



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Diseño de un sistema electrónico para medir la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autor

Jose Luis Herrera Santillan

Asesor

Ing. Carlos Manuel Cruz Castañeda

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Jose Luis Herrera Santillan	47867300	14 de Junio del 2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Carlos Manuel Cruz Castañeda	80593441	0000-0003-3311-8251
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Teodorico Jamanca Alberto	15604418	0000-0002-9739-6683
Erlo Wilfredo Lino Escobar	15608475	0000-0003-4889-6646
Ernesto Díaz Ronceros	46943961	0000-0002-2841-7014

Diseño de una Sistema Electrónico para medir la Calidad del Aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023

ORIGINALITY REPORT

18% SIMILARITY INDEX	18% INTERNET SOURCES	4% PUBLICATIONS	9% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.unjfsc.edu.pe Internet Source	6%
2	hdl.handle.net Internet Source	3%
3	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Student Paper	1%
4	core.ac.uk Internet Source	1%
5	repositorio.ucl.edu.pe Internet Source	<1%
6	forum.arduino.cc Internet Source	<1%
7	www.coursehero.com Internet Source	<1%
8	www.medellin.gov.co Internet Source	<1%

Ing. Carlos Manuel Cruz Castañeda
ASESOR



Ing. Teodorico Jamanca Alberto
PRESIDENTE



Ing. Erlo Wilfredo Lino Escobar
SECRETARIO



Ing. Ernesto Díaz Ronceros
VOCAL

DEDICATORIA

"Dedico este trabajo a mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor motivación y fuerza en este arduo camino académico. A ustedes les dedico cada palabra escrita y cada logro alcanzado en esta tesis, pues sin su guía y aliento, este trabajo no habría sido posible. Gracias por ser mi inspiración y por creer en mí siempre."

Jose Luis Herrera Santillan

AGRADECIMIENTO

En el proceso de elaboración de esta tesis, han sido numerosas las personas e instituciones que han contribuido de manera significativa para hacer posible la culminación de este proyecto. A todas ellas, quiero expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, deseo expresar mi profunda gratitud a mi asesor de tesis, por su orientación, apoyo y dedicación a lo largo de todo este proceso. Sus conocimientos, experiencia y constante motivación fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos y superar los desafíos encontrados en el camino.

No puedo dejar de mencionar el apoyo brindado por mis compañeros de investigación y colaboradores, quienes compartieron sus ideas, conocimientos y experiencias, y me acompañaron en cada etapa de este proceso. Su compañerismo y colaboración fueron de gran ayuda para superar los obstáculos y alcanzar los objetivos planteados.

Por último, quiero dedicar un especial agradecimiento a mi familia y seres queridos, quienes me han brindado su amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Su constante aliento y motivación fueron mi principal fuente de inspiración para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por formar parte de este importante logro en mi vida académica y profesional. Sin su colaboración y apoyo, este trabajo no hubiera sido posible. Muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I	17
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. Descripción de la realidad problemática	18
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Objetivos de la investigación	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
1.4. Justificación.....	22
1.5. Delimitación.....	23
1.6. Viabilidad.....	23
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. Antecedentes del estudio.....	26

2.1.1.	Antecedentes internacionales	26
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	29
2.2	Bases Teóricas:.....	33
2.2.1	Sistema electrónico	33
2.2.2	Hardware	34
2.2.3	Software y firmware.....	35
2.2.4	Protocolo de comunicación	36
2.2.5	Calidad del aire.....	38
2.2.6	Contaminantes atmosféricos	40
2.2.7	Impacto en la salud.....	42
2.2.8	Normativas y estándares ambientales	43
2.3.	Hipótesis e investigación.....	46
2.3.1.	Hipótesis general	46
2.3.2.	Hipótesis específicas.....	47
2.4.	Operacionalización de las variables	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		49
3.1	Diseño metodológico.....	50
3.1.1	Tipo de investigación	50
3.1.2	Nivel de Investigación.....	50
3.1.3	Diseño.....	50
3.1.4	Enfoque	51
3.2	Población y muestra	51
3.2.1	Población.....	51

3.2.2	Muestra.....	51
3.3	Técnica para la recolección de datos.....	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		54
4.1	Análisis de resultados.....	55
4.2	Contrastación de hipótesis.....	64
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		68
5.1	Discusión de los resultados	69
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		70
6.1	Conclusiones	71
6.2	Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS.....		73
7.1	Referencias bibliográficas	74
7.2	Referencias electrónicas.....	75
ANEXOS		76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONTROLADOR ESP8266

FIGURA 2. SENSOR DE CALIDAD DEL AIRE MQ-135

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CORRELACIÓN HIPÓTESIS GENERAL	64
TABLA 2. CORRELACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	65
TABLA 3. CORRELACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	66
TABLA 4. CORRELACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	67

RESUMEN

Título de la investigación: Diseño de una Sistema Electrónico para medir la Calidad del Aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023. **Objetivo:** Determinar si el diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023. **Metodología:** “La presente investigación, pertenece al tipo de investigación aplicada tecnológica, el nivel de investigación es correlacional, diseño no experimental y enfoque mixto”. **Hipótesis:** El diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023. **Población:** La población estará conformada por los 12,830 estudiantes en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”. **Muestra:** La muestra obtenida fue de 374 estudiantes en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. **Instrumento:** La encuesta aplicada a los estudiantes, aplicando la “escala de Likert”. **Resultados:** Como resultado el coeficiente de correlación Rho Spearman fue de $r= 0.883$, con una $p=0.000(p<0.05)$ por lo tanto, “se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula”. **Conclusión:** El diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Palabras Claves: Sistema electrónico, calidad de aire, internet de las cosas.

ABSTRACT

Research title: Design of an Electronic System to Measure Air Quality at the National University José Faustino Sánchez Carrión, 2023. **Objective:** To determine whether the design of the electronic system is significantly related to the measurement of air quality at the “José Faustino Sánchez Carrión National University”, 2023. **Methodology:** “The present research belongs to the type of applied technological research, the level of research is correlative, non-experimental design and mixed approach”. **Hypothesis:** The design of the electronic system is significantly related to the measurement of air quality at the “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023. **Population:** The population will consist of 12,830 students at the “José Faustino Sánchez Carrión National University”. **Sample:** The sample obtained was 374 students at the “José Faustino Sánchez Carrión National University”. **Instrument:** The survey applied to the students, applying the “Likert scale”. **Results:** As a result the correlation coefficient Rho Spearman was $r=0.883$, with a $p=0.000(p<0.05)$ therefore, “the alternative hypothesis is accepted and the null hypothesis is rejected”. **Conclusion:** The design of the electronic system is significantly related to the measurement of air quality at the “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Keywords: Keywords: Electronic system, air quality, internet of things.

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es un aspecto fundamental para garantizar la salud y el bienestar de la comunidad universitaria y la población en general. En los últimos años, el aumento de la contaminación atmosférica ha generado una creciente preocupación debido a sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. En este contexto, el desarrollo de sistemas electrónicos para medir la calidad del aire se ha convertido en una herramienta indispensable para monitorear y controlar los niveles de contaminantes presentes en el ambiente.

La “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” (UNJFSC), como institución comprometida con el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente, reconoce la importancia de contar con un sistema de monitoreo de la calidad del aire en su campus universitario. En este sentido, la presente tesis tiene como objetivo principal el diseño y desarrollo de un Sistema Electrónico para Medir la Calidad del Aire en la UNJFSC, con el fin de proporcionar información precisa y oportuna sobre la concentración de contaminantes atmosféricos en el entorno universitario.

El diseño de este sistema electrónico se fundamenta en la necesidad de contar con una herramienta de monitoreo confiable y eficiente que permita evaluar la calidad del aire en tiempo real y tomar medidas preventivas en caso de detectarse niveles alarmantes de contaminación. Además, se busca contribuir al conocimiento científico en el campo de la calidad del aire, así como fomentar una cultura de cuidado ambiental dentro de la comunidad universitaria.

La importancia de este proyecto radica en su potencial para mejorar la calidad de vida de los estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes del campus universitario, así como para proteger el medio ambiente y promover prácticas sustentables en la comunidad. Asimismo,

el desarrollo de este sistema electrónico representa una oportunidad para fortalecer la infraestructura tecnológica de la UNJFSC y posicionarse como una institución líder en el ámbito de la investigación científica y la innovación tecnológica.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevará a cabo un proceso de diseño y desarrollo que incluirá la selección de sensores adecuados, la implementación de un sistema de adquisición de datos, el diseño de una interfaz de usuario intuitiva y la realización de pruebas y validaciones exhaustivas. Además, se contemplará la posibilidad de integrar “tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, para mejorar la eficiencia y funcionalidad del sistema”.

La presente tesis se estructura en varios capítulos que abordan diferentes aspectos del diseño, desarrollo e implementación del Sistema Electrónico para “Medir la Calidad del Aire en la UNJFSC”. En el primer capítulo se presenta el contexto y justificación del proyecto, así como los objetivos y alcances del mismo. En el segundo capítulo se revisa el estado del arte en cuanto a sistemas de monitoreo de la calidad del aire y tecnologías relacionadas. En el tercer capítulo se describen los materiales y métodos utilizados en el proceso de diseño y desarrollo del sistema electrónico. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de pruebas y validaciones realizadas. En el quinto capítulo se discuten los resultados obtenidos y se proponen posibles mejoras y aplicaciones futuras del sistema. Finalmente, en el sexto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones finales del trabajo realizado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

La Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, en su compromiso con la excelencia académica y el bienestar estudiantil, se enfrenta a un desafío latente: la ausencia de un sistema electrónico eficiente para monitorear la calidad del aire en sus instalaciones. Esta carencia se vuelve cada vez más preocupante dada la importancia crucial que tiene la calidad del aire en la salud de los individuos y su impacto directo en el rendimiento académico y laboral.

El entorno universitario alberga una diversidad de actividades que abarcan desde aulas de clase hasta laboratorios y áreas comunes, convirtiéndolo en un espacio con potencial exposición a contaminantes que pueden afectar la salud respiratoria y el bienestar general de la comunidad estudiantil, docente y administrativa.

La falta de un sistema electrónico especializado para monitorear la calidad del aire dentro de la universidad se traduce en una carencia de datos precisos y actualizados sobre los niveles de contaminantes presentes en el ambiente interior. Esta falta de información impide una evaluación exhaustiva de los riesgos ambientales potenciales y dificulta la implementación de medidas preventivas o correctivas oportunas.

Además, la ausencia de un sistema de monitoreo electrónico impide la identificación temprana de patrones o variaciones inusuales en la calidad del aire que podrían ser indicativos de problemas ambientales, como la presencia de alérgenos, compuestos químicos o partículas contaminantes en niveles que podrían afectar la salud.

La preocupación por la calidad del aire en entornos cerrados ha ganado relevancia en la comunidad académica y científica debido a su vínculo directo con la productividad, la salud y el bienestar de las personas. Esta falta de un sistema de medición electrónico en la universidad no solo constituye una omisión en términos de salud preventiva, sino también un obstáculo para el avance hacia un entorno universitario más seguro y saludable.

La carencia de un sistema electrónico para medir la calidad del aire dentro de la universidad plantea un desafío en la toma de decisiones informadas para implementar acciones correctivas, políticas ambientales y estrategias de prevención que mitiguen los riesgos asociados a la calidad del aire.

La inexistencia de un sistema de monitoreo electrónico en la universidad no solo representa una brecha en la capacidad de la institución para garantizar un entorno seguro y saludable, sino que también limita la capacidad de identificar tendencias a largo plazo y evaluar el impacto de las medidas adoptadas para mejorar la calidad del aire en el campus.

La necesidad de diseñar y establecer un sistema electrónico para medir la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión se vuelve imperativa para garantizar un entorno académico y laboral saludable. La implementación de este sistema se convierte en una prioridad estratégica para la institución, alineada con su compromiso con la salud, el bienestar y el desarrollo integral de su comunidad educativa.

La falta de un sistema electrónico especializado para medir la calidad del aire en la universidad representa un desafío significativo en la gestión de riesgos ambientales

y la promoción de una cultura universitaria más consciente y comprometida con la salud ambiental y el bienestar de sus miembros.

Esta carencia de un sistema electrónico de monitoreo en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión no solo representa un desafío técnico, sino también una oportunidad para implementar soluciones innovadoras que promuevan un ambiente universitario más seguro, saludable y sostenible.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo el diseño de un sistema electrónico se relaciona con la medición de la calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo el diseño del hardware se relaciona con la medición de la calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023?
- ¿Cómo el diseño del software se relaciona con la medición de la calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023?

- ¿Cómo el diseño del protocolo de comunicación se relaciona con la medición de la calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar si el diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar si el diseño del hardware se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023.
- Determinar si el diseño del software se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023.

- Determinar si el diseño del protocolo de comunicación se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” 2023.

1.4. Justificación

El diseño de un Sistema Electrónico destinado a medir la Calidad del Aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” en 2023 se fundamenta en la imperiosa necesidad de salvaguardar la salud y el bienestar de nuestra comunidad universitaria. La calidad del aire es un factor determinante para el rendimiento académico y la salud general de estudiantes, profesores y personal administrativo. La implementación de un sistema de monitoreo preciso y continuo permitirá identificar, evaluar y controlar los niveles de contaminantes atmosféricos en diferentes espacios dentro del campus, garantizando así un entorno de aprendizaje y trabajo más seguro y saludable.

Este proyecto responde a un compromiso institucional con la sostenibilidad ambiental y el cuidado de la salud pública. El diseño de un sistema electrónico para medir la calidad del aire no solo se alinea con las regulaciones ambientales vigentes, sino que también refleja nuestra responsabilidad social y compromiso con prácticas que promuevan un entorno más saludable y sostenible para todos los integrantes de la comunidad universitaria. Es una oportunidad para ejercer liderazgo en la adopción de tecnologías innovadoras que beneficien tanto a nuestra institución como al medio ambiente en general.

Además, la implementación de este sistema no solo es una medida preventiva y correctiva ante posibles riesgos ambientales, sino que también abre puertas a la investigación académica y al desarrollo tecnológico. Permitirá la generación de datos fiables y actualizados, propiciando investigaciones multidisciplinarias que aborden problemáticas ambientales actuales y futuras. Este proyecto no solo fortalece la infraestructura tecnológica de la universidad, sino que también promueve un enfoque proactivo hacia la mejora continua de nuestro entorno educativo y ecosistema universitario.

1.5. Delimitación

Delimitación temporal:

La investigación estará comprendida entre los meses de enero del 2024 y abril del 2024.

Delimitación espacial:

Esta investigación está comprendida en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

1.6. Viabilidad

La viabilidad del diseño de un Sistema Electrónico para medir la Calidad del Aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión” en 2023 se fundamenta en múltiples aspectos que respaldan su implementación exitosa. La

disponibilidad de tecnología avanzada y la accesibilidad a componentes electrónicos de calidad facilitan la creación de un sistema innovador y preciso. Asimismo, la colaboración con expertos en ingeniería, tecnología y ciencias ambientales dentro y fuera de la universidad proporciona una base sólida para el desarrollo técnico y científico del proyecto.

Además, el respaldo institucional y el compromiso con la mejora continua de la calidad educativa respaldan la viabilidad del sistema propuesto. La inversión en infraestructura tecnológica es una prioridad estratégica para la universidad, lo que se traduce en recursos disponibles y apoyo para la implementación de proyectos que mejoren el entorno académico y promuevan la sostenibilidad ambiental. La colaboración interdisciplinaria entre diferentes departamentos y la apertura a alianzas externas fomentan un ambiente propicio para la viabilidad técnica, financiera y operativa del diseño del sistema electrónico de medición de la calidad del aire en nuestra institución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Arrieta (2019) en su tesis “Desarrollo de un prototipo para la medición de calidad del aire en la universidad de sucre empleando tecnología de vehículos aéreos no tripulados”. Planteó como objetivo desarrollar “un prototipo de medición de calidad del aire para conocer los niveles de concentración de CO₂ empleando tecnología de vehículos aéreos no tripulados, instrumentación basada en sistemas embebidos y comunicación de datos inalámbrica. En su documento se establece el estado del arte y los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto, el proceso de diseño y puesta en funcionamiento del sistema, así como la aplicación del sistema en el campus puerta roja de la Universidad de Sucre” (p. 18). Los resultados lograron “integrar tecnologías de comunicación inalámbrica y adquisición de datos a un vehículo aéreo no tripulado tipo dron para la medición de calidad del aire y conocer el estado ambiental de ciertas zonas donde este ítem sea eje de estudio” (p. 18). Finalmente se concluye que “mediante el uso de un dron se puede realizar este estudio y tener los datos en tiempo real, sabiendo que existen sistemas de medición de calidad del aire que arrojan el estado de la contaminación después de cierto tiempo, mostrando la importancia del uso de este tipo de tecnologías, ya que las aeronaves no tripuladas

hoy día están avanzando con el fin de darle solución a problemáticas de la sociedad” (p. 49).

Botello y Arenas (2023) en su tesis “Estudio de la viabilidad de implementación de una estación de Monitoreo de la calidad del aire utilizando la tecnología Arduino”. Planteó como objetivo “Analizar la viabilidad de implementación de un prototipo de estación de monitoreo de la calidad del aire dentro de las instalaciones de la universidad libre seccional Cúcuta” (p. 8). “Los resultados de la comparación realizada en el informe publicado de la entidad de Corponor con respecto a pm2.5 en el mes de diciembre del 2022 el cual fue 37 ug/m^3 y las mediciones realizadas en la universidad en febrero del 2023 el cual fue de 29.36 ug/m^3 ” (p. 20). Por otra parte, “comparando los resultados con las mediciones de monóxido de carbono evidenciadas en la investigación encontrada las cuales tuvieron un promedio de 40.66 ug/m^3 cuando hubo bajo fluido vehicular y la medición realizada en el parqueadero la cual tuvo un promedio de 44.61 ug/m^3 lo cual refleja mediciones aproximadas de acuerdo con la similitud del contexto o lugar donde se realizaron las mediciones” (p. 64).

El autor concluye que “tenemos valores cercanos, lo cual indica que nuestro prototipo tiene un margen de error mínimo” (p. 64).

Claramunt (2021) en sus tesis “Desarrollo de prototipo de medición de contaminantes gaseosos a través de sensores de bajo costo basados en sistemas Arduino”, planteó como objetivo “diseñar y construir un prototipo de equipo portátil de medición de gases de bajo costo, a través de una plataforma Arduino y

sensores de óxidos metálicos semiconductores (sensores MOS) CJMCU-6814 y CJMCU-811 para medir CO, H₂, CH₄, C₂H₅OH, NH₃, C₃H₈, C₄H₁₀, NO₂, eCO₂, TVOC y temperatura ambiental” (p. 11). “Se realizaron diversas pruebas en las cuales se buscaba un funcionamiento continuo del prototipo y que este reaccionara a distintas perturbaciones (perturbaciones de incienso, vela, papel incinerado y body spray), en donde se encontró que para el funcionamiento continuo el sistema demanda una batería cargada en su totalidad” (p. 12). Finalmente, el autor concluye que “se logró el desarrollo de un prototipo de equipo portátil de medición de gases de bajo costo, a través de una plataforma Arduino y sensores MOS, el cual puede ser utilizado en interior como en exterior en diversos ambientes urbanos, rurales como industriales, siendo en el ambiente industrial el más recomendado debido a la gran riqueza de información disponible de contaminantes gaseosos en estas zonas” (p. 11).

Hernández (2021) en sus tesis “Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire”, planteó como objetivo “Diseñar e implementar una red IoT que permita monitorear la calidad del aire” (p. 3). Los resultados demuestran que se logró construir una red IoT para medir contaminación a pesar de contar con recursos económicos y de tiempo limitados. Con dos sensores fue posible verificar el correcto funcionamiento de la red. Finalmente, el autor concluye que “una solución IoT es viable para el monitoreo de la calidad del aire en Bogotá ya que puede iniciar con un pequeño número de nodos y puede escalar hasta el objetivo de cubrir la ciudad con aproximadamente 40 mil nodos. Organizaciones como universidades, conjuntos residenciales, zonas industriales o

barrios pueden iniciar con la implementación de esta red de monitoreo para sus propias instalaciones” (p. 22).

Ruiz (2023) en su tesis “Diseño de sistema de monitoreo de calidad de aire en entornos Industriales utilizando sensores de bajo costo con comunicación Esp-mesh”, planteó como objetivo “Diseñar un sistema que mida la calidad de aire en entornos de oficina y de taller de ensamble y mantenimiento de equipos de bombeo para su respectivo monitoreo usando ESP-32 y tecnología WiFi Mesh con el fin de poder favorecer el confort y salud de los empleados” (p. 15). Los resultados muestran el prototipo físico el cual tuvo un costo de 112.50 dólares. Se emplearon un controlador ESP-32, un sensor MQ-135 y una interfaz REST API. Finalmente, el autor concluye que “la tecnología implementada da la posibilidad de llevar un control de la liberación de partículas pesadas en las áreas de taller y oficina mediante una interfaz la cual tiene una facilidad para ser actualizada de manera constante” (p. 41). Así mismo, “la adquisición de datos que realiza el prototipo permite obtener y presentar los datos en tiempo real, facilitando a las áreas gerenciales datos que les permitan realizar toma de decisiones con respecto a la salud y seguridad de los empleados y las áreas en donde estos laboran” (p. 41).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Flor (2018) en su tesis “Diseño de un sistema purificador para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas”, planteó como objetivo “Disminuir la contaminación del aire en las viviendas urbanas implementando un sistema

purificador” (p. 19). Con respecto a la metodología, el tipo de investigación es “Mixto cuali-cuantitativo. Dado que se recoge información cualitativa de los expertos y luego son procesados mediante métodos cuantitativo, en este caso AHP” (p. 19). Como resultado del presupuesto se tiene S/. 4,310 nuevos soles, con respecto al VAN, se tiene que fue de S/. 4,207.11, y el TIR representa fue de 27%. Finalmente, el autor concluye que “la vivienda urbana se encuentra ubicada en Puente Piedra donde el grado de contaminación en el distrito fue de 26,9 ug/m³ de material particulado PM_{2.5}, en el mes de febrero del 2015, para luego tener un incremento de 28,3 ug/m³ de material particulado PM_{2.5}, donde se puede verificar una variación de 1,4 ug/m³”. (p. 79).

Guillen (2021) en su tesis “Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de arduino y raspberry”, planteó como objetivo “desarrollar un modelo de implementación de software de una estación meteorológica que permita registrar a través de sensores de medición de clima los valores ambientales como temperatura, humedad, índice de calidad del aire (INCA) e índice de radiación ultra violeta (UV)” (p. 25). Los resultados demuestran que “de las 5 pruebas de primera muestra realizadas en la ciudad de Arequipa, se mantienen las temperaturas obtenidas por los sensores de detección, sin embargo, en la cuarta muestra, se evidencia un alto indicador de Calidad de Aire por el motivo de acercar una vela y que, por consiguiente, se produce una reacción de combustión donde se produce dióxido de carbono, el mismo que es detectado como contaminante” (p. 137). “Las características ambientales atmosféricas y la geografía de la costa de Ilo, no permiten que los

gases y las partículas en suspensión en el ambiente permanezcan estáticos y se acumule así el efecto invernadero” (p. 138). Finalmente, el autor concluye que “adoptar la propuesta de Monitoreo y Control de Condiciones Ambientales como medio de detección alternativa de temperatura, humedad, radiación ultra violeta y calidad de aire en zonas o áreas donde no exista una estación de monitoreo a gran escala, lo que servirá para la detección y lectura de datos frente a valores referenciales para fines de acuerdo a requerimiento” (p. 148).

Mendoza y Cordero (2022) en su tesis “Diseño de un sistema iot para el monitoreo remoto de la calidad del aire en ambientes interiores de la facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna”, planteó como objetivo “diseñar un sistema IoT para el monitoreo remoto de la calidad del aire en ambientes interiores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna” (p. 19). En cuanto a la metodología el autor plantea que “la idea principal y que se mantuvo durante todo el proyecto fue hacer una red de sensores independiente, es decir, que no dependa de un despliegue de Puntos de Acceso para cubrir todo el espacio físico que ocupa toda la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y además que sea inalámbrica” (p. 42). Los resultados indicaron que “la estructura de base de datos era estable y liviana capturando cerca de 54000 registros, ocupando tan solo 80 MB de espacio de memoria. Por ultimo los registros se mostraron en la interfaz gráfica dando a conocer que los ambientes probados están dentro de los estándares de calidad de ambiente (ECA) del aire máximos permitidos” (p. 14). Finalmente, el autor concluye que “es posible ampliar la cobertura de una red sin la necesidad de instalar APs utilizando una topología de

red tipo Malla con la capacidad de ser vinculada a una red WLAN para transmitir la información al exterior teniendo un buen rendimiento tanto en potencia de transmisión, como en velocidad de transmisión” (p. 95).

Zorrilla (2020) en su tesis “Modernizar la Infraestructura y Soluciones TI del Datacenter del Hospital José Agurto Tello de Chosica Lima 2020”, planteó como objetivo “modernizar la infraestructura y soluciones de TI del datacenter del Hospital de Chosica - HJATCH para asegurar la disponibilidad de los servicios de TI y la protección de los activos ante situaciones de alto o mediano riesgo” (p. 15). El autor afirmó que “se utilizó la investigación descriptiva, porque se realizaron visitas al HJATCH con la finalidad de recolectar información que nos permitirá diagnosticar, analizar y examinar el estado situacional del centro de datos de dicho nosocomio” (p. 65). “La población total fue de 330 trabajadores distribuidos en diversas Áreas de la institución como Unidad de Seguros, Unidad de Estadística e Informática, Unidad de Epidemiología y Salud Ambiental, Unidad de Gestión de la Calidad, Departamento de Medicina, Departamento de Cirugía, Departamento de Pediatría, Departamento de Gineco-Obstetricia, Departamento de Emergencia y Cuidados Críticos, Departamento de Enfermería, Departamento de Apoyo al Diagnostico, Departamento de Apoyo al Tratamiento y el Servicio de Odontostomatología” (p. 66). El análisis de los resultados muestra que “el 80% de servidores físicos presentaban obsolescencia tecnológica y tiempo de vida útil cumplido” (p. 137). Finalmente, el autor recomienda que “contar con un sistema de control de acceso es importante ya que se puede restringir que personal puede acceder y quién no” (p. 137).

Salazar (2015) en su tesis “Sistema de telemetría que monitorea el contaminante monóxido de carbono en puntos más concurridos del distrito de Huancayo, para alertar su incremento – año 2015”, planteó como objetivo “Monitorear el contaminante monóxido de carbono en los puntos más concurridos del distrito de Huancayo, para alertar su incremento” (p. 12). “El tipo de investigación es tecnológica, se utilizó el método experimental, con muestras que son los niveles de CO, para los 10 puntos más concurridos” (p. 12). Los resultados indican que “los niveles medidos de CO, presentaron los promedios de 19.1, 6.9, 28.5, 28.4, 14, 19.3, 13.3, 41.8, 28.4 y 14.0ppm respectivamente; en los diez puntos más concurridos del distrito de Huancayo. A la variable alertar su incremento, se le realizaron 960 pruebas, de las cuales 42 no llegaron, presentando una efectividad de 95.52%” (p. 12). Finalmente, el autor concluye que, “el diseño del sistema de telemetría utilizando sensores electroquímicos permitió mejorar el monitoreo de los niveles de monóxido de carbono en los puntos más concurridos del distrito de Huancayo con una efectividad mayor al 95%, para alertar su incremento” (p. 138).

2.2 Bases Teóricas:

2.2.1 Sistema electrónico

Un sistema electrónico es una combinación de componentes y dispositivos electrónicos interconectados que trabajan juntos para realizar una función específica. Estos sistemas emplean circuitos integrados, transistores, resistencias, capacitores y

otros elementos para procesar, transmitir, almacenar o controlar información en forma de señales eléctricas.

En su esencia, un sistema electrónico consta de una serie de componentes interdependientes que interactúan entre sí para realizar tareas específicas. Por ejemplo, un teléfono inteligente es un sistema electrónico complejo que integra procesadores, memoria, sensores, pantallas y circuitos de comunicación para ejecutar aplicaciones, realizar llamadas y acceder a información en línea.

La ingeniería de sistemas electrónicos abarca desde el diseño y la fabricación de estos componentes individuales hasta la integración y el funcionamiento del sistema completo. Este campo está en constante evolución, con avances tecnológicos que permiten la miniaturización, la mejora del rendimiento y la creación de sistemas cada vez más sofisticados.

Los sistemas electrónicos se encuentran en una amplia gama de dispositivos y aplicaciones, desde electrodomésticos simples hasta sistemas de navegación por satélite o equipos médicos avanzados. Su omnipresencia en la vida moderna demuestra su importancia y versatilidad en diferentes campos y sectores de la sociedad.

La interconexión de estos componentes electrónicos permite que los sistemas realicen tareas complejas, controlen dispositivos, procesen información y faciliten la comunicación, lo que ha revolucionado la forma en que vivimos, trabajamos y nos comunicamos en el mundo contemporáneo.

2.2.2 Hardware

El hardware en un sistema electrónico se refiere a la parte física y tangible del mismo, compuesta por componentes y dispositivos electrónicos. Estos elementos son

los materiales concretos que componen el sistema y que realizan funciones específicas dentro de él.

El hardware puede abarcar una amplia gama de componentes, como circuitos integrados (chips), placas de circuito impreso (PCB), cables, resistencias, transistores, capacitores, sensores, procesadores, unidades de almacenamiento, dispositivos de entrada/salida, entre otros.

Estos componentes trabajan en conjunto para permitir que el sistema electrónico realice sus funciones. Por ejemplo, en una computadora, el hardware incluye “la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria RAM, la tarjeta madre, el disco duro o unidad de estado sólido (SSD)”, el teclado, el monitor, entre otros dispositivos periféricos.

El diseño y la elección del hardware son fundamentales para determinar las capacidades y el rendimiento de un sistema electrónico. Los avances en la tecnología del hardware, como la miniaturización de componentes, la mejora en la eficiencia energética o el aumento de la capacidad de procesamiento, impulsan constantemente la evolución y el desarrollo de sistemas más avanzados y potentes.

2.2.3 Software y firmware

El software y el firmware son componentes fundamentales en un sistema electrónico, aunque tienen roles y funciones ligeramente diferentes.

El software es el conjunto de programas, datos y código que se ejecutan en un sistema electrónico. Es la parte lógica e intangible que permite que el hardware realice tareas específicas. Los programas de software pueden incluir sistemas operativos, aplicaciones de usuario, controladores de dispositivos y cualquier otro código que dicte

cómo debe comportarse el sistema. Por ejemplo, en una computadora, el sistema operativo (como Windows, macOS o Linux) y las aplicaciones como navegadores web o programas de procesamiento de texto son software.

Por otro lado, el firmware es un tipo específico de software que está incrustado en los componentes de hardware de un dispositivo electrónico. Se almacena directamente en chips de memoria dentro del hardware y suele estar diseñado para controlar y operar el hardware de manera muy específica. Por ejemplo, el firmware puede estar presente en dispositivos como routers, cámaras digitales, impresoras o unidades de almacenamiento. Ayuda a controlar el funcionamiento básico del hardware y a facilitar la interacción entre el hardware y el software de nivel superior.

Mientras el software se refiere a los programas y datos que se ejecutan en un sistema electrónico, el firmware es un tipo de software específico que está integrado en los componentes de hardware y controla su funcionamiento básico. Ambos son esenciales para el funcionamiento adecuado y la capacidad de un sistema electrónico para realizar sus funciones.

2.2.4 Protocolo de comunicación

Los protocolos de comunicación en sistemas electrónicos son conjuntos de reglas, estándares y convenciones que gobiernan cómo los dispositivos intercambian datos entre sí. Estos protocolos aseguran una comunicación coherente y confiable entre los componentes de un sistema electrónico.

Existen varios tipos de protocolos de comunicación, cada uno adaptado para diferentes propósitos, entornos y necesidades de los dispositivos. Algunos de los más comunes incluyen:

- TCP/IP: “Este es el protocolo fundamental de Internet y se utiliza para la comunicación en redes. TCP (Protocolo de Control de Transmisión) maneja la segmentación y reensamblaje de datos, mientras que IP (Protocolo de Internet) dirige y entrega esos paquetes de datos a través de la red”.
- UART “(Universal Asynchronous Receiver-Transmitter): Es un protocolo de comunicación serial utilizado para la comunicación punto a punto entre dispositivos”. Se utiliza comúnmente en dispositivos electrónicos para la transmisión de datos serie.
- SPI (Serial Peripheral Interface): Otro protocolo de comunicación serial, común en sistemas electrónicos donde se requiere una transferencia rápida de datos entre dispositivos.
- I2C (Inter-Integrated Circuit): Protocolo serial de comunicación bidireccional que permite la comunicación entre varios dispositivos a través de solo dos cables.
- CAN (Controller Area Network): Diseñado principalmente para comunicación en tiempo real en aplicaciones automotrices e industriales.

- Bluetooth y Wi-Fi: “Estos protocolos permiten la comunicación inalámbrica entre dispositivos a corta y larga distancia, respectivamente”.

La elección del protocolo de comunicación depende de varios factores, como la velocidad requerida, la distancia entre dispositivos, el costo, la complejidad y las necesidades específicas del sistema electrónico en cuestión. Al adoptar un protocolo adecuado, se asegura una comunicación eficiente y confiable entre los componentes del sistema.

2.2.5 Calidad del aire

La calidad del aire se refiere a la composición y pureza del aire que respiramos en un entorno específico. Se evalúa teniendo en cuenta la presencia y concentración de contaminantes, gases, partículas, compuestos orgánicos y otros elementos que pueden afectar “la salud humana, la vida animal y el medio ambiente”.

Los contaminantes comunes que se monitorean para evaluar la calidad del aire incluyen:

- Partículas en suspensión (PM2.5 y PM10): “Son pequeñas partículas sólidas o líquidas presentes en el aire que pueden ser inhaladas y afectar el sistema respiratorio”.

- Dióxido de azufre (SO₂): “Un gas incoloro que puede ser emitido por la combustión de combustibles fósiles y que puede irritar las vías respiratorias”.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x): “Emitidos principalmente por vehículos y procesos industriales, contribuyen a la formación de smog y pueden causar problemas respiratorios”.
- Monóxido de carbono (CO): “Un gas incoloro e inodoro producido por la combustión incompleta de combustibles. La exposición puede ser peligrosa e incluso letal en concentraciones altas”.
- Compuestos orgánicos volátiles (COV): Productos químicos que pueden evaporarse a temperatura ambiente y que se encuentran en muchos materiales y actividades industriales.
- Ozono (O₃): A nivel del suelo, es un componente del smog y puede ser perjudicial para la salud respiratoria.

La monitorización y el control de estos contaminantes son fundamentales para mantener una buena calidad del aire. Las agencias gubernamentales, organizaciones ambientales y empresas utilizan estaciones de monitoreo para medir la calidad del aire en diferentes ubicaciones y tomar medidas para reducir la contaminación atmosférica.

La calidad del aire puede variar según la ubicación, la actividad humana, las condiciones climáticas y otros factores. Es importante estar al tanto de la calidad del aire en entornos específicos para tomar precauciones si es necesario y trabajar hacia soluciones que reduzcan la contaminación y promuevan un aire más limpio y saludable para todos.

2.2.6 Contaminantes atmosféricos

Arrieta “Los contaminantes atmosféricos son una amalgama de sustancias que afectan la calidad del aire que respiramos. Estos contaminantes pueden ser de origen natural, como las erupciones volcánicas o los incendios forestales, o bien provienen de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la industria, el transporte y otras actividades antropogénicas” (p. 50). “Esta mezcla incluye gases como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2.5}), entre otros” (Arrieta, 2019).

El impacto de estos contaminantes es significativo. “El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático”. El monóxido de carbono puede ser mortal en concentraciones elevadas, ya que interfiere con el transporte de oxígeno en la sangre. Los óxidos de nitrógeno y azufre, junto con los COV, son precursores de la formación de smog y lluvia ácida, con efectos nocivos en la salud humana y en los ecosistemas.

Las partículas en suspensión, especialmente las de menor tamaño (PM_{2.5}), representan un riesgo particular para “la salud, ya que pueden penetrar profundamente en los pulmones y causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares e incluso

cáncer”. Además, los COV pueden reaccionar con otros compuestos en la atmósfera para formar ozono troposférico, un contaminante que agrava problemas respiratorios.

Combatir estos contaminantes requiere esfuerzos coordinados a nivel mundial. Estrategias como la transición a fuentes de energía más limpias, la promoción del transporte sostenible, regulaciones más estrictas en la industria y medidas para reducir las emisiones de vehículos son fundamentales. La concientización pública, el desarrollo de tecnologías más limpias y el compromiso de gobiernos, empresas y comunidades son clave para mitigar este problema y preservar la calidad del aire para las generaciones futuras.

- Dióxido de carbono (CO₂): “Proveniente de la quema de combustibles fósiles y actividades industriales, es uno de los principales gases responsables del efecto invernadero y el cambio climático”.
- Monóxido de carbono (CO): “Producido por la quema incompleta de combustibles, es tóxico para los seres humanos en altas concentraciones”.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x): “Emitidos por vehículos y procesos industriales, contribuyen a la formación de smog y lluvia ácida, además de ser precursores del ozono troposférico”.
- Óxidos de azufre (SO_x): Provenientes de la quema de combustibles fósiles, son responsables de la lluvia ácida y problemas respiratorios.

- Partículas en suspensión (PM10 y PM2.5): Son partículas sólidas o líquidas en el aire, con tamaños menores a 10 o 2.5 micrómetros respectivamente, y pueden afectar la salud respiratoria.
- Compuestos orgánicos volátiles (COV): “Emitidos por productos químicos, combustibles, pinturas, etc., contribuyen a la formación de ozono troposférico y pueden ser nocivos para la salud”.

2.2.7 Impacto en la salud

Los contaminantes atmosféricos ejercen un impacto significativo en la salud humana. Arrieta (2015) “Las partículas en suspensión, como el PM2.5, son especialmente preocupantes debido a su capacidad para penetrar profundamente en los pulmones y el torrente sanguíneo”, aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias, cardiovasculares e incluso cáncer. Estas partículas pueden desencadenar o “empeorar condiciones como el asma, bronquitis, enfermedades pulmonares crónicas y problemas cardíacos”.

“El dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x)” pueden irritar las vías respiratorias y agravar problemas respiratorios existentes, mientras que el ozono troposférico, “formado por la reacción de los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) bajo la luz solar, puede causar dificultad para respirar, tos, inflamación pulmonar y reducción de la función pulmonar”.

El monóxido de carbono (CO) tiene un impacto directo en el transporte de oxígeno en la sangre, lo que puede llevar a fatiga, dolores de cabeza, mareos e incluso la muerte en altas concentraciones.

A largo plazo, la exposición crónica a estos contaminantes puede tener efectos devastadores en la salud, aumentando “el riesgo de enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, enfermedades pulmonares crónicas” e incluso reduciendo la esperanza de vida.

Los grupos vulnerables como niños, ancianos y personas con problemas de salud preexistentes son particularmente sensibles a los efectos adversos de estos contaminantes. La reducción de la exposición a los contaminantes atmosféricos es fundamental para proteger la salud pública y mejorar la calidad de vida de las poblaciones en todo el mundo.

2.2.8 Normativas y estándares ambientales

Las normativas y estándares ambientales son regulaciones establecidas por gobiernos, organizaciones internacionales y entidades reguladoras para controlar y limitar la cantidad de contaminantes liberados al medio ambiente. Estas normativas se diseñan con el propósito de proteger la salud humana, preservar los ecosistemas y reducir los impactos negativos sobre el aire, el agua y el suelo.

Las agencias gubernamentales suelen establecer límites máximos permisibles para diversos contaminantes, como “óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂), partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2.5}), compuestos orgánicos volátiles (COV), entre otros”. Estos límites se aplican a diferentes sectores, como la industria, el transporte, la generación de energía y la agricultura, mediante regulaciones específicas.

Además, se establecen estándares de calidad del aire para garantizar que los niveles de contaminación atmosférica no superen ciertos umbrales considerados seguros para la salud humana y el medio ambiente. Estos estándares varían según el país y pueden incluir directrices para la calidad del aire interior y exterior.

Las normativas también pueden abordar la gestión adecuada de residuos, la conservación de recursos naturales, la protección de hábitats ecológicos y la limitación de emisiones “de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático”.

El cumplimiento de estas regulaciones suele requerir que las empresas implementen tecnologías más limpias, mejoren sus prácticas de producción, reduzcan las emisiones y mantengan estándares específicos para minimizar su impacto ambiental.

El monitoreo constante y la evaluación de la calidad ambiental son fundamentales para garantizar el cumplimiento de estas normativas y estándares, además de promover la adopción de prácticas sostenibles en todas las áreas de la sociedad.

2.3. Definición de términos básicos:

- ✓ Sensores (X.1.1): Dispositivos que detectan y miden variables ambientales, como partículas en suspensión, gases químicos, temperatura, humedad, entre otros.

- ✓ Actuadores (X.1.2): Componentes que realizan acciones basadas en las señales de los sensores, como activar sistemas de filtración o ventilación.

- ✓ Circuitos (X.1.3): Elementos electrónicos que conectan y controlan los sensores, actuadores y otros componentes dentro del sistema de monitoreo.

- ✓ Programas (X.2.1): Software utilizado para el procesamiento de datos recopilados por los sensores y para controlar las acciones de los actuadores.

- ✓ Aplicaciones (X.2.2): Programas o sistemas específicos diseñados para aplicaciones prácticas, como aplicaciones móviles o software de análisis de datos.

- ✓ Firmware (X.2.3): Software instalado en los dispositivos de hardware, como sensores o actuadores, que controla su funcionalidad básica.

- ✓ Interfaces de conexión (X.3.1): Puntos de conexión que permiten la interacción entre los distintos componentes del sistema, como interfaces de usuario o puertos de comunicación.

- ✓ Protocolos de comunicación (X.3.2): Conjunto de reglas y estándares que definen cómo los dispositivos se comunican entre sí para transmitir datos de forma segura y eficiente.

- ✓ Redes (X.3.3): Sistemas de interconexión que permiten la comunicación y transferencia de datos entre dispositivos, como redes locales o sistemas de comunicación inalámbrica.

- ✓ Partículas suspendidas (Y.1.1): Referencia a la presencia de partículas en el aire, como PM10 o PM2.5, que pueden ser perjudiciales para la salud al inhalarlas.
- ✓ Gases químicos (Y.1.2): Contaminantes gaseosos “presentes en el aire, como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono”, entre otros.
- ✓ Efectos respiratorios (Y.2.1): Consecuencias directas en el sistema respiratorio debido a la exposición a contaminantes atmosféricos.
- ✓ Impacto en la salud pública (Y.2.2): Evaluación de cómo “la contaminación del aire afecta a la salud de la población en general”.
- ✓ Regulaciones gubernamentales (Y.3.1): Normativas y leyes establecidas por el gobierno para controlar y limitar la emisión de contaminantes atmosféricos.
- ✓ Estándares de calidad de aire (Y.3.2): Criterios definidos para garantizar niveles aceptables de contaminación atmosférica y proteger la salud pública y el medio ambiente.

2.3. Hipótesis e investigación

2.3.1. Hipótesis general

- “El diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino

Sánchez Carrión”, 2023.

2.3.2. Hipótesis específicas

- “El diseño del hardware se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.
- “El diseño del software se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.
- “El diseño del protocolo de comunicación se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

2.4. Operacionalización de las variables

“Las variables de investigación se presentan a continuación”:

- **Variable 1:** Sistema electrónico
- **Variable 2:** Calidad de aire

2.4.1. Matriz de Operacionalización de variables

Cuadro 1.

“Matriz de Operacionalización de variables”

“VARIABLE”	“DEFINICION CONCEPTUAL”	“DIMENSIONES”	“INDICADORES”	“INSTRUMENTO”
Sistema electrónico	Un sistema electrónico se refiere a un conjunto coordinado de dispositivos y componentes electrónicos interconectados que trabajan en conjunto para realizar funciones específicas, como adquirir, procesar, almacenar o transmitir información mediante señales eléctricas.	X.1.- Hardware	X.1.1. Sensores X.1.2. Actuadores X.1.3. Circuitos	Cuestionario para recolectar la información sobre la variables independiente y dependiente
		X.2.- Software y firmware	X.2.1. Programas X.2.2. Aplicaciones X.2.3. Firmware	
		X.3.- Protocolo de comunicación	X.3.1. Interfaces de conexión X.3.2. Protocolos de comunicación X.3.3. Redes	
Calidad de aire	La calidad del aire se refiere a la composición y condiciones atmosféricas que afectan la salud humana, la vegetación, los ecosistemas y el bienestar general.	Y.1.- Contaminantes atmosféricos	Y.1.1. Partículas suspendidas Y.1.2. Gases químicos	
		Y.2.- Impacto en la salud	Y.2.1. Efectos respiratorios Y.2.2. Impacto en la salud pública	
		Y.3.- Normativas y estándares ambientales	Y.3.1. Regulaciones gubernamentales Y.3.2. Estándares de calidad de aire	

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO III: “METODOLOGÍA”

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación aplicada es un enfoque científico que se centra en la resolución de problemas prácticos, el desarrollo de tecnologías o la mejora de procesos existentes. “A diferencia de la investigación pura o básica, cuyo objetivo principal es ampliar el conocimiento teórico sin una aplicación directa inmediata”, la investigación aplicada busca generar soluciones concretas y aplicables a situaciones del mundo real (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

3.1.2 Nivel de Investigación

El nivel de investigación correlacional es una metodología utilizada en el campo de la investigación científica para analizar y comprender la relación o asociación entre dos o más variables. Este enfoque se centra en determinar si existe una relación entre variables, cómo se relacionan entre sí y en qué medida cambia una variable cuando cambia la otra. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.1.3 Diseño

“El diseño no experimental es una metodología de investigación que se caracteriza” por la observación y la recolección de datos en su ambiente natural, sin intervenir ni manipular activamente variables o situaciones. A diferencia de

los diseños experimentales, en los cuales se aplican tratamientos controlados para observar sus efectos, el diseño no experimental se enfoca en la observación y el estudio de fenómenos tal como ocurren de forma natural (Ñaupás, Mejía, Novoa, & Villagómez, 2014).

3.1.4 Enfoque

“El enfoque cualitativo en la investigación se centra en comprender, describir y explorar fenómenos sociales, humanos y culturales desde una perspectiva holística y contextual. A diferencia del enfoque cuantitativo, que se basa en la medición numérica y el análisis estadístico de datos, el enfoque cualitativo se enfoca en la calidad, el significado y la profundidad de la información recopilada” (Ñaupás, Mejía, Novoa y Villagómez, 2014)

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población estará conformada por los 12,830 estudiantes en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”.

3.2.2 Muestra

Aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Donde:

N = “tamaño de la población”

e = “margen de error (porcentaje expresado con decimales)”

z = “puntuación z”

“Nivel de confianza deseado” “Puntuación z”

95 %

1.96

Por lo tanto, reemplazando los datos se obtiene una muestra de:

Muestra = 374

3.3 Técnica para la recolección de datos

- Encuestas: Diseñar y administrar encuestas a estudiantes, profesores y personal administrativo de la universidad para comprender sus percepciones sobre la calidad del aire, identificar áreas de preocupación y obtener información sobre las ubicaciones más relevantes para la instalación del sistema.
- Observaciones: Realizar observaciones directas de los espacios dentro de la universidad para identificar posibles fuentes de contaminación, patrones de flujo de aire o zonas de concentración de personas que podrían influir en la medición de la calidad del aire.

- Revisión bibliográfica: Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con la calidad del aire, sistemas de medición electrónica, tecnologías disponibles y metodologías utilizadas en contextos similares.

CAPÍTULO IV: “RESULTADOS”

4.1 Análisis de resultados

Componentes electrónicos para el proyecto y software

Para monitorear la calidad del aire es necesario incorporar un microcontrolador con capacidad de transmitir datos vía wifi, así mismo un sensor para medir la calidad de aire y una pantalla LCD para visualizar los datos, finalmente incorporar una interfaz IoT.

- **ESP8266:** El ESP8266 es un microcontrolador de bajo costo y altamente integrado desarrollado por la empresa china Espressif Systems. Es conocido principalmente por su capacidad de conectividad Wi-Fi, lo que lo hace muy popular en proyectos de IoT (Internet de las cosas), así como en aplicaciones de automatización del hogar, monitoreo remoto, control de dispositivos, y muchas otras aplicaciones. Este microcontrolador se ha convertido en una opción popular debido a su bajo costo, su amplia disponibilidad, su capacidad de conectividad Wi-Fi integrada y su comunidad de desarrolladores activa. Viene en diferentes variantes, con distintas cantidades de memoria flash y diferentes características adicionales. El ESP8266 puede ser programado utilizando el lenguaje de programación Arduino, lo que facilita su uso para una amplia gama de proyectos. Además, hay varios frameworks y plataformas de desarrollo que ofrecen soporte para este microcontrolador, como el ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework), Arduino IDE, PlatformIO,

y otros. El ESP8266 es un microcontrolador versátil y económico que ha ganado popularidad en la comunidad de desarrolladores por su capacidad de conectividad Wi-Fi y su facilidad de uso en proyectos de IoT y domótica.

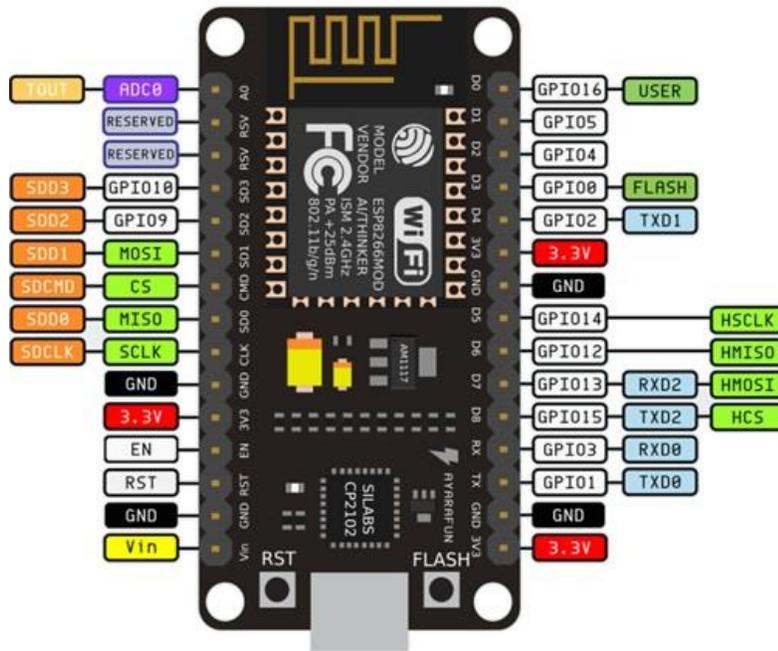


Figura 1. “Controlador ESP8266”

- **Sensor de calidad del aire MQ-135:** El sensor de calidad del aire MQ-135 es un componente ampliamente utilizado para detectar diversos gases nocivos en el aire, como amoníaco (NH_3), benceno (C_6H_6), “dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), y vapores de alcohol, entre otros”. Este sensor se utiliza comúnmente en proyectos relacionados con la monitorización y la mejora de la calidad del aire en interiores y

exteriores, así como en aplicaciones de seguridad y salud. El MQ-135 opera según el principio de la resistencia variable, donde la resistencia del sensor cambia en respuesta a la concentración de gases presentes en el aire. Este cambio en la resistencia se convierte en una señal eléctrica que puede ser medida y procesada por un microcontrolador, como Arduino, Raspberry Pi u otros dispositivos similares. Es importante tener en cuenta que, aunque el MQ-135 puede detectar una amplia gama de gases, su precisión puede variar y a menudo se calibra específicamente para detectar un tipo particular de gas. Por lo tanto, es recomendable calibrar el sensor para las aplicaciones específicas en las que se utilice. El sensor MQ-135 es una herramienta útil y económica para monitorear la calidad del aire y detectar la presencia de gases nocivos en el ambiente, lo que lo hace popular en una variedad de aplicaciones relacionadas con la seguridad, la salud y el medio ambiente.



Figura 2. “Sensor de calidad del aire MQ-135”

- **Ubidots:** Ubidots es una plataforma en la nube que ofrece servicios para el desarrollo y la implementación de aplicaciones de IoT (Internet de las cosas). Permite a los usuarios recopilar, almacenar, visualizar y analizar datos provenientes de dispositivos conectados, como sensores, actuadores y otros dispositivos IoT. Esta plataforma proporciona herramientas para la integración fácil y rápida de dispositivos IoT a través de diversos protocolos de comunicación, como MQTT, HTTP, TCP, UDP, y otros. Además, ofrece una interfaz de usuario intuitiva y personalizable que permite crear paneles de control personalizados para visualizar y analizar los datos en tiempo real. Entre las características principales de Ubidots se incluyen:

- ✓ **Almacenamiento de datos:** Ubidots almacena los datos de los dispositivos IoT de forma segura en la nube, lo que permite acceder a ellos desde cualquier lugar y en cualquier momento.
- ✓ **Visualización de datos:** La plataforma ofrece herramientas para crear paneles de control personalizados con widgets interactivos, gráficos, mapas y otras herramientas de visualización para mostrar los datos de forma clara y comprensible.

- ✓ **Alertas y notificaciones:** Ubidots permite configurar alertas y notificaciones basadas en umbrales predefinidos, lo que permite a los usuarios recibir notificaciones en tiempo real cuando los datos superan ciertos límites.

- ✓ **Integraciones:** La plataforma ofrece integraciones con otras herramientas y servicios populares, como Arduino, Raspberry Pi, Sigfox, MQTT, Slack, Zapier, entre otros, lo que facilita la integración con sistemas existentes y la expansión de las capacidades de la plataforma.

Ubidots es una plataforma robusta y versátil para el desarrollo de aplicaciones de IoT, “que proporciona herramientas para la recopilación, almacenamiento, visualización y análisis de datos de dispositivos conectados”, facilitando la creación de soluciones de IoT escalables y personalizadas.

- **Entorno de programación ARDUINO IDE:** El entorno de programación “Arduino IDE (Integrated Development Environment) es una aplicación de software que se utiliza para escribir, compilar y cargar código en placas de desarrollo Arduino y otras placas compatibles”. Es una herramienta muy popular entre los aficionados y profesionales que trabajan en proyectos de electrónica y robótica.

Aquí hay algunas características principales del entorno de programación Arduino IDE:

- ✓ **Editor de código:** “Arduino IDE proporciona un editor de texto simple pero funcional que permite escribir y editar código en el lenguaje de programación Arduino, basado en C/C++”.
- ✓ **Compilación:** La aplicación incluye un compilador que traduce el código escrito en el editor a lenguaje de máquina comprensible por la placa Arduino.
- ✓ **Carga de código:** “Arduino IDE facilita la carga del programa compilado en la placa Arduino a través de un cable USB”. La aplicación maneja la comunicación con la placa y la carga del firmware de forma automática.
- ✓ **Librerías:** Arduino IDE viene con una serie de librerías preinstaladas que proporcionan funciones y rutinas listas para usar para tareas comunes, como controlar motores, leer sensores, manejar comunicaciones, etc. También permite la instalación de librerías adicionales desde la biblioteca de Arduino.

- ✓ **Monitor Serie:** Arduino IDE incluye un Monitor Serie que permite la comunicación bidireccional entre la placa Arduino y la computadora, lo que facilita la depuración y el monitoreo del programa en tiempo de ejecución.
- ✓ **Soporte multiplataforma:** “Está disponible para Windows, macOS y Linux, lo que permite a los usuarios desarrollar proyectos en diferentes sistemas operativos”.

En resumen, Arduino IDE es una herramienta esencial para cualquier persona interesada en desarrollar proyectos con placas de desarrollo Arduino. Su interfaz sencilla y sus características específicas hacen que sea accesible para principiantes, pero lo suficientemente potente para proyectos más avanzados.

A continuación, se presenta el código implementado en el entorno de programación ARDUINO IDE para obtener los datos del sensor MQ135 y enviar los datos a ubidots.

```
#include <ESP8266WiFi.h>  
  
#include <UbidotsMicroESP8266.h>  
  
#include <Wire.h>  
  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
  
#include <MQ135.h>
```

```
#define WIFI_SSID "TU_SSID_WIFI"

#define WIFI_PASSWORD "TU_CONTRASEÑA_WIFI"

#define UBIDOTS_TOKEN "TU_TOKEN_UBIDOTS"

#define UBIDOTS_VARIABLE "nombre_de_la_variable_en_ubidots"

const int PIN_SENSOR_MQ135 = A0;

const int MQ_SAMPLE_TIMES = 10;

const int MQ_SAMPLE_INTERVAL = 5000; // Intervalo de muestreo en
milisegundos
```

```
MQ135 gasSensor = MQ135(PIN_SENSOR_MQ135);
```

```
Ubidots client(UBIDOTS_TOKEN);
```

```
“LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  lcd.init();
```

```
  lcd.backlight();
```

```
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
```

```
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
```

```
    delay(1000);
```

```
    Serial.println("Conectando a la red Wi-Fi...");
```

```

    }

    Serial.println("Conexión exitosa a la red Wi-Fi!");

    client.wifiConnection(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
}

void loop() {

    float airQuality = getAirQuality();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Calidad del Aire:");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(airQuality);

    client.add(UBIDOTS_VARIABLE, airQuality);

    client.sendAll();

    delay(5000); // Espera 5 segundos antes de volver a enviar datos
}

float getAirQuality() {

    float sum = 0;

    for (int i = 0; i < MQ_SAMPLE_TIMES; i++) {

        sum += gasSensor.getPPM();

        delay(MQ_SAMPLE_INTERVAL);
    }
}

```

```

    }

    return sum / MQ_SAMPLE_TIMES;

}

```

4.2 Contrastación de hipótesis

Hipótesis General

Hipótesis Alternativa: “El diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Hipótesis Nula: “El diseño del sistema electrónico no guarda una relación significativamente positiva con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Tabla 1.

“Correlación hipótesis general”

Correlación entre el Sistema Electrónico y la Calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”			Sistema electrónico	Calidad de aire
Rho de	Sistema Electrónico	“Coeficiente de correlación	1,000	,883**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	374	374
Spearman	Calidad de aire	Coeficiente de correlación	,883**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N”	374	374

** “La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)”.

Nota: El coeficiente de correlación fue de $r = 0.883$, con una $p = 0.000$ ($p < 0.05$) por lo tanto, “se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula”.

“Existe una relación significativamente positiva entre el sistema electrónico y la

calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”.

Hipótesis específica 1

Hipótesis Alternativa: “El diseño del hardware se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Hipótesis Nula: “El diseño del hardware no guarda una relación significativamente positiva con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Tabla 2.

“Correlación hipótesis específica 1”

Correlación entre el Diseño de hardware y la Calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”			Diseño de hardware	Calidad de aire
Rho de Spearman	Diseño de hardware	“Coeficiente de correlación	1,000	,782**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	374	374
Rho de Spearman	Calidad de aire	Coeficiente de correlación	,782**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	374	374

** . “La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)”.

Nota: El coeficiente de correlación fue de $r= 0.782$, con una $p=0.000(p<0.05)$ por lo tanto, “se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula”.

“Existe una relación significativamente positiva entre el diseño de hardware y la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”.

Hipótesis específica 2

Hipótesis Alternativa: “El diseño del software se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Hipótesis Nula: “El diseño del software no guarda una relación significativamente positiva con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Tabla 3.

“Correlación hipótesis específica 2”

Correlación entre el Diseño de software y la Calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”				
			Diseño de software	Calidad de aire
Rho de Spearman	Diseño de software	“Coeficiente de correlación	1,000	,793**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	374	374
Rho de Spearman	Calidad de aire	Coeficiente de correlación	,793**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N”	374	374

** . “La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)”.

Nota: El coeficiente de correlación fue de $r = 0.793$, con una $p = 0.000$ ($p < 0.05$) por lo tanto, “se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula”.

“Existe una relación significativamente positiva entre el diseño de software y la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”.

Hipótesis específica 3

Hipótesis Alternativa: “El diseño del protocolo de comunicación se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional

José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Hipótesis Nula: “El diseño del protocolo de comunicación no guarda una relación significativamente positiva con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.

Tabla 4.

“Correlación hipótesis específica 3”

Correlación entre el Diseño de protocolo de comunicación y la Calidad de aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”				
			Diseño de protocolo de comunicación	Calidad de aire
Rho de Spearman	Diseño de protocolo de comunicación	“Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000	,891**
	Calidad de aire	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N”	,891**	1,000
			.	,000
			374	374
			,000	.
			374	374

** . “La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)”.

Nota: El coeficiente de correlación fue de $r= 0.891$, con una $p=0.000(p<0.05)$ por lo tanto, “se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula”.

“Existe una relación significativamente positiva entre el diseño de protocolo de comunicación y la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”.

CAPÍTULO V: “DISCUSIÓN”

5.1 Discusión de los resultados

Después de presentar los resultados del diseño del sistema electrónica se procede a contrastarlos con los antecedentes de la investigación:

De los resultados obtenidos se coincide con Claramunt (2021) en sus tesis quien concluye que “se logró el desarrollo de un prototipo de equipo portátil de medición de gases de bajo costo, a través de una plataforma Arduino y sensores MOS, el cual puede ser utilizado en interior como en exterior en diversos ambientes urbanos, rurales como industriales, siendo en el ambiente industrial el más recomendado debido a la gran riqueza de información disponible de contaminantes gaseosos en estas zonas” (p. 11). Así mismo Hernández (2021) en sus tesis “Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire”, concluye que “una solución IoT es viable para el monitoreo de la calidad del aire en Bogotá ya que puede iniciar con un pequeño número de nodos y puede escalar hasta el objetivo de cubrir la ciudad con aproximadamente 40 mil nodos. Organizaciones como universidades, conjuntos residenciales, zonas industriales o barrios pueden iniciar con la implementación de esta red de monitoreo para sus propias instalaciones” (p. 22).

Finalmente, se coincide con Guillen (2021) en en su tesis “Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de arduino y raspberry”, el autor concluye que “adoptar la propuesta de Monitoreo y Control de Condiciones Ambientales como medio de detección alternativa de temperatura, humedad, radiación ultra violeta y calidad de aire en zonas o áreas donde no exista una estación de monitoreo a gran escala, lo que servirá para la detección y lectura de datos frente a valores referenciales para fines de acuerdo a requerimiento” (p. 148).

CAPÍTULO VI: “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”

6.1 Conclusiones

Se concluye que:

- El diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.
- El diseño del hardware se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.
- El diseño del software se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, 2023.
- El diseño del protocolo de comunicación se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023”.

6.2 Recomendaciones

- **Implementación y Mantenimiento del Sistema:** Es fundamental que la universidad implemente el sistema de medición de calidad del aire propuesto en este trabajo para monitorear constantemente los niveles de contaminantes. Además, se debe establecer un programa regular de mantenimiento y calibración de los sensores para asegurar la precisión y fiabilidad de los datos recolectados.
- **Integración de los Datos en la Gestión Ambiental de la Universidad:** Los datos obtenidos por el sistema de medición deben ser integrados en las estrategias y políticas de gestión ambiental de la universidad. Esto implica no solo monitorear la calidad del aire, sino también utilizar la información para tomar decisiones informadas sobre la implementación de medidas correctivas, la planificación de nuevas áreas verdes y la reducción de fuentes de contaminación.
- **Expansión y Actualización Tecnológica del Sistema:** Se recomienda considerar la expansión del sistema de medición de calidad del aire a otras áreas de la universidad y su entorno, para obtener una visión más completa de la situación ambiental. Asimismo, es importante estar atentos a los avances tecnológicos en sensores y sistemas de monitoreo para actualizar y mejorar continuamente el sistema implementado.

REFERENCIAS

7.1 Referencias bibliográficas

- Arrieta, A. F. (2019). *Desarrollo de un prototipo para la medición de calidad del aire en la universidad de sucre empleando tecnología de vehículos aéreos no tripulados*. Tesis pregrado. Universidad de Sucre. Sucre, Colombia.
- Botello, N. y Arenas, J. C. (2023). *ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA ARDUINO*. Tesis pregrado. Universidad Libre Seccional Cúcuta. Cúcuta, Colombia.
- Claramunt, T. A. (2021). *Desarrollo de prototipo de medición de contaminantes gaseosos a través de sensores de bajo costo basados en sistemas Arduino*. Tesis pregrado. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Hernández, N. (2021). *Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear calidad del aire*. La Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C y Baptista, P. (2014) *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill España
- Ruiz, G. F. (2022). *DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN ENTORNOS INDUSTRIALES UTILIZANDO SENSORES DE BAJO COSTO CON COMUNICACIÓN ESP-MESH*. Tesis pregrado. Guayaquil, Ecuador.
- Ñaupas-Paitán, H., Mejía-Mejía, E., Novoa-Ramírez, E., & Villagomez-Páucar, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (4th ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

7.2 Referencias electrónicas

- Flor, H. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA PURIFICADOR PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN VIVIENDAS URBANAS*. Tesis pregrado. Universidad de Ciencias y Humanidades. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uch.edu.pe/handle/uch/208>
- Guillen, I. (2021). *MODELO DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES BASADOS CON TECNOLOGÍAS DE ARDUINO Y RASPBERRY*. Tesis pregrado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12677>
- Mendoza, R. P. y Cordero, V. P. A. (2022) *DISEÑO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES INTERIORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA*. Tesis pregrado. Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2630>
- Salazar, O. D. (2015). *SISTEMA DE TELEMETRÍA QUE MONITOREA EL CONTAMINANTE MONÓXIDO DE CARBONO EN PUNTOS MÁS CONCURRIDOS DEL DISTRITO DE HUANCAYO, PARA ALERTAR SU INCREMENTO – AÑO 2015*. Tesis pregrado. Universidad Alas Peruanas. Huancayo, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/918>
- Martínez, I. V. (2020). *Modernizar la Infraestructura y Soluciones TI del Datacenter del Hospital José Agurto Tello de Chosica Lima 2020*. Tesis pregrado. Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5060>

ANEXOS

ANEXO N°1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de Consistencia: Diseño de una Sistema Electrónico para medir la Calidad del Aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	INSTRUMENTOS
<p>Problema general ¿Cómo el diseño de un sistema electrónico se relaciona con la medición de la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023?</p> <p>Problemas específicos ¿Cómo el diseño del hardware se relaciona con la medición de la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023?</p> <p>¿Cómo el diseño del software se relaciona con la medición de la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023?</p> <p>¿Cómo el diseño del protocolo de comunicación se relaciona con la medición de la calidad de aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023?</p>	<p>Objetivo general Determinar si el diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p> <p>Objetivos específicos Determinar si el diseño del hardware se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p> <p>Determinar si el diseño del software se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p> <p>Determinar si el diseño del protocolo de comunicación se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p>	<p>Justificación El diseño de un Sistema Electrónico destinado a medir la Calidad del Aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión en 2023 se fundamenta en la imperiosa necesidad de salvaguardar la salud y el bienestar de nuestra comunidad universitaria. La calidad del aire es un factor determinante para el rendimiento académico y la salud general de estudiantes, profesores y personal administrativo. La implementación de un sistema de monitoreo preciso y continuo permitirá identificar, evaluar y controlar los niveles de contaminantes atmosféricos en diferentes espacios dentro del campus, garantizando así un entorno de aprendizaje y trabajo más seguro y saludable.</p>	<p>Hipótesis general El diseño del sistema electrónico se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p> <p>Hipótesis específicas El diseño del hardware se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p> <p>El diseño del software se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p> <p>El diseño del protocolo de comunicación se relaciona significativamente con la medición de la calidad del aire en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.</p>	<p>Variable 1: Sistema electrónico</p> <p>Variable 2: Calidad de aire</p>	<p>Cuestionario para medir las variables independiente y dependiente.</p>