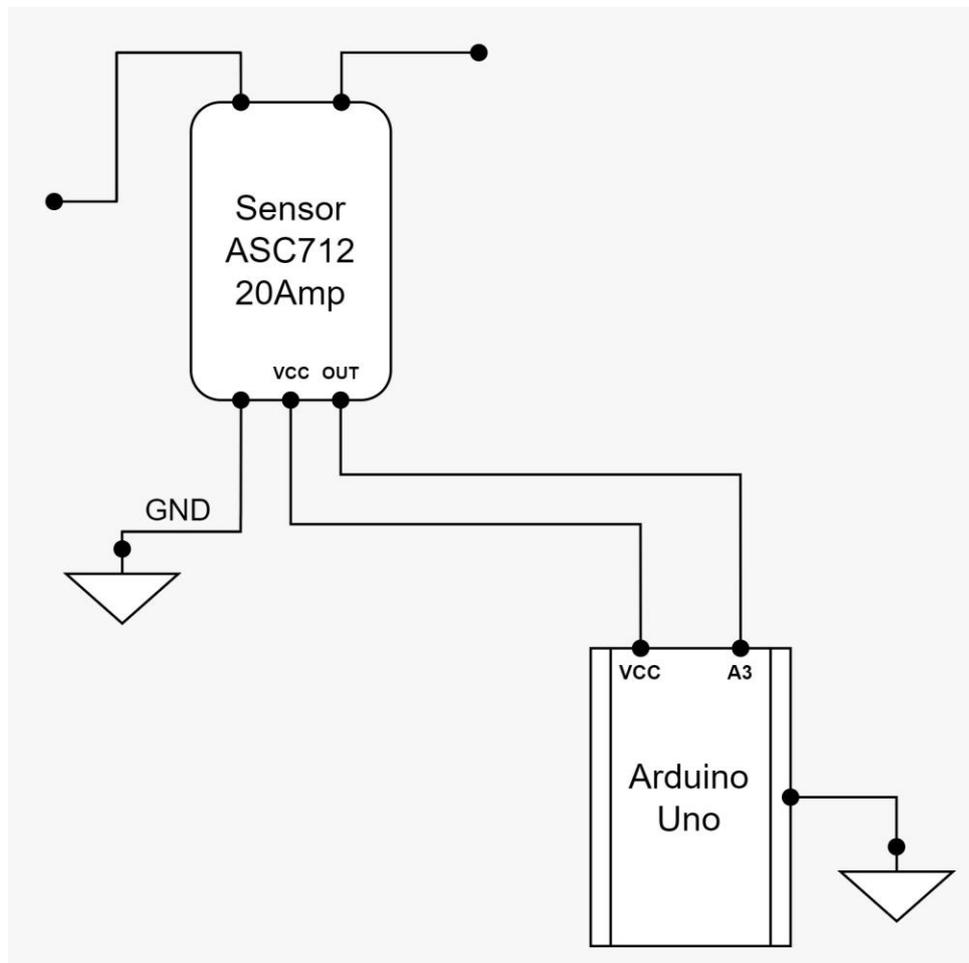


**Figura 33:** Resistencia o carga constante del sistema.  
Elaboración propia.

#### 3.5.4. Sensor de Amperaje

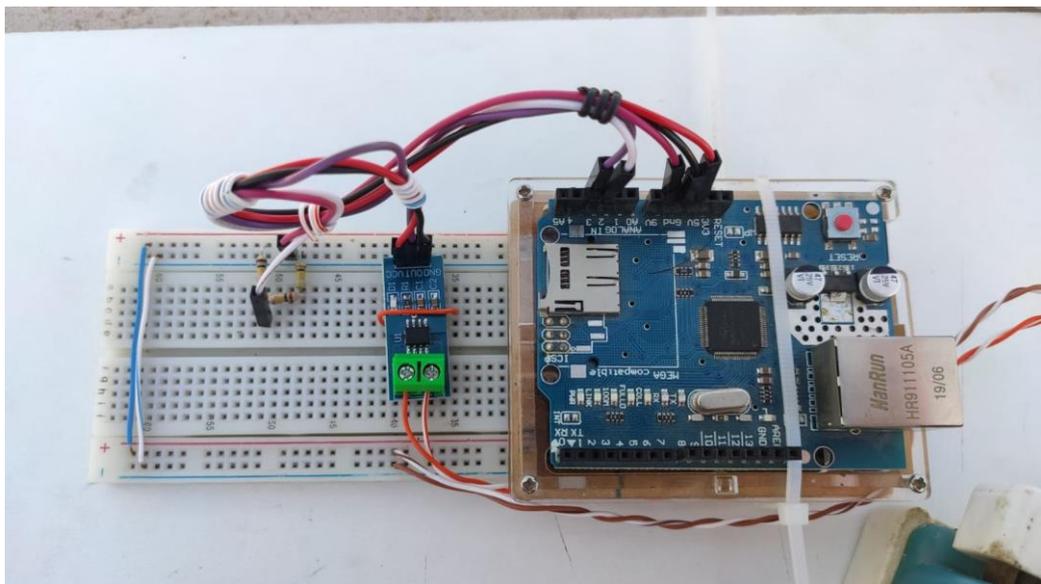
Utilizando un sensor de efecto Hall, el ACS712 es una solución de bajo costo y muy útil para medir la corriente en una línea eléctrica, es posible detectar el campo magnético producido por la corriente en la línea y generar una salida de voltaje

proporcional a la corriente medida utilizando el sensor ACS712, el cual tiene diversas variantes, dichos sensores de este tipo miden corrientes de 5, 20 o 30 amperios respectivamente, y que pueden encontrarse en módulos que incluyen una bornera para conectar la línea que se desea medir y tres pines para la alimentación y la salida analógica del sensor. Estos módulos simplifican y mejoran la medición de corriente, lo que convierte al sensor ACS712 en una opción ideal para diversas aplicaciones que requieren la medición de corrientes eléctricas, desde proyectos de electrónica hasta sistemas industriales de control y monitoreo. En esta investigación se usa el sensor ACS712 de 20 amperios.



**Figura 34:** Diagrama de la conexión del sensor de amperaje.  
Elaboración propia.

En la imagen anterior se muestra la distribución de los pines a lo largo de todo el sistema con respecto al sensor de amperaje, dicho sistema para medir el amperaje constantemente contiene el sensor ASC712 el cual tiene dos pines en la parte superior donde se conecta en serie entre la fuente de energía y la carga, a estos dos pines se conecta los cable por donde fluye la corriente eléctrica, seguidamente tiene pines de alimentación VCC y tierra, para posteriormente conectar el tercer pin a la entrada analógica de la tarjeta Arduino Uno, el tercer pin es la señal de salida OUT que se conecta con la entrada analógica A3 de la tarjeta Arduino UNO, en la siguiente imagen se muestra el resultado de la implementación en el prototipo. Hay que señalar que la salida del sensor es compatible con la entrada analógica de la tarjeta Arduino UNO.

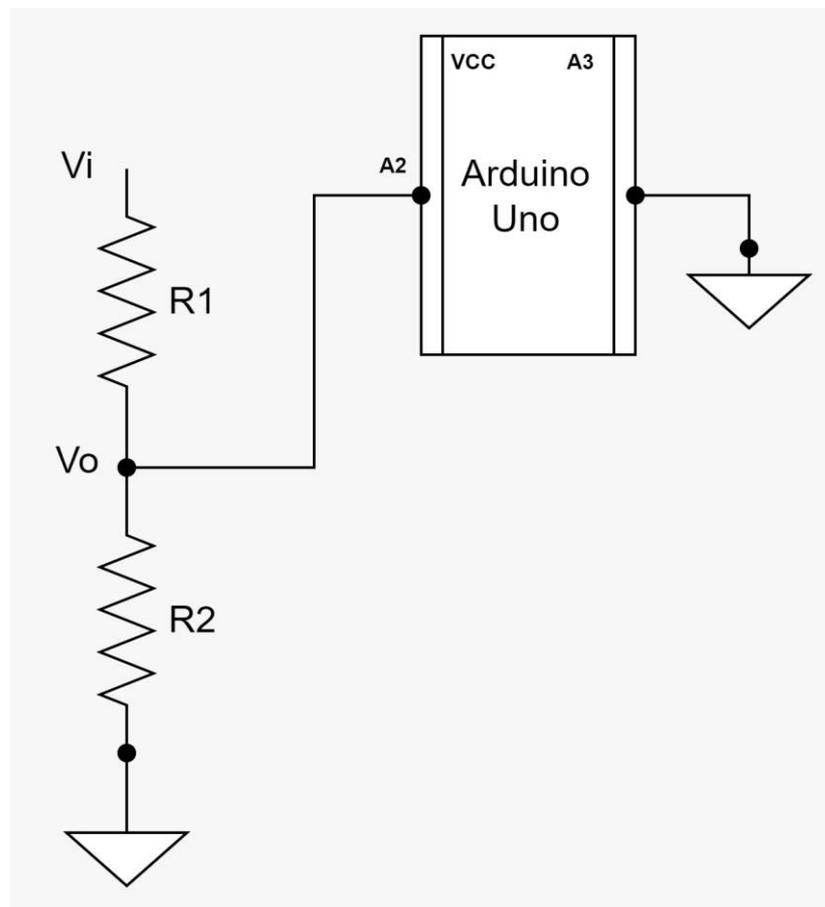


**Figura 35:** Sensor de amperaje.  
Elaboración propia.

### 3.5.5. Sensor de Voltaje

Para medir el voltaje de un circuito, se puede implementar usando la entrada analógica de la tarjeta Arduino UNO. Para medir el voltaje se usa la entrada analógica número 2 (A2) de la tarjeta Arduino UNO, pero el voltaje en la resistencia de potencia es de 12VDC, y la entrada analógica de la tarjeta Arduino UNO tiene un máximo de 5VDC,

por ello se usa un divisor de voltaje que hace una división entre 3 para que los 12VDC de entrada puedan usarse en otra escala y en la entrada de analógica de la tarjeta Arduino UNO sea 4VDC. Los detalles del divisor de voltaje se muestran posteriormente. Cuando se aplica una diferencia de potencial en los terminales del divisor de voltaje, se produce una caída de voltaje en cada una de las resistencias. La magnitud de la caída de voltaje en cada resistencia es proporcional a su valor de resistencia. La relación entre las caídas de voltaje en cada resistencia es constante y se determina por sus valores de resistencia.



**Figura 36:** Divisor de voltaje.  
Elaboración propia.

La tensión en el punto medio del divisor de voltaje se puede calcular utilizando la ley de Ohm, que establece que la corriente que fluye a través de cada una de las resistencias es igual y está determinada por la tensión total aplicada y los valores de resistencia de las dos resistencias en serie. Al medir la tensión en el punto medio del

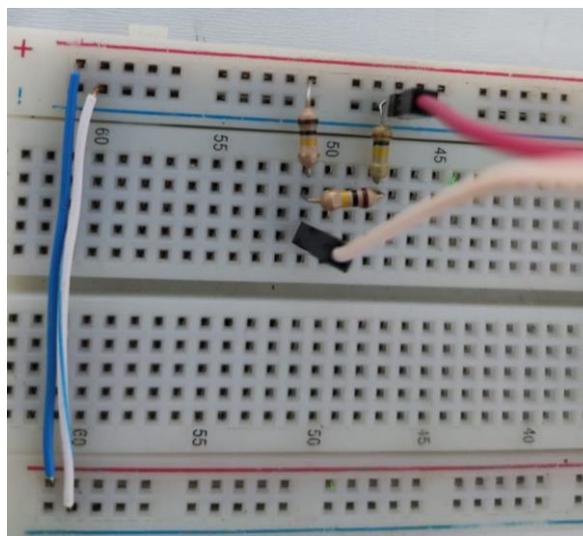
divisor de voltaje, podemos obtener una medida proporcional al voltaje que se está midiendo. Para hacer una medición precisa, se debe seleccionar cuidadosamente el valor de las resistencias para que la tensión en el punto medio del divisor de voltaje se encuentre dentro del rango de voltaje que se desea medir. Además, se debe tener en cuenta la tolerancia de las resistencias, la influencia de la temperatura y otros factores que pueden afectar la precisión de la medición.

Para realizar el cálculo de las resistencias correspondientes a  $R_1$  y  $R_2$  se realiza el siguiente análisis:

Si el adaptador de la turbina es de 24VDC:

Por otro lado, si el adaptador de la turbina es 12VDC, que es el que se ha implementado:

A continuación, se muestra una imagen del divisor de voltaje implementado.



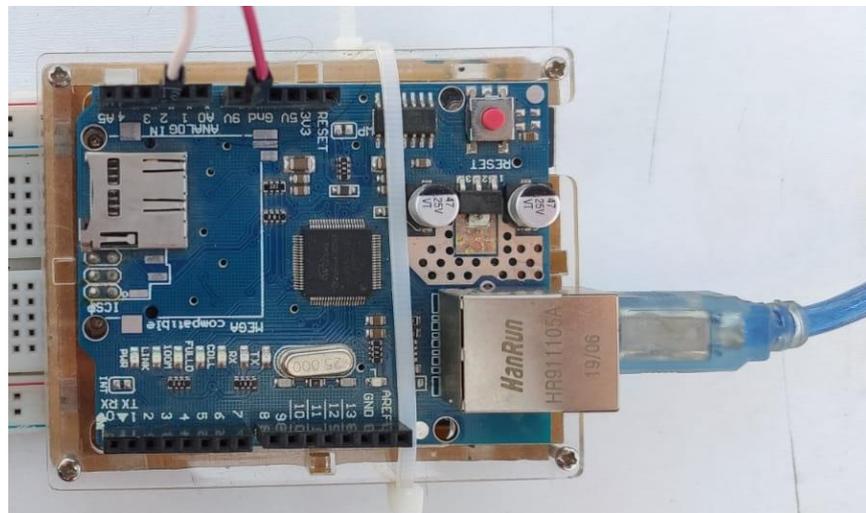
**Figura 37:** Divisor de voltaje.  
Elaboración propia.

### 3.5.6. Arduino Uno - Modulo Ethernet

El uso del shield Ethernet permite una gran variedad de opciones para controlar el Arduino a través de Internet o de la red local. Se puede aplicar en una amplia gama de

situaciones, entre ellas la automatización del hogar, Se abren muchas opciones al utilizar el escudo Ethernet para controlar el Arduino mediante Internet o la red local. Este escudo puede ser utilizado para aplicaciones como la automatización del hogar, el Internet de las cosas (IoT) y el control y monitoreo remoto, entre otras. Además, es compatible con las placas Arduino Uno y Mega, y viene con las librerías Ethernet y SD incluidas en el IDE de Arduino.

Por otro lado, el diseño de la placa Ethernet utiliza el chip WIZnet W5500. Si necesitas más información sobre este chip, puedes seguir el enlace proporcionado. Esta placa es compatible con voltajes de 3.3V y 5V, lo que la hace adecuada tanto para la plataforma ARM como para Arduino. La integración de ambos componentes es sencilla y simplifica la programación y la integración de ambas tecnologías. Se puede observar en la siguiente imagen cómo se combinan ambos dispositivos para realizar la investigación correspondiente.



**Figura 38:** Arduino Uno con el módulo Ethernet Shield.  
Elaboración propia.

El código siguiente se utilizó para programar el Arduino con un shield Ethernet para enviar datos a un servidor web. A continuación, se detalla el funcionamiento del código:



Las dos primeras líneas incluyen las librerías necesarias para el shield Ethernet, SPI.h y Ethernet.h.

A continuación, se definen varias constantes, como la dirección MAC del shield, la dirección IP del servidor web, la dirección IP de la propia placa Arduino, la puerta de enlace, la máscara de subred y el servidor DNS.

- La variable "client" se define como una instancia de EthernetClient, que es una clase que proporciona funciones para conectarse a un servidor web.
- La variable booleana "printWebData" se establece en verdadera para imprimir los datos web.
- La variable "sensor\_id" es un identificador para este cliente.
- El método "setup" se encarga de inicializar la conexión Ethernet mediante el método "Ethernet.begin" y los parámetros previamente definidos.
- El método "loop" se ejecuta continuamente en un bucle infinito, y después de una demora de 1 segundo, se verifica si hay una conexión disponible con el servidor web utilizando el método "client.connect".

```
1 //Librerías para Ethershield
2 #include <SPI.h>
3 #include <Ethernet.h>
4
5 //Ethershield: Dirección MAC, Dirección del servidor de destino
6 //byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xEE };
7 byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAD, 0x05 };
8 //byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAF, 0x15 };
9 //char server[] = "ecc-ingenieros.com";
10 //IPAddress server(23,82,16,187);
11 IPAddress server(108,62,123,70);
12
13 //Ethershield: Dirección IPv4, puerta de enlace, Máscara de Subred y DNS
14 IPAddress ip(192,168,100,133);
15 byte gateway[] = { 192, 168, 100, 1 };
16 byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };
17 //byte myDns[] = { 192, 168, 1, 252 };
18 //byte myDns[] = { 190, 113, 220, 18 };
19 byte myDns[] = { 8, 8, 8, 8 };
20
21 //Ethershield: la variable client tiene las funciones de EthernetClient
22 EthernetClient client;
23
24 //Ethershield: variable booleana en verdadero para imprimir datos web
25 bool printWebData = true;
26
27 //Identificador de este cliente
28 char sensor_id[] = "SANMIG-S1";
29
30 void setup() {
31
32 //Ethershield: asignar parámetros IPv4
33 Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);
```

**Figura 39:** Código del Arduino Uno con el módulo Ethernet Shield.  
Elaboración propia.

- Si hay una conexión, se lee el valor promedio del voltaje (de la entrada analógica 2) y del corriente (de la entrada analógica 3) mediante una serie de lecturas de la entrada analógica y se almacenan en variables.
- Luego, se utiliza el método "client.print" para enviar los datos al servidor web mediante una solicitud GET que incluye los valores de voltaje, corriente e identificador del cliente.
- Si se pierde la conexión, el código detiene la conexión y espera un tiempo antes de intentar volver a conectarse.

- El código también contiene un bucle while que se ejecuta mientras se mantiene la conexión entre el cliente y el servidor web. En este bucle, se lee la respuesta del servidor y se almacena en un búfer, aunque este código no realiza ninguna acción específica con los datos recibidos.
- En resumen, el código Arduino se utiliza para conectarse a un servidor web y enviar datos de voltaje y corriente a través de una solicitud GET.

```
36
37 void loop() {
38     delay(1000);
39
40     //Si hay conexión con el cliente, usar la IPv4 del servidor por el puerto 80
41     if (client.connect(server, 80)) {
42
43         //Voltage A2: Obtener 20 muestras del voltaje y obtener el promedio
44         //por entrada analógica 2
45         unsigned int i=0;
46         float SamplesV=0.0,AvgV = 0.0, vp = 0.0;
47         for(int i = 0; i < 20; i++) {
48             //a2 = analogRead(2);
49             SamplesV = SamplesV + analogRead(2);
50             delay(3);
51         }
52         AvgV = (SamplesV/20.0);
53         //vp = (AvgV*25.0)/1024.0;
54         vp = AvgV;
55
56         //Ampere A3: Obtener 20 muestras del corriente y obtener el promedio
57         //por entrada analógica 3
58         unsigned int x=0;
59         //float AcsValue=0.0,Samples=0.0,AvgAcs=0.0,AcsValueF=0.0;
60         float SamplesA=0.0,AvgAcs=0.0,AcsValueF=0.0;
61         for (int x = 0; x < 20; x++){ //Get 150 samples
62             //AcsValue = analogRead(3); //Read current sensor values
63             //Samples = Samples + AcsValue; //Add samples together
64             SamplesA = SamplesA + analogRead(3); //Add samples together
65             delay(3); // let ADC settle before next sample 3ms
66         }
67         AvgAcs=SamplesA/20.0;//Taking Average of Samples
68
69         //Usar el método GET para el sitio web especificando directorio
```

**Figura 40:** Código del Arduino Uno con el módulo Ethernet Shield.  
Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La página web que se está visualizando se presentan los datos más recientes de alguna información en particular. Además, se menciona que esta página web es resultado del archivo show\_vaeol.php. Esto puede entenderse como que la página web muestra en tiempo real o de manera actualizada los datos más recientes de cierta información, y que la página en sí misma fue generada por medio del archivo show\_vaeol.php. Este archivo contiene el código necesario para recopilar y presentar la información actualizada en la página web, como se puede visualizar en la siguiente imagen.

[Página Principal](#) - [Contacto](#)

Conexión Satisfactoria!

Selecccionar una fecha:

Fecha(2023-04-12)

Mostrar

Voltaje DC	Amperaje DC	IP Cliente	ID Sensor	Fecha Hora
0.00	513.95	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:38:41
0.00	514.10	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:37:41
0.00	513.90	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:36:41
0.00	513.90	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:35:41
0.00	514.05	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:34:41
0.00	514.20	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:33:41
0.00	514.00	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:32:42
0.00	513.95	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:31:42
0.00	513.60	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:30:42
0.00	514.10	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:29:42
0.00	513.85	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:28:42
0.00	513.75	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:27:42
0.00	514.15	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:26:42
0.00	513.80	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:25:43
0.00	513.65	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:24:43
0.00	513.80	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:23:43
0.00	513.75	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:22:43
0.00	513.50	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:21:43
0.00	513.70	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-18 19:20:43

**Figura 41:** Pagina web de los datos almacenados.  
Elaboración propia.

En el servidor que almacena y presenta información de una tabla en una base de datos, el administrador tiene la opción de solicitar la visualización de los datos correspondientes a la tabla. Los datos más recientes se muestran primero en el sitio web, lo que implica que se presenta una visualización de los registros en orden cronológico inverso. Con el objetivo de mostrar los registros más recientes primero, el administrador de la base de datos puede utilizar la cláusula ORDER BY con el argumento reg1 DESC. Esta cláusula se utiliza para ordenar los resultados de la consulta de la base de datos según una o varias columnas en orden descendente. En este caso, se utiliza la columna reg1, que contiene la fecha y hora del registro, y el argumento DESC se utiliza para ordenar los resultados en orden descendente, es decir, desde la fecha y hora más reciente hasta la más antigua. Además, para mostrar sólo un número limitado de filas o registros, se puede utilizar la cláusula LIMIT. La cláusula LIMIT se utiliza para limitar el número de filas que se devuelven en una consulta de la base de datos. En este caso, se puede especificar el número de filas que se desean mostrar después de la cláusula LIMIT, por ejemplo, LIMIT 20 para mostrar sólo los 20 registros más recientes.

```
MariaDB [vaeol]> SELECT * FROM sensors ORDER BY reg1 DESC LIMIT 20;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id    | vp    | ap    | client_ip | sensor_id | reg1                |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 27315 | 0.00  | 514.50 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:53:28 |
| 27314 | 0.00  | 514.55 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:52:28 |
| 27313 | 0.10  | 514.65 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:51:28 |
| 27312 | 0.00  | 514.35 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:50:29 |
| 27311 | 0.00  | 514.75 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:49:29 |
| 27310 | 0.00  | 514.50 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:48:29 |
| 27309 | 0.15  | 514.50 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:47:29 |
| 27308 | 0.10  | 514.40 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:46:29 |
| 27307 | 0.00  | 514.35 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:45:29 |
| 27306 | 0.00  | 514.50 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:44:29 |
| 27305 | 0.00  | 514.40 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:43:29 |
| 27304 | 0.00  | 514.25 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:42:30 |
| 27303 | 0.00  | 514.65 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:41:30 |
| 27302 | 0.05  | 514.30 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:40:30 |
| 27301 | 0.00  | 514.50 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:39:30 |
| 27300 | 0.05  | 514.40 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:38:30 |
| 27299 | 0.00  | 514.60 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:37:30 |
| 27298 | 0.15  | 514.80 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:36:30 |
| 27297 | 0.00  | 514.70 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:35:30 |
| 27296 | 0.15  | 514.50 | 190.42.17.2 | SANMIG-S1 | 2023-04-30 18:34:30 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
20 rows in set (0.030 sec)

MariaDB [vaeol]>
```

**Figura 42:** Selección de datos ordenados.  
Elaboración propia.

En el marco de una plataforma de almacenamiento de datos que guarda información que incluye fechas y horas, es posible hacer una selección de un día o fecha en particular y mostrar todos los datos que corresponden a ese periodo de tiempo específico. Esto se puede hacer a través de una solicitud a la base de datos utilizando una cláusula WHERE que filtre los registros que se encuentran dentro del lapso de tiempo deseado. Para permitir a los usuarios seleccionar un rango de fechas específicas, es posible proporcionar una interfaz de usuario que incluya una caja de texto para ingresar la fecha y Un botón que activa la solicitud a la base de datos y presenta los datos correspondientes. Al escribir la fecha en el campo de texto y pulsar el botón "mostrar", se envía una petición a la base de datos para recuperar todos los registros asociados con esa fecha. Por ejemplo, si se desea ver todos los registros de una base de datos para el 13 de abril de 2023, se podría ingresar esa fecha en una caja de texto en la interfaz del usuario y presionar el botón "mostrar" para recuperar todos los registros que tienen fecha del 13 de abril de 2023.

[Página Principal](#) - [Contacto](#)

Conexión Satisfactoria!

Selecccionar una fecha:

Fecha(2023-04-12)

Voltaje DC	Amperaje DC	IP Cliente	ID Sensor	Fecha Hora
0.00	517.95	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-17 00:00:26
0.00	517.85	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-17 00:01:26
0.00	517.85	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-17 00:02:26
0.00	517.75	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-17 00:03:26
0.00	517.85	190.236.82.58	SANMIG-S1	2023-05-17 00:04:26

**Figura 43:** Selección de datos por fecha.  
Elaboración propia.

El proceso de selección de un día o fecha específicos en la página web implica que el usuario debe ingresar la fecha en una caja de texto y presionar el botón "mostrar".



Una vez hecho esto, se produce un redireccionamiento desde el archivo "show\_vaeol.php" hasta el archivo "show\_vaeol\_range.php". El archivo "show\_vaeol\_range.php" está diseñado para mostrar solo los registros que cumplen con el criterio de fecha seleccionado por el usuario. Es decir, este archivo filtrará los registros y solo mostrará aquellos que corresponden al día o fecha seleccionada. En resumen, el archivo "show\_vaeol\_range.php" es responsable de mostrar los registros específicos solicitados por el usuario y es utilizado cuando se necesita ver los registros de un día en particular. El proceso de selección de fecha y redireccionamiento se realiza mediante la interacción con la página web y el uso de estos archivos php.

953.05	509.60	200.121.220.158	SANMIG-S1	2023-04-12 17:13:25
900.80	532.05	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:14:25
0.00	510.55	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:18:44
0.00	510.20	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:19:44
167.35	510.35	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:20:44
71.70	509.70	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:21:44
16.65	510.15	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:22:02
0.00	509.75	200.121.220.218	SANMIG-S1	2023-04-12 17:23:02
24.05	510.45	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:24:02
39.65	509.95	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:25:02
0.00	509.90	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:26:02
529.10	509.85	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:27:02
1009.90	510.05	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:28:01
793.40	510.15	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:29:01
821.05	509.95	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:30:01
79.60	510.05	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:31:01
156.60	509.95	200.121.203.120	SANMIG-S1	2023-04-12 17:32:01
824.90	509.85	200.121.203.120	SANMIG-S1	2023-04-12 17:33:01
509.45	509.70	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:34:01
197.05	510.05	200.121.203.120	SANMIG-S1	2023-04-12 17:35:00
14.95	510.50	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 17:36:00
155.10	514.05	200.121.203.120	SANMIG-S1	2023-04-12 17:37:00
0.00	510.65	200.121.220.158	SANMIG-S1	2023-04-12 17:38:00
18.30	511.00	200.121.220.218	SANMIG-S1	2023-04-12 17:39:00
0.00	510.45	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 17:40:00
0.00	510.15	200.121.220.218	SANMIG-S1	2023-04-12 17:41:00

**Figura 44:** Selección de datos por fecha.  
Elaboración propia.

El administrador de la base de datos necesita mostrar los datos de un día específico, puede hacer una solicitud para la base de datos utilizando la cláusula WHERE en la consulta SQL. Con la cláusula WHERE, se especifica el rango de tiempo o fecha que se desea consultar, limitando la selección de registros a aquellos que cumplen con la condición especificada. Además, se puede utilizar la cláusula LIMIT para limitar el número de registros que se muestran en la consulta. Si se desea mostrar solo los primeros

10 registros de la consulta anterior, se puede usar la siguiente consulta SQL. De esta manera, se pueden obtener solo los registros específicos que se necesitan y reducir la cantidad de datos que se muestran en la pantalla.

```
MariaDB [vaeol]> SELECT * FROM sensors WHERE regl >= '2023-04-12 00:00:00' AND regl <= '2023-04-12 23:59:59' LIMIT 20;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | vp | ap | client_ip | sensor_id | regl |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1608 | 0.05 | 508.60 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 12:00:57 |
| 1609 | 0.00 | 508.45 | 200.121.220.158 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 12:01:57 |
| 1610 | 1.45 | 509.60 | 190.42.17.109 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:44:52 |
| 1611 | 1.35 | 509.75 | 200.121.220.218 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:45:52 |
| 1612 | 2.40 | 509.85 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:46:52 |
| 1613 | 0.85 | 509.65 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:47:51 |
| 1614 | 2.70 | 509.60 | 190.42.17.109 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:48:51 |
| 1615 | 1.45 | 509.65 | 190.42.17.109 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:49:51 |
| 1616 | 2.20 | 509.55 | 190.42.17.109 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:50:51 |
| 1617 | 1.90 | 509.65 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:51:51 |
| 1618 | 1.20 | 509.60 | 190.42.17.109 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:52:51 |
| 1619 | 0.85 | 509.75 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:53:51 |
| 1620 | 1.50 | 509.80 | 200.121.203.120 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:54:51 |
| 1621 | 1.35 | 509.95 | 200.121.203.120 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:55:50 |
| 1622 | 1.10 | 509.55 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:56:50 |
| 1623 | 1.05 | 509.70 | 200.121.203.120 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:57:50 |
| 1624 | 1.20 | 509.90 | 200.37.49.186 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:58:50 |
| 1625 | 8.75 | 509.70 | 200.121.203.120 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 15:59:50 |
| 1626 | 4.95 | 509.65 | 200.121.220.158 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 16:00:50 |
| 1627 | 6.15 | 509.70 | 200.121.220.218 | SANMIG-S1 | 2023-04-12 16:01:50 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
20 rows in set (0.004 sec)
MariaDB [vaeol]>
```

**Figura 45:** Selección de datos por fecha en MariaDB.  
Elaboración propia.

El código `dataset.shape` es utilizado en Python con la biblioteca Pandas para obtener el tamaño del dataset en términos de filas y columnas. La función `shape` devuelve una tupla que contiene dos valores: el número de filas y el número de columnas del dataset, en ese orden. El primer valor de la tupla corresponde a las filas, también conocido como el eje 0 o `axis 0`, y el segundo valor corresponde a las columnas, también conocido como el eje 1 o `axis 1`. Por ejemplo, si el resultado del código `dataset.shape` es `(48131, 6)`, significa que el dataset tiene 48131 filas y 6 columnas. Este tipo de información puede ser muy útil al realizar análisis de datos y al seleccionar partes específicas del conjunto de datos. En la siguiente imagen se muestra que se tiene 48131 registros o filas y 6 campos o columnas en la data adquirida.

```
[90] #Tamaño del dataset (registros, variables). En la nomenclatura de pandas es (axis 0, axis 1)
dataset.shape

(48131, 6)
```

**Figura 46:** Tamaño de la data.  
Elaboración propia.

```
[91] #Vemos los primeros registros del dataset
dataset.head()
```

	ID	Voltaje	Amperaje	ClientIP	SensorID	DateTime
0	1608	0.05	508.60	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 12:00:57
1	1609	0.00	508.45	200.121.220.158	SANMIG-S1	2023-04-12 12:01:57
2	1610	1.45	509.60	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 15:44:52
3	1611	1.35	509.75	200.121.220.218	SANMIG-S1	2023-04-12 15:45:52
4	1612	2.40	509.85	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 15:46:52

**Figura 47:** Primeras filas de la data.  
Elaboración propia.

En la imagen anterior se puede ver las primeras filas y la naturaleza de cada una, la columna 0 es el identificador de fila o registro, la columna 1 es el voltaje en una escala del 0 al 1024 y la columna 2 es la corriente o amperaje en una escala del 0 al 1024, la columna 3 es la IPv4 del cliente, la 4 es el identificador del cliente o sensor y la columna 5 es la fecha y hora del registro del sistema.

Datos estadísticos lo más importante son el voltaje y amperaje. La media para voltaje es 2.224576, la media para el amperaje es 511.728222, tener en cuenta que el valor mínimo de el amperaje es 508 y el máximo es 591. También se ven valores máximos y mínimos, std es la desviación estándar.

```
[92] # Datos estadísticos de datos  
dataset.describe()
```

	ID	Voltaje	Amperaje
count	48131.000000	48131.000000	48131.000000
mean	25777.254805	2.224576	511.728222
std	14018.433065	25.562754	2.336336
min	1608.000000	0.000000	508.000000
25%	13641.500000	0.000000	510.300000
50%	25684.000000	0.000000	510.900000
75%	38012.500000	0.600000	512.450000
max	50123.000000	1023.000000	591.550000

**Figura 48:** Estadígrafos de la data.  
Elaboración propia.

El código de la siguiente imagen se muestra cómo calcular el porcentaje de filas (registros) únicas en un dataset utilizando el método `nunique()` de pandas. El método `nunique()` retorna la cantidad de valores únicos en cada columna del dataset, y al dividirlo por la longitud del dataset con `len(dataset)`, se obtiene el porcentaje de filas únicas en cada columna. El resultado de la operación es una serie de pandas con el porcentaje de filas únicas para cada columna en el dataset. Se ve que la columna del ID (columna 0) y de fecha y hora (columna 5) son datos únicos, es decir, en cada fila o registro que se generó, existe un único dato por cada una de esas filas o registros. En los otros casos no se da ese caso.

```
[93] #Porcentaje de filas (registros) únicas  
dataset.nunique() / len(dataset)
```

```
ID          1.000000  
Voltaje     0.017660  
Amperaje    0.005672  
ClientIP    0.001101  
SensorID    0.000021  
DateTime    1.000000  
dtype: float64
```

**Figura 49:** Porcentaje de registros únicos.  
Elaboración propia.

El código `dataset.isna().sum()` primero utiliza la función `isna()` de pandas en el DataFrame `dataset` para verificar para cada celda si tiene un valor nulo o no. El resultado de esta operación es un DataFrame de la misma forma que `dataset`, pero con valores booleanos en cada celda que indican si esa celda es nula (`True`) o no (`False`). Luego, la función `sum()` es aplicada al DataFrame booleano resultante, lo que cuenta el número de celdas nulas en cada columna. El resultado es un objeto pandas de una sola dimensión con el número de celdas nulas por columna. Finalmente, se divide el resultado por el número total de filas del DataFrame `dataset`, obteniendo el porcentaje de filas con valores nulos por columna. Este porcentaje se calcula para cada columna del DataFrame original y se muestra en pantalla. Se puede verificar que no hay registros o columnas con datos vacíos.

```
[94] #Porcentaje de filas (registros) vacías
      dataset.isna().sum() / len(dataset)

ID          0.0
Voltaje     0.0
Amperaje    0.0
ClientIP    0.0
SensorID    0.0
DateTime    0.0
dtype: float64
```

**Figura 50:** Porcentaje de registros faltantes.  
Elaboración propia.

El código `dataset.dtypes` muestra los tipos de datos de cada columna en un conjunto de datos de pandas. Los tipos de datos que se pueden encontrar en pandas incluyen `float` (números decimales), `int` (números enteros), `object` (cadenas de caracteres), `bool` (valores booleanos), `datetime` (fechas y horas) y `categoría` (variables categóricas). La información proporcionada por este código es útil para comprender cómo están estructurados los datos y para realizar transformaciones de datos apropiadas, como

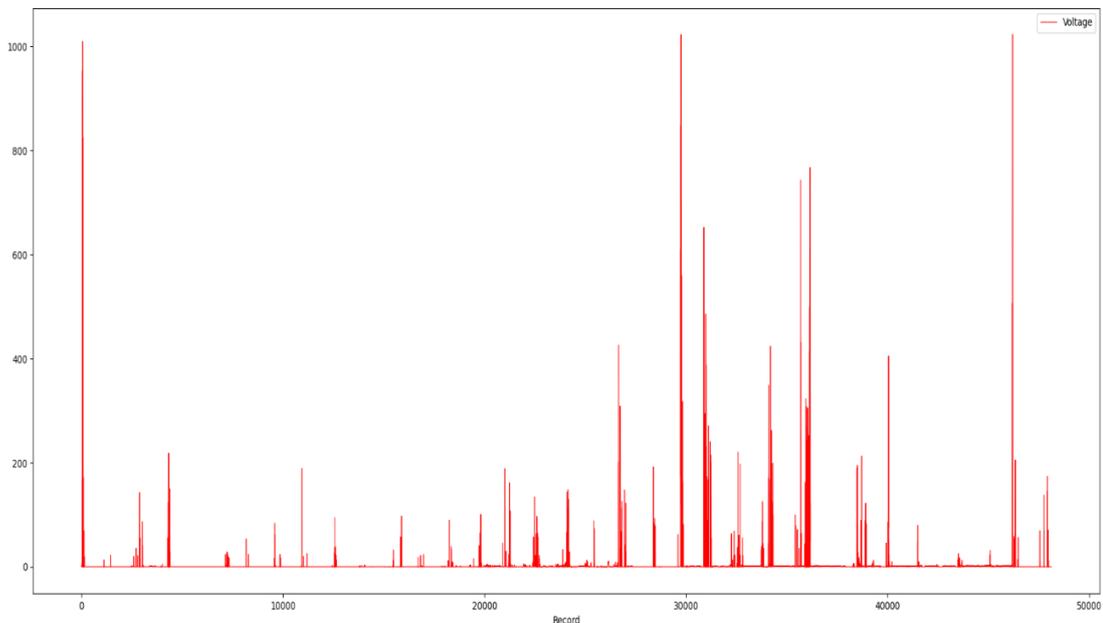
convertir una columna de objetos en una columna de fechas y horas. Se muestran en la siguiente imagen los tipos de datos de cada columna, enteros, flotantes y objetos.

```
[95] #Tipos de datos
      dataset.dtypes

ID           int64
Voltaje      float64
Amperaje     float64
ClientIP     object
SensorID     object
DateTime     object
dtype: object
```

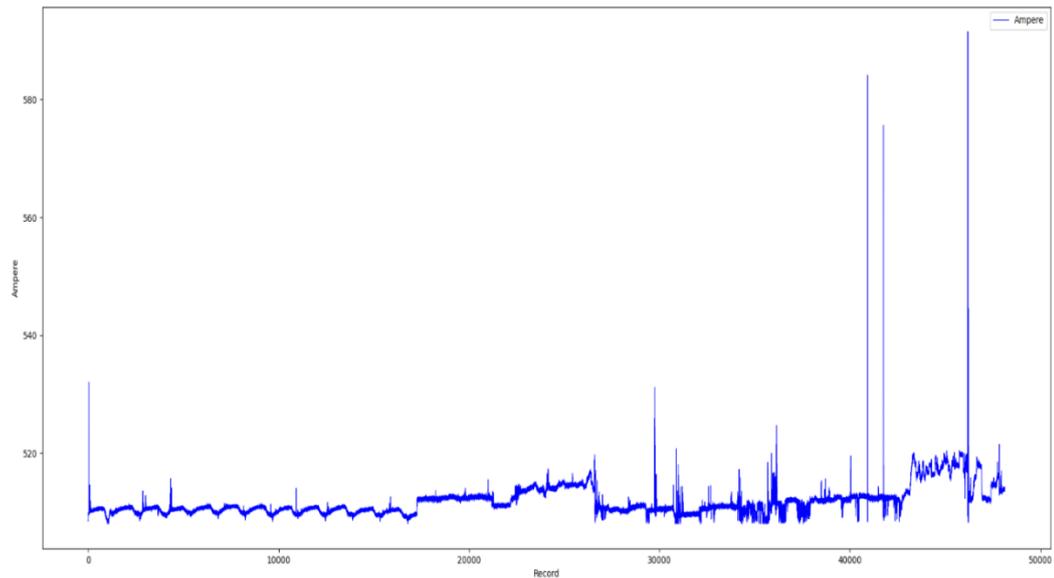
**Figura 51:** Tipos de datos en la data.  
Elaboración propia.

En la siguiente imagen se muestra el gráfico de la adquisición de datos del voltaje versus el tiempo, se puede notar que su escala es de 0 a 1024.



**Figura 52:** Voltaje vs Tiempo.  
Elaboración propia.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la corriente eléctrica denominada también amperaje versus el tiempo, se puede notar también que su escala es de 0 a 1024.



**Figura 53:** Amperaje vs Tiempo.  
Elaboración propia.

De esta forma se han mostrado los dos componentes principales para poder hallar la potencia. Así que se procede a transformar los datos en la escala correcta, esto para el voltaje y el amperaje. El divisor de voltaje para el circuito del prototipo dividía los valores reales de voltaje entre 3. También recordar que para una tarjeta Arduino UNO 1024 equivale a 5VDC y 0 equivale a 0VDC, por lo que resulta la siguiente fórmula para hallar el voltaje real o normalizado. Esto se deduce por reglas de tres simple.

También se procede a transformar los datos del amperaje o corriente eléctrica. El sensor de corriente para el circuito del prototipo tiene un valor mínimo de 508 que equivale a 0A y un valor máximo de 591 que equivale a la corriente eléctrica máxima esperada en la resistencia de potencia, que es 1,67A. Así que resulta la siguiente fórmula para hallar el amperaje real o normalizado.

Se procede a agregar tres columnas en el grupo de datos, con el voltaje normalizado, el amperaje normalizado y la potencia que es el producto de voltaje y amperaje.

```
[100] dataset['Voltaje_n'] = dataset['Voltaje']*3*5/1024
```

```
[101] dataset['Amperaje_n'] = (dataset['Amperaje']-508)*1.67/83
```

```
[102] dataset['Potencia'] = dataset['Amperaje_n']*dataset['Voltaje_n']
```

**Figura 54:** Tres nuevas columnas con valores normalizados.  
Elaboración propia.

En la siguiente imagen se pueden apreciar las tres nuevas columnas con los valores normalizados.

```
[103] #Vemos los primeros registros del dataset  
dataset.head()
```

	ID	Voltaje	Amperaje	ClientIP	SensorID	DateTime	Voltaje_n	Amperaje_n	Potencia
0	1608	0.05	508.60	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 12:00:57	0.000732	0.012072	0.000009
1	1609	0.00	508.45	200.121.220.158	SANMIG-S1	2023-04-12 12:01:57	0.000000	0.009054	0.000000
2	1610	1.45	509.60	190.42.17.109	SANMIG-S1	2023-04-12 15:44:52	0.021240	0.032193	0.000684
3	1611	1.35	509.75	200.121.220.218	SANMIG-S1	2023-04-12 15:45:52	0.019775	0.035211	0.000696
4	1612	2.40	509.85	200.37.49.186	SANMIG-S1	2023-04-12 15:46:52	0.035156	0.037223	0.001309

**Figura 55:** Primeros valores en nuevas columnas normalizadas.  
Elaboración propia.

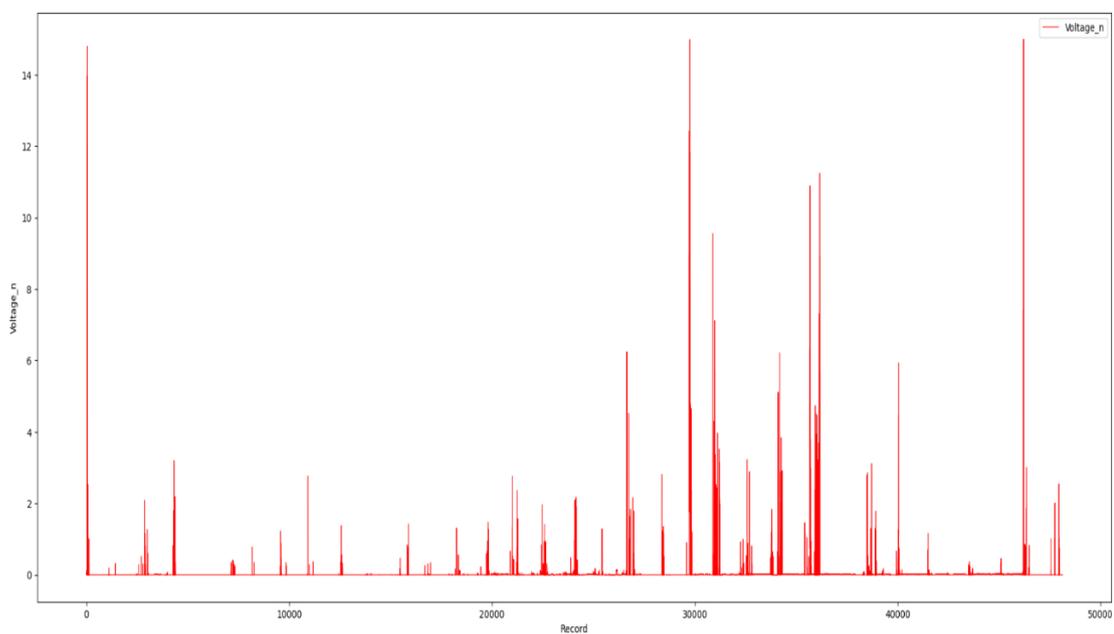
Se puede observar también algunos datos estadísticos de los datos nuevos, se aprecia los valores máximos del voltaje y amperaje normalizados, son valores acordes a la realidad.

```
[104] # Datos estadísticos de datos  
dataset.describe()
```

	ID	Voltaje	Amperaje	Voltaje_n	Amperaje_n	Potencia
count	48131.000000	48131.000000	48131.000000	48131.000000	48131.000000	48131.000000
mean	25777.254805	2.224576	511.728222	0.032587	0.075014	0.005199
std	14018.433065	25.562754	2.336336	0.374454	0.047008	0.129753
min	1608.000000	0.000000	508.000000	0.000000	0.000000	0.000000
25%	13641.500000	0.000000	510.300000	0.000000	0.046277	0.000000
50%	25684.000000	0.000000	510.900000	0.000000	0.058349	0.000000
75%	38012.500000	0.600000	512.450000	0.008789	0.089536	0.000575
max	50123.000000	1023.000000	591.550000	14.985352	1.681066	12.471328

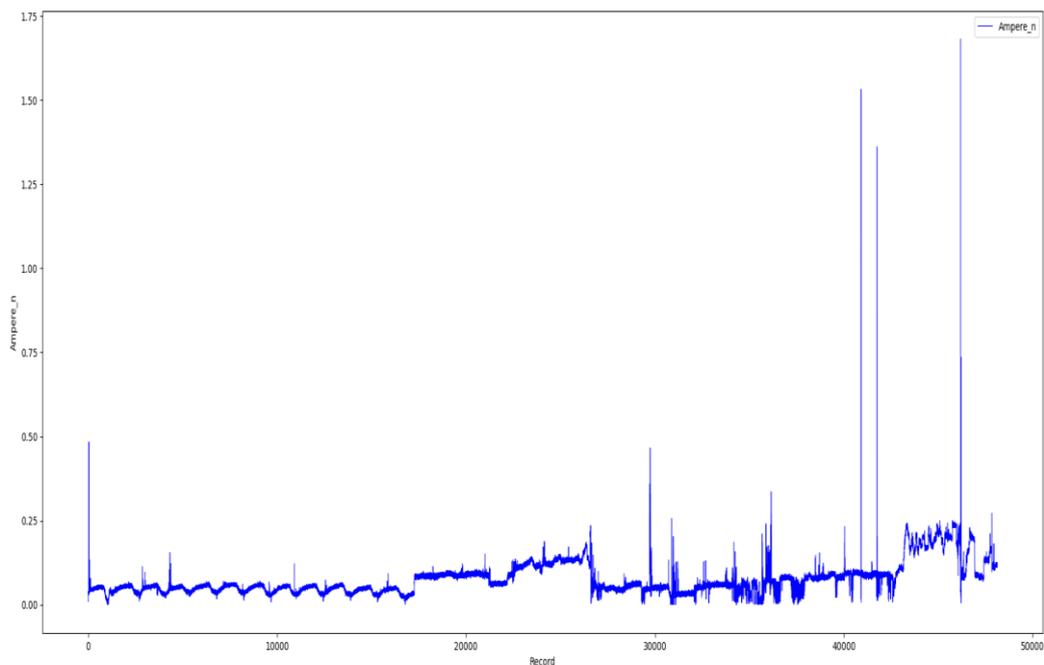
**Figura 56:** Datos estadísticos de nuevas columnas.  
Elaboración propia.

En la siguiente imagen se muestra el gráfico de la adquisición de datos del voltaje versus el tiempo, con valores normalizados.



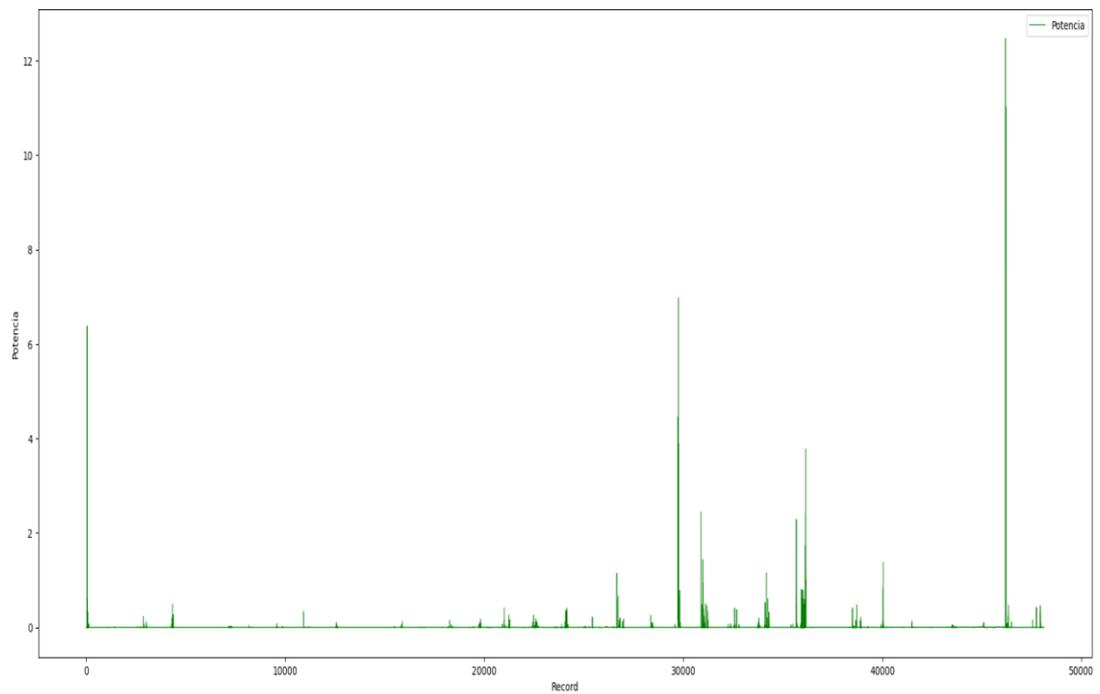
**Figura 57:** Voltaje versus tiempo con valores normalizados.  
Elaboración propia.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la corriente eléctrica denominada también amperaje versus el tiempo, con valores normalizados.



**Figura 58:** Corriente eléctrica versus tiempo con valores normalizados.  
Elaboración propia.

Finalmente se pueden observar los datos de potencia versus el tiempo.



**Figura 59:** Potencia versus tiempo.  
Elaboración propia.



## V. CONCLUSIONES

El crecimiento del uso de fuentes de energías renovables contiene un factor de suma importancia, es el impacto positivo sobre el medio ambiente, esto hace que sea una de las principales fuentes de energía del futuro. Un sistema para la supervisión de la generación de energías eólicas utilizando el modelo de IoT en la ciudad de Puno y Juliaca, permite monitorear la potencia de manera efectiva y reportar las ventajas y desventajas existentes en sistemas de este tipo. Pudiendo un cliente ver en tiempo real desde cualquier parte del mundo usando la plataforma web que provee el servidor en la nube.

El diseño de un sistema de Internet de las cosas para la supervisión en energías renovables como la eólica es considerada como una herramienta clave para monitorear de manera efectiva la potencia de este sistema y optimizar su rendimiento energético en los distritos de Puno y Juliaca. Mediante la implementación de esta tecnología, es posible mitigar los desafíos que limitan la aceptación de las energías renovables y mejorar su adopción en la región. El sistema ha podido monitorear voltajes desde 0 a 14.99 Voltios, corrientes de 0 a 1.68 Amperios y potencias de 0 a 12.47 Watts.

La evaluación de las ventajas y desventajas para una instalación de los sistemas de energías eólicas en los distritos de Puno y Juliaca ha permitido identificar los beneficios al generar energía por medio de fuentes renovables y limpias, como también la reducción de emisiones de gases contaminantes y el aporte positivo que tiene con el planeta tierra. Sin embargo, también se han identificado desafíos al implementar dichos generadores eólicos, como la necesidad de un análisis detallado del sitio y las condiciones climáticas para optimizar el rendimiento energético y garantizar la viabilidad del proyecto. Los resultados de esta investigación concuerdan con el Atlas Eólico Peruano publicado en el 2016.



## VI. RECOMENDACIONES

Es fundamental promover el empleo de energías renovables en las ciudades de Puno y Juliaca, tales como la energía eólica, con el fin de disminuir la dependencia en fuentes de energía convencionales y mitigar su impacto negativo en el medio ambiente. Al implementar la tecnología IoT, se recomienda supervisar y monitorear eficazmente la generación de energía eólica en las ciudades de Puno y Juliaca. De esta manera, será posible optimizar los procesos y mejorar el rendimiento energético.

Realizar un análisis minucioso del lugar es esencial para llevar a cabo un análisis detallado del sitio y las condiciones climáticas previo a la instalación de un sistema de energía eólica. Esto asegurará la viabilidad del proyecto y maximizará su rendimiento energético.

Es importante educar a la población sobre energías renovables, por ello se recomienda efectuar campañas educativas para sensibilizar a la población acerca de la importancia y beneficios del uso de fuentes de energía renovables. De este modo, se fomentará la adopción de tecnologías sostenibles y contribuirá al desarrollo sostenible de la región.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdessamie, H. (2021). *Diseño de cargador de baterías fotovoltaico y eólico para aplicaciones de IoT*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. doi:<http://hdl.handle.net/10317/10039>
- Andrés, G. V., Mateo, M. G., & Pedro Arturo, S. P. (2022). *Análisis del desarrollo y potencial de la energía eólica en el Perú*. Revista Ingeniería Industrial . doi:[https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/6114](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/6114)
- Ángel Germán, P. P. (2019). *Producción de energía eólica en Ecuador*. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.610>
- Araujo Rodríguez, J. A., Martínez Nolasco, J. J., Sámano Ortega, V. M., & Gutiérrez Vera, F. (2020). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ANÁLISIS ENERGÉTICO BASADO EN TECNOLOGÍA DE INTERNET DE LAS COSAS PARA UNA MICRO-RED DE CD (PROPOSAL OF AN ENERGY MONITORING AND ANALYSIS SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY FOR A CD MICRO-GRID)*. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CELAYA. doi:<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.es>
- Arno, S., Klaus, J., Olindo, I., René, S., & Miro, Z. (2016). *Solar energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems*. Inglaterra: UIT Cambridge Ltd.
- Aston, Z., Zachary, L., Mu, L., & Alexander, S. (2022). *Dive into Deep Learning*. Pensilvania: Carnegie Mellon University.
- AutoSolar. (27 de 01 de 2021). *AutoSolar*. Obtenido de <https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/controlador-de-carga-solar-controlador-mppt-usos-y-ventajas>
- Bafdal, I. A., Suryadi, E., & Bono, A. (2020). *Greenhouse Monitoring and Automation Using Arduino: a Review on Precision Farming and Internet of Things (IoT)*. International Journal. doi:<https://core.ac.uk/download/pdf/328815342.pdf>



- Barik, L. (2019). *IoT based Temperature and Humidity Controlling using Arduino and Raspberry Pi*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications.
- Bashir, S., Paul, S., & Chang, J. (2019). *Novel Core Airgap Profiles Design Scheme for Winding and Thermal Loss Reduction in High-Frequency Current Transformer Sensors*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2943666>
- Becerra, G., Hernández, J., Osorio, E., Aguilar, J. O., & Vazquez, J. (2020). *Evaluación de sistemas eólicos en el Caribe*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. doi: <https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v24n2a04>
- Bentejaca, C., Csorgo, A., & Martinez, G. (2021). A Comparative Analysis of XGBoost. *Artificial Intelligence Review*, <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09896-5>.
- Bolo, B., Mpoeleng, D., & Zlotnikova, I. (2019). *Development of Methods Acquiring Real Time Very High Resolution Agricultural Spatial Information Using Unmanned Aerial Vehicle*. AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics. doi:<https://ageconsearch.umn.edu/record/294152>
- Bradney, D. E. (2020). *A low-cost, high-speed, multi-channel Arduino-based data acquisition system for wind turbine systems*. Wind Engineering. doi:<https://doi.org/10.1177/0309524X19862753>
- Burkov, A. (2019). *The Hundred - Page Machine Learning Book*. Quebec: Andriy Burkov.
- cablematic. (2022). *cablematic*. Obtenido de <https://cablematic.com/en/products/30a-ac712-electronic-current-sensor-AJ030/>
- CHANCHI, G., OSPINA, M., & PÉREZ, J. (2020). *Sistema IoT para la monitorización de la variabilidad del ritmo cardiaco en pruebas de usabilidad*. Revista Espacios. doi:<http://es.revistaespacios.com/a20v41n25/a20v41n25p07.pdf>
- Córdova Córdova, E. P., & Carrasco Chipantiza, L. F. (2018). *Sistema de monitoreo y telegestión del consumo eléctrico en cargas residenciales basado en una arquitectura IoT*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. doi:<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28809>



- Cruz, E. (2022). *MakerElectronico*. Obtenido de <https://www.makerelectronico.com/producto/dht11-sensor-temperatura-humedad/>
- Dawoud, D. S., & Dawoud, P. (2020). *5 RS-232 Variants RS-422/RS-423, RS-449, RS-485, and EIA-530*. IEEE. doi:<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9227522>
- Deisenroth, P., Faisa, A., & Soon Ong, C. (2022). *MATHEMATICS FOR MACHINE LEARNING*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eduardo, A. A. (2019). *ASPECTOS HISTÓRICOS DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO*. Revista Brasileira de Energias Renováveis. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/rber.v8i4.65759>
- Emilio, M. D. (2013). *Data Acquisition Systems From Fundamentals to Applied Design*. Italia: Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Energy, V. (2022). *Convertidor CC/CC Orion aislado*. The Netherlands: Victron Energy B.V. .
- Erazo Laverde, W. G. (2023). *Diseño e implementación de un sistema de carga tipo rotor generador para incrementar la autonomía en una motocicleta eléctrica*. Universidad de las fuerzas armadas. doi:<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35221/1/T-ESPEL-MAI-0792.pdf>
- Esteban Tlelo-Cuautle, A. D.-A.-F.-J. (2020). *Analog/Digital Implementation of Fractional Order Chaotic Circuits and Applications*. Springer Nature. doi:<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-31250-3>
- Esteve, F., Silveira, C., & Maldonado, A. (2019). *ACGEF : análisis de cortocircuito en generadores eólicos y fotovoltaicos*. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ingeniería. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12008/19580>
- Ferreira, A., & Figueiredo , M. (2012). Boosting Algorithms: A Review of Methods, Theory, and Applications. En A. F. Figueiredo, *Boosting Algorithms: A Review of Methods, Theory, and Applications* (pág. Chapter 3). Portugal: Instituto de



- Telecomunicaciones, Instituto Superior Técnico y Technical University of Lisbon.
- Flores, W. G. (2022). *Programación Básica en Lenguaje C*. Cinvestav Unidad Tamaulipas. doi:<https://www.tamps.cinvestav.mx/~wgomez/lenguajeC/notas.pdf>
- Garate Añibarro, J. I., & Ferreiro del Rio, S. (2018). *Double Smart Energy Harvesting System for self-powered Industrial IoT*. Departamento de Tecnología Electrónica.
- Gielen, G. G., Hernandez, L., & Rombouts, P. (2020). *Time-Encoding Analog-to-Digital Converters: Bridging the Analog Gap to Advanced Digital CMOS-Part 1: Basic Principles*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/MSSC.2020.2987536>
- González Silverio, D. (2021). *Diseño de un generador eólico de imanes permanentes*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. doi:<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/13284>
- González, F., Vilorio, R., Garcia, M., Calzada, J., & Arízaga, A. (2010). MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE UNA ESTUFA SOLAR SK-14 PARA OPTIMIZAR SU EFICIENCIA. *Semana Internacional de Energia Solar*.
- Goswami, A., Sreejeth, M., & Singh, M. (2022). *Simulation and Analysis of Hall Sensor Misalignment in BLDC Motor Drive*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/DELCON54057.2022.9753351>
- Ho, M.-H., Yen, H.-C., Lai, M.-Y., & Liu, Y.-T. (2021). *Implementation of DDS Cloud Platform for Real-time Data Acquisition of Sensors*. IEEE. doi:[10.1109/ISPACS51563.2021.9650986](https://doi.org/10.1109/ISPACS51563.2021.9650986)
- Hua Zhang, J. W. (2021). *Design and Research of MCU applied in UAV Data Acquisition System*. Journal of Physics: Conference Series. doi:[10.1088/1742-6596/1802/4/042017](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1802/4/042017)
- Hunt, J. (2019). *Advanced Guide to Python 3 Programming*. Reino Unido: Springer Nature Switzerland.
- Joel de Jesus, M. A. (2019). *Las Energías Renovables son la Autonomía Energética para la Integración de Dispositivos Embebidos Inalámbricos con el IoT*. Gestión Competitividad E Innovación, 7(2), 13-28. doi:<https://pca.edu.co/editorial/revistas/index.php/gci/article/view/96>



- Kamaruddin, F., Mali, N. N., Murad, N. A., & Latiff, N. M. (2020). *IoT-based intelligent irrigation management and monitoring system using arduino*. Telecommunication, Computing, Electronics and Control. doi:<http://telkomnika.uad.ac.id/index.php/TELKOMNIKA/article/view/12818>
- Karina Torres-Castro, C. T.-Q. (2021). *Microgeneración de energía eólica en un entorno boscoso en Costa Rica: estudio de caso*. scielo. doi:[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822021000300061](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822021000300061)
- Keithley. (2001). *Data Acquisition and Control Handbook*. U.S.A.: Keithley Instrument.
- Kim, J.-H., Kim, C., Kim, K., & Yoo, H.-J. (2019). *An Ultra-Low-Power Analog-Digital Hybrid CNN Face Recognition Processor Integrated with a CIS for Always-on Mobile Devices*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/ISCAS.2019.8702698>
- Kosuke Mitarai, M. K. (2019). *Quantum analog-digital conversion*. PHYSICAL REVIEW. doi:<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.99.012301>
- L. Tuck, C. S. (2019). *Real-time compensation of magnetic data acquired by a single-rotor unmanned aircraft system*. Geophysical Prospecting. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2478.12800>
- Lad, S., Mahajan, B., Mandkulkar, R., Pugaonkar, V., & Sailakshmi, K. (2017). *Data Acquisition Handbook*. United States: Measurement Computing Corporation.
- Li, X. (2022). *Design of Heartbeat Monitoring Based on Serial Port and its Implementation in QNX*. Journal of Physics: Conference Series. doi:[10.1088/1742-6596/2185/1/012034](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2185/1/012034)
- Lipták, B. (2012). *Process Software and Digital Networks*. London: Taylor & Francis Group.
- Lopez, M., Vannier, J.-C., & Sadarnac, D. (2008). *SISTEMAS DE CONVERSION DE ENERGIA EOLICA CONTROL Y DISEÑO*. Département “Electrotechnique et Systèmes d’Energie”,. doi:<https://hal-supelec.archives-ouvertes.fr/hal-00243098>
- Luciana Vanesa, C., & Guillermina Paula, J. (2021). *Energía eólica distribuida: oportunidades y desafíos en Argentina*. Letras Verdes, Revista Latinoamericana



de Estudios Socioambientales.  
doi:<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4590>

Lutins, E. (01 de 08 de 2017). *Towards Data Science*. Obtenido de <https://towardsdatascience.com/ensemble-methods-in-machine-learning-what-are-they-and-why-use-them-68ec3f9fef5f>

Martínez Soto, N., J. Rojas, J., & Richmond Navarro, G. (2022). *Desarrollo y prueba de un sistema para sensor de manera remota la velocidad del viento*. Programa de Investigación en Energías Limpias. doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v35i7.6331>

Mitchell, R., & Eibe, F. (2017). Accelerating the XGBoost algorithm using GPU computing. *PeerJ Computer Science*.

Mohammed Asadullah Khan<sup>1</sup>, J. S. (2021). *Magnetic sensors-A review and recent technologies*. Engineering Research Express. doi:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2631-8695/ac0838/meta>

Morde, V. (07 de 04 de 2019). *Towards Data Science*. Obtenido de <https://towardsdatascience.com/https-medium-com-vishalmorde-xgboost-algorithm-long-she-may-rein-edd9f99be63d>

Moreno Prieto, S. (2022). *NRWind: Solución IoT para la monitorización de la producción energética de parques eólicos*. E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM). doi:[https://oa.upm.es/71818/1/TESIS\\_MASTER\\_SARA\\_MORENO\\_PRIETO.pdf](https://oa.upm.es/71818/1/TESIS_MASTER_SARA_MORENO_PRIETO.pdf)

Moreno Prieto, S. (2022). *NRWind: Solución IoT para la monitorización de la producción energética de parques eólicos*. E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM). doi:<https://oa.upm.es/71818/>

MPPTSolar. (2021). *MPPTSolar*. Obtenido de [mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html](https://mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html)

Nazário, F. A. (2019). *Análise experimental de um gerador de energia piezoelétrica rotacional que aproveita o potencial eólico*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. doi:<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15624>

Nilsson, N. (2005). *INTRODUCTION TO MACHINE LEARNING*. California: Universidad Stanford.



- Outsourcing, D. &. (25 de Abril de 2017). *Design & Outsourcing*. Obtenido de <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/ultraviolet-light-sensor-for-wearable-devices/>
- Pablo Nicolás Granell, G. W. (2019). *Highly compliant planar Hall effect sensor with sub 200 nT sensitivity*. *Electronics - Journals*. doi:<https://www.nature.com/articles/s41528-018-0046-9>
- Paz Penagos, H., Moreno, A. A., & Poveda, J. N. (2019). *Adquisición de datos para un sistema de medición de la calidad del aire basado en IoT*. *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LACCEI)*. doi:<https://doi.org/10.18687/laccei2019.1.1.121>
- Pelayo, M. H. (2016). *Diseño de una estructura soporte para un módulo integrado de placa fotovoltaica*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Prakash, K., & Jai Prakash, P. (2021). *Arduino Based Machine Learning and IoT Smart Irrigation System*. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. doi:[https://www.researchgate.net/profile/Prakash-Kanade/publication/351246704\\_Arduino\\_based\\_Machine\\_Learning\\_and\\_IoT\\_Smart\\_Irrigation\\_System/links/61a8b896ca2d401f27b9e8d6/Arduino-based-Machine-Learning-and-IoT-Smart-Irrigation-System.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Prakash-Kanade/publication/351246704_Arduino_based_Machine_Learning_and_IoT_Smart_Irrigation_System/links/61a8b896ca2d401f27b9e8d6/Arduino-based-Machine-Learning-and-IoT-Smart-Irrigation-System.pdf)
- PROMETEC. (2022). *prometec*. Obtenido de <https://prometec.mx/producto/ldr-sensor-de-luz/>
- Rajalakshmi Krishnamurthi, A. K. (2020). *An Overview of IoT Sensor Data Processing, Fusion, and Analysis Techniques*. *MDPI journals*. doi:<https://doi.org/10.3390/s20216076>
- Ramírez Arboleda, J. (2021). *Comparación del desempeño de generadores eólicos darrieus de pequeña escala operando a bajas velocidades de viento*. *Repositorio Institucional Universidad EIA*. doi:<https://repository.eia.edu.co/handle/11190/3507>
- Research, N. S. (17 de 06 de 2019). *nationalmaglab*. Obtenido de <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/hall-effect>



- robotop. (2022). *robotop*. Obtenido de <https://www.robotop.lv/en/svetovye/793-gy-8511-ml8511-uvb-uv-rays-sensor.html>
- Roque, F. P., Zaldívar, E. V., & Fuentes, O. A. (2013). *Sistema de Adquisición de Datos con comunicación inalámbrica*. <http://scielo.sld.cu/>. doi:[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282013000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000300007)
- Sámano Ortega, V., & Martínez Nolasco, J. (2021). *Obtención de Modelo Matemático para Predecir la Potencia de un Sistema Fotovoltaico Empleando IoT*. Universo de la Tecnológica,. doi:<https://revista.utnay.edu.mx/index.php/ut/article/view/38/49>
- Schapiro, R., & Freund, Y. (2012). *Boosting: Foundations and Algorithms*. Londres: Instituto Tecnológico de Massachusetts.
- Sehrawat, D., & Gill, N. S. (2019). *Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors*. IEEE. doi:10.1109/ICOEI.2019.8862778
- Sen, J. (2021). *Machine Learning Algorithms, Models and Applications*. Londres: Andries Engelbrecht.
- Shalev, S., & Ben, D. (2014). *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shaofu Xu, X. Z. (2019). *Deep-learning-powered photonic analog-to-digital conversion*. Springer Nature. doi:<https://www.nature.com/articles/s41377-019-0176-4>
- Silva, A. A., Juca, S. C., Costa, L. S., & Silva, P. M. (2017). *Sistema IoT versatil para monitoramento em nuvem de sensores*. Instituto Federal de Educac,ao, Ciencia e Tecnologia do Ceara (IFCE).
- Smola, A., & Vishwanathan. (2008). *Introduction to Machine Learning*. Cambridge: Universidad de Cambridge.
- Soroush Abbasian Dehkordi, K. F. (2020). *A survey on data aggregation techniques in IoT sensor networks*. Springer Nature. doi:<https://link.springer.com/article/10.1007/s11276-019-02142-z>



- Stefan, K. (2006). *Solar Electric Power Generation - Photovoltaic Energy Systems*. Rio de Janeiro: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Villar Villar, S. S., & Baquero Almazo, M. C. (2022). *Diseño de sistema de energía renovable acuática para problemática eléctrica y de agua potable en isla de providencia*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Electrónica, Santa Marta. doi:[http://www.knowledgecap.bigstarcreative.com/bitstream/20.500.12494/45743/1/2022\\_dise%c3%b1o\\_sistema\\_energ%c3%ada.pdf](http://www.knowledgecap.bigstarcreative.com/bitstream/20.500.12494/45743/1/2022_dise%c3%b1o_sistema_energ%c3%ada.pdf)
- Wallender, L., & Allen, S. (25 de 02 de 2022). *Forbes*. Obtenido de Forbes Advisor: <https://www.forbes.com/advisor/home-improvement/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/>
- Wei, Z., Hu, J., He, H., Li, Y., & Xiong, B. (2021). *Load Current and State-of-Charge Coestimation for Current Sensor-Free Lithium-Ion Battery*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/TPEL.2021.3068725>
- White, J. (2016). *The Python Book*. Londres: Imagine Publishing Ltd.
- Zandi, O., & Poshtan, J. (2019). *Fault Diagnosis of Brushless DC Motors Using Built-In Hall Sensors*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2917847>
- Zhu, X., & Goldberg, A. (2009). Introduction to Semi-Supervised Learning. *Morgan & Claypool Publishers*, <https://doi.org/10.2200/S00196ED1V01Y200906AIM006>.



## ANEXOS

### Anexo 1 – Fragmento de la data

1608,0.05,508.60,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 12:00:57  
1609,0.00,508.45,200.121.220.158,SANMIG-S1,2023-04-12 12:01:57  
1610,1.45,509.60,190.42.17.109,SANMIG-S1,2023-04-12 15:44:52  
1611,1.35,509.75,200.121.220.218,SANMIG-S1,2023-04-12 15:45:52  
1612,2.40,509.85,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 15:46:52  
1613,0.85,509.65,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 15:47:51  
1614,2.70,509.60,190.42.17.109,SANMIG-S1,2023-04-12 15:48:51  
1615,1.45,509.65,190.42.17.109,SANMIG-S1,2023-04-12 15:49:51  
1616,2.20,509.55,190.42.17.109,SANMIG-S1,2023-04-12 15:50:51  
1617,1.90,509.65,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 15:51:51  
1618,1.20,509.60,190.42.17.109,SANMIG-S1,2023-04-12 15:52:51  
1619,0.85,509.75,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 15:53:51  
1620,1.50,509.80,200.121.203.120,SANMIG-S1,2023-04-12 15:54:51  
1621,1.35,509.95,200.121.203.120,SANMIG-S1,2023-04-12 15:55:50  
1622,1.10,509.55,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 15:56:50  
1623,1.05,509.70,200.121.203.120,SANMIG-S1,2023-04-12 15:57:50  
1624,1.20,509.90,200.37.49.186,SANMIG-S1,2023-04-12 15:58:50  
1625,8.75,509.70,200.121.203.120,SANMIG-S1,2023-04-12 15:59:50  
1626,4.95,509.65,200.121.220.158,SANMIG-S1,2023-04-12 16:00:50  
1627,6.15,509.70,200.121.220.218,SANMIG-S1,2023-04-12 16:01:50  
1628,5.55,509.95,190.42.17.109,SANMIG-S1,2023-04-12 16:02:49  
1629,5.15,509.60,200.121.220.218,SANMIG-S1,2023-04-12 16:03:49



## Anexo 2 – Generador Eólico





## Anexo 2 – Código Arduino

```
//Librerías para Ethershield
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
//Ethershield: Dirección MAC, Dirección del servidor de destino
//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[] = "ecc-ingenieros.com";
//IPAddress server(23,82,16,187);
IPAddress server(108,62,123,70);
//Ethershield: Dirección IPv4, puerta de enlace, Máscara de Subred y DNS
IPAddress ip(192,168,100,133);
byte gateway[] = { 192, 168, 100, 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 };
//Ethershield: la variable client tiene las funciones de EthernetClient
EthernetClient client;
//Ethershield: variable booleana en verdadero para imprimir datos web
bool printWebData = true;
//Identificador de este cliente
char sensor_id[] = "SANMIG-S1"
void setup() {
    //Ethershield: asignar parámetros IPv4
    Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);
}
void loop() {
    delay(1000);
    //Si hay conexión con el cliente, usar la IPv4 del servidor por el puerto 80
    if (client.connect(server, 80)) {
        //Voltage A2: Obtener 20 muestras del voltaje y obtener el promedio
```



```
//por entrada analógica 2
unsigned int i=0;
float SamplesV=0.0,AvgV = 0.0, vp = 0.0;
for(int i = 0; i < 20; i++) {
    //a2 = analogRead(2);
    SamplesV = SamplesV + analogRead(2);
    delay(3);
}
AvgV = (SamplesV/20.0);
//vp = (AvgV*25.0)/1024.0;
vp = AvgV;
//Ampere A3: Obtener 20 muestras del corriente y obtener el promedio
//por entrada analógica 3
unsigned int x=0;
//float AcsValue=0.0,Samples=0.0,AvgAcs=0.0,AcsValueF=0.0;
float SamplesA=0.0,AvgAcs=0.0,AcsValueF=0.0;
for (int x = 0; x < 20; x++){ //Get 150 samples
    //AcsValue = analogRead(3); //Read current sensor values
    //Samples = Samples + AcsValue; //Add samples together
    SamplesA = SamplesA + analogRead(3); //Add samples together
    delay(3); // let ADC settle before next sample 3ms
}
AvgAcs=SamplesA/20.0;//Taking Average of Sample
//Usar el método GET para el sitio web especificando directorio,
} else {
}
//Si se pierde la conexión terminar el proceso
if (!client.connected()) {
    client.stop();
    delay(58358);
}
}
```



## Anexo 2 – Código Python para análisis de la data

```
# -*- coding: utf-8 -*-  
  
# Cargar librerías para ordenar y vizualizar datos  
import pandas as pd  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt  
from google.colab import drive  
drive.mount('/content/drive/')  
  
!ls -l drive/MyDrive/Colab\ Notebooks/VAEOL/csv  
dataset = pd.read_csv("drive/MyDrive/Colab Notebooks/VAEOL/csv/ALL-  
VAEOL.txt", header = None)  
  
#Lectura del grupo de datos CSV  
#file_name = "garments_worker_productivity.csv"  
#El método "read_csv" nos permite leer un excel  
#dataset = pd.read_csv(file_name)  
#Tamaño del dataset (registros, variables). En la nomenclatura de pandas es (axis  
0, axis 1)  
dataset.shape  
#Vemos los primeros registros del dataset  
dataset.head()  
# Datos estadísticos de datos  
dataset.describe()  
#Porcentaje de filas (registros) únicas  
dataset.nunique() / len(dataset)  
#Porcentaje de filas (registros) vacías ...  
dataset.isna().sum() / len(dataset)  
#Tipos de datos  
dataset.dtypes  
#Separamos la data, en variables independientes (x) y dependientes (y)  
yv = dataset[1]  
ya = dataset[2]  
print(yv)  
print(ya)
```



```
#Crear una matriz para representar el eje x de un gráfico
```

```
x1 = np.arange(0, len(yv), 1)
```

```
x1
```

```
# Mostrar el voltaje (y) graficada en el tiempo o en el número de registro de menor  
a mayor
```

```
plt.figure(figsize=(24,10))
```

```
#plt.scatter(x1, yv, s=5, color="red", label="Voltage")
```

```
plt.plot(x1, yv, lw=0.8, color="red", label="Voltage")
```

```
#plt.plot(x1, y, 'b-')
```

```
#plt.plot(x1, ya, lw=0.8, color="blue", label="Voltage")
```

```
plt.axis([0, 29391, 0, 1024])
```

```
plt.xlabel('Record')
```

```
plt.ylabel('Voltage / Ampere')
```

```
plt.legend()
```

```
plt.show()
```

```
# Mostrar el voltaje (y) graficada en el tiempo o en el número de registro de menor  
a mayor
```

```
plt.figure(figsize=(24,10))
```

```
#plt.scatter(x1, yv, s=5, color="red", label="Voltage")
```

```
#plt.plot(x1, yv, lw=0.8, color="red", label="Voltage")
```

```
#plt.plot(x1, y, 'b-')
```

```
plt.plot(x1, ya, lw=0.8, color="blue", label="Voltage")
```

```
plt.axis([0, 29391, 504, 533])
```

```
plt.xlabel('Record')
```

```
plt.ylabel('Voltage / Ampere')
```

```
plt.legend()
```

```
plt.show()
```



## Anexo 3 – Códigos PHP de sitio web

### formacion\_vaeol.php

```
<html>
<body>
<?php
//Se define el nombre de la base de datos,
//el nombre del usuario, la contraseña de usuario
//y el host
$dbname = 'vaeol';
$dbuser = 'vaeol_user';
$dbpass = 'VaeolP4s';
$dbhost = 'localhost';
//Se realiza la conexión a la base de datos
$conn = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
//Si no se puede conectar mostrar el mensaje de error
if(!$conn){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}
//Mostrar mensaje de éxito al conectar
echo "Connection Success!<br><br>";
//Obtener datos con el método GET desde el cliente
//Los datos son voltaje, amperaje, identificador del sensor
//y la dirección IPv4 del cliente
$vp = $_GET["vp"];
$ap = $_GET["ap"];
$sensor_id = $_GET["sensor_id"];
$client_ip = $_SERVER["REMOTE_ADDR"];
//Establecer la zona de tiempo para un correcto registro
//de fecha y hora, luego obtener la fecha y hora actual
date_default_timezone_set('America/Lima');
$now = date("Y-m-d H:i:s");
//Insertar en la tabla sensors los valores obtenidos desde el cliente
$query = "INSERT INTO sensors (vp, ap, sensor_id, client_ip, reg1) VALUES
('$vp', '$ap', '$sensor_id', '$client_ip', '$now')";
$result = mysqli_query($conn,$query);
//Mostrar mensaje de éxito al insertar
echo "Insertion Success!<br>";
?>
</body>
</html>
```

### show\_vaeol.php

```
<?php
//Se define una cabecera en HTML para refrescar la página cada 60 segundos
echo "<html><head><meta http-equiv='refresh' content='60'></head><body>";
//Se incluye el contenido del archivo show_vaeol_head.php
//que contiene un menú de navegación por el sitio
include 'show_vaeol_head.php';
//Se define el nombre de la base de datos,
```



```
//el nombre del usuario, la contraseña de usuario
//y el host
$dbname = 'vaeol';
$dbuser = 'vaeol_user';
$dbpass = 'VaeolP4s';
$dbhost = 'localhost';
//Se realiza la conexión a la base de datos
$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
//Si no se puede conectar mostrar el mensaje de error
if(!$connect){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}
//Mostrar mensaje de éxito al conectar
echo "Conexión Satisfactoria!<br>";
//Se define el límite o cantidad de filas a mostrar
$limit = 60;
//Se hace una solicitud para mostrar voltaje, amperaje
//identificador del sensor y fecha hora desde la tabla sensors
//se ordena de forma descendente y se establece el límite máximo
//para mostrar el número de filas indicado previamente
$query = "SELECT vp, ap, client_ip, sensor_id, reg1 FROM sensors ORDER BY
reg1 DESC LIMIT ".$limit."";
//Se agrega un formulario para solicitar los resultados de una fecha
//determinada o un día determinado
//el formulario redirecciona al archivo show_vaeol_range.php
echo "Selecccionar una fecha:<br>";
echo "<form action='show_vaeol_range.php' method='post'>";
echo "<label for='dateini'>Fecha(2023-04-12) </label>";
echo "<input type='text' id='dateini' name='dateini'>";
echo "<input type='submit' value='Mostrar'></form>";
//Se crea una tabla con una cabecera de tabla con
//valores como voltaje, amperaje, IPv4 de cliente,
//identificador de sensor, fecha y hora
echo "<table border='1'>";
echo "    <tr><th>Voltaje    DC</th><th>Amperaje    DC</th><th>IP
Cliente</th><th>ID Sensor</th><th>Fecha Hora</th></tr>";
//Se hace la solicitud a la base de datos
$result = mysqli_query($connect,$query);
//Mientras existan resultados de ls solicitud previamente hecha,
//mostrarlos fila por fila en una fila para la tabla
while($row = mysqli_fetch_array($result)){
    echo
"<tr><td>".$row['vp'].</td><td>".$row['ap'].</td><td>".$row['client_ip'].</td><td>".
$row['sensor_id'].</td><td>".$row['reg1'].</td></tr>";
}
//Se establece el final de la tabla
echo "</table>";
?>
</body>
```



</html>

### show\_vaeol\_head.php

<?php

```
//Se establece dos enlaces, uno para regresar a la página
//principal y otro para mostrar los datos de contacto
echo "<a href='show_vaeol.php'>Página Principal</a>";
echo " - <a href='show_vaeol_con.php'>Contacto</a>";
echo "<hr>"
?>
```

### show\_vaeol\_range.php

<html>

<body>

<?php

```
//Se incluye el contenido del archivo show_vaeol_head.php
//que contiene un menú de navegación por el sitio
include 'show_vaeol_head.php';
//Se define el nombre de la base de datos,
//el nombre del usuario, la contraseña de usuario
//y el host
$dbname = 'vaeol';
$dbuser = 'vaeol_user';
$dbpass = 'VaeolP4s';
$dbhost = 'localhost';
//Se realiza la conexión a la base de datos
$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);
//Si no se puede conectar mostrar el mensaje de error
if(!$connect){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}
//Mostrar mensaje de éxito al conectar
echo "Conexión Satisfactoria!<br>";
//Obtener el dato con el método POST desde el formulario
//el dato consiste en la fecha o día determinado
$dateini = $_POST["dateini"];
//Se hace una solicitud para mostrar voltaje, amperaje
//identificador del sensor y fecha hora desde la tabla sensors
//siempre que sea en el día indicado mayor o igual a las 00:00:00 horas
//y que sea en el día indicado menos o igual a las 23:59:00 horas
$query = "SELECT vp, ap, client_ip, sensor_id, reg1 FROM sensors WHERE
reg1 >= " . $dateini . " 00:00:00' AND reg1 <= " . $dateini . " 23:59:59";
//Se hace la solicitud a la base de datos
$result = mysqli_query($connect,$query);
//Se agrega un formulario para solicitar los resultados de una fecha
//determinada o un día determinado
//el formulario redirecciona al archivo show_vaeol_range.php
echo "Selecccionar una fecha:<br>";
echo "<form action='show_vaeol_range.php' method='post'>";
echo "<label for='dateini'>Fecha(2023-04-12) </label>";
echo "<input type='text' id='dateini' name='dateini'>";
```



```
echo "<input type='submit' value='Mostrar'></form>";
//Se crea una tabla con una cabecera de tabla con
//valores como voltaje, amperaje, IPv4 de cliente,
//identificador de sensor, fecha y hora
echo "<table border='1'>";
echo      "<tr><th>Voltaje      DC</th><th>Amperaje      DC</th><th>IP
Cliente</th><th>ID Sensor</th><th>Fecha Hora</th></tr>";
//Mientras existan resultados de ls solicitud previamente hecha,
while($row = mysqli_fetch_array($result)){
    echo
"<tr><td>".$row['vp']. "</td><td>".$row['ap']. "</td><td>".$row['client_ip']. "</td><td>".
$row['sensor_id']. "</td><td>".$row['reg1']. "</td></tr>";
    }
//Se establece el final de la tabla
echo "</table>";
?>
</body>
</html>
```



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **Jefferson Sucari Chavez**,

identificado con DNI: **72730210** en mi condición de egresado de:

**Escuela Profesional**,  **Programa de Segunda Especialidad**,  **Programa de Maestría o Doctorado**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

informo que he elaborado el/la  **Tesis** o  **Trabajo de Investigación** denominada:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LOS DISTRITOS DE PUNO Y JULIACA BASADO EN EL MODELO DE INTERNET DE LAS COSAS 2023”**

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 14 de JULIO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Jefferson Sucari Chavez,

identificado con DNI: 72730210 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LOS DISTRITOS DE PUNO Y JULIACA BASADO EN EL MODELO DE INTERNET DE LAS COSAS – 2023”**

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 14 de JULIO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella