

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

**IMPACTO DE UN PROTOTIPO BASADO EN IOT EN EL
MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES
DEL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE
GROHMANN, 2023**

TESIS

Presentada por:

Bach. Heydi Híllary Chavez Condori

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA
JURADO CALIFICADOR Y CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACION DE TESIS

TESIS N°: _____

TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero en Informática y Sistemas

La Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, por Resolución de Facultad N° 9241-2024-FAIN/UNJBG, designó jurado para la sustentación oral de la Tesis titulada: "IMPACTO DE UN PROTOTIPO BASADO EN IOT EN EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, 2023".

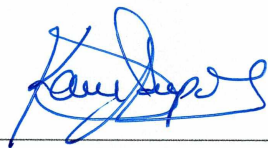
El mismo que está conformado por:

Presidente : Dra. Karin Yanet Supo Gavancho
Secretario : Mtro. Hugo Manuel Barraza Vizcarra
Vocal : Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta

Para calificar la sustentación de la Tesis en acto público el día 04 de noviembre del 2024, presentado por la Bachiller Heydi Hillary Chavez Condori, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas.

El Jurado Calificador en forma secreta e individual emitió su opinión sobre el tema de la tesis expuesta y procedió a obtener un promedio que arrojó el calificativo de aprobado con la nota de diecisiete (17).

Para ratificar lo detallado firman:



Dra. Karin Yanet Supo Gavancho
Presidente



Mtro. Hugo Manuel Barraza Vizcarra
Secretario



Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta
Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


FACULTAD DE INGENIERÍA


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS


“IMPACTO DE UN PROTOTIPO BASADO EN IOT EN EL MONITOREO DE
LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL BIOTERIO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE
GROHMANN, 2023”


TESIS PRESENTADA Y APROBADA EL 04 DE NOVIEMBRE DEL 2024

ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Presidente : 
Dra. Karin Yanet Supo Gavancho

Secretario : 
Mtro. Hugo Manuel Barraza Vizcarra

Vocal : 
Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta

Asesor : 
Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo en mi condición de asesor acreditado por la resolución de Facultad N° 08013-2023-FAIN/UNJBG de la tesis:

“IMPACTO DE UN PROTOTIPO BASADO EN IOT EN EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, 2023”.

Presentado por la Bachiller Heydi Hillary Chavez Condori para optar el Título Profesional de Ingeniero en Informática y Sistemas.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del **software de similitud textual** TURNITIN, cuenta con el **nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 7%**. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILIRIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para la obtención del Título Profesional según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta
DNI: 00509033
ORCID: 0000-0002-1822-5414
ASESOR DE TESIS



Bach. Heydi Hillary Chavez Condori
DNI: 71540379
TESISTA



Dedicatoria:

A mis queridos padres, Julia y Alonzo. A mi madre, por saber escucharme, alentarme siempre a no rendirme y motivarme a terminar lo que empiezo. A mi padre, por siempre sacarme una sonrisa y apoyarme en todo lo que me apasiona. A ambos, por ser mi mayor inspiración en la vida y estar a mi lado en cada momento.

Heydi

Agradecimiento:

En primer lugar, a Dios por su guía y bendiciones.

A mi asesor, el ingeniero Edgar Aurelio Taya Acosta, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo constante. Su experiencia y conocimiento han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Al ingeniero José Muñoz Sánchez, quien me ha brindado valiosas enseñanzas tanto en mi carrera como en la vida, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo personal y profesional.

A los ingenieros Orlando Cárdenas, Williams López y Francisco Romero con los cuales he compartido momentos alegres. Su paciencia y disposición para enseñarme, así como las valiosas lecciones que compartieron, han enriquecido mi experiencia y forjado una amistad que siempre valoraré.

A mis amigos Braicy, Karina e Ian, por cada sonrisa compartida y por estar siempre presentes en mi vida, haciendo que este camino sea más llevadero y lleno de momentos inolvidables.

A Max, por las risas que me mantuvieron despierta y motivada mientras avanzaba la tesis. Tu apoyo y buen humor han sido esenciales.

Muchas gracias

ÍNDICE

ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Antecedentes del problema a investigar	11
1.2. Descripción del problema	12
1.3. Formulación del problema	13
1.4. Objetivos de la investigación	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. Justificación e importancia de la investigación	14
1.6. Limitaciones	15
1.7. Viabilidad del estudio	15
1.8. Formulación de hipótesis	16
1.8.1. Hipótesis general	16
1.8.2. Hipótesis específicas	16
1.9. Variables	16
1.10. Operacionalización de variables	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del trabajo de investigación	18
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Internet de las cosas	21
2.2.2. Condiciones ambientales	21
2.2.3. Sensor	24
2.2.4. Sensor de calidad de aire MQ-135	25
2.2.5. Sensor de temperatura y humedad DHT11	26
2.2.6. Microcontrolador	28
2.2.7. Módulo NodeMCU v2 ESP8266	28
2.2.8. Bioterio	30
2.2.9. Calidad de software	33
2.3. Definiciones conceptuales	35

2.3.1.	Sistema IoT	35
2.3.2.	Monitoreo	35
2.3.3.	Arduino IDE	35
2.3.4.	ThingSpeak	35
2.3.5.	Arduino Cloud	36
CAPÍTULO III		37
3.1.	Planteamiento metodológico	37
3.1.1.	Nivel de la investigación	37
3.1.2.	Diseño de la investigación	37
3.1.2.	Tipo de investigación	37
3.2.	Población y muestra	38
3.3.	Equipos y materiales	38
3.4.	Procedimiento de las pruebas experimentales	39
3.5.	Técnicas de recolección de datos	40
3.6.	Técnicas para el procesamiento de datos	40
3.6.1.	Fiabilidad y validez de los instrumentos	41
CAPÍTULO IV		43
RESULTADOS		43
4.1.	Descripción de las pruebas experimentales	43
4.2.	Presentación y análisis de resultados	59
4.2.1.	Resultados de la aplicación del instrumento	59
4.3.	Contrastación de hipótesis	83
4.3.1.	Prueba de normalidad	83
4.3.2.	Prueba de hipótesis general	85
CAPÍTULO V		95
DISCUSIÓN		95
5.1.	Pruebas de validación del modelo experimental	95
5.2.	Contraste con trabajos de investigación similares	96
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES		99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		100
ANEXOS		104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	17
Tabla 2. Escalas de la temperatura	22
Tabla 3. Índice de calidad del aire	24
Tabla 4. Características técnicas del sensor MQ-135	26
Tabla 5. Características técnicas del sensor DHT11	27
Tabla 6. Características técnicas del módulo NodeMCU v2 ESP8266	29
Tabla 7. Características de la calidad de software	34
Tabla 8. Recursos y materiales en la investigación	39
Tabla 9. Confiabilidad de los instrumentos	41
Tabla 10. Lista de jurado de expertos	42
Tabla 11. Resultados de la encuesta: pregunta 1	59
Tabla 12. Procesamiento diferencial: pregunta 1	60
Tabla 13. Resultado de la encuesta: pregunta 2	61
Tabla 14. Procesamiento diferencial: pregunta 2	62
Tabla 15. Resultados de la encuesta: pregunta 3	62
Tabla 16. Procesamiento diferencial: pregunta 3	64
Tabla 17. Resultados de la encuesta: pregunta 4	64
Tabla 18. Procesamiento diferencial: pregunta 4	66
Tabla 19. Resultados de la encuesta: pregunta 5	66
Tabla 20. Procesamiento diferencial: pregunta 5	67
Tabla 21. Resultados de la encuesta: pregunta 6	68
Tabla 22. Procesamiento diferencial: pregunta 6	69
Tabla 23. Resultados de la encuesta: pregunta 7	70
Tabla 24. Procesamiento diferencial: pregunta 7	71
Tabla 25. Resultados de la encuesta: pregunta 8	71
Tabla 26. Procesamiento diferencial: pregunta 8	72
Tabla 27. Resultados de la encuesta: pregunta 9	73
Tabla 28. Procesamiento diferencial: pregunta 9	74
Tabla 29. Resultados de la encuesta: pregunta 10	75
Tabla 30. Procesamiento diferencial: pregunta 10	76
Tabla 31. Resultados de la dimensión: funcionalidad	76
Tabla 32. Resultado de la dimensión: portabilidad	78
Tabla 33. Resultado de la dimensión: usabilidad	79
Tabla 34. Resultado de la dimensión: accesibilidad	80
Tabla 35. Resultado de la dimensión: disponibilidad	82

Tabla 36. Resultados de la prueba de normalidad para la variable dependiente	84
Tabla 37. Resultados de la prueba de normalidad para la variable independiente	84
Tabla 38. Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis general	86
Tabla 39. Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis específica 1	88
Tabla 40. Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis específica 2	90
Tabla 41. Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis específica 3	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sensor de calidad de aire MQ-135	25
Figura 2. Sensor de temperatura y humedad DHT11	27
Figura 3. Módulo NodeMCU v2 ESP8266	28
Figura 4. Bioterio de la Facultad de Ciencias	30
Figura 5. Área de reproducción	31
Figura 6. Área de selección	32
Figura 7. Área de crianza	33
Figura 8. Componentes del prototipo IoT	45
Figura 9. Diseño electrónico del prototipo IoT	45
Figura 10. Inclusión de librerías	46
Figura 11. Configuración de parámetros de Wifi y Thingspeak	46
Figura 12. Configuración del sensor DHT11 y la pantalla LCD	47
Figura 13. Símbolo de grado para la pantalla LCD	47
Figura 14. Inicialización en el setup y mensaje inicial en la pantalla LCD	48
Figura 15. Configuración de depuración	49
Figura 16. Loop principal	49
Figura 17. Visualización en el monitor serial	49
Figura 18. Visualización en la pantalla LCD	50
Figura 19. Evaluación y visualización de la calidad de aire	51
Figura 20. Envío de datos a ThingSpeak	52
Figura 21. Primera versión del prototipo IoT	53
Figura 22. Segunda versión del prototipo IoT	54
Figura 23. Placa PCB con el circuito impreso	55
Figura 24. Versión final del prototipo IoT	55
Figura 25. Dashboard de monitoreo de condiciones ambientales en Arduino Cloud Web	57
Figura 26. Dashboard de monitoreo de condiciones ambientales en Arduino Cloud Móvil	57
Figura 27. Dashboard de monitoreo de condiciones ambientales en ThingSpeak Web	58
Figura 28. Gráfico de los resultados de la encuesta: pregunta 1	60
Figura 29. Gráfico de resultado de la encuesta: pregunta 2	61
Figura 30. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 3	63
Figura 31. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 4	65
Figura 32. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 5	67
Figura 33. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 6	68
Figura 34. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 7	70
Figura 35. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 8	72

Figura 36. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 9	73
Figura 37. Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 10	75
Figura 38. Gráfico de resultado de la dimensión: funcionalidad	77
Figura 39. Gráfico de resultado de la dimensión: portabilidad	78
Figura 40. Gráfico de resultado de la dimensión: usabilidad	79
Figura 41. Gráfico de resultado de la dimensión: accesibilidad	81
Figura 42. Gráfico de resultado de la dimensión: disponibilidad	82
Figura 43. Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis general	86
Figura 44. Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis específica 1	88
Figura 45. Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis específica 2	91
Figura 46. Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis específica 3	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la existencia de un impacto significativo de implementar un prototipo IoT en el proceso de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

La investigación, de tipo aplicada o tecnológica, se desarrolló mediante un diseño pre-experimental y un nivel descriptivo. La población estuvo compuesta por 39 estudiantes matriculados en el curso de fisiología animal 2023-II a los cuales se les realizó una encuesta antes y después de la implementación del prototipo IoT. La técnica empleada fue la encuesta y la prueba de signos para contrastar las hipótesis planteadas.

Como resultado de las encuestas aplicadas, se observó una mejora significativa en las percepciones de funcionalidad, portabilidad y usabilidad del prototipo IoT. En el proceso de pre-test, solo un 7.7% de los encuestados calificó la funcionalidad del sistema como buena. Sin embargo, tras la implementación del prototipo IoT, esta percepción aumentó al 61.5%. En cuanto a la portabilidad, durante el pre-test, un 10.3% de los encuestados consideró que el sistema tenía una buena portabilidad. Después de la implementación, este porcentaje se incrementó al 51.3%. De manera similar, la usabilidad del prototipo mostró una mejora notable: en el pre-test, solo un 12.8% de los encuestados percibió un nivel bueno de usabilidad. Después de la implementación del prototipo, esta cifra ascendió al 71.8%.

Estos resultados permiten concluir que la implementación de un prototipo IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Palabras clave: Internet de las cosas, monitoreo de condiciones ambientales, prototipo IoT, Node MCU v2 ESP8266, bioterio.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the existence of a significant impact of implementing an IoT prototype in the process of monitoring environmental conditions in the vivarium of the Faculty of Sciences of the Jorge Basadre Grohmann National University.

The research, of an applied or technological type, was developed through a pre-experimental design and a descriptive level. The population was made up of 39 students enrolled in the animal physiology course 2023-II to whom a survey was conducted before and after the implementation of the IoT prototype. The technique used was the survey and the sign test to contrast the proposed hypotheses.

As a result of the surveys applied, a significant improvement was observed in the perceptions of functionality, portability and usability of the IoT prototype. In the pre-test process, only 7.7% of respondents rated the system's functionality as good. However, after the implementation of the IoT prototype, this perception increased to 61.5%. Regarding portability, during the pre-test, 10.3% of respondents considered that the system had good portability. After implementation, this percentage increased to 51.3%. Similarly, the usability of the prototype showed a notable improvement: in the pre-test, only 12.8% of respondents perceived a good level of usability. After the implementation of the prototype, this figure rose to 71.8%.

These results allow us to conclude that the implementation of an IoT prototype has a significant impact on the monitoring of environmental conditions of the vivarium of the Faculty of Sciences of the Jorge Basadre Grohmann National University.

Keywords: Internet of things, monitoring of environmental conditions, IoT prototype, Node MCU v2 ESP8266, vivarium.

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha permitido la integración de nuevas herramientas y sistemas en diferentes campos de la investigación científica. Uno de los desarrollos más destacados en los últimos años es la aplicación de la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) en el monitoreo de condiciones ambientales. Esta tecnología ha revolucionado la manera en que se recopilan, analizan y utilizan los datos en tiempo real, ofreciendo una solución eficiente y precisa en entornos críticos como los bioterios, donde se llevan a cabo investigaciones con animales de laboratorio.

Tradicionalmente, el monitoreo en estos entornos ha dependido de métodos manuales o sistemas básicos que, si bien cumplen su función, a menudo presentan limitaciones en términos de inmediatez, precisión y accesibilidad de los datos. Estos desafíos son especialmente evidentes en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, donde los procesos actuales del monitoreo de condiciones ambientales requieren de la intervención de otra área, lo que puede resultar en retrasos y datos desactualizados.

La implementación de un prototipo basado en IoT para el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio surge como una respuesta a estas necesidades. Este prototipo no solo tiene el potencial de mejorar la precisión y disponibilidad de los datos, sino que también facilita la toma de decisiones informadas y oportunas por parte de los responsables del bioterio. Además, su portabilidad y usabilidad ofrecen una ventaja adicional al permitir el acceso a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.

El presente trabajo se enfoca en la implementación de un prototipo IoT para el monitoreo de condiciones ambientales en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. La investigación se enfoca en determinar el impacto de este prototipo en el proceso de monitoreo de condiciones ambientales, evaluando aspectos clave como la funcionalidad, portabilidad y usabilidad del sistema. A través de este estudio, se busca no solo modernizar los procedimientos actuales, sino también ofrecer una herramienta que pueda mejorar la calidad de la investigación científica al asegurar condiciones óptimas y controladas en el bioterio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes del problema a investigar

El monitoreo de las condiciones ambientales es un aspecto crucial en el ámbito de la investigación científica, especialmente en entornos como los bioterios, donde se realizan estudios con animales de laboratorio. La correcta supervisión de parámetros como la temperatura, humedad y calidad del aire es fundamental para garantizar el bienestar de los animales y la validez de los resultados experimentales. En este contexto, el uso de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) ha surgido como una alternativa innovadora y prometedora en comparación con los modelos tradicionales de monitoreo ambiental.

En los últimos años, se ha observado un aumento en la adopción de dispositivos IoT en diferentes sectores, incluyendo la investigación científica. En este contexto la tecnología IoT también ha encontrado aplicaciones en el sector educativo, como lo demuestra el trabajo de Toapanta (2021) en su tesis “Sistema de monitoreo de factores ambientales externos en unidades educativas céntricas del Cantón Píllaro basado en tecnología lora” el cual tiene como propósito realizar un monitoreo de condiciones ambientales en áreas cercanas a unidades educativas de Cantón Píllaro con el objetivo de informar al público sobre contaminantes como monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno entre otros gases utilizando tecnología IoT.

En el ámbito agrícola, la tecnología IoT también ha empezado a desempeñar un papel crucial. Un claro ejemplo de su aplicación es la tesis de Arias (2023), titulada “Sistema electrónico de monitoreo y control para la prevención de heladas en cultivos de mora, utilizando la arquitectura IoT”. En este estudio se desarrolló un sistema de monitoreo y control para prevenir heladas en cultivos de mora utilizando tecnología IoT. El sistema emplea sensores de humedad relativa, humedad del suelo, temperatura ambientales y radiación solar para monitorear las condiciones climáticas y activar un sistema de riego por aspersión en caso de bajas temperaturas, protegiendo los cultivos. Los datos se envían a un servidor en Google Cloud para su gestión y visualización en

tiempo real, y el sistema puede enviar alertas a través de WhatsApp mediante la API CallMeBot. El estudio concluye que la implementación del sistema IoT ayudó a prevenir y controlar los daños ocasionados por el fenómeno de la helada, obteniendo de esta manera una detección exitosa en la mayor parte de pruebas.

La influencia de la tecnología IoT se extiende también al sector sanitario, en el trabajo de Díaz (2023) denominado “Implementación y desarrollo de un sistema IoT para la monitorización de las condiciones ambientales en un hospital” se enfoca en aplicar el Internet of Medical Things (IoMT) para mejorar el monitoreo de factores ambientales críticos en entornos hospitalarios, contribuyendo así a la optimización de los procesos de detección, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. El proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema capaz de medir condiciones ambientales y la calidad del aire en hospitales, con la capacidad de enviar datos en tiempo real para su visualización en la plataforma ThingsBoard y en una aplicación móvil desarrollada para Android.

1.2. Descripción del problema

En el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, actualmente se utiliza un método tradicional para monitorear las condiciones ambientales, este proceso requiere la colaboración de otras áreas para llevar a cabo las mediciones de parámetros como la temperatura y humedad. Esta dependencia de recursos externos resulta en tiempos prolongados y posibles inconvenientes en la obtención de datos actualizados y precisos. Además, este modelo tradicional puede presentar limitaciones en términos de disponibilidad y capacidad de acceso remoto a la información recopilada.

Esta situación afecta directamente a los estudiantes de la carrera de biología, quienes utilizan el bioterio para realizar sus prácticas de laboratorio en el curso de Fisiología Animal. La falta de acceso inmediato y directo a la información sobre las condiciones ambientales puede complicar la ejecución de las prácticas, comprometiendo así la calidad y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Adicionalmente el bioterio no cuenta con una adecuada infraestructura tecnológica para implementar sistema de monitoreos avanzados.

1.3. Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?

Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?
- b) ¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?
- c) ¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- b) Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- c) Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

El bioterio es la unidad en la que se alojan los animales que son utilizados con fines experimentales, de enseñanza o pruebas de control, constituyendo un área fundamental para la obtención de resultados confiables en los proyectos de investigación.

Actualmente el bioterio de la Facultad de Ciencias no cuenta con un sistema tecnológico que ayude a mejorar la accesibilidad y disponibilidad de datos en cuanto al monitoreo de condiciones ambientales.

Con esta investigación se espera mejorar el proceso de monitoreo de las condiciones ambientales. Esto facilitará el acceso a la información en tiempo real por parte de los investigadores y el personal encargado del bioterio, lo que les permitirá tomar decisiones informadas y oportunas para garantizar el cuidado de los animales y el correcto funcionamiento de los experimentos.

Por otro parte la implementación de tecnología IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales ayuda a mejorar la calidad de los experimentos científicos. Las condiciones ambientales, como la temperatura, humedad y calidad del aire, pueden influir en los resultados de los experimentos científicos. Un monitoreo adecuado y en tiempo real de estas variables es esencial para mantener la integridad de los estudios y asegurar la validez de los resultados obtenidos.

Por último, el monitoreo preciso y constante de las condiciones ambientales en un bioterio es fundamental para garantizar el bienestar de los animales de laboratorio. Al implementar un prototipo basado en IoT, se espera obtener una mayor precisión y

eficiencia en la recopilación de datos, lo que permitirá detectar y abordar rápidamente cualquier variación que pueda afectar negativamente a los animales.

1.6. Limitaciones

Las condiciones ambientales que se evaluaron en la presente investigación fueron temperatura, humedad y calidad de aire debido a que estas son de mayor importancia para un bioterio. Las encuestas fueron realizadas solo a los estudiantes que estaban matriculados en el curso de fisiología animal ya que en ese curso realizan experimentos en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

La implementación del prototipo IoT se llevó a cabo en el área de reproducción del bioterio, donde las ratas hembras paren y cuidan a sus crías durante los primeros 21 días. Este espacio fue elegido debido a su importancia para el desarrollo de las camadas, así como por sus condiciones controladas, que incluyen un extractor de aire y rejillas para la ventilación. La monitorización precisa de este entorno es crucial para asegurar el bienestar de las crías y la calidad del aire en el área.

A nivel bibliográfico no se han encontrado investigaciones aplicando un sistema similar para verificar el impacto de un prototipo IoT en el monitoreo de condiciones ambientales en un bioterio.

1.7. Viabilidad del estudio

Se dieron todas las facilidades por parte del docente Mgr. Víctor Carbajal profesor del curso de Fisiología Animal y encargado del bioterio para poder instalar el prototipo basado en IoT. Adicionalmente, para asegurar una adecuada comprensión del funcionamiento del prototipo, se dedicaron parte de las horas del curso a explicar a los alumnos su operatividad. En este proceso, se explicó detalladamente el funcionamiento del prototipo a los estudiantes y de guiarlos en la cumplimentación de las encuestas pre y post implementación. Esta colaboración fue crucial para la correcta integración del prototipo en el entorno académico y la recolección de datos necesarios.

1.8. Formulación de hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

1.8.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Hipótesis específica 2

El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Hipótesis específica 3

El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

1.9. Variables

Identificación de variables

En la presente investigación se han encontrado dos variables de investigación, una independiente y otra dependiente las cuales son:

- **Variable independiente:** Prototipo basado en IoT.
- **Variable dependiente:** Monitoreo de las condiciones ambientales.

1.10. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables establece cómo se medirán y analizarán los elementos clave del estudio, permitiendo una evaluación precisa del impacto del prototipo IoT en el monitoreo de condiciones ambientales.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Variable independiente: Prototipo basado en IoT	Es una placa de desarrollo Node ESP8266 que tiene incorporado sensores de temperatura, humedad y calidad de oxígeno.	Accesibilidad	• Facilidad de acceso a datos	Cuestionario
		Disponibilidad	• Disponibilidad de datos	
Variable dependiente: Monitoreo de condiciones ambientales	Proceso de seguimiento y registro continuo de parámetros y factores del entorno o ambiente.	Funcionalidad	• Cumplimiento de la funcionalidad	Cuestionario
		Portabilidad	• Compatibilidad de plataformas	
		Usabilidad	• Simplicidad de uso • Satisfacción del usuario	

Nota. Descripción de las variables dependiente e independiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del trabajo de investigación

Los autores Mosquera y Cevallos (2022) en su trabajo de titulación denominado “Diseño e implementación de un prototipo IOT para el monitoreo de parámetros ambientales aplicados al cultivo de arroz utilizando ESP32 y Thingspeak” aborda el desarrollo y la implementación de un sistema IoT basado en la plataforma ESP32 y el servicio de almacenamiento y visualización de datos Thingspeak. Este prototipo está diseñado para monitorear diversos parámetros ambientales críticos para el cultivo de arroz, como la temperatura, la humedad y la luminosidad. El objetivo principal es mejorar la gestión y el control de las condiciones de cultivo, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas para optimizar la producción. La implementación del prototipo demuestra su eficacia en la recolección y transmisión de datos en tiempo real, contribuyendo así a una agricultura más precisa y eficiente, y potenciando el uso de tecnologías modernas en el sector agrícola.

Kharade y Katangle (2020) en su investigación titulada “A NodeMCU based fire safety and air quality monitoring device” aborda la problemática de la calidad del aire y la seguridad contra incendios en entornos industriales, donde la emisión de compuestos orgánicos volátiles y otros gases peligrosos afecta la salud de los trabajadores. El sistema propuesto utiliza un microcontrolador NodeMCU ESP8266 con sensores MQ135 para calidad del aire, DHT11 para temperatura y humedad, y un sensor de llama IR para detección de incendios. Los datos se muestran en un módulo de visualización OLED (I2C) y se envían a la nube mediante Thingspeak, además de permitir el control de dispositivos de seguridad y purificación del aire a través de la aplicación Blynk. El sistema no solo monitorea y presenta datos en tiempo real, sino que también proporciona alarmas y controles automáticos para mejorar la seguridad y el bienestar en el ambiente laboral. La implementación del dispositivo demostró ser efectiva en la mejora de la calidad del aire y en la prevención de incendios, creando un entorno más seguro para los empleados industriales.

Amézquita (2022) en su tesis titulada “Prototipo de sistema de monitorización y regulación automática de material particulado basado en enfoques de IoT para entidades educativas ubicadas en entornos hostiles de alto flujo vehicular. Hacia el aumento de la calidad del aire en las instituciones educativas” se centra en enfrentar la problemática de la contaminación por material particulado en instituciones educativas situadas en áreas con alta exposición a factores ambientales adversos. El estudio se centra en el diseño y desarrollo de un prototipo IoT que no solo monitorea los niveles de material particulado en el aire, sino que también regula automáticamente los sistemas de ventilación para mantener los niveles de contaminación bajo control. El prototipo utiliza sensores especializados conectados a un microcontrolador, que envían datos en tiempo real a una plataforma en la nube para su análisis y visualización. La metodología empleada se enfoca en la integración de tecnologías accesibles y de bajo costo, como el NodeMCU ESP8266, junto con algoritmos de calibración para mejorar la precisión de los sensores. Además, se evalúa la escalabilidad del sistema para ser implementado en diferentes contextos educativos, considerando la variabilidad de los entornos y el tamaño de las instituciones. Los resultados del proyecto sugieren que el sistema propuesto no solo es viable desde un punto de vista técnico y económico, sino que también puede tener un impacto significativo en la mejora de la calidad del aire en entornos escolares, contribuyendo a un ambiente más saludable para los estudiantes y el personal educativo.

Otiniano (2018) en su tesis titulada “Sistema de medición acústica usando NODEMCU ESP8266 para determinar el nivel de ruido en Av. Víctor Larco cuadra 14 Trujillo 2018” desarrolla un prototipo IoT para medir los niveles de ruido en una de las avenidas más transitadas de Trujillo. Este dispositivo es de bajo costo y emplea tecnología de Internet de las Cosas (IoT), utilizando un NodeMCU ESP8266, un micrófono, una pantalla LCD, y otros componentes electrónicos. Los datos de ruido recogidos se almacenan en una base de datos en la nube mediante MySQL, y se generan reportes detallados mediante PHP para analizar la variación del ruido a lo largo del día. Los resultados mostraron que la implementación del sistema automatizado permitió reducir los tiempos de medición en un 75%, comparado con los métodos tradicionales, y mejoró la precisión en la detección de niveles de ruido en un 30%. Esto demuestra que el uso de tecnologías IoT en la monitorización ambiental puede ofrecer soluciones más eficientes y precisas, con un impacto significativo en la gestión del ruido en zonas urbanas.

Los autores Acuña y Aranibar (2022) en su tesis titulada “Desarrollo de un sistema inteligente para el riego, usando el microcontrolador ESP8266 para automatizar el uso del agua en los cultivos de tipo tubérculo” se centra en la creación de un sistema automatizado de riego diseñado para optimizar el uso del agua en cultivos de tubérculos, un recurso crucial en la agricultura. El sistema desarrollado emplea el microcontrolador ESP8266, que, en conjunto con sensores de humedad del suelo, permite medir en tiempo real las condiciones del terreno y activar el riego únicamente cuando es necesario, reduciendo así el desperdicio de agua. Además, el sistema está conectado a una plataforma en la nube, lo que facilita la supervisión y control remoto del proceso de riego, proporcionando a los agricultores una herramienta más eficiente y sostenible para gestionar sus recursos hídricos. La tesis concluye que la integración de tecnologías IoT en la agricultura, como el uso del ESP8266, es una solución viable y efectiva para afrontar los desafíos relacionados con la gestión del agua en la agricultura, especialmente en regiones donde este recurso es escaso, contribuyendo así al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y responsables.

Berrios (2022) en su tesis titulada “Diseño de un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero” aborda el diseño e implementación de un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero, utilizando tecnologías como el ESP32 para la recopilación de datos ambientales en tiempo real mediante sensores. La tesis tuvo como objetivo diseñar un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero, compuesto por un nodo central, tres nodos sensores, una base de datos y una aplicación móvil, todos con el microcontrolador ESP32. Este sistema permite el monitoreo y control remoto a través de internet, donde los nodos sensores recogen datos de temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y nivel de agua, enviándolos al nodo central mediante el protocolo ESP-NOW. El nodo central controla los actuadores para mantener los parámetros climáticos en rangos óptimos establecidos por especialistas en agronomía, utilizando sensores específicos como el DHT22 para temperatura y humedad, el HW-080 para humedad del suelo, y el HC-SR04 para el nivel del tanque de agua. La información es subida a una base de datos y visualizada en tiempo real a través de una aplicación móvil, que también permite la activación de los actuadores.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Internet de las cosas

Según Tojeiro (2014) el internet de las cosas (IoT) se refiere a la capacidad de diversos objetos y dispositivos de conectarse a Internet en cualquier momento y lugar. En términos más técnicos, implica la integración de sensores y dispositivos en objetos comunes que se encuentran conectados a Internet mediante redes fijas o inalámbricas. De esta forma, cualquier objeto puede ser conectado y transmitir información a través de la red. Además, el IoT implica que todos los objetos tienen el potencial de ser una fuente de datos e información.

Mora y Rosas (2019) nos dicen que los elementos que intervienen en el IoT son:

- Sensores, actuadores y periféricos.
- Hardware: Los microcontroladores son dispositivos que cumplen la función de realizar la interacción.
- Conectividad: Es el medio de comunicación con el cual los equipos se comunicarán con la red, ya sea inalámbrica o por medio de un cable. Ejemplos: GPRS, Bluetooth BLE, WiFi, LPWAN, 6LoWPAN, Sigfox, Ethernet, etc.
- Protocolos de Comunicación: Son lenguajes de comunicación que utiliza el software para comunicarse con el hardware. Ejemplos: API REST, HTTP, MQTT, etc.
- Plataformas IoT: Están diseñadas para tratar los datos recogidos por los sensores y después almacenarlos. Ejemplos: Adafruit IO, Arduino IoT Cloud, Thingspeak, Thinger, Ubidots, etc.
- Servicios: Son los servicios que ofrecen las plataformas IoT para facilitar el trabajo. Ejemplos: Notificaciones, diagramas, alertas, etc.

2.2.2. Condiciones ambientales

Una condición ambiental se refiere a las características y propiedades del entorno físico, químico y biológico que rodea a los seres vivos. Esto incluye factores como la temperatura, la humedad, la calidad del aire, la radiación, el ruido, la presencia de contaminantes y otros elementos que influyen en la salud, el bienestar y el funcionamiento de los organismos y los ecosistemas. Las condiciones ambientales pueden variar ampliamente en diferentes lugares y momentos, y su impacto en los seres vivos puede ser directo o indirecto, a corto o largo plazo.

Temperatura

Según Coluccio (2024) la temperatura es una magnitud escalar que se define como la cantidad de energía cinética de las partículas de una masa gaseosa, líquida o sólida. Cuanto mayor es la velocidad de las partículas, mayor es la temperatura y viceversa.

La misma autora nos dice que existen diferentes tipos de escala para medir la temperatura, las más comunes son:

Tabla 2.

Escalas de la temperatura

Escala	Definición
Celsius	También conocida como “escala centígrada”. En esta escala, el punto de congelación del agua equivale a 0 °C (cero grados centígrados) y su punto de ebullición a 100 °C.
Fahrenheit	Es la medida utilizada en la mayoría de los países de habla inglesa. En esta escala, el punto de congelación del agua ocurre a los 32 °F (treinta y dos grados Fahrenheit) y su punto de ebullición a los 212 °F.
Kelvin	Es la medida que suele utilizarse en ciencia y establece el “cero absoluto” como punto cero, lo que supone que el objeto no desprende calor alguno y equivale a -273,15 °C (grados centígrados).
Rankine	Es la medida usada comúnmente en Estados Unidos para la medición de temperatura termodinámica y se define al medir los grados Fahrenheit sobre el cero absoluto, por lo que carece de valores negativos o bajo cero.

Nota. La tabla compara las escalas de temperatura más utilizadas y sus puntos clave de referencia adaptado de Coluccio (2024).

En el contexto de un bioterio Vega (2002) menciona que las temperaturas ideales para albergar animales no han sido completamente estandarizadas y pueden variar considerablemente, es crucial mantener un entorno controlado. Esto implica llevar un registro diario de la temperatura ambiental en las distintas salas del bioterio, ya que las fluctuaciones en la temperatura pueden influir directamente en los resultados de las investigaciones.

Humedad

La humedad es un componente natural de la atmósfera y procede de la cantidad de vapor de agua existente en el aire. El vapor de agua entra en la atmósfera al evaporarse de las grandes masas de agua que ocupan la superficie de la Tierra, como pueden ser los lagos, los océanos y los mares. (Airthings, 2024)

El autor también nos indica que para que puedan considerarse saludables, los niveles de humedad relativa en interior deben permanecer entre el 30% y el 60%.

Rivera (2015) señala que en un bioterio, siempre que las temperaturas se mantengan constantes, los animales de laboratorio pueden tolerar variaciones en la humedad relativa entre el 40% y el 70%. Sin embargo, la humedad relativa más adecuada y recomendada para mantener en un bioterio es del 50%.

Calidad de aire

Según la página del Gobierno del Perú (Infoaire, 2024) la calidad del aire está determinada por su composición. La presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones son los principales factores determinantes de la calidad del aire. Debido a esto, la calidad del aire se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes, la presencia de microorganismos, o la apariencia física.

El índice de calidad del aire (ICA) se mide en una escala de 0 a 500 y se basa en la medición de partículas (PM2.5 y PM10), ozono (O3), dióxido de nitrógeno (NO2), emisiones de dióxido de azufre (SO2) y monóxido de carbono (CO). A mayor valor, peor calidad del aire y más perjudicial para la salud. El ICA se divide en seis categorías, cada una representada por un color y un valor numérico:

Tabla 3.

Índice de calidad del aire

Estado	Índice de calidad de aire	Color
Buena	0 - 50	Verde
Moderada	51 - 100	Amarillo
Dañina para grupos sensibles	101 -150	Naranja
Dañina a la salud	151 - 200	Rojo
Muy dañina a la salud	201 - 300	Morado
Peligrosa	Superior a 300	Marrón

Nota. Índice de calidad del aire según la metodología de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA).

El autor Rivera (2015) nos dice que mantener un aire limpio y de alta calidad en un bioterio es crucial para asegurar una adecuada cantidad de oxígeno y eliminar partículas que puedan representar un riesgo de contaminación para los animales.

2.2.3. Sensor

Según Alciatore y Histan (2008), un sensor forma parte de un sistema mecatrónico o metrológico cuya función es detectar la magnitud de un parámetro físico y convertirlo en una señal que pueda ser procesada por un sistema. En los sistemas de monitoreo y control, los sensores desempeñan un papel fundamental al medir variables físicas como posición, distancia, fuerza, tensión, temperatura, vibración y aceleración.

Guarella, Heredia, Rodríguez y Bagatto (2011) nos dice que en el ámbito de los sistemas electrónicos, se encuentran disponibles diversos tipos de sensores. Estos componentes, técnicamente denominados transductores, desempeñan la función de adquirir información al convertir diferentes magnitudes físicas, químicas o biológicas en magnitudes eléctricas.

2.2.4. Sensor de calidad de aire MQ-135

Zevallos (2024) nos dice que el sensor MQ-135 se utiliza principalmente para monitorear gases generados por la quema de combustibles fósiles y el tráfico vehicular, siendo el dióxido de carbono (CO₂) uno de los principales gases que detecta. Además, es capaz de detectar amoníaco (NH₃), alcohol, óxidos de nitrógeno (NO_x), humo, entre otros. Su rango de detección va de 10 a 1000 ppm y, como otros sensores de la serie MQ, cuenta con salida analógica y digital, potenciómetro, requiere un voltaje de 5V y una conexión a tierra (GND).

Figura 1.

Sensor de calidad de aire MQ-135



Nota. El sensor MQ-135 mide la concentración de gases contaminantes en el aire.

La tabla 4 resume las especificaciones técnicas del sensor MQ-135, incluyendo su voltaje de operación, corriente, potencia de consumo, tiempo de precalentamiento, tamaño y capacidad de detección de gases. También se detallan las condiciones operativas, como los rangos de temperatura, humedad y concentración de oxígeno en los que el sensor funciona eficazmente.

Tabla 4.*Características técnicas del sensor MQ-135*

Ítem	Descripción
Modelo	MQ135
Voltaje de operación	5V DC
Corriente de operación	150mA
Potencia de consumo	800mW
Tiempo de precalentamiento	20 segundos
Tamaño	32mm x 22mm x 24mm
Detección de partes por millón	10 ppm ~ 1000 ppm
Concentración detectable	Amoniaco, sulfuro, benceno, humo.
Resistencia de carga	Potenciómetro (ajustable)
Concentración de oxígeno	2% ~ 21%
Humedad de operación	< 95% HR
Temperatura de operación	-20°C ~ 70°C

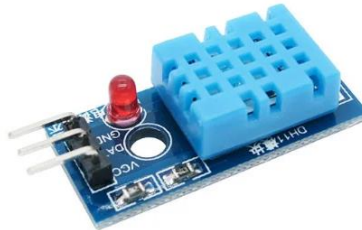
Nota. La tabla proporciona una visión general de las especificaciones técnicas del sensor MQ-135, adaptado de Burbano (2019, p. 53).

2.2.5. Sensor de temperatura y humedad DHT11

Serna (2022) señala que el sensor DHT11 es un dispositivo de medición de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Gracias a la combinación de técnicas de adquisición de señales digitales y tecnología de detección, el sensor ofrece alta fiabilidad y excelente estabilidad a largo plazo. El sensor integra un componente resistivo para medir la humedad y un termistor NTC para medir la temperatura. Está diseñado para conectarse a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, lo que garantiza una respuesta rápida, una notable capacidad anti interferencias, y una excelente relación costo-efectividad.

Figura 2.

Sensor de temperatura y humedad DHT11



Nota. Sensor DHT11 para medición digital de temperatura y humedad.

La tabla 5 presenta las características técnicas del sensor DHT11, que incluye el modelo, el rango de voltaje de operación, la precisión y rango de medición de temperatura y humedad, el peso del sensor, el número de pines y su configuración. Estos detalles son cruciales para entender el rendimiento y las especificaciones del sensor en aplicaciones de monitoreo ambiental.

Tabla 5.

Características técnicas del sensor DHT11

Ítem	Descripción
Modelo	DHT11
Fuente de alimentación	3V – 5V DC
Rango de medición de temperatura	0 a 50°C
Precisión de medición de temperatura	± 2.0 °C
Rango de medición de humedad	20% a 90 % HR
Precisión de medición de humedad	5% HR
Peso	1 gr.
N° de pines	04
Pines	Alimentación (VCC), datos (DATA), no usado (NC), tierra (GND)
Periodo de muestro	1 seg.

Nota. La tabla proporciona una visión general de las especificaciones técnicas del sensor DHT11, adaptado de Electronic (2024).

La tabla 6 presenta las especificaciones técnicas del modelo NodeMCU v2 ESP8266. Esta tabla proporciona detalles clave sobre el hardware utilizado en el prototipo, incluyendo el voltaje de alimentación, el tipo de chip, la memoria y las capacidades de entrada/salida. La información detallada en la tabla es crucial para comprender las capacidades y limitaciones del dispositivo en el contexto de su aplicación en el monitoreo de condiciones ambientales.

Tabla 6.

Características técnicas del módulo NodeMCU v2 ESP8266

Ítem	Descripción
Modelo	NodeMCU v2 ESP8266
Voltaje de alimentación	5V DC
Voltaje de Entradas/Salidas	3.3V DC
Placa	NodeMCU v2
Chip conversor USB-serial	CP2102
SoM	ESP-12E
SoC	ESP8266
CPU	Tensilica Xtensa LX3 (32 bits)
Frecuencia de reloj	80MHz/160MHz
RAM de instrucciones	32 KB
RAM de datos	96 KB
Memoria flash externa	4 MB
Pines digitales GPIO	17 (4 pueden configurarse como PWM a 3.3V)
Pin analógico ADC	1 (0-1V)
Puerto serial UART	2
Leds indicadores	2
Dimensiones	49*26*12 mm

Nota. La tabla proporciona una visión general de las especificaciones técnicas del módulo NodeMCU v2 ESP8266, adaptado de Naylamp Mechatronics (2024).

2.2.8. Bioterio

Baamonde (2013) lo define como un lugar destinado a la cría y control de los animales de laboratorio utilizados como reactivos biológicos en protocolos experimentales. El bioterio debe contar con un ambiente estandarizado acorde a las necesidades de las especies allí alojadas, garantizando el bienestar de los animales y la seguridad del personal que desempeña labores dentro de las instalaciones.

En la figura 4 se observa el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann el cual cuenta con diversas áreas especializadas para el manejo y estudio de animales de laboratorio.

Figura 4.

Bioterio de la Facultad de Ciencias



Nota. Vista del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, mostrando las áreas dedicadas a la reproducción, selección, almacenamiento de materiales.

Área de reproducción

En la figura 5 se aprecia el área de reproducción donde las ratas hembras paren camadas, y las crías permanecen con su madre durante 21 días antes de ser separadas en jaulas independientes, esta área está equipada con un extractor de aire y rejillas para la ventilación adecuada.

Figura 5.

Área de reproducción



Nota. Área de reproducción del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Área de selección

En el área de selección, las ratas se organizan según género, edad y variantes, incluyendo la variante VVBeis, desarrollada en el año 2022 por los Bachilleres en Ciencias Biológicas Lucio Velasco López y Lesly Adelis Valdivia Quispe. Aquí es donde los roedores se preparan para ser utilizados como modelos experimentales.

Figura 6.

Área de selección



Nota. Área de selección del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Área de crianza

El área de crianza es un espacio dedicado al cuidado y desarrollo de las crías de animales de laboratorio, desde su nacimiento hasta que alcanzan una etapa de desarrollo en la que pueden ser separadas de la madre y clasificadas según las necesidades experimentales. En esta área, se implementan procedimientos específicos para la alimentación, limpieza y manejo de las crías, garantizando su bienestar y minimizando cualquier factor de estrés que pudiera afectar su desarrollo o los resultados de investigaciones futuras.

Figura 7.

Área de crianza



Nota. Área de selección del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Área de materiales

El área de materiales almacena reactivos, materiales de vidrio, fármacos y otros productos químicos necesarios para las investigaciones.

Área de equipos

El área de equipos alberga instrumentos clave como microscopios, espectrofotómetros, computadoras, balanzas analíticas, centrifugas, baños maría y cámaras de flujo laminar.

2.2.9. Calidad de software

Para evaluar el prototipo IoT desde la perspectiva del usuario, se ha aplicado un enfoque basado en las características de calidad de software, aunque los criterios de calidad de software se utilizan tradicionalmente en el desarrollo de software, estos son igualmente aplicables a prototipos IoT, ya que estos también implican componentes de software que interactúan con hardware.

Fernández y García (1995) menciona que la calidad del software es el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia. La calidad es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad.

Tabla 7.

Características de la calidad de software

Categoría	Aspecto	Descripción
Funcionalidad	Adecuación	Evalúa si el software tiene las funciones necesarias.
	Exactitud	Mide si el software cumple con los resultados esperados.
	Interoperabilidad	Verifica la interacción con otros sistemas.
	Conformidad	Revisa la adherencia a estándares y regulaciones.
Confiabilidad	Seguridad	Previene el acceso no autorizado.
	Nivel de madurez	Frecuencia de fallas por errores.
	Tolerancia a fallas	Mantiene el funcionamiento durante fallas.
Usabilidad	Recuperación	Restablece la operación y recupera datos afectados.
	Comprensibilidad	Facilidad para entender la estructura del sistema.
	Facilidad de aprender	Esfuerzo necesario para aprender a usar el software.
Eficiencia	Operabilidad	Facilidad para operar y controlar el sistema.
	Comportamiento con respecto al tiempo	Tiempo de respuesta y procesamiento de datos.
Mantenibilidad	Comportamiento con respecto a los recursos	Uso de recursos y duración del uso.
	Capacidad de análisis	Esfuerzo para diagnosticar fallas y deficiencias.
	Capacidad de modificación	Esfuerzo para modificar el software o corregir fallas.
	Estabilidad	Riesgos de efectos inesperados por modificaciones
Portabilidad	Facilidad de prueba	Esfuerzo para validar el software modificado.
	Adaptabilidad	Facilidad para adaptar el software a diferentes ambientes.
	Facilidad de instalación	Esfuerzo necesario para instalar el software.
	Conformidad	Adherencia a estándares de portabilidad.
	Capacidad de reemplazo	Facilidad de sustituir el software por otro similar.

Nota. La tabla resume las características y aspectos evaluativos del software, clasificados en seis categorías principales: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Cada aspecto dentro de las categorías se describe brevemente para proporcionar una visión general de las métricas utilizadas para evaluar el software, adaptado de Abud (2004).

Abud (2004) nos dice que la norma ISO-9126 establece que se pueden describir todas las partes de la calidad del software utilizando seis características fundamentales. Estas características son funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. En la Tabla 7 cada una de estas características se desglosa en un conjunto de subcaracterísticas, lo que permite una evaluación más detallada de la calidad de los productos de software.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Sistema IoT

Son sistemas electrónicos que transmiten datos de proceso desde áreas seguras o peligrosas conectando sensores y actuadores binarios y analógicos al sistema control a través de una interfaz de bus de datos con el objetivo de realizar algún tipo de proceso.

2.3.2. Monitoreo

“La teoría de la planificación del desarrollo define el seguimiento o monitoreo como un ejercicio destinado a identificar de manera sistemática la calidad del desempeño de un sistema, subsistema o proceso a efecto de introducir los ajustes o cambios pertinentes y oportunos para el logro de sus resultados y efectos en el entorno”. (Valle y Rivera, 2008)

2.3.3. Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino es el entorno que permite escribir y ejecutar las instrucciones necesarias para operar los componentes físicos de la placa Arduino. (Pérez-Tavera, 2023)

2.3.4. ThingSpeak

La página de ThingSpeak (2024) nos dice es una plataforma en la nube diseñada para el análisis de datos de Internet de las Cosas (IoT). Ofrece la capacidad de agregar, visualizar y analizar datos en tiempo real, proporcionando representaciones gráficas

instantáneas de la información que publican los dispositivos conectados. Además, ThingSpeak permite la ejecución de código MATLAB® directamente en la plataforma, facilitando el análisis y procesamiento de datos a medida que llegan. Es comúnmente utilizado para el desarrollo de prototipos y pruebas de concepto en sistemas IoT que requieren un análisis detallado.

2.3.5. Arduino Cloud

Según Arduino Cloud (2024) es una plataforma que facilita el desarrollo de proyectos Arduino y su conexión con el entorno exterior. Ofrece soporte para conexiones seguras utilizando Wi-Fi®, LoRa®, Ethernet y redes celulares (GSM/NB-IoT). Además, permite configurar un sistema que transmite información variable entre placas en cuestión de minutos después de su instalación

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Planteamiento metodológico

3.1.1. Nivel de la investigación

“Los estudios descriptivos miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Pilar Baptista, 1997)

Esta investigación es de nivel descriptivo, debido a que nuestro propósito es determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio, mas no buscar la explicación de por qué ocurre dicho impacto.

3.1.2. Diseño de la investigación

Según Galarza (2021) el diseño pre-experimental es un sub-diseño de la investigación experimental en este la variable independiente cuenta con un solo nivel: grupo de experimentación, el cual recibe la intervención que el investigador aplique.

La presente investigación es de diseño pre-experimental debido a que se mide un solo grupo antes de la aplicación de la variable independiente y después de la aplicación de la misma.

3.1.2. Tipo de investigación

El autor Ñaupas (2018) nos dice que la investigación aplicada o tecnológica está dirigida a mejorar, perfeccionar u optimizar sistemas, procedimientos, normas y tecnologías existentes, tomando en cuenta los avances científicos y tecnológicos. Por lo tanto, en lugar de calificar los resultados como verdaderos, falsos o probables, se evalúan en términos de eficiencia, deficiencia, ineficiencia, eficacia o ineficacia.

Para el caso de la presente investigación se considera que es una investigación aplicada o tecnológica.

3.2. Población y muestra

Según los autores Vizcaíno, Cedeño y Maldonado (2023) la población se refiere al conjunto completo de individuos, elementos o fenómenos que comparten una característica común y son objeto de estudio. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estudiar a toda la población puede ser complicado o costoso, por lo que se recurre al uso de una "muestra", que es un grupo representativo seleccionado de la población.

Para la presente investigación se contará con una población de estudiantes los cuales están matriculados en el curso de fisiología animal:

- **Población:** 39 estudiantes matriculados en el curso de Fisiología Animal del semestre 2023-II, pertenecientes a la Escuela Profesional de Biología - Microbiología de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Dado que la población es accesible y de tamaño manejable, no fue necesario aplicar un muestreo. En su lugar, se realizó un censo, lo cual implicó utilizar a toda la población para llevar a cabo la investigación.

3.3. Equipos y materiales

Esta investigación ganó el concurso de subvenciones para tesis 2023-II dirigido a estudiantes de pregrado, organizado por el Instituto de Investigación (ININ) del Vicerrectorado de Investigación (VIIN) de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Los resultados fueron oficializados mediante la Resolución Rectoral N° 11952 - 2023 - UNJBG. En consecuencia, se incluyen todos los materiales, tanto subvencionados como no subvencionados, que fueron necesarios para la realización de este estudio.

Tabla 8.*Recursos y materiales en la investigación*

Bien	Cantidad	Características
Laptop	01	Asus Intel Core i7-7100 HQ 16 GB DDR3 500GB SSD Y 1T HDD
Impresora	01	Epson L220 Series
Papel Bond	05 paquetes	A4 80 gramos
Folders	02 paquetes	File manila A4
Bolígrafo	05	Pilot negro
Tarjeta NodeMCU	05	Módulo ESP8266
Sensor de temperatura y humedad	05	Modelo DHT11
Sensor de calidad de aire	05	Modelo MQ135
Cables de conexión macho a hembra	30	Marca genérica
Cables de conexión macho a macho	40	Marca genérica
Cable de poder Micro USB a USB	3	Marca genérica
Plancha de cobre	1	20 x 20 cm
Display Led	1	Tamaño 16 x 2

Nota. Esta tabla muestra la lista de materiales y equipos utilizados en la presente investigación.

3.4. Procedimiento de las pruebas experimentales

Para la presente investigación se trabajó con una única población de 39 estudiantes a la cual se le aplicaron dos pruebas experimentales. La primera prueba consistió en administrar un cuestionario a los estudiantes antes de implementar el prototipo IoT. Los

cuestionarios fueron numerados para identificar a los participantes y posteriormente poder correlacionar sus respuestas.

La segunda prueba consistió en aplicar el mismo cuestionario después de haber implementado el prototipo IoT. Previa a esta aplicación, se proporcionó a los estudiantes una explicación detallada sobre la tecnología del prototipo y se les mostró cómo utilizarlo para monitorear las condiciones ambientales.

Para llevar a cabo estas pruebas se coordinó con el docente a cargo del curso de fisiología animal, las cuales se realizaron en sus horarios de clase.

3.5. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos, se empleó la técnica de la encuesta y se utilizó un cuestionario como instrumento. Este cuestionario fue validado por juicio de experto y se sometió al análisis de confiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach.

3.6. Técnicas para el procesamiento de datos

El procesamiento de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, y los resultados se presentarán en forma de tablas y gráficos. Este análisis se llevará a cabo utilizando el software Microsoft Excel LTSC.

Para el análisis de datos, se empleó el software estadístico IBM SPSS versión 26, donde se almacenaron y procesaron los datos para obtener los resultados estadísticos. Se aplicó la prueba estadística de signos, previa verificación de la normalidad de los datos.

3.6.1. Fiabilidad y validez de los instrumentos

Confiabilidad

En la presente investigación, el método que se utilizó para medir la confiabilidad del instrumento fue el Alfa de Cronbach, debido a que las alternativas del instrumento presentan Escala de Likert.

Según Aldaba y Bartolo (2020) nos dice que los valores de Alfa de Cronbach rondan entre 0 y 1, donde se considera que una buena consistencia es cuando el valor de alfa es superior a 0.61.

En la presente investigación se ha obtenido los siguientes coeficientes:

Tabla 9.

Confiabilidad de los instrumentos

Instrumento	Alfa de Cronbach	N° de elementos
Pre-test	0.933	39
Post-test	0.935	39

Nota. Obtenido del procesamiento estadístico en SPSS v26.

De acuerdo a la Tabla 9, se observa que el resultado obtenido para la pre encuesta fue de 0.933 y para la post encuesta fue de 0.935, este resultado los sitúa como muy alto. Lo cual significa que los instrumentos son confiables.

Validez de instrumento

La validez del instrumento fue confirmada por cinco expertos que revisaron el contenido basándose en ocho criterios: claridad, objetividad, organización, suficiencia, pertinencia, coherencia, relevancia y actualidad. Las fichas de validación de los expertos están disponibles en el anexo 02.

Tabla 10

Lista de jurado de expertos

Experto	Aplicabilidad
Ing. Barraza Vizcarra, Hugo Manuel	Aplicable
Ing. Chaparro Cruz, Israel Nazareth	Aplicable
Ing. Cabana Yupanqui, Silvana Beatriz	Aplicable
Ing. Mori Sosa, Luis Paul	Aplicable
Ing. Valdez Ramírez, Josué	Aplicable

Nota: Lista de los expertos que validaron el instrumento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Descripción de las pruebas experimentales

El proceso comenzó con la creación de un instrumento de medición diseñado específicamente para evaluar si la implementación del prototipo IoT tenía un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Una vez validado el instrumento, se procedió a la aplicación de este donde se aplicó dos encuestas (pre-test y post-test) a un grupo de 39 estudiantes matriculados en el curso de Fisiología Animal pertenecientes a la Escuela Profesional de Biología - Microbiología de la Facultad de Ciencias, quienes brindaron su percepción acerca del monitoreo de las condiciones ambientales en el bioterio antes de la implementación del prototipo IoT. Tras esta fase inicial, se implementó el prototipo IoT en el bioterio, explicando detalladamente a los mismos 39 estudiantes su funcionamiento y cómo podrían visualizar los datos recolectados a través de los dashboards configurados. Posteriormente, se aplicó nuevamente la misma encuesta a estos estudiantes para evaluar los cambios en su percepción después de haber experimentado la funcionalidad del prototipo IoT. Finalmente, los datos obtenidos en ambas encuestas fueron analizados mediante el uso de software estadísticos como SPSS v.26 y Microsoft Excel LTSC, lo que permitió identificar el impacto significativo del prototipo IoT en el monitoreo ambiental.

4.1.1 Elaboración del prototipo IoT

La elaboración del prototipo IoT se llevó a cabo en varias etapas. Estas incluyeron la identificación de los componentes necesarios, el diseño del circuito electrónico, la programación de este, el montaje y las pruebas del dispositivo, por último la configuración de los dashboards (Arduino Cloud y ThingSpeak) para la visualización de datos. A continuación, se describen estas etapas con más detalle:

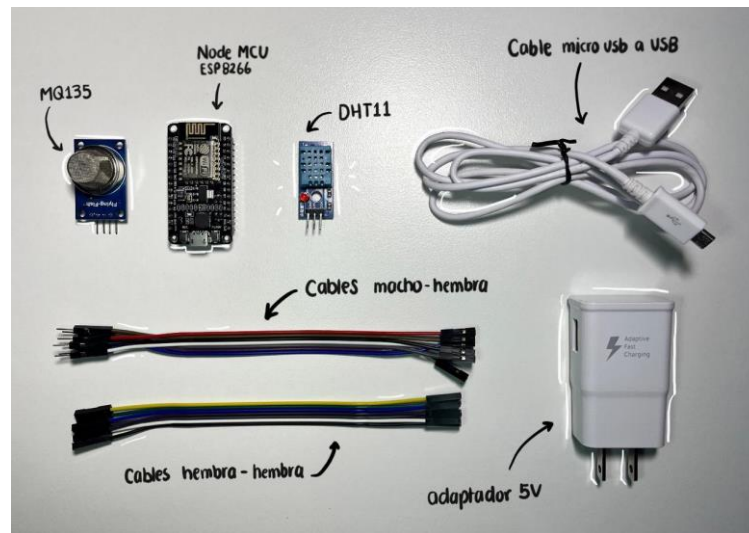
a. Componentes del prototipo IoT

El prototipo IoT desarrollado para el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann está compuesto por los siguientes elementos:

- **NodeMCU ESP8266:** Este microcontrolador basado en el módulo ESP8266 proporciona conectividad Wi-Fi y es el cerebro del prototipo, encargado de la recopilación de datos y su transmisión a la plataforma de visualización.
- **Sensor de Temperatura y Humedad DHT11:** Este sensor mide la temperatura y la humedad relativa del entorno, proporcionando datos cruciales para el monitoreo de las condiciones ambientales.
- **Sensor de Calidad de Aire MQ135:** Este sensor detecta la concentración de gases tóxicos y contaminantes en el aire, incluyendo amoníaco, dióxido de carbono y otros compuestos peligrosos.
- **Pantalla LCD 16×2 con Adaptador I2C:** La pantalla LCD muestra información en tiempo real sobre las lecturas de los sensores. El adaptador I2C facilita la comunicación entre el microcontrolador y la pantalla, simplificando el proceso de visualización de datos.
- **Adaptador de 5V:** Este adaptador proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de los componentes del prototipo, garantizando una fuente de alimentación estable.
- **Cable Micro USB a USB:** Utilizado para la conexión del NodeMCU ESP8266 a la fuente de alimentación y para la programación del microcontrolador.

Figura 8.

Componentes del prototipo IoT



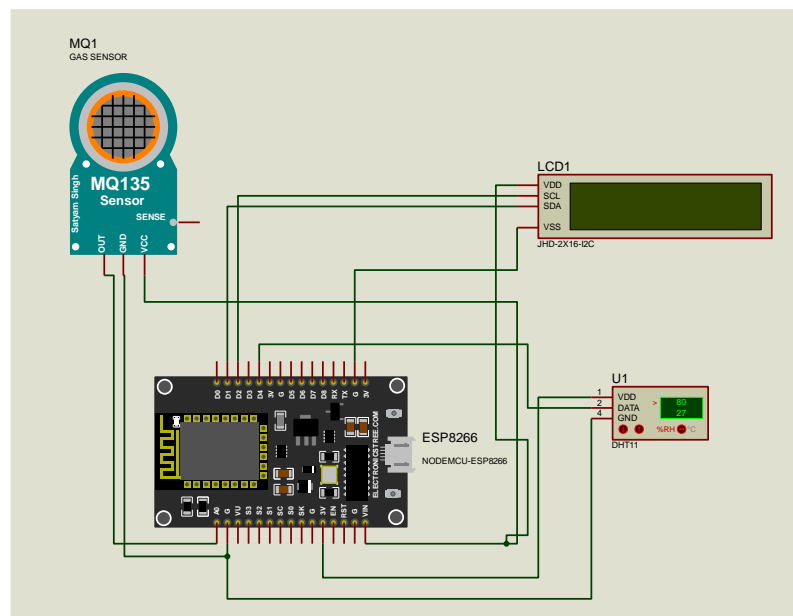
Nota. Elaboración propia.

b. Diseño del circuito electrónico del prototipo

El diseño electrónico del prototipo IoT está orientado a proporcionar una solución integral para el monitoreo de condiciones ambientales, permitiendo el monitoreo tanto presencial como remota a través de dispositivos móviles o cualquier otro equipo con acceso a Internet.

Figura 9.

Diseño electrónico del prototipo IoT



Nota. Diseño elaborado en Proteus v8.

c. Programación del prototipo IoT

El código está programado en C++ y se encarga de realizar la lectura de parámetros ambientales como la temperatura, la humedad y la calidad del aire, utilizando un sensor DHT11 y un sensor de calidad de aire MQ135.

Los datos recolectados son mostrados en tiempo real en una pantalla LCD y, además, se envían a la plataforma ThingSpeak para su monitoreo en la nube, permitiendo su visualización y análisis remoto. Paralelamente, el código se ejecuta en la plataforma Arduino Cloud, que también recibe y gestiona estos datos, facilitando la integración del sistema en un entorno IoT más amplio.

Figura 10.

Inclusión de librerías

```
#include "thingProperties.h"  
#include <DHT.h>  
#include "ESP8266WiFi.h"  
#include "LiquidCrystal_I2C.h"
```

Nota. Elaboración propia.

Estas líneas incluyen las librerías necesarias para el funcionamiento del programa. 'ThingProperties.h' se encarga de la configuración y gestión de la conexión con Arduino Cloud. 'DHT.h' maneja la comunicación con el sensor de temperatura y humedad DHT11. 'ESP8266WiFi.h' permite la conectividad Wifi del módulo ESP8266. Finalmente, 'LiquidCrystal_I2C.h' se utiliza para controlar la pantalla LCD con interfaz I2C.

Figura 11.

Configuración de parámetros de Wifi y Thingspeak

```
String apiKey = "WG61NWC0HRXQGLV9";  
const char *ssid = "BIOTERIO";  
const char *pass = "Bioterio2024";  
const char* server = "api.thingspeak.com";
```

Nota. Elaboración propia.

Aquí se definen las credenciales para la conexión a la red Wifi y la clave API para enviar datos a ThingSpeak. 'ApiKey' es la clave que identifica el canal en ThingSpeak. Las variables constantes 'ssid' y 'pass' son el nombre y la contraseña de la red Wifi a la que se conectará el ESP8266. La variable constante 'server' es la dirección del servidor de ThingSpeak.

Figura 12.

Configuración del sensor DHT11 y la pantalla LCD

```
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

Nota. Elaboración propia.

Se define el pin donde está conectado el sensor DHT11 ('dhtpin') y el tipo de sensor ('dhttype'). Luego, se inicializa un objeto DHT para manejar el sensor. También se inicializa un objeto 'LiquidCrystal_I2C' para controlar la pantalla LCD, especificando la dirección I2C ('0x27') y el tamaño de la pantalla (16 columnas y 2 filas).

Figura 13.

Símbolo de grado para la pantalla LCD

```
byte degree_symbol[8] = { 0b00111,
                          0b00101,
                          0b00111,
                          0b00000,
                          0b00000,
                          0b00000,
                          0b00000,
                          0b00000};

WiFiClient client;
```

Nota. Elaboración propia.

Aquí se define un símbolo de grado personalizado para mostrar en la pantalla LCD. 'Degree_Symbol' es un array que representa la forma del símbolo en un formato binario.

Figura 14.

Inicialización en el setup y mensaje inicial en la pantalla LCD

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, pass);
  initProperties();
  ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
  dht.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("Prototipo IoT");
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print("Monitoreando");
  delay(2000);
  lcd.clear();

  setDebugMessageLevel(2);
  ArduinoCloud.printDebugInfo();
}
```

Nota. Elaboración propia.

En la función 'setup()', se inicializan la comunicación serial ('serial.begin') para depuración, la conexión Wifi ('WiFi.begin'), y las propiedades de Arduino Cloud ('initProperties'). También se inicia el sensor DHT ('dht.begin()') y la pantalla LCD ('lcd.init()'), incluyendo la activación de la luz de fondo de la pantalla ('lcd.backlight()').

Líneas más abajo se muestra un mensaje inicial en la pantalla LCD que indica que el sistema está monitoreando la calidad del aire. Después de 2 segundos ('delay(2000)'), la pantalla se limpia ('lcd.clear()').

Figura 15.

Configuración de depuración

```
setDebugMessageLevel(2);  
ArduinoCloud.printDebugInfo();
```

Nota. Elaboración propia.

Estas líneas configuran el nivel de mensajes de depuración y habilitan la impresión de información de depuración en la consola serial, lo que ayuda a rastrear el estado del programa.

Figura 16.

Loop principal

```
void loop() {  
  ArduinoCloud.update();  
  humedad = dht.readHumidity();  
  temperatura = dht.readTemperature();  
  aire = analogRead(A0);  
}
```

Nota. Elaboración propia.

En el 'loop()', se actualizan los datos en Arduino Cloud ('ArduinoCloud.update()') y se leen los valores de humedad ('humedad'), temperatura ('temperatura'), y calidad del aire ('aire'). 'AnalogRead(A0)' lee el valor del sensor MQ135 conectado al pin A0.

Figura 17.

Visualización en el monitor serial

```
Serial.print("Temperatura: ");  
Serial.print(temperatura);  
Serial.print(" Grados Celcius, Humedad: ");  
Serial.print(humedad);  
Serial.print(" %, PPM: ");  
Serial.println(aire);
```

Nota. Elaboración propia.

Estas líneas de código imprimen los valores de temperatura, humedad, y calidad del aire en el monitor serial.

Figura 18.

Visualización en la pantalla LCD

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Temperatura ");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(temperatura);  
lcd.createChar(1, degree_symbol);  
lcd.setCursor(6,1);  
lcd.write(1);  
lcd.print("C");  
delay(4000);  
lcd.clear();  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Humedad ");  
lcd.print(humedad);  
lcd.print("%");  
delay(4000);  
lcd.clear();
```

Nota. Elaboración propia.

El código muestra primero la temperatura en la pantalla LCD, utilizando el símbolo de grado personalizado, y luego la humedad. Después de mostrar cada valor, la pantalla se limpia para preparar la próxima visualización.

Figura 19.

Evaluación y visualización de la calidad de aire

```
if (aire ≤ 350) {  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Calidad de Aire:");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("Alta calidad");  
  Serial.println("Alta calidad de aire");  
}  
else if (aire > 350 && aire ≤ 800) {  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Calidad de Aire:");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("Moderada calidad");  
  Serial.println("Moderada calidad de aire");  
}  
else if (aire > 800 && aire ≤ 1200) {  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Calidad de Aire:");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("Baja calidad");  
  Serial.println("Baja calidad de aire");  
}  
else if (aire > 1200) {  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Calidad de Aire:");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("Mala calidad");  
  Serial.println("Mala calidad de aire");  
}
```

Nota. Elaboración propia.

Esta sección evalúa el nivel de calidad del aire y lo categoriza en alta, moderada, baja o mala, según los valores obtenidos del sensor MQ135. Luego, muestra el resultado en la pantalla LCD y lo imprime en el monitor serial.

Figura 20.

Envío de datos a ThingSpeak

```
if (client.connect(server,80)) {
  String postStr = apiKey;
  postStr += "&field1=" + String(humedad);
  postStr += "&field2=" + String(temperatura);
  postStr += "&field3=" + String(aire) + "\r\n\r\n";

  client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
  client.print("Host: api.thingSpeak.com\n");
  client.print("Connection: close\n");
  client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
  client.print("Content-Type: application/x-www-form-
  urlencoded\n");
  client.print("Content-Length: " + String(postStr.length()) +
  "\n\n");
  client.print(postStr);
}
}
```

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, el código verifica si hay conexión con el servidor de ThingSpeak. Si la conexión es exitosa, se construye y envía una cadena con los datos de humedad, temperatura y calidad del aire a ThingSpeak mediante un comando POST. Estos datos se almacenan en el canal asociado con la clave API proporcionada.

4.1.3. Pruebas del prototipo IoT y montaje

Durante las pruebas del prototipo IoT, se calibraron y evaluaron todos los sensores integrados. El sensor de temperatura y humedad, DHT11, se calibró utilizando un termómetro higrómetro digital. En caso de discrepancias entre los valores del sensor y el termómetro, se procedería a ajustar los parámetros en el código para corregir las lecturas. Para esta investigación no se identificaron problemas durante este proceso. Además, se probó el sensor DHT11 a temperaturas altas y bajas dentro de su rango operativo para verificar su correcto funcionamiento.

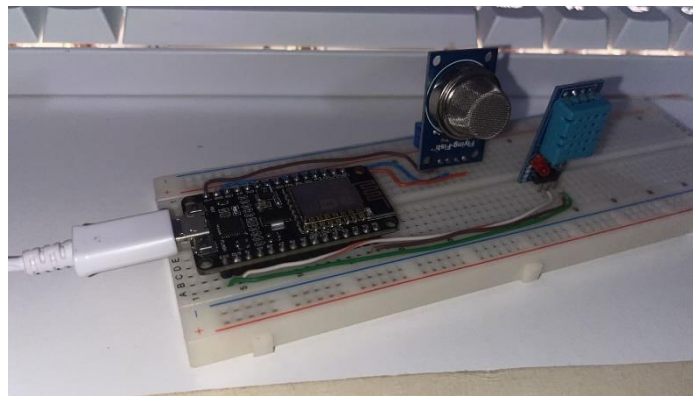
El sensor MQ135, diseñado para detectar diferentes tipos de gases, se calibra utilizando el potenciómetro incorporado y ajustando las fórmulas matemáticas correspondientes para medir dicho gas. En esta investigación, el sensor no se utilizó para medir gases específicos, sino para monitorear el aumento general en la calidad del aire y

definir un rango de referencia. El código para integrar este sensor fue obtenido del repositorio de GitHub del autor José Méndez

Asimismo, se ajustó el umbral de la pantalla LCD para asegurar que los datos se visualizaran de manera correcta. Estos ajustes garantizaron que la información de temperatura, humedad y calidad del aire se mostrara claramente en la pantalla, facilitando la interpretación de los datos en tiempo real.

Figura 21.

Primera versión del prototipo IoT



Nota. Elaboración propia.

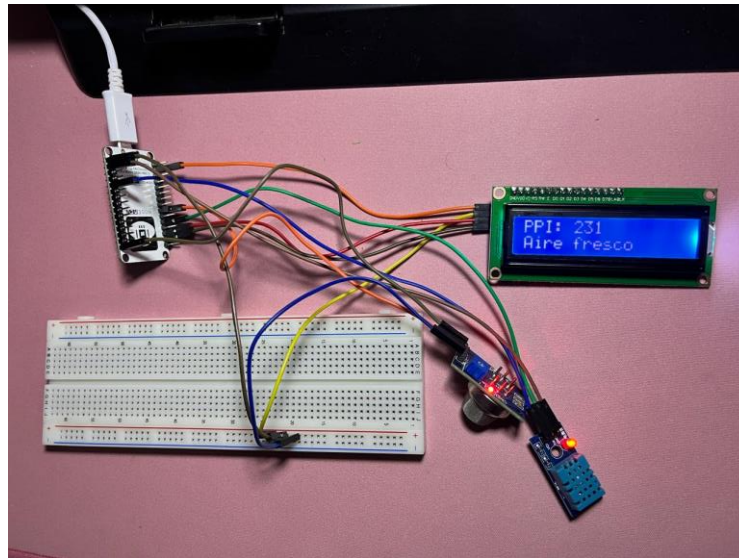
La figura 21 muestra la primera versión del prototipo IoT, en la que se utilizaron únicamente el sensor DHT11, el sensor de calidad de oxígeno MQ135 y el módulo ESP8266, montados en un protoboard. En esta versión inicial, no se incorporó una pantalla LCD para la visualización de datos. El prototipo estaba diseñado para captar y procesar datos de temperatura, humedad y calidad del aire, transmitiéndolos a través del ESP8266. La disposición en el protoboard permitió realizar las conexiones y pruebas iniciales de manera flexible antes de integrar componentes adicionales o realizar ajustes en el diseño.

La figura 22 ilustra la segunda versión del prototipo IoT, que incluye una pantalla LCD. En esta configuración, además de los sensores DHT11 y MQ135 y el módulo ESP8266, se ha añadido una pantalla LCD para la visualización en tiempo real de los datos capturados. Esta modificación permite que los datos sobre temperatura, humedad y

calidad del oxígeno se visualicen directamente en el dispositivo, facilitando la visualización local de la información.

Figura 22.

Segunda versión del prototipo IoT



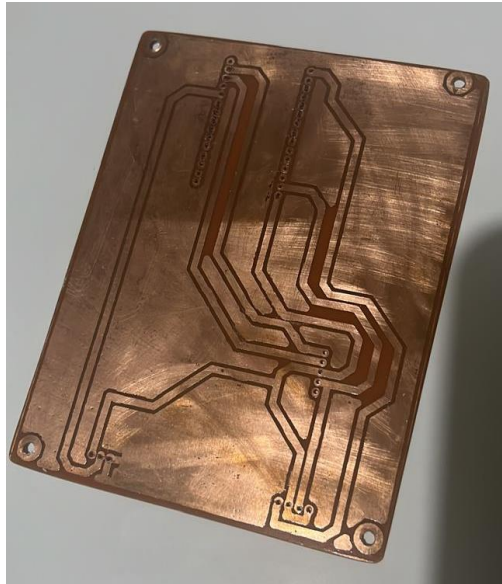
Nota. Elaboración propia.

El prototipo final del sistema IoT se desarrolló mediante varias etapas para asegurar su funcionalidad y durabilidad. Primero, se elaboró una placa PCB (Printed Circuit Board) de cobre, diseñada para montar el circuito del prototipo IoT. El diseño del circuito para la placa PCB se realizó utilizando Proteus, lo que permitió integrar de manera precisa todos los componentes, incluyendo el sensor DHT11, el sensor MQ135 y el módulo ESP8266.

En la figura 23 se aprecia que la placa PCB muestra exclusivamente el circuito impreso diseñado para conectar los sensores de temperatura, humedad y calidad de aire, además de la pantalla LCD. Las pistas de cobre están dispuestas estratégicamente para asegurar conexiones eficientes entre los componentes, optimizando la transmisión de datos. Este diseño facilita la integración de sensores, permitiendo una recolección de datos precisa y un flujo sin interferencias.

Figura 23.

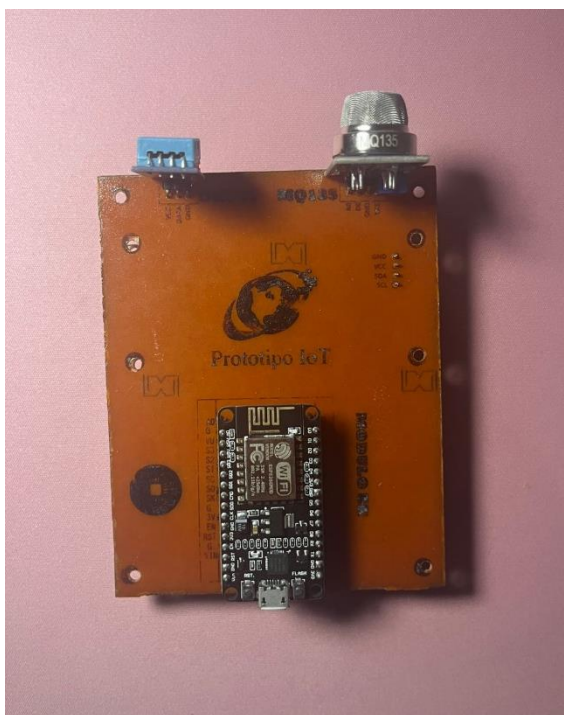
Placa PCB con el circuito impreso



Nota. Placa PCB elaborada en una placa de cobre, mostrando el circuito impreso diseñado para montar los componentes del prototipo IoT.

Figura 24.

Versión final del prototipo IoT



Nota. Elaboración propia.

En la figura 24 se observa la versión final del prototipo IoT se presenta en una placa PCB con todos los componentes integrados, incluyendo los sensores de temperatura, humedad y calidad de aire, así como la pantalla LCD. Esta configuración en la PCB permite una estructura compacta y ordenada, donde cada sensor está firmemente conectado al circuito impreso para garantizar la estabilidad y precisión en la recolección de datos. La pantalla LCD, también integrada en la placa, facilita la visualización en tiempo real de los parámetros monitoreados, brindando acceso inmediato a la información.

Luego, se construyó una caja de madera para alojar el circuito. Esta estructura proporcionó protección física al circuito y facilitó su manejo. Finalmente, el prototipo, ya montado y protegido en su caja de madera, se instaló en el bioterio, permitiendo su implementación y prueba en el entorno real de monitoreo. Este proceso aseguró el adecuado funcionamiento del prototipo y la recolección precisa de datos ambientales.

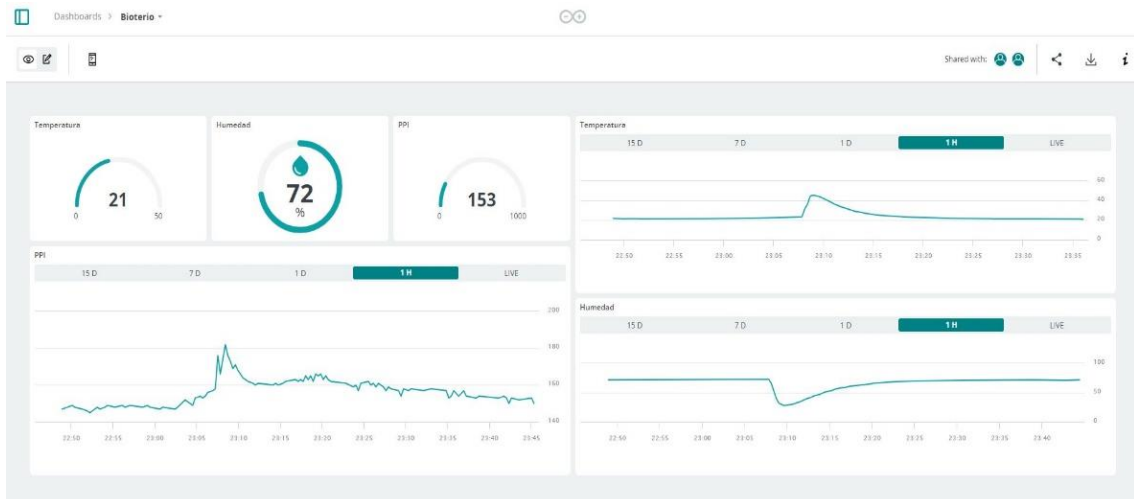
4.1.4. Visualización de los dashboards

En esta sección, se presenta la visualización de los dashboards que permiten monitorear y analizar los datos capturados por el prototipo IoT, tanto desde una PC como desde un dispositivo móvil. Estas herramientas ofrecen la posibilidad de observar en tiempo real las condiciones ambientales registradas y acceder a datos históricos para un análisis más detallado, facilitando la toma de decisiones y el seguimiento continuo del entorno monitoreado desde cualquier lugar y en cualquier momento.

La figura 25 presenta la visualización en tiempo real de las condiciones ambientales, incluyendo parámetros como la temperatura, la humedad y la calidad del oxígeno, a través de una interfaz web. Además de ofrecer datos en tiempo real, el dashboard permite revisar el historial de estos parámetros mediante gráficos que abarcan desde la última hora hasta los últimos 15 días, y ofrece la posibilidad de descargar la información acumulada hasta por 3 meses. Para acceder al dashboard, es necesario crear una cuenta en Arduino Cloud, y el administrador debe otorgar acceso al usuario mediante su dirección de correo electrónico.

Figura 25.

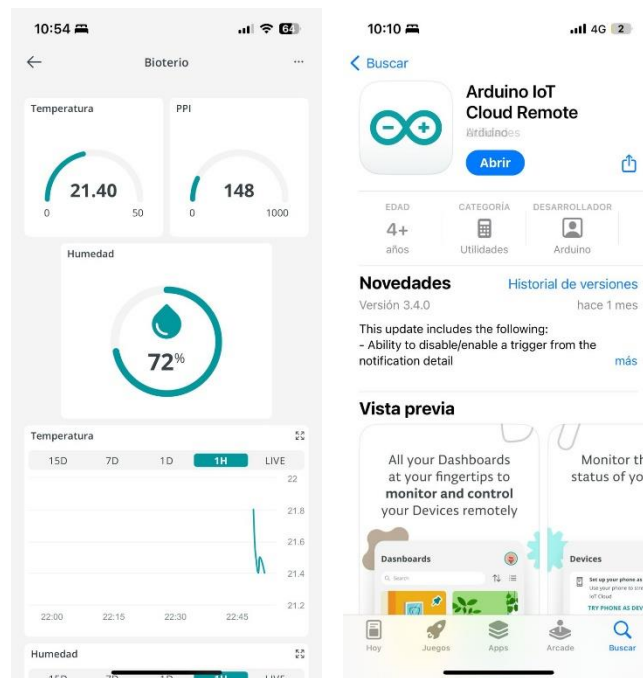
Dashboard de monitoreo de las condiciones ambientales en Arduino Cloud Web.



Nota. Visualización en tiempo real de las condiciones ambientales en la interfaz web de Arduino Cloud.

Figura 26.

Dashboard de monitoreo de condiciones ambientales en Arduino Cloud Móvil

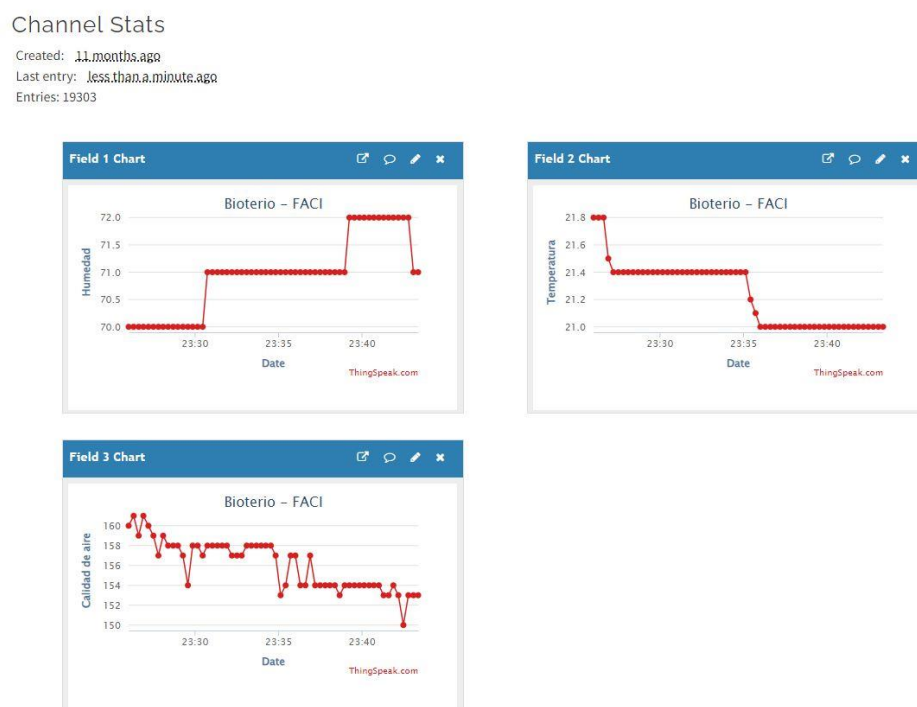


Nota. Visualización en tiempo real de las condiciones ambientales en una aplicación web móvil Arduino IoT Cloud Remote.

La figura 26 muestra la visualización en tiempo real de las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la calidad del oxígeno, a través de la aplicación móvil de Arduino Cloud. La aplicación está disponible para sistemas operativos Android e iOS, y permite revisar el historial de estos parámetros mediante gráficos que abarcan desde la última hora hasta los últimos 15 días. También ofrece la opción de descargar la información acumulada hasta por 3 meses. Para acceder a la aplicación, es necesario crear una cuenta en Arduino Cloud, y el administrador debe conceder acceso al usuario mediante su dirección de correo electrónico.

Figura 27.

Dashboard de monitoreo de condiciones ambientales en ThingSpeak Web



Nota. Visualización en tiempo real de las condiciones ambientales en la interfaz web de Thingspeak.

La figura 27 muestra la interfaz de la página web de ThingSpeak, que permite la visualización en tiempo real de las condiciones ambientales monitoreadas, como la temperatura, la humedad y la calidad del oxígeno. La plataforma actualiza los datos en tiempo real y ofrece la opción de descargar la información capturada en formato CSV para un análisis más detallado. Para acceder a los datos, es necesario buscar el Channel ID, que en este estudio es 2277653. Es importante mencionar que la aplicación móvil de

ThingSpeak está disponible únicamente para sistemas Android y no ofrece soporte para dispositivos iOS.

4.2. Presentación y análisis de resultados

En esta sección se presentan los resultados de las encuestas realizadas a los estudiantes antes y después de la implementación del prototipo IoT para el monitoreo de condiciones ambientales. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, seguidos de un análisis detallado que compara los datos previos y posteriores a la implementación.

4.2.1. Resultados de la aplicación del instrumento

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos de recolección de datos. Los resultados de cada pregunta se analizan individualmente, y sus resultados se ilustran mediante tablas, gráficos estadísticos, y sus respectivas interpretaciones. A través de estas representaciones visuales, se busca proporcionar una visión clara y detallada de las respuestas obtenidas, permitiendo así una evaluación precisa de los datos recopilados.

Los datos se recopilaron a través de una encuesta aplicada a 39 participantes en dos momentos diferentes: antes (pre-test) y después (post-test) de la implementación del prototipo IoT.

Tabla 11.

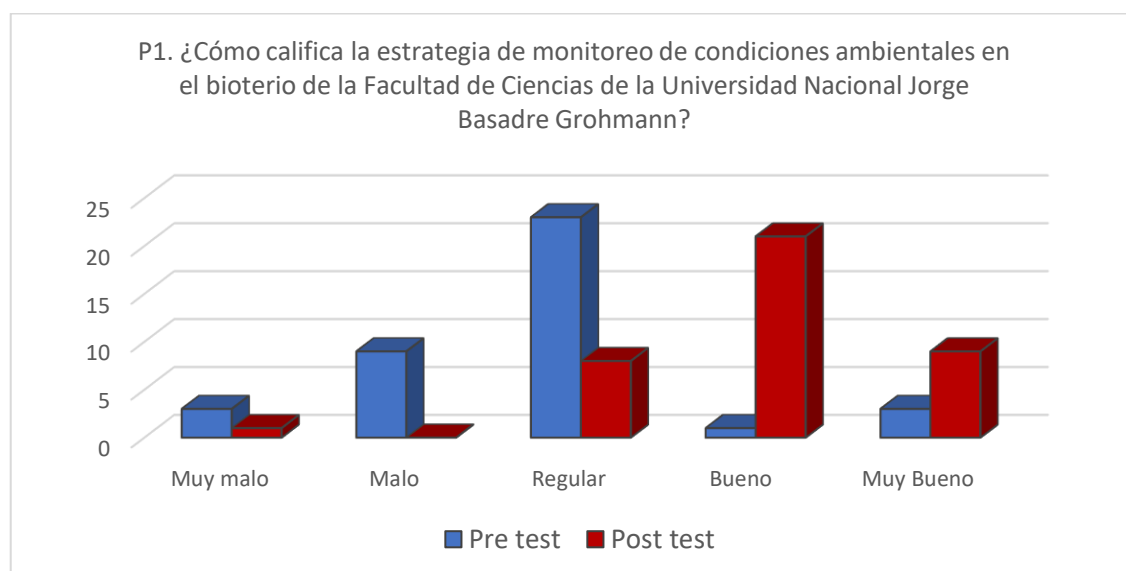
Resultados de la encuesta: pregunta 1

Pregunta 1	¿Cómo califica la estrategia de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?					Total
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	
Pre-test	3	9	23	1	3	39
Post-test	1	0	8	21	9	39

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 28.

Gráfico de los resultados de la encuesta: pregunta 1



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 12 participantes calificaron la estrategia de monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio negativamente (3 “muy malo” y 9 “malo”), la mayoría de participantes (23) la consideró “regular”. Solo 4 participantes dieron una calificación positiva (1 “bueno” y 3 “muy bueno”). Estos resultados indican una percepción mayormente negativa.

Post-test: Después de la aplicación del prototipo IoT, se observa una reducción de las calificaciones negativas, con solo 1 participante calificando la estrategia de monitoreo de las condiciones ambientales como “muy malo” y ninguno como “malo”. Además, el número de calificaciones “regular” disminuyó a 8, mientras que las calificaciones positivas aumentaron considerablemente, con 21 participantes calificando la estrategia como “bueno” y 9 como “muy bueno”.

Tabla 12.

Procesamiento diferencial: pregunta 1

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,79	3,95	1,15	41,28%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 12 de procesamiento diferencial para la pregunta 1 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,79 y el valor del post-test fue de 3,95, resultando en una diferencia de 1,15. Esto representa una mejora del 41,28% en la calificación de la estrategia de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la aplicación del prototipo IoT.

Tabla 13.

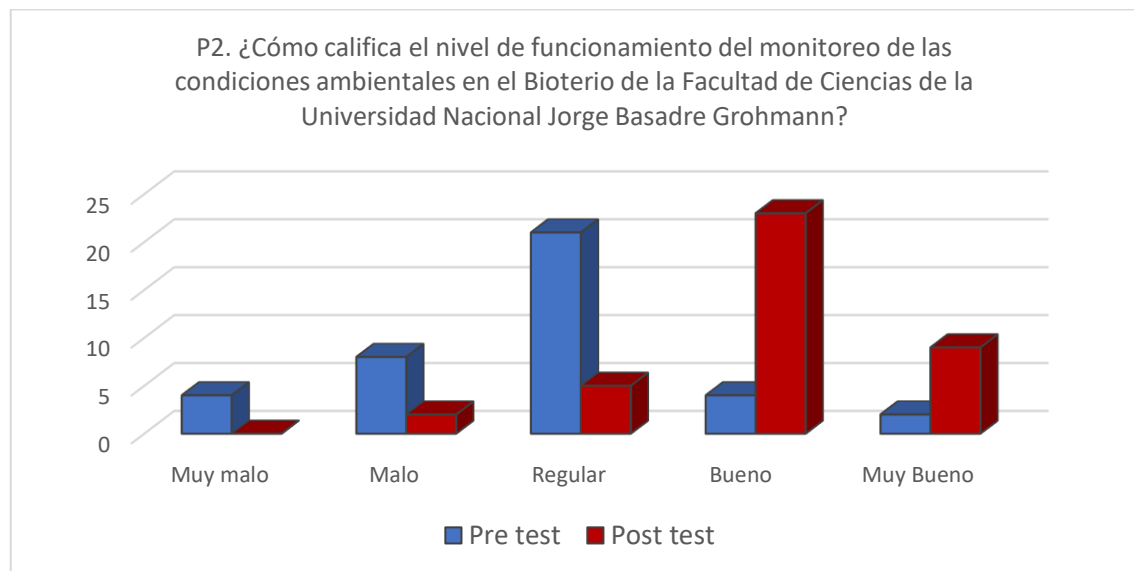
Resultado de la encuesta: pregunta 2

¿Cómo califica el nivel de funcionamiento del monitoreo de las condiciones ambientales en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?					
Instrumento	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	4	8	21	4	2
Post-test	0	2	5	23	9

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 29.

Gráfico de resultado de la encuesta: pregunta 2



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 4 participantes calificaron el nivel de funcionamiento del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio como "muy malo" y 8 como "malo". La mayoría (21

participantes) lo consideró "regular", mientras que solo 6 dieron una calificación positiva (4 como "bueno" y 2 como "muy bueno"). Esto indica una percepción predominantemente negativa.

Post-test: Tras la implementación del prototipo IoT, se observa una mejora significativa. Las calificaciones "muy malo" disminuyeron a 0 y las de "malo" a 2 participantes. Las calificaciones "regular" también disminuyeron a 5. En contraste, las calificaciones positivas aumentaron considerablemente, con 23 participantes considerando el nivel de funcionamiento como "bueno" y 9 como "muy bueno".

Tabla 14.

Procesamiento diferencial: pregunta 2

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,79	4	1,21	43,12%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 14 de procesamiento diferencial para la pregunta 2 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,79 y el valor del post-test fue de 4, resultando en una diferencia de 1,21. Esto representa una mejora del 43,12% en la calificación del nivel de funcionamiento del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la aplicación del prototipo IoT.

Tabla 15.

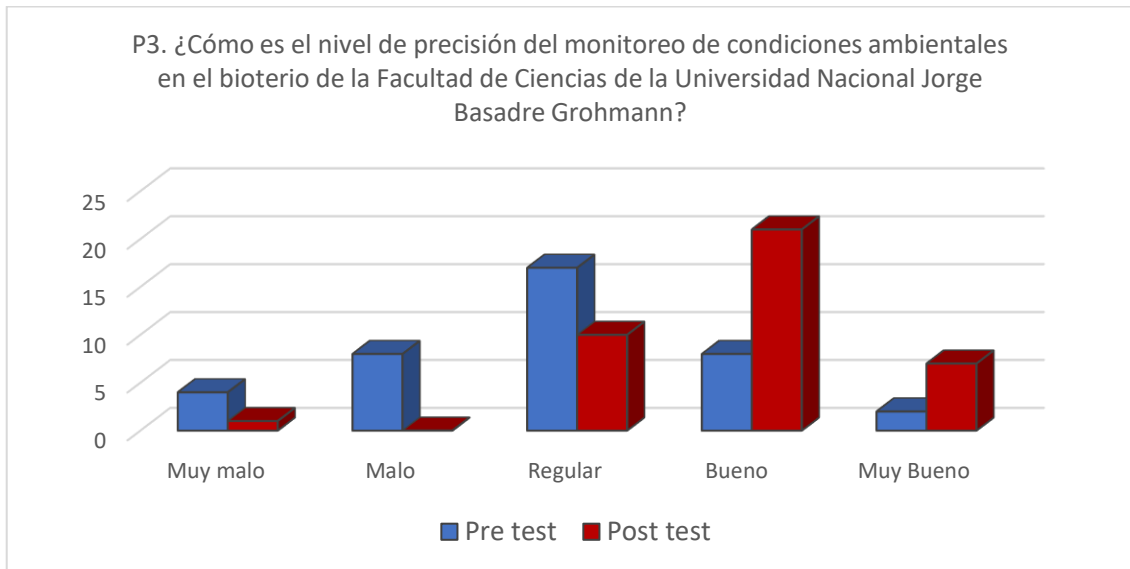
Resultados de la encuesta: pregunta 3

Pregunta 3	¿Cómo es el nivel de precisión del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?				
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	4	8	17	8	2
Post-test	1	0	10	21	7

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 30.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 3



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 4 participantes calificaron el nivel de precisión del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio como "muy malo" y 8 como "malo". La mayor parte de las evaluaciones se situó en la categoría "regular" con 17 participantes. Solo 8 participantes consideraron que el nivel de precisión era "bueno" y 2 lo calificaron como "muy bueno". Estos resultados sugieren una percepción mayormente negativa del nivel de precisión del monitoreo de las condiciones ambientales en el bioterio.

Post-test: Después de la implementación del prototipo IoT, hubo una mejora notable en la percepción del nivel de precisión. Las calificaciones de "muy malo" se redujeron a 1 y no hubo calificaciones de "malo". Las evaluaciones "regulares" disminuyeron a 10, mientras que las calificaciones positivas aumentaron considerablemente, con 21 participantes considerando el nivel de precisión como "bueno" y 7 como "muy bueno". Esto indica una evaluación significativamente mejor del nivel de precisión del monitoreo de las condiciones ambientales en el bioterio.

Tabla 16.*Procesamiento diferencial: pregunta 3*

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,90	3,85	0,95	32,74%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 16 de procesamiento diferencial para la pregunta 3 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,90 y el valor del post-test fue de 3,85, resultando en una diferencia de 0,95. Esto representa una mejora del 32,74% en la calificación de la estrategia de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la aplicación del prototipo IoT.

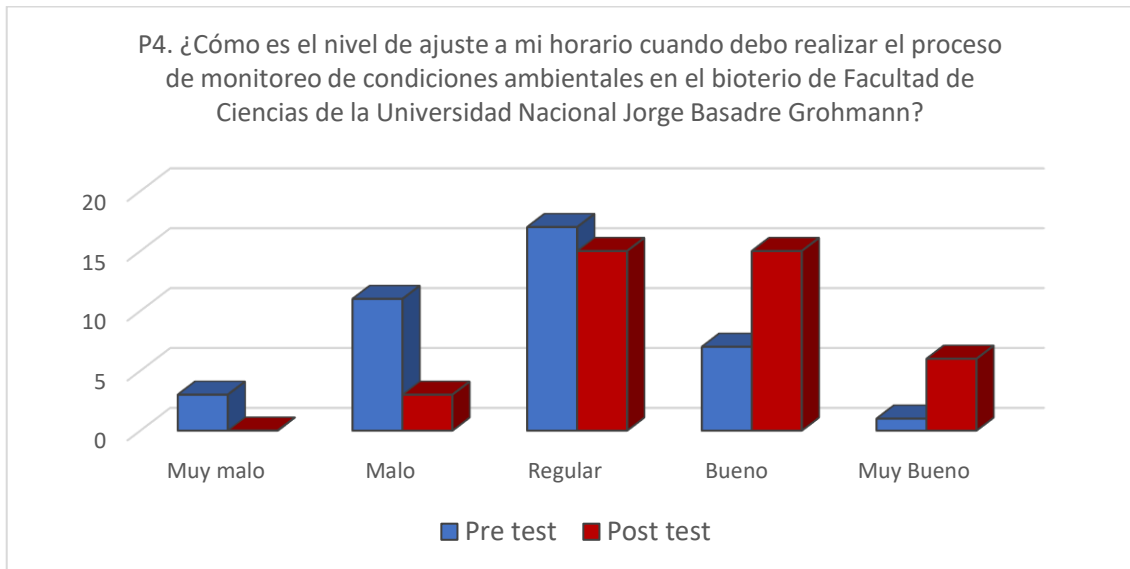
Tabla 17.*Resultados de la encuesta: pregunta 4*

Instrumento	¿Cómo es el nivel de ajuste a mi horario cuando debo realizar el proceso de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?				
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	3	11	17	7	1
Post-test	0	3	15	15	6

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 31.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 4



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 3 participantes calificaron el nivel de ajuste a su horario para realizar el proceso de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio como "muy malo" y 11 como "malo". La mayoría (17 participantes) lo consideró "regular". Solo 7 participantes dieron una calificación positiva ("bueno") y 1 lo calificó como "muy bueno". Esto indica una percepción mayormente negativa del nivel de ajuste a los horarios al momento de realizar el monitoreo de las condiciones ambientales antes de la implementación del prototipo IoT.

Post-test: Después de la implementación del prototipo IoT, se observó una mejora en la percepción del nivel de ajuste a los horarios al momento de realizar el monitoreo de condiciones ambientales. No hubo calificaciones de "muy malo" y solo 3 participantes lo calificaron como "malo". Las calificaciones "regular" disminuyeron ligeramente a 15, mientras que las calificaciones positivas aumentaron, con 15 participantes considerando el ajuste a los horarios como "bueno" y 6 como "muy bueno".

Tabla 18.*Procesamiento diferencial: pregunta 4*

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,79	3,62	0,82	29,36%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 18 de procesamiento diferencial para la pregunta 4 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,79 y el valor del post-test fue de 3,62, resultando en una diferencia de 0,82. Esto representa una mejora del 29,36% en la calificación del nivel de ajuste a los horarios para realizar el proceso de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la implementación del prototipo IoT.

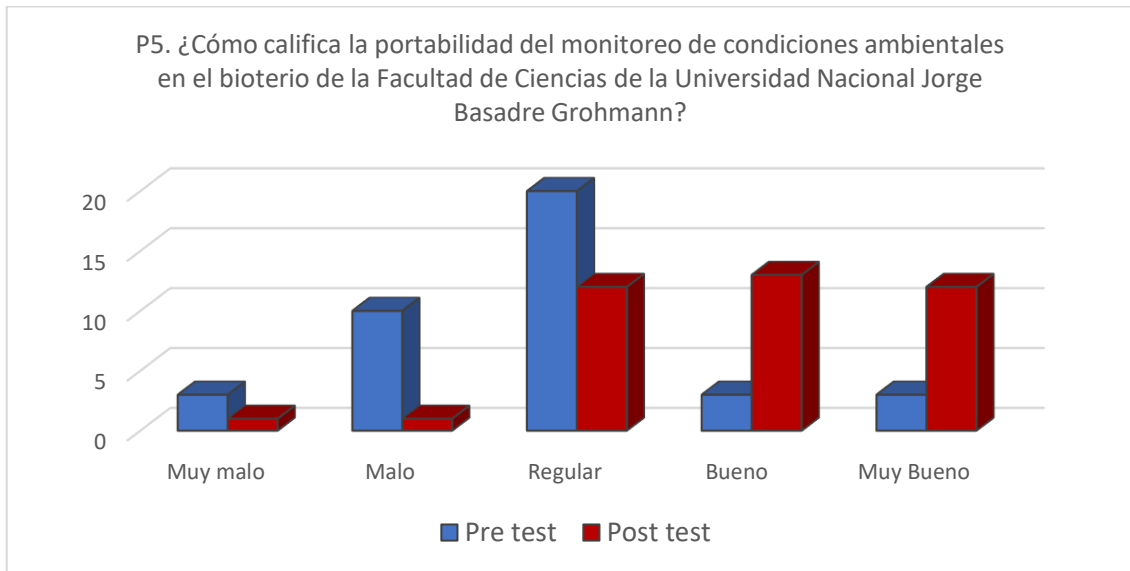
Tabla 19.*Resultados de la encuesta: pregunta 5*

Pregunta 5	¿Cómo califica la portabilidad del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?				
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	3	10	20	3	3
Post-test	1	1	12	13	12

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 32.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 5



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 3 participantes calificaron la portabilidad del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio como "muy malo" y 10 como "malo". La mayoría (20 participantes) lo consideró "regular". Solo 3 participantes dieron una calificación positiva ("bueno") y 3 lo calificaron como "muy bueno". Esto indica una percepción mayormente negativa o neutral sobre la portabilidad del sistema antes de la intervención.

Post-test: Después de la implementación del prototipo IoT, se observó una mejora significativa en la percepción de la portabilidad. Las calificaciones "muy malo" y "malo" disminuyeron a 1 participante cada una. Las evaluaciones "regulares" también disminuyeron a 12. En contraste, las calificaciones positivas aumentaron considerablemente, con 13 participantes considerando la portabilidad como "bueno" y 12 como "muy bueno".

Tabla 20.

Procesamiento diferencial: pregunta 5

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,82	3,87	1,05	37,27%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 20 de procesamiento diferencial para la pregunta 5 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,82 y el valor del post-test fue de 3,87, resultando en una diferencia de 1,05. Esto representa una mejora del 37,27% en la calificación de la portabilidad del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la implementación del prototipo IoT.

Tabla 21.

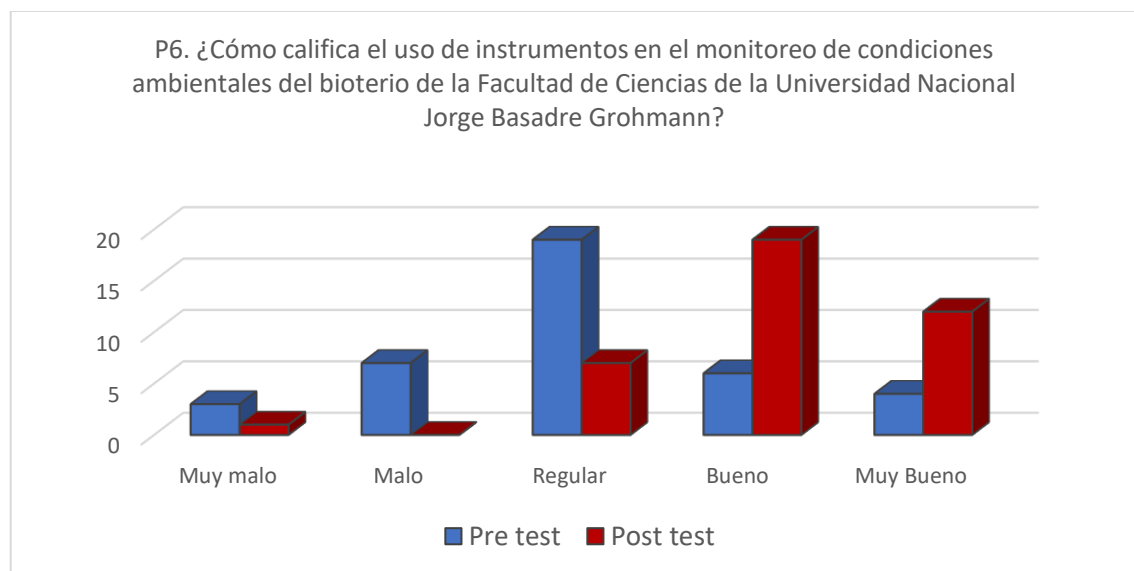
Resultados de la encuesta: pregunta 6

Pregunta 6 ¿Cómo califica el uso de instrumentos en el monitoreo de condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?					
Instrumento	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	3	7	19	6	4
Post-test	1	0	7	19	12

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 33.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 6



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 3 participantes calificaron el uso de instrumentos en el monitoreo de condiciones ambientales del bioterio como "muy malo" y 7 como "malo". La mayoría (19

participantes) lo consideró "regular". Solo 6 participantes dieron una calificación positiva ("bueno") y 4 lo calificaron como "muy bueno". Esto indica una percepción predominantemente negativa o neutral sobre el uso de instrumentos antes de la intervención.

Post-test: Después de la implementación del prototipo IoT, se observó una mejora significativa en la calificación del uso de instrumentos en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio. Las calificaciones "muy malo" disminuyeron a 1 y no hubo calificaciones de "malo". Las evaluaciones "regulares" también disminuyeron a 7. En contraste, las calificaciones positivas aumentaron notablemente, con 19 participantes considerando el uso de instrumentos como "bueno" y 12 como "muy bueno".

Tabla 22.

Procesamiento diferencial: pregunta 6

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
3,03	4,05	1,03	33,90%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 22 de procesamiento diferencial para la pregunta 6 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 3,03 y el valor del post-test fue de 4,05, resultando en una diferencia de 1,03. Esto representa una mejora del 33,90% en la calificación del uso de instrumentos en el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la aplicación del prototipo IoT.

Tabla 23.

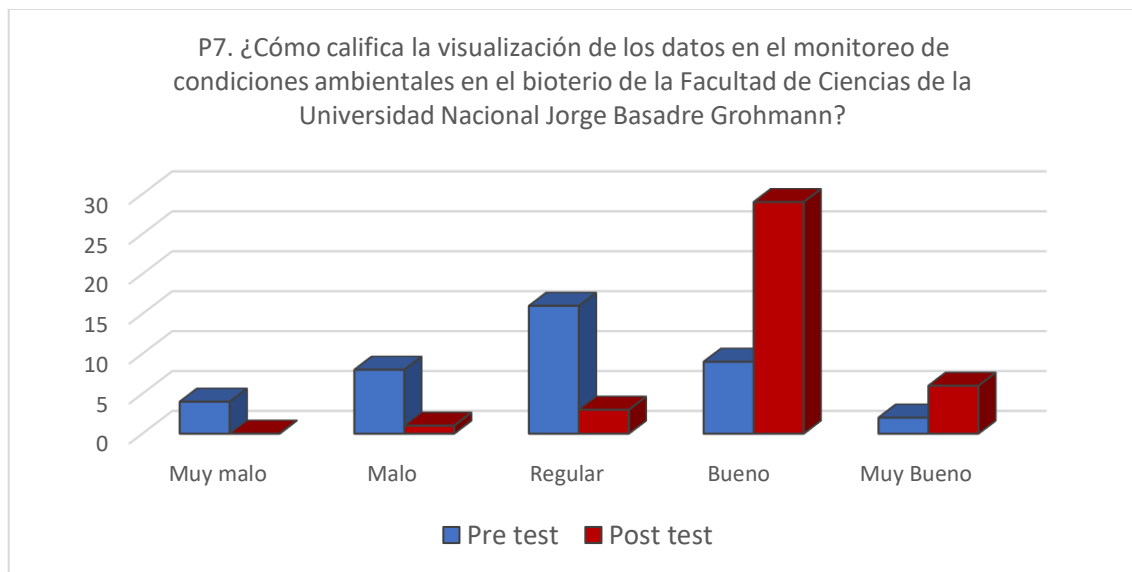
Resultados de la encuesta: pregunta 7

P7. ¿Cómo califica la visualización de los datos en el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?					
Instrumento	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	4	8	16	9	2
Post-test	0	1	3	29	6

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 34.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 7



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 4 participantes calificaron la visualización de los datos en el monitoreo de condiciones ambientales del bioterio como "muy malo" y 8 como "malo". La mayoría (16 participantes) lo consideró "regular", mientras que 9 participantes dieron una calificación de "bueno" y 2 como "muy bueno". Esto refleja una percepción en su mayoría negativa o neutral sobre la visualización de datos antes de la intervención.

Post-test: Tras la implementación del prototipo IoT, se observa una mejora considerable en la percepción de la visualización de los datos. Las calificaciones "muy malo" se redujeron a 0 y las de "malo" a 1. Las evaluaciones "regulares" también disminuyeron a

3. En cambio, las calificaciones positivas aumentaron significativamente, con 29 participantes considerando la visualización como "bueno" y 6 como "muy bueno".

Tabla 24.

Procesamiento diferencial: pregunta 7

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,92	4,03	1,10	37,72%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 24 de procesamiento diferencial para la pregunta 7 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,92 y el valor del post-test fue de 4,03, resultando en una diferencia de 1,10. Esto representa una mejora del 37,72% en la calificación de la visualización de los datos en el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la implementación del prototipo IoT.

Tabla 25.

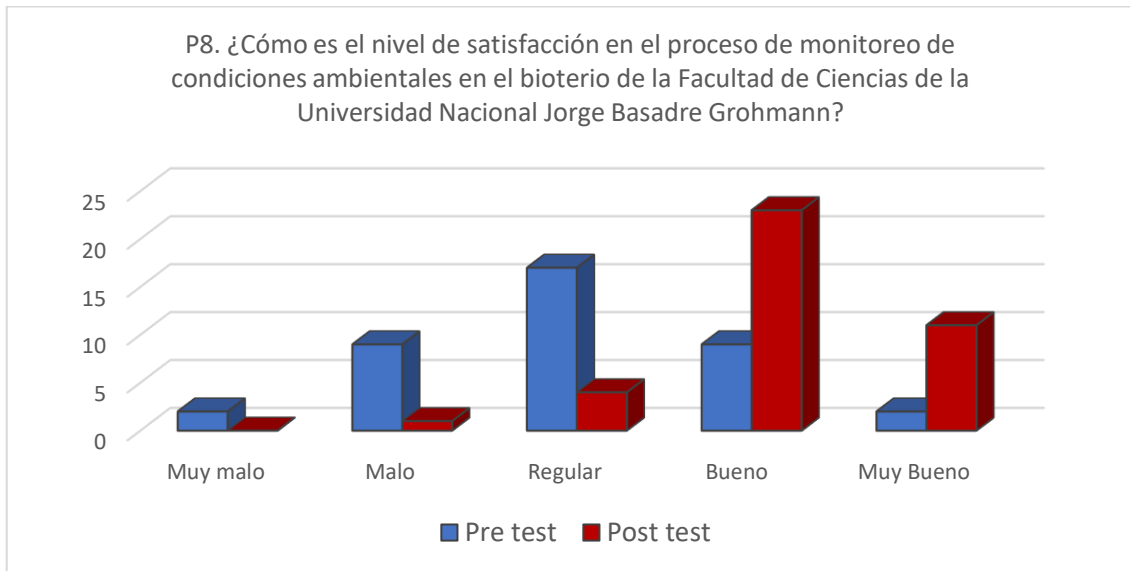
Resultados de la encuesta: pregunta 8

Pregunta 8	¿Cómo es el nivel de satisfacción en el proceso de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?				
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	2	9	17	9	2
Post-test	0	1	4	23	11

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 35.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 8



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 2 participantes calificaron el nivel de satisfacción en el proceso de monitoreo de condiciones ambientales del bioterio como "muy malo" y 9 como "malo". La mayoría (17 participantes) lo consideró "regular". Solo 9 participantes dieron una calificación de "bueno" y 2 como "muy bueno". Esto indica una percepción general de insatisfacción o neutralidad antes de la intervención.

Post-test: Tras la implementación del prototipo IoT, se observa una mejora significativa en la satisfacción. Las calificaciones "muy malo" disminuyeron a 0 y las de "malo" a 1. Las evaluaciones "regulares" también disminuyeron a 4. En contraste, las calificaciones positivas aumentaron notablemente, con 23 participantes considerando la satisfacción como "bueno" y 11 como "muy bueno".

Tabla 26.

Procesamiento diferencial: pregunta 8

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
3	4,13	1,13	37,61%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 26 de procesamiento diferencial para la pregunta 8 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 3,00 y el valor del post-test fue de 4,13, resultando en una diferencia de 1,13. Esto representa una mejora del 37,61% en el nivel de satisfacción en el proceso de monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la implementación del prototipo IoT.

Tabla 27.

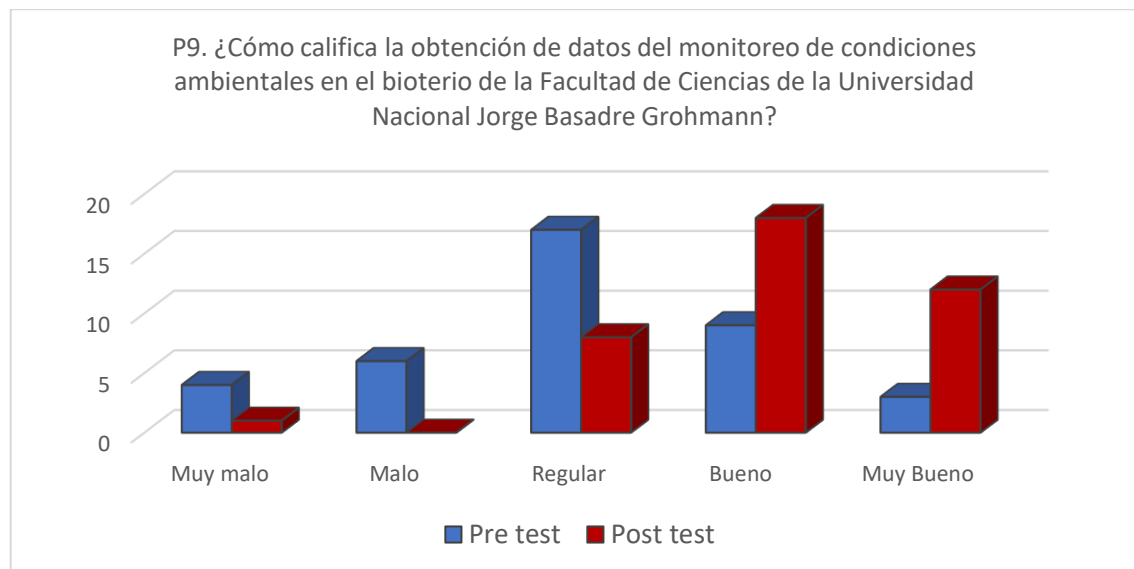
Resultados de la encuesta: pregunta 9

Pregunta 9 ¿Cómo califica la obtención de datos del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?					
Instrumento	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	4	6	17	9	3
Post-test	1	0	8	18	12

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 36.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 9



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 4 participantes calificaron la obtención de datos del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio como "muy malo" y 6 como "malo". La mayoría (17

participantes) lo consideró "regular". Solo 9 participantes dieron una calificación de "bueno" y 3 como "muy bueno". Esto sugiere una percepción en su mayoría negativa o neutral sobre la obtención de datos antes de la implementación del prototipo IoT.

Post-test: Después de la implementación del prototipo IoT, se observa una mejora significativa en la percepción de la obtención de datos. Las calificaciones "muy malo" se redujeron a 1 y no hubo calificaciones de "malo". Las evaluaciones "regulares" también disminuyeron a 8. En contraste, las calificaciones positivas aumentaron considerablemente, con 18 participantes considerando la obtención de datos como "bueno" y 12 como "muy bueno". Esto indica una evaluación mucho más favorable de la obtención de datos tras la intervención.

Tabla 28.

Procesamiento diferencial: pregunta 9

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
3,03	4,03	1	33,05%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 28 de procesamiento diferencial para la pregunta 9 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 3,03 y el valor del post-test fue de 4,03, resultando en una diferencia de 1,00. Esto representa una mejora del 33,05% en la calificación de la obtención de datos del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la implementación del prototipo IoT.

Tabla 29.

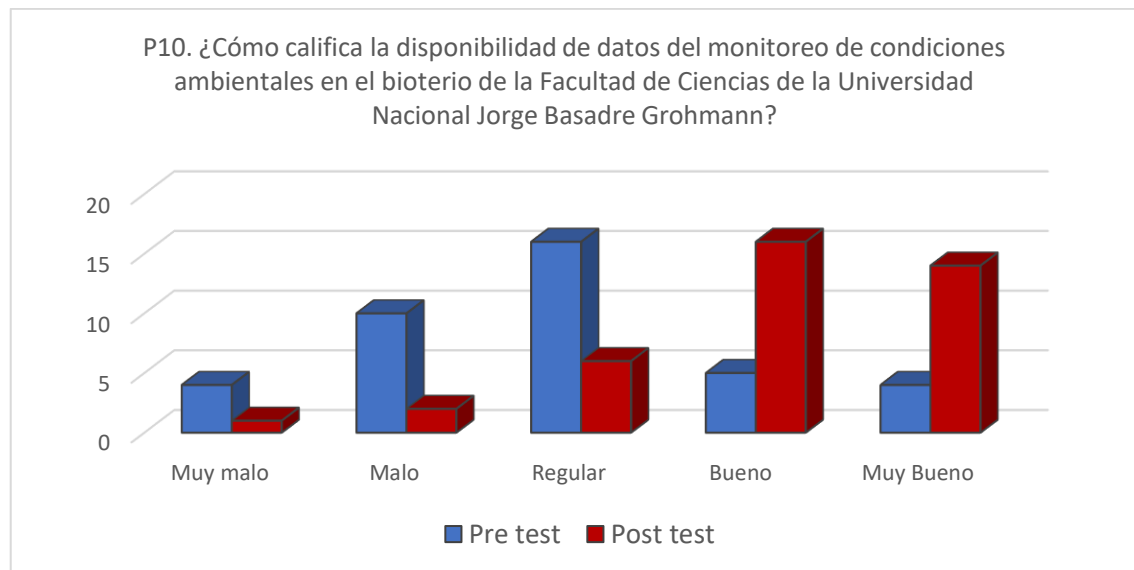
Resultados de la encuesta: pregunta 10

Pregunta 10 ¿Cómo califica la disponibilidad de datos del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?					
Instrumento	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Pre-test	4	10	16	5	4
Post-test	1	2	6	16	14

Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Figura 37.

Gráfico de resultados de la encuesta: pregunta 10



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

Pre-test: 4 participantes calificaron la disponibilidad de datos del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio como "muy malo" y 10 como "malo". La mayoría (16 participantes) lo consideró "regular". Solo 5 participantes dieron una calificación de "bueno" y 4 como "muy bueno". Esto sugiere una percepción en su mayoría negativa o neutral sobre la disponibilidad de datos antes de la intervención.

Post-test: Tras la implementación del prototipo IoT, se observa una mejora notable en la calificación de la disponibilidad de datos del monitoreo de las condiciones ambientales en el bioterio. Las calificaciones "muy malo" se redujeron a 1 y las de "malo"

disminuyeron a 2. Las evaluaciones "regulares" también disminuyeron a 6. En contraste, las calificaciones positivas aumentaron significativamente, con 16 participantes considerando la disponibilidad de datos como "bueno" y 14 como "muy bueno".

Tabla 30.

Procesamiento diferencial: pregunta 10

Pre-test	Post -test	Diferencia	Porcentaje diferencial
2,87	4,03	1,15	40,18%

Nota. Datos obtenidos mediante promedios.

La tabla 30 de procesamiento diferencial para la pregunta 10 muestra que el valor promedio en el pre-test fue de 2,87 y el valor del post-test fue de 4,03, resultando en una diferencia de 1,15. Esto representa una mejora del 40,18% en la calificación de la disponibilidad de datos del monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann tras la implementación del prototipo IoT.

Resultados del experimento de la variable dependiente

Variable dependiente: Monitoreo de condiciones ambientales.

Tabla 31.

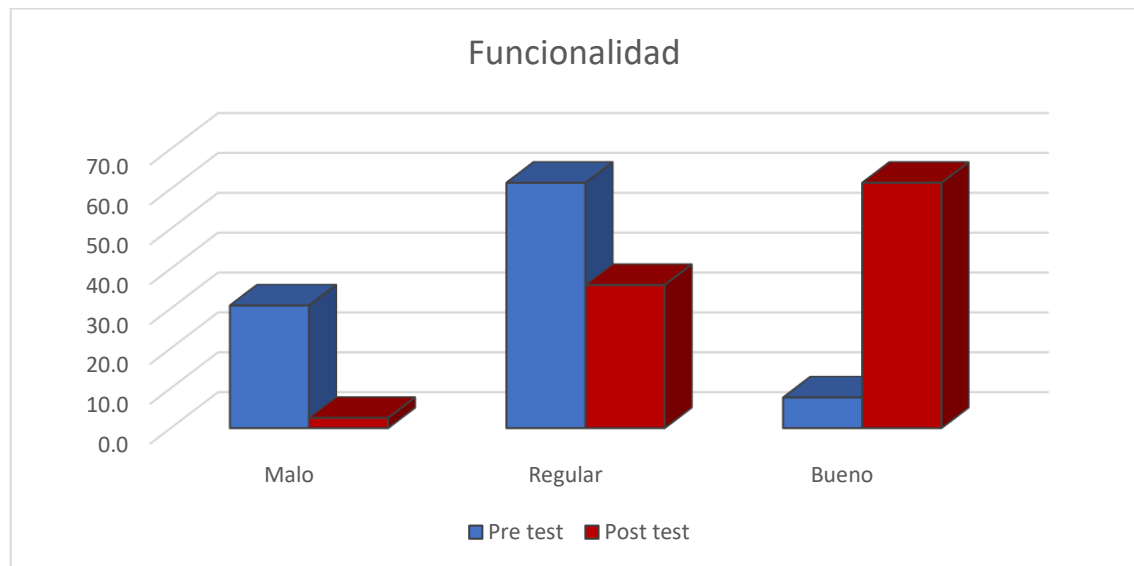
Resultados de la dimensión funcionalidad

Dimensión	Categorías	Frecuencia		Porcentaje	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Funcionalidad	Malo	12	1	30,8 %	2,6 %
	Regular	24	14	61,5 %	35,9%
	Bueno	3	24	7,7 %	61,5%
Total		39	39	100%	100%

Nota. Resultados obtenidos del análisis estadístico utilizando SPSS v26.

Figura 38.

Gráfico de resultado de la dimensión: funcionalidad



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

En la tabla 31 se puede visualizar los siguientes resultados en las categorías malo, regular y bueno del pre-test y post-test:

Malo: En el pre-test, el 30,8% de los participantes calificaron la funcionalidad del monitoreo como mala, indicando una insatisfacción significativa. Tras la implementación del prototipo IoT, esta proporción disminuyó drásticamente al 2,6%, mostrando una mejora notable.

Regular: La mayoría de los participantes (61,5%) consideraban que la funcionalidad estaba en un nivel regular antes de la intervención. Después de la implementación del prototipo IoT, las calificaciones de nivel regular se redujeron al 35,9%, reflejando una percepción de mejoría en el monitoreo de condiciones ambientales.

Bueno: En el pre-test, solo el 7,7% de los participantes consideraban que la funcionalidad era buena. Después de la intervención, esta cifra aumentó significativamente al 61,5%, indicando que la mayoría de los usuarios encontraron que la implementación prototipo IoT mejoró sustancialmente la funcionalidad del sistema de monitoreo de condiciones ambientales.

Tabla 32.

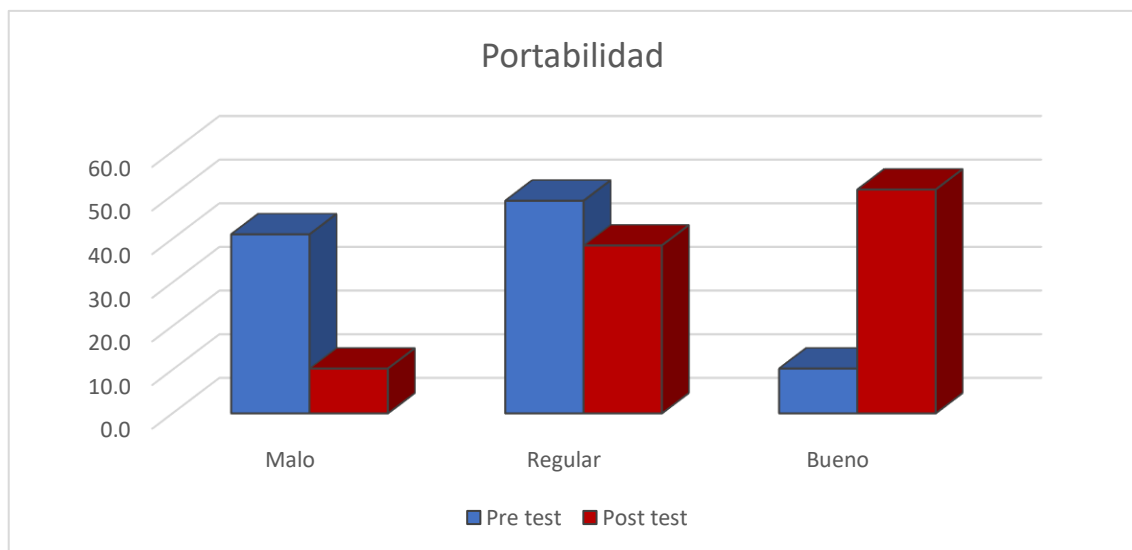
Resultado de la dimensión portabilidad

Dimensión	Categorías	Frecuencia		Porcentaje	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Portabilidad	Malo	16	4	41 %	10,3%
	Regular	19	15	48,7%	38,5%
	Bueno	4	20	10,3 %	51,3 %
Total		39	39	100%	100%

Nota. Resultados obtenidos del análisis estadístico utilizando SPSS v26.

Figura 39.

Gráfico de resultado de la dimensión: portabilidad



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

En la tabla 32 se puede visualizar los siguientes resultados en las categorías malo, regular y bueno del pre-test y post-test:

Malo: En el pre-test, el 41% de los participantes calificaron la portabilidad del monitoreo de condiciones ambientales como mala, lo que indica una insatisfacción considerable. Tras la implementación del prototipo IoT, esta proporción disminuyó notablemente al 10,3%, reflejando una mejora significativa en esta dimensión.

Regular: La mayoría de los participantes (48,7%) consideraban la portabilidad del monitoreo de condiciones ambientales como regular. Después de la implementación, las

calificaciones de nivel regular se redujeron al 38,5%, lo que sugiere una percepción de mejora, aunque más moderada, en este aspecto.

Bueno: En el pre-test, solo el 10,3% de los participantes consideraban que la portabilidad era buena. Después de la intervención, esta cifra aumentó significativamente al 51,3%, indicando que la mayoría de los usuarios encontraron que el prototipo IoT mejoró considerablemente la portabilidad del sistema de monitoreo de condiciones ambientales.

Tabla 33.

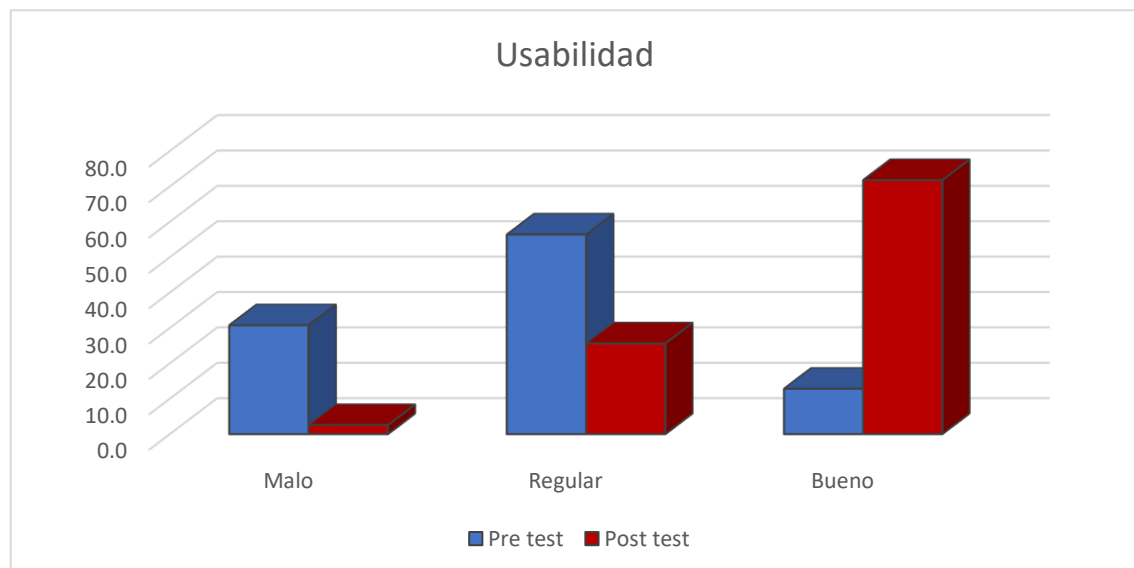
Resultado de la dimensión: usabilidad

Dimensión	Categorías	Frecuencia		Porcentaje	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Usabilidad	Malo	12	1	30,8%	2,6%
	Regular	22	10	56,4 %	25,6%
	Bueno	5	28	12,8%	71,8%
Total		39	39	100%	100%

Nota. Resultados obtenidos del análisis estadístico utilizando SPSS v26.

Figura 40.

Gráfico de resultado de la dimensión: usabilidad



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

En la tabla 33 se puede visualizar los siguientes resultados en las categorías malo, regular y bueno del pre-test y post-test:

Malo: En el pre-test, el 30,8% de los participantes calificaron la usabilidad del monitoreo de condiciones ambientales como mala, lo que indica una insatisfacción considerable. Tras la implementación del prototipo IoT, esta proporción disminuyó drásticamente al 2,6%, mostrando una mejora significativa en esta dimensión.

Regular: La mayoría de los participantes (56,4%) consideraban que la usabilidad estaba en un nivel regular antes de la intervención. Después de la implementación del prototipo IoT, las calificaciones de nivel regular se redujeron al 25,6%, lo que sugiere una percepción de mejora.

Bueno: En el pre-test, solo el 12,8% de los participantes consideraban que la usabilidad era alta. Después de la intervención, esta cifra aumentó notablemente al 71,8%, indicando que la mayoría de los usuarios encontraron que el prototipo IoT mejoró considerablemente la usabilidad en el monitoreo de condiciones ambientales del bioterio.

Resultados del experimento de la variable independiente

Variable independiente: Prototipo basado en IoT.

Tabla 34.

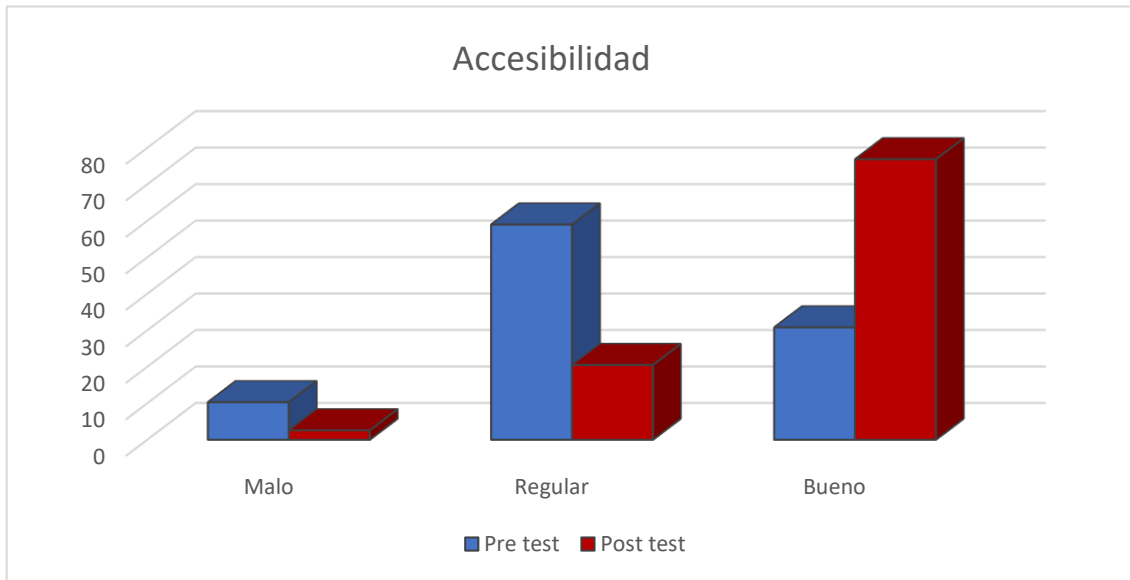
Resultado de la dimensión: accesibilidad

Dimensión	Categorías	Frecuencia		Porcentaje	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Accesibilidad	Malo	4	1	10,3 %	2,6 %
	Regular	23	8	59,0 %	20,5 %
	Bueno	12	30	30,8 %	76,9 %
Total		39	39	100%	100%

Nota. Resultados obtenidos del análisis estadístico utilizando SPSS v26.

Figura 41.

Gráfico de resultado de la dimensión: accesibilidad



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

En la tabla 34 se puede visualizar los siguientes resultados en las categorías malo, regular y bueno del pre-test y post-test:

Malo: En el pre-test, el 10,3% de los participantes calificaron la accesibilidad en un nivel malo, lo que indica una insatisfacción considerable. Tras la implementación del prototipo IoT, esta proporción disminuyó drásticamente al 2,6%, mostrando una mejora significativa en esta dimensión.

Regular: La mayoría de los participantes (59,0%) consideraban que la accesibilidad estaba en un nivel regular antes de la intervención. Después de la implementación del prototipo IoT, las calificaciones del nivel regular se redujeron al 20,5%, lo que sugiere una percepción de mejora.

Bueno: En el pre-test, solo el 30,8% de los participantes consideraban que la accesibilidad era buena. Después de la implementación, esta cifra aumentó notablemente al 76,9%, indicando que la mayoría de los usuarios encontraron que el prototipo IoT mejoró considerablemente la accesibilidad en el monitoreo de condiciones ambientales.

Tabla 35.

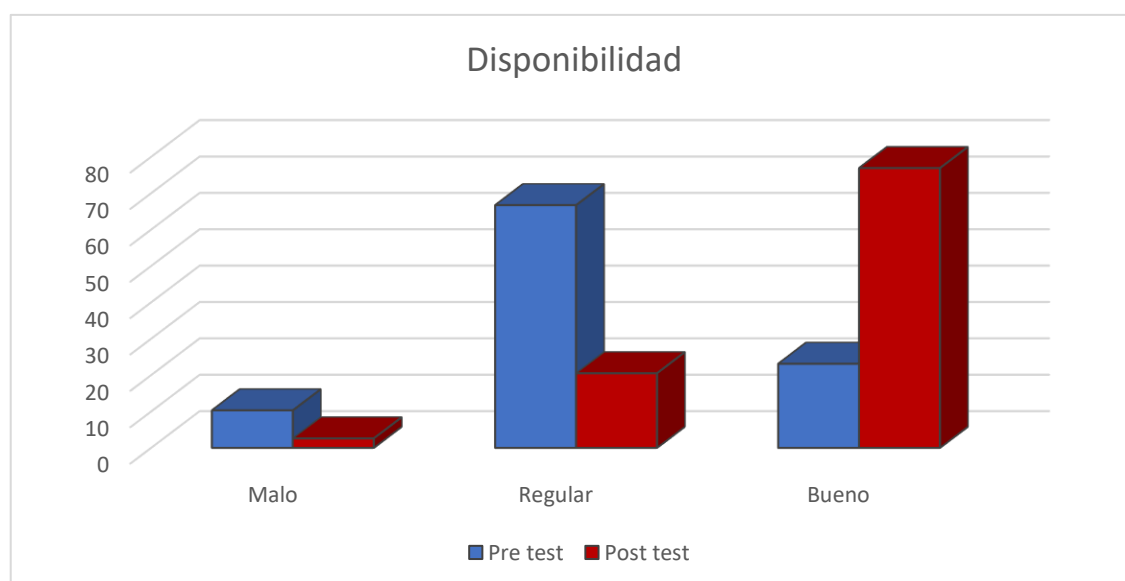
Resultado de la dimensión: disponibilidad

Dimensión	Categorías	Frecuencia		Porcentaje	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Disponibilidad	Malo	4	1	10,3 %	2,6 %
	Regular	26	8	66,7 %	20,5 %
	Bueno	9	30	23,1 %	76,9 %
Total		39	39	100%	100%

Nota. Resultados obtenidos del análisis estadístico utilizando SPSS v26.

Figura 42.

Gráfico de resultado de la dimensión: disponibilidad



Nota. Análisis efectuado con Microsoft Excel.

En la tabla 35 se puede visualizar los siguientes resultados en las categorías malo, regular y bueno del pre-test y post-test:

Malo: En el pre-test, el 10,3% de los participantes calificaron la disponibilidad en un nivel malo, lo que indica una insatisfacción notable con la disponibilidad antes de la intervención. Después de la implementación del prototipo IoT, esta proporción disminuyó significativamente al 2,6%, lo que refleja una mejora considerable en esta dimensión.

Regular: La mayoría de los participantes (66,7%) consideraban que la disponibilidad estaba en un nivel regular antes de la intervención. Tras la implementación, las calificaciones de nivel regular se redujeron al 20,5%, sugiriendo que una gran parte de los participantes percibió una mejora en la disponibilidad.

Bueno: En el pre-test, solo el 23,1% de los participantes consideraban que la disponibilidad era buena. Después de la intervención, esta cifra aumentó notablemente al 76,9%, indicando que la mayoría de los usuarios encontraron que la disponibilidad mejoró significativamente.

4.3. Contrastación de hipótesis

4.3.1. Prueba de normalidad

Con el fin de verificar si los datos obtenidos en el estudio siguen una distribución normal, se llevaron a cabo diversas pruebas de normalidad utilizando el software estadístico SPSS v26.

La normalidad de los datos es un supuesto crucial para la aplicación de muchas técnicas estadísticas paramétricas, y su validación nos permite asegurar la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos. Dado que la población de nuestro estudio es menor a 50, se utilizó específicamente la prueba de Shapiro-Wilk, que es adecuada para muestras pequeñas y proporciona una evaluación robusta de la normalidad. Se formularon hipótesis para la prueba de normalidad, las cuales son:

- H_0 : Los datos de las variables siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos de las variables no siguen una distribución normal.

Con el objetivo de evaluar las hipótesis de la prueba de normalidad, se establecieron las siguientes reglas de decisión, tomando en cuenta un nivel de confianza del 95%.

- Si el p-valor es \leq que 0,05, se RECHAZA la H_0 y se ACEPTA la H_1 .
- Si el p-valor es $>$ que 0,05, se ACEPTA la H_0 y se RECHAZA la H_1 .

Tabla 36.*Resultados de la prueba de normalidad para la variable independiente*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre-test	0,147	39	0,034	0,952	39	0,099
Post-test	0,206	39	0,000	0,868	39	0,000

Nota. Datos obtenidos del procesamiento estadístico en SPSS v26.

En la tabla 36, se visualiza que los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para la variable independiente muestran que en el pre-test el valor de significación es 0,099, que es mayor que el umbral común de 0,05. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad, sugiriendo que los datos del pre-test podrían seguir una distribución normal. En contraste, para el post-test, el valor de significación es 0,000, lo que claramente indica que los datos no siguen una distribución normal, ya que se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

Tabla 37.*Resultados de la prueba de normalidad para la variable dependiente*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre-test	0,150	39	0,026	0,939	39	0,035
Post-test	0,132	39	0,087	0,895	39	0,002

Nota. Datos obtenidos del procesamiento estadístico en SPSS v26.

En la tabla 37, se visualiza que los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para la variable dependiente indican que en el pre-test el valor de significación es 0,035, lo que es menor que 0,05, sugiriendo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad, por lo que los datos del pre-test no siguen una distribución normal. En el post-test, el valor de significación es 0,002, también menor que 0,05, lo que confirma que los datos del Post - test tampoco siguen una distribución normal.

Dado que los resultados de las pruebas de normalidad indican que los datos de la variable independiente no siguen una distribución normal en el post-test, y que los datos de la variable dependiente tampoco son normales en ambos momentos (pre-test y post-test), se concluye que no se cumplen los supuestos para el uso de pruebas paramétricas.

Por lo tanto, se optará por la prueba no paramétrica de signos para comparar los resultados del pre-test y post-test. Esta prueba es adecuada para evaluar si existe una diferencia significativa entre los dos momentos sin asumir normalidad en los datos.

4.3.2. Prueba de hipótesis general

Para contrastar la hipótesis se analizó el resultado de la prueba de signos para comparar dos grupos relacionados, de muestras ordinales (no paramétricas) utilizando el software SPSS V.26.0 y con ello evaluar la mejora significativa en los datos del pre y post test, de la variable: monitoreo de condiciones ambientales.

Planteamiento de hipótesis general:

Ho: El prototipo basado en IoT no tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Hi: El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Nivel de significancia:

Alfa = 0,05

Criterios para la prueba de hipótesis general

- Si el p-valor es \leq que 0,05, se RECHAZA la H0 y se ACEPTA la H1.
- Si el p-valor es $>$ que 0,05, se ACEPTA la H0 y se RECHAZA la H1.

Estadístico de prueba:

Muestras dependientes - Prueba de signos

Resultados:

Tabla 38.

Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis general

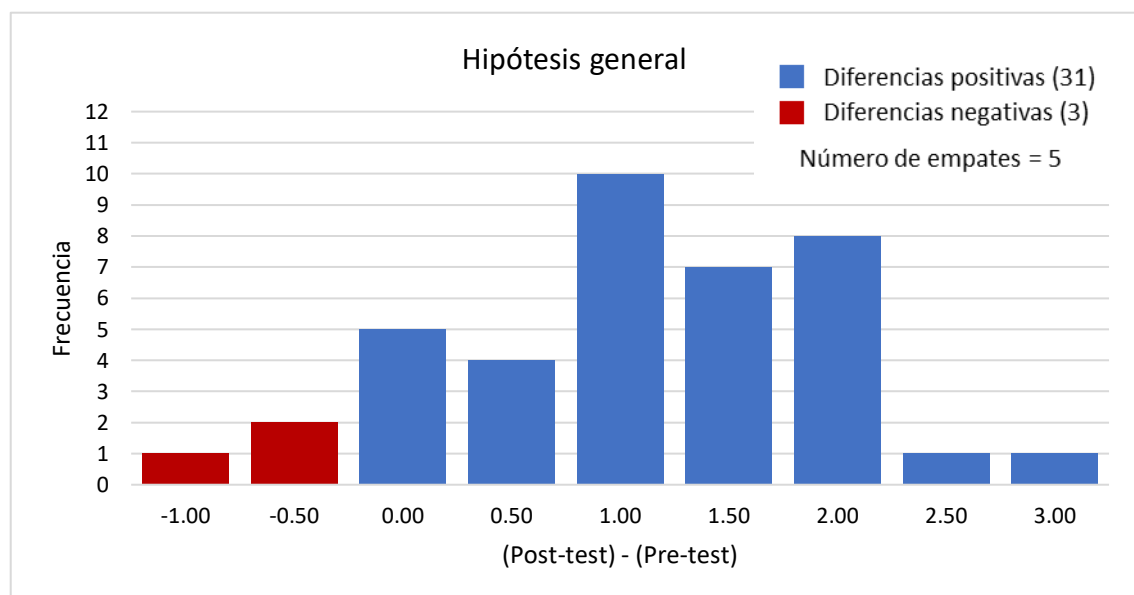
N total	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estandarizado	Sig. Asintótica (prueba bilateral)
39	31,000	2,915	4,630	0,000

Nota. Datos obtenidos del procesamiento estadístico en SPSS v26.

La tabla 38 presenta los resultados de la prueba de signos aplicada al pre-test y post-test de 39 participantes, evidenciando una diferencia significativa entre las mediciones antes y después de implementar el prototipo IoT en el monitoreo ambiental del bioterio. El estadístico de 4.630 y el p-valor de 0.000 indican que esta diferencia es estadísticamente significativa, lo cual permite rechazar la hipótesis nula (H_0) que planteaba que el prototipo IoT no tendría un impacto significativo, y apoya la hipótesis alternativa (H_1), que indica que el prototipo IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Figura 43.

Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis general



Nota. Análisis efectuado con SPSS v26.

La figura 43 muestra la distribución de las diferencias entre los valores del post-test y el pre-test usando la prueba de signos para muestras relacionadas. En el eje horizontal se agrupan las diferencias en intervalos de -1,00 a 3,00 y en el eje vertical se representa su frecuencia. Las barras azules, que indican diferencias positivas, predominan, con 31 casos donde los valores del post-test superan a los del pre-test. Las barras rojas, que muestran diferencias negativas, son menos frecuentes, con solo 3 casos. Además, hay 5 empates. La alta concentración de diferencias positivas, especialmente en el intervalo de 1,00 (frecuencia = 10), sugiere un aumento significativo en las mediciones post-test. Esto respalda la hipótesis alternativa, confirmando que la implementación del prototipo IoT tuvo un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales.

Prueba de hipótesis específicas

Prueba de la primera hipótesis específica

Planteamiento de la primera hipótesis específica:

H₀: El prototipo basado en IoT no tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

H₁: El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Nivel de significancia:

Alfa = 0,05

Criterios para la prueba de hipótesis general

- Si el p-valor es \leq que 0,05, se RECHAZA la H₀ y se ACEPTA la H₁.
- Si el p-valor es $>$ que 0,05, se ACEPTA la H₀ y se RECHAZA la H₁.

Estadístico de prueba:

Muestras dependientes - Prueba de signos

Resultados:

Tabla 39.

Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis específica 1

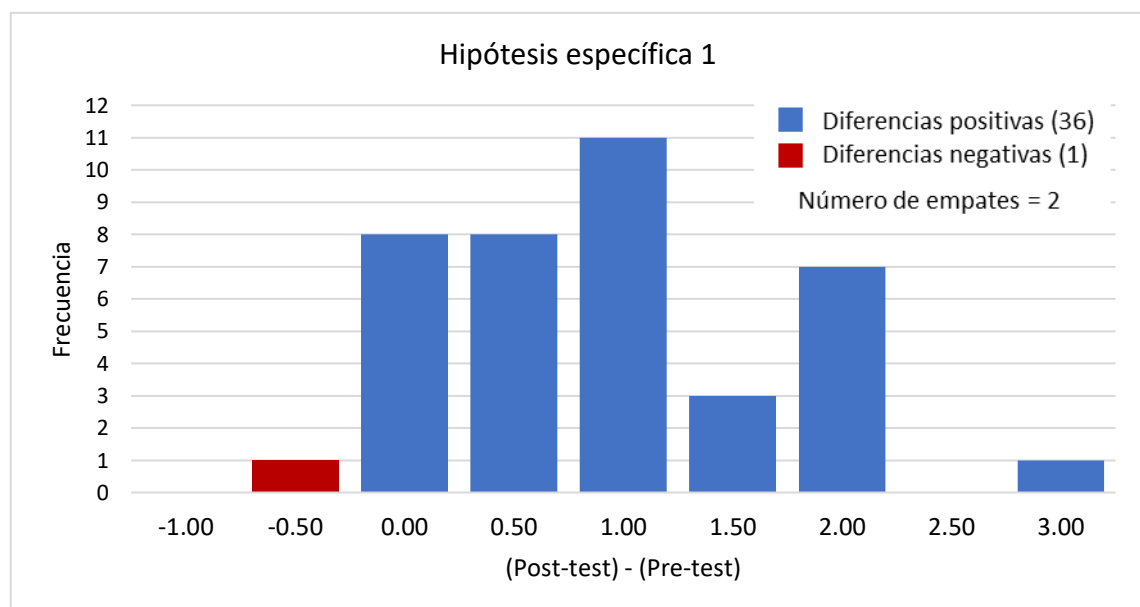
N total	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estandarizado	Sig. Asintótica (prueba bilateral)
39	36,000	3,041	5,590	0,000

Nota. Datos obtenidos del procesamiento estadístico en SPSS v26.

En la tabla 39, se presenta la prueba de signos aplicada a las muestras relacionadas con el pre-test y post-test de 39 participantes, revelando una diferencia significativa entre las mediciones antes y después de la implementación del prototipo IoT en el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio. El estadístico de prueba es de 36,000, con un error estándar de 3,041, lo que sugiere una baja variabilidad en la estimación. El estadístico de prueba estandarizado de 5,590 y el valor de significación asintótica (p-valor) de 0,000 confirman que esta diferencia es estadísticamente significativa. Estos resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0) y apoyar la hipótesis alternativa (H_1), indicando que un prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Figura 44.

Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis específica 1



Nota. Análisis efectuado con SPSS v26.

La figura 44 muestra la distribución de las diferencias entre los valores del post-test y el pre-test utilizando la prueba de signos para muestras relacionadas, con el propósito de evaluar la primera hipótesis específica. En el eje horizontal, se agrupan las diferencias en intervalos que van desde -1,00 a 3,00, mientras que en el eje vertical se presenta la frecuencia de estas diferencias. Las barras azules, que representan diferencias positivas, predominan con 36 casos en los que los valores del post-test superan a los del pre-test. Solo se observa una barra roja, que indica una diferencia negativa, y dos empates. La alta concentración de diferencias positivas, especialmente en el intervalo de 1,00 (frecuencia = 11), sugiere un aumento en las mediciones post-test, respaldando la hipótesis alternativa (H_i) que propone que un prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Prueba de la segunda hipótesis específica

Planteamiento de la segunda hipótesis específica:

H₀: El prototipo basado en IoT no tiene un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

H_i: El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Nivel de significancia:

Alfa = 0,05

Criterios para la prueba de hipótesis general

- Si el p-valor es \leq que 0,05, se RECHAZA la H_0 y se ACEPTA la H_1 .
- Si el p-valor es $>$ que 0,05, se ACEPTA la H_0 y se RECHAZA la H_1 .

Estadístico de prueba:

Muestras dependientes - Prueba de signos

Resultados:

Tabla 40.

Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis específica 2

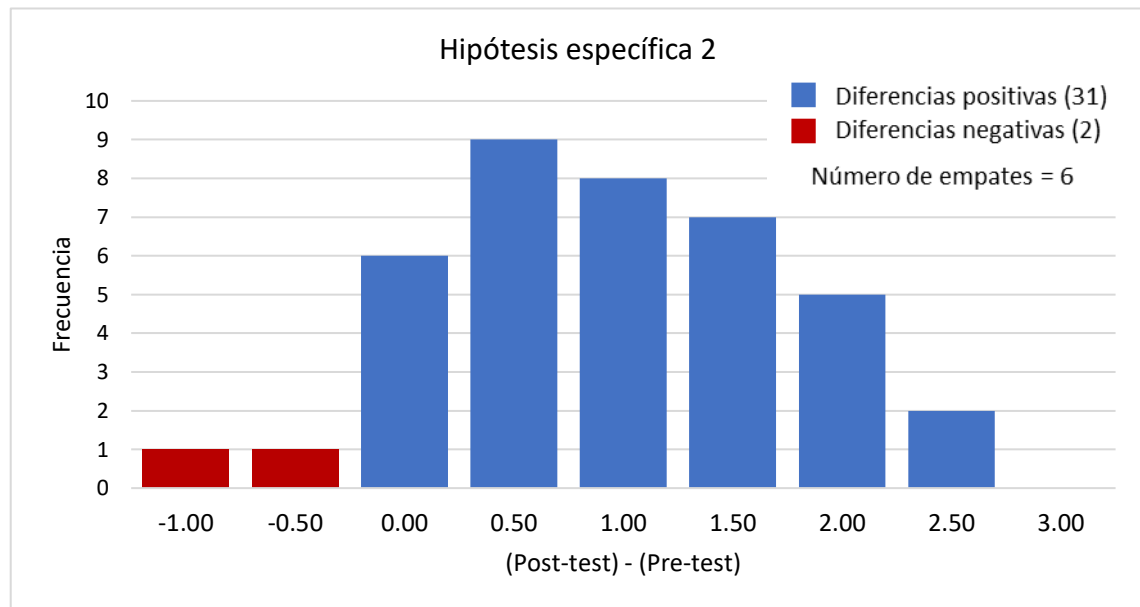
N total	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estandarizado	Sig. Asintótica (prueba bilateral)
39	31,000	2,872	4,874	0,000

Nota. Datos obtenidos del procesamiento estadístico en SPSS v26.

En la tabla 40, se presenta la prueba de signos aplicada a las muestras relacionadas con el pre-test y post-test de 39 participantes, revelando una diferencia significativa entre las mediciones antes y después de la implementación del prototipo IoT en el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio. El estadístico de prueba es de 31,000, con un error estándar de 2,872, lo que indica una baja variabilidad en la estimación. El estadístico de prueba estandarizado de 4,874 y el valor de significación asintótica (p-valor) de 0,000 confirman que esta diferencia es estadísticamente significativa. Estos resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0), que afirmaba que un prototipo basado en IoT no tendría un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. En su lugar, los datos apoyan la hipótesis alternativa (H_1), sugiriendo que un prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Figura 45.

Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis específica 2



Nota. Análisis efectuado con SPSS v26.

La figura 45 presenta la distribución de las diferencias entre los valores del post-test y el pre-test utilizando la prueba de signos para muestras relacionadas, enfocándose en la segunda hipótesis específica. En el eje horizontal, las diferencias se agrupan en intervalos que van desde -1,00 hasta 2,50, mientras que en el eje vertical se presenta la frecuencia de estas diferencias. Las barras azules, que representan las diferencias positivas, son predominantes, con un total de 31 casos en los que los valores del post-test superan a los del pre-test. Solo se observan dos barras rojas, que indican diferencias negativas, y se registran seis empates. La alta concentración de diferencias positivas, especialmente en el intervalo de 0,50 (frecuencia = 9), sugiere un aumento significativo en las mediciones post-test. Estos resultados apoyan la hipótesis alternativa (H_i), indicando que un prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Prueba de la tercera hipótesis específica

Planteamiento de la tercera hipótesis específica:

Ho: El prototipo basado en IoT no tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Hi: El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Nivel de significancia:

Alfa = 0,05

Criterios para la prueba de hipótesis general

- Si el p-valor es \leq que 0,05, se RECHAZA la H0 y se ACEPTA la H1.
- Si el p-valor es $>$ que 0,05, se ACEPTA la H0 y se RECHAZA la H1.

Estadístico de prueba:

Muestras dependientes - Prueba de signos

Resultados:

Tabla 41.

Prueba de signos para muestras relacionadas: hipótesis específica 3

N total	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estandarizado	Sig. Asintótica (prueba bilateral)
39	35,000	2,958	5,747	0,000

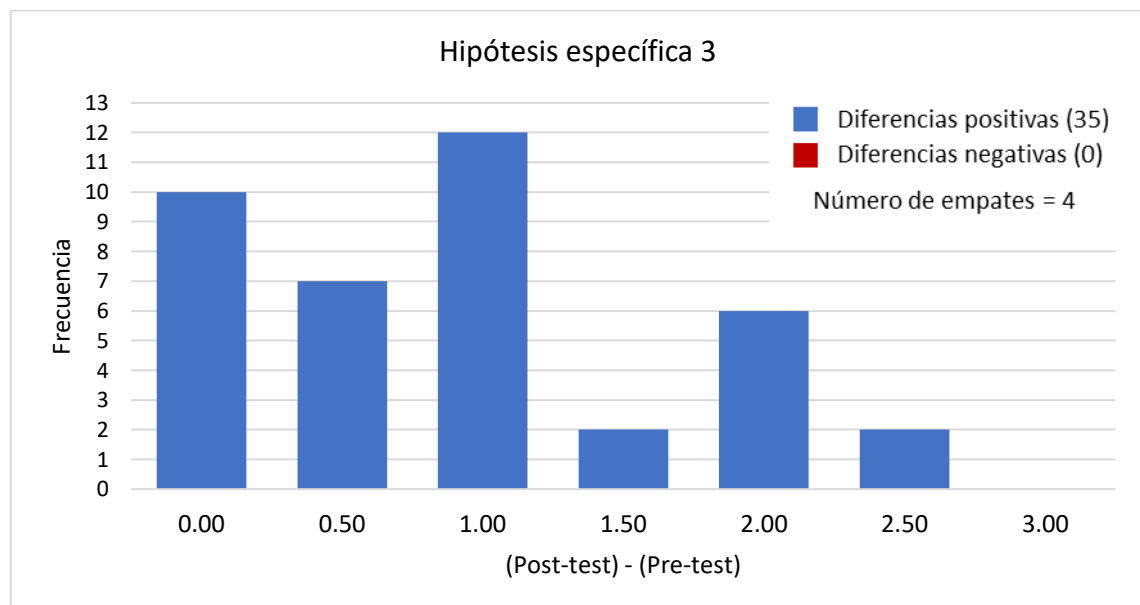
Nota. Datos obtenidos del procesamiento estadístico en SPSS v26.

La tabla 41 presenta la prueba de signos aplicada a las muestras relacionadas con el pre-test y post-test de 39 participantes, la cual revela una diferencia significativa entre las mediciones antes y después de la implementación del prototipo IoT en el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio. El estadístico de prueba de 35,000, junto con un error estándar de 2,958, indica una baja variabilidad en la estimación. El estadístico de

prueba estandarizado de 5,747 y el valor de significación asintótica (p-valor) de 0,000 refuerzan que esta diferencia es estadísticamente significativa. Estos resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0), que afirmaba que un prototipo basado en IoT no tendría un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, y en su lugar apoyan la hipótesis alternativa (H_1), indicando que un prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Figura 46.

Gráfico de prueba de signos para muestras relacionadas para la hipótesis específica 3



Nota. Análisis efectuado con SPSS v26.

La figura 46 muestra la distribución de las diferencias entre los valores del post-test y el pre-test utilizando la prueba de signos para muestras relacionadas, enfocándose en la tercera hipótesis específica. En el eje horizontal, las diferencias se agrupan en intervalos que van desde 0,00 hasta 2,50 mientras que en el eje vertical se presenta la frecuencia de estas diferencias. Las barras azules, que indican diferencias positivas, son dominantes con un total de 35 casos donde los valores del post-test superan a los del pre-test. No se observa ninguna barra roja, lo que significa que no hubo diferencias negativas, y se registran 4 empates. La clara presencia de diferencias positivas, especialmente en el

intervalo de 1,00 (frecuencia = 12), sugiere un aumento en las mediciones post-test, lo que respalda la hipótesis alternativa (H_i) de que un prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Pruebas de validación del modelo experimental

Validación del instrumento de encuesta

La validez y confiabilidad del instrumento de encuesta utilizado para evaluar el impacto del modelo experimental se verificaron a través de dos métodos principales: el juicio de expertos y el análisis del coeficiente alfa de Cronbach.

a. Validación por juicio de expertos

Para asegurar que el instrumento de encuesta fuera adecuado para medir los constructos relacionados con el prototipo IoT y el monitoreo de condiciones ambientales, se sometió a una validación por juicio de expertos. Un panel de expertos en el área de informática y sistemas revisó el contenido del cuestionario, evaluando la pertinencia y claridad de las preguntas. Las recomendaciones recibidas se incorporaron para mejorar la precisión y relevancia del instrumento.

b. Análisis de confiabilidad

Se evaluó la confiabilidad del instrumento utilizando el coeficiente alfa de Cronbach, que mide la consistencia interna del cuestionario. Este análisis se realizó en dos fases: el pre-test y el pos-test.

- Pre-test: El coeficiente alfa de Cronbach fue de 0,933, indicando una alta confiabilidad en la fase inicial de la aplicación del cuestionario.
- Pos-test: El coeficiente alfa de Cronbach fue de 0,935, lo que refleja una consistencia similar en la evaluación posterior a la implementación del modelo experimental.

Estos resultados evidencian que el instrumento de encuesta es altamente confiable y capaz de proporcionar mediciones consistentes y precisas tanto antes como después de la intervención del modelo experimental. La alta puntuación del coeficiente alfa de

Cronbach confirma que el cuestionario es adecuado para captar los cambios y efectos asociados con el modelo experimental.

5.2. Contraste con trabajos de investigación similares

El presente estudio se contrasta con investigaciones previas que han abordado temáticas similares en el campo del monitoreo de condiciones ambientales mediante tecnología IoT. El objetivo de este contraste es identificar similitudes, diferencias y aportes únicos que esta investigación ofrece en relación con trabajos anteriores.

Los resultados del Capítulo IV se organizaron en tres segmentos para evaluar las diferencias antes y después de la implementación del prototipo IoT. El primer segmento presenta la valoración obtenida para cada ítem del instrumento, procesando los datos de la Escala de Likert y calculando promedios tanto antes como después de la implementación del prototipo. Este análisis reveló que, tras la implementación del prototipo IoT, el monitoreo de las condiciones ambientales mostró una mejora en la valoración de los ítems del cuestionario, con un incremento de hasta el 43,12% en comparación con las valoraciones previas.

Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los de Otiniano (2018), se observa que, mientras Otiniano logró una disminución del 57,46% en el tiempo de registro automatizado y una reducción de errores a menos del 1% tras la implementación de su sistema IoT, en esta tesis se evidenció un porcentaje diferencial de hasta 43,12% en la valoración de los ítems del instrumento después de la implementación del prototipo IoT. Este incremento refleja una mejora significativa en la percepción del monitoreo de condiciones ambientales, indicando que la intervención tecnológica tuvo un impacto positivo y apreciable, similar al logrado por Otiniano en el contexto de monitoreo acústico.

El segundo segmento, representa los resultados según la escala de medición de las variables, donde se aprecia que después de la implementación del prototipo IoT se presentó un mayor porcentaje de la percepción buena en el monitoreo de condiciones ambientales.

En comparación con el trabajo de Amézquita Ayure (2022), que se centró en la implementación de un prototipo IoT para la monitorización y regulación del material particulado en entornos escolares, los resultados de esta investigación destacan una percepción positiva en el monitoreo de condiciones ambientales después de la implementación del prototipo IoT. Aunque la tesis de Amézquita se enfocó en la implementación del sistema sin evaluar explícitamente la percepción del usuario, los hallazgos de esta investigación subrayan que las tecnologías IoT mejoran la percepción de los sistemas de monitoreo de condiciones ambientales, elevando así la confianza y satisfacción de los usuarios en la gestión ambiental en diversos contextos.

El tercer segmento presenta la prueba de hipótesis, que incluyó una evaluación de la normalidad de los datos, revelando una distribución no normal. Esto llevó a la aplicación de pruebas no paramétricas para la contrastación de las hipótesis de investigación. Los resultados confirmaron que el prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio. Además, al evaluar las hipótesis específicas, se determinó que el prototipo basado en IoT tuvo un impacto significativo en las dimensiones de funcionalidad, portabilidad y usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias. Aunque no se encontró una tesis que discuta estos aspectos exactos, los resultados destacan el impacto significativo de aplicar tecnologías IoT en el monitoreo de condiciones ambientales. La funcionalidad asegura que todos los parámetros sean monitoreados eficazmente, la portabilidad permite su uso en diferentes ubicaciones, y la usabilidad facilita su integración y manejo por parte de los usuarios, lo que refleja una mejora sustancial en comparación con los enfoques convencionales.

CONCLUSIONES

Primero

Se determinó con respecto a los resultados obtenidos en el procesamiento estadístico inferencial, utilizando la prueba estadística de signos con muestras dependientes para la prueba de hipótesis general, establecido con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% que un prototipo IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, justificado con un p-valor del 0,000.

Segundo

Se estableció que el prototipo IoT tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, utilizando la prueba estadística de signos con muestras dependientes, con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5%, y un p-valor de 0,000.

Tercero

Se estableció que el prototipo IoT tiene un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, utilizando la prueba estadística de signos con muestras dependientes, con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5%, y un p-valor de 0,000.

Cuarto

Por último, se estableció que el prototipo IoT tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5%, y un p-valor de 0,000, utilizando la prueba estadística de signos con muestras dependientes.

RECOMENDACIONES

Dado el impacto significativo del prototipo IoT en el monitoreo de condiciones ambientales demostrado en la investigación, se recomienda su expansión a otras áreas del bioterio, además del área de reproducción donde se aplicó inicialmente. Áreas como selección y crianza también podrían beneficiarse de una monitorización continua y precisa, facilitando un control más exhaustivo del proceso de experimentación para estudiantes e investigadores.

Aunque esta tesis se centra en el monitoreo de condiciones ambientales, se recomienda ampliar el sistema para incluir también el control de estas condiciones. Automatizar el proceso, al igual que en la tesis de Berrios Gómez (2022) que integra monitoreo y control en un invernadero de cultivo de lechugas, esto podría optimizar el monitoreo de condiciones ambientales en el bioterio ya que no solo permitirá la supervisión en tiempo real, sino que también facilitará ajustes automáticos para mantener condiciones óptimas, mejorando así la eficiencia y el control del entorno de investigación.

Se recomienda utilizar la información capturada por los sensores del prototipo IoT para analizar cómo las condiciones ambientales afectan los experimentos realizados en el bioterio. Los datos obtenidos pueden ser empleados para investigar la relación entre las variables ambientales y los resultados experimentales, permitiendo identificar patrones y correlaciones que ayuden a optimizar los métodos experimentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abud, M. (2004). *Calidad en la industria del software: La Norma ISO-9126*. Revista Upiicsa 11(2) 45-53. Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 7 de junio de 2024 de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/5321>
- Acuña Melo, E., & Aranibar Pumacota, E. J. (2022). *Desarrollo de un sistema inteligente para el riego, usando el microcontrolador ESP8266 para automatizar el uso del agua en los cultivos de tipo tubérculo*. Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, Arequipa.
- Airthings. (10 de Febrero de 2024). *Airthings*. Obtenido de <https://www.airthings.com/es/what-is-humidity#sources>
- Alciatore, D., & Histan, M. (2008). *Introducción a la mecatrónica y a los sistemas de medición* (Tercera ed.). McGraw-Hill.
- Aldaba Ccallo, J., & Bartolo Inciso, L. (2020). *Sistema web para mejorar la gestión de inventario de la empresa Heidelberg del Perú S.A.C. en el distrito de Breña, Lima-2020*. Universidad Privada Telesup, Lima. Obtenido de <https://repositorio.utelesup.edu.pe/bitstream/utelesup/1381/1/aldaba%20ccallo%20jaier%20alfredo-bartolo%20inciso%20luis%20jhonatan.pdf>
- Amézquita Ayure, S. (2022). *Prototipo de sistema de monitorización y regulación automática de material particulado en enfoques de IoT para entidades educativas ubicadas en entornos hostiles de alto flujo vehicular*. Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Arduino Cloud. (2024). *Arduino Cloud Documentation*. Recuperado el 5 de diciembre de 2023 de <https://docs.arduino.cc/arduino-cloud/guides/overview/>
- Arias Solis, J. L. (2023). *Sistema electrónico de monitoreo y control para la prevención de heladas en cultivos de mora, utilizando la arquitectura IoT*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato.

- Baamonde, J. M. (30 de Junio de 2013). *Bioterios.com*. Obtenido de <https://www.bioterios.com/post.php?s=2013-06-30-qu-es-un-bioterio>
- Berrios Gómez, S. (2022). *Diseño de un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero*. Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, Tacna. Recuperado el 03 de mayo de 2024, de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2362/Berrios-Gomez-Sebastian.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Burbano, Y. (2019). *Sistema embebido móvil de reconocimiento de patrones de calidad del aire en la ciudad de Ibarra*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra.
- Coluccio Leskow, E. (6 de Marzo de 2024). *Concepto*. Recuperado el 02 de Mayo de 2024, de <https://concepto.de/temperatura/>
- Díaz Vázquez, A. (2023). *Implementación y desarrollo de un sistema IoT para la monitorización de las condiciones ambientales en un hospital*. Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid, Ingeniería Telemática y Electrónica, Madrid.
- Electronic, T. (2024). *Tesla Electronic*. Recuperado el 07 de febrero de 2024 de <https://www.teslaelectronic.com.pe/producto/sensor-dht11-temperatura-y-humedad/>
- Fernández, O., & García, D. (1995). Un enfoque actual sobre la calidad del software. *Scielo*, *III*(3), 40-42. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94351995000300005
- Galarza, C. R. (Febrero de 2021). Diseños de investigación. *CienciAmérica*, *10*(1), 1-7. doi:10.33210/ca.v10i1.356
- Guarella, J., Heredia, J., Rodríguez, L., & Bagatto, I. (2011). *Sensores y actuadores en motores*. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina. Obtenido de https://www.academia.edu/11143167/Sensores_y_actuadores_en_motores

- Guatapi Yachimba, A., & García Bravo, E. (2022). *Diseño e implementación de un prototipo para un sistema de medición, análisis y purificador de gases contaminantes en el aire utilizando arduino y ubidots IoT*. Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Electrónica, Guayaquil.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista, L. (1997). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Infoaire. (12 de Mayo de 2024). *Infoaire*. Obtenido de Sistema de información de calidad del aire en el Perú: <https://infoaireperu.minam.gob.pe/calidad-de-aire/>
- Kharade, M., & Katangle, S. (2020). A NodeMCU based Fire Safety and Air Quality Monitoring Device. *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, 1-4. doi:10.1109/INCET49848.2020.9153983
- Mora Gallanes, H. V., & Rosas Pari, J. L. (2019). *Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en internet de las (IoT)*. Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Mosquera Meléndrez, L. M., & Cevallos Rojas, C. (2022). *Diseño e implementación de un prototipo IOT para el monitoreo de parámetros ambientales aplicados al cultivo de arroz utilizando ESP32 y thingspeak*. Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrónica, Guayaquil.
- Naylamp Mechatronics. (2024). Recuperado el 12 de enero de 2024 de <https://naylampmechatronics.com/expressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>
- Ñaupas, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5 ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Otiniano López, M. F. (2018). *Sistema de medición acústica usando NODEMCU ESP8266 para determinar el nivel de ruido en Av. Víctor Larco cuadra 144 Trujillo 2018*. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Trujillo.
- Pérez-Tavera, I. H. (2023). Arduino IDE. *Vida Científica*, 11(21), 30-32.

- Rivera Quijano, F. (2015). *Características generales de un bioterio de experimentación y su aplicación en control de calidad de vacuna antirrábica*. Informe de pasantía, Universidad La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá.
- Serna, E. (2022). *Ingeniería y desarrollo en la nueva era*. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/edgar-serna-m/publication/366642260_ingenieria_y_desarrollo_en_la_nueva_era/links/63ac48a7a03100368a36105e/ingenieria-y-desarrollo-en-la-nueva-era.pdf#page=763
- ThingSpeak*. (2024). Obtenido de https://thingspeak.com/pages/learn_more
- Toapanta Llugsha, C. (2021). *Sistema de monitoreo de factores ambientales externos en unidades educativas céntricas del cantón píllaro basado en tecnología lora*. Tesis pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato.
- Tojeiro Calaza, G. (2014). *Taller de arduino un enfoque práctico para principiantes* (Primera ed.). Barcelona: Marcombo.
- Vega Molina, M. Á. (2002). *Caracterización de los bioterios utilizados en investigación científica*. Proyecto de Graduación, Universidad de Costa Rica, Facultad de Microbiología, Costa Rica.
- Vizcaíno Zúñiga, P., Cedeño Cedeño, R., & Maldonado Palacios, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina*, 7(4), 9723-9762.
- Zevallos Reyna, J. (2024). *Modelo de monitoreo de calidad de aire interior basado en arquitectura IoT*. Tesis de pregrado, Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería, Lima.

ANEXOS

**ANEXO 01:
MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Impacto de un prototipo basado en IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2023						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño de la investigación
<p align="center">Problema principal</p> <p>¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?</p>	<p align="center">Objetivo general</p> <p>Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>	<p align="center">Hipótesis general</p> <p>El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>	<p align="center">Variable Independiente Prototipo basado en IoT</p>	Accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de acceso a datos 	<p align="center">Población 39 estudiantes matriculados en el curso de Fisiología Animal 2023-II de la Escuela de Biología y Microbiología</p> <p align="center">Tipo de investigación: Aplicada o tecnológica</p> <p align="center">Diseño de investigación Pre - experimental.</p> <p align="center">Instrumentos Variable Independiente: Cuestionario Variable Dependiente: Cuestionario</p>
<p align="center">Problema específico 1</p> <p>¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?</p>	<p align="center">Objetivo específico 1</p> <p>Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>	<p align="center">Hipótesis específica 1</p> <p>El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la funcionalidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>		Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de datos 	
<p align="center">Problema específico 2</p> <p>¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?</p>	<p align="center">Objetivo específico 2</p> <p>Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>	<p align="center">Hipótesis específica 2</p> <p>El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la portabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>		<p align="center">Variable Dependiente Monitoreo de las condiciones ambientales</p>	Funcionalidad	
<p align="center">Problema específico 3</p> <p>¿Cuál es el impacto de un prototipo basado en IoT en la usabilidad del monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann?</p>	<p align="center">Objetivo específico 3</p> <p>Determinar el impacto de un prototipo basado en IoT en la usabilidad del monitoreo de condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>	<p align="center">Hipótesis específica 3</p> <p>El prototipo basado en IoT tiene un impacto significativo en la usabilidad del monitoreo de condiciones ambientales del bioterio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.</p>	Portabilidad		<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad de plataformas 	
			Usabilidad		<ul style="list-style-type: none"> • Simplicidad de uso • Satisfacción del usuario 	

ANEXO 02:
VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

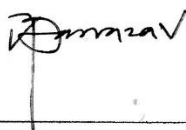
1. DATOS DEL EXPERTO

APellidos y Nombres	BARBAZA VIZCARPA, HUGO MANUEL
Grado Académico	MAESTRO
Título Profesional	ING. EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS
Empresa/Institución donde labora	UNJBG
Instrumento Evaluado	CUESTIONARIO
Autor del Instrumento	HEYDI HÍLLARY CHÁVEZ CONDORI

2. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

NRO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
			DEFICIENTE 01-20%	MALO 21-40%	REGULAR 41-60%	BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1	CLARIDAD	Facilidad con la que se entiende el contenido.					X
2	OBJETIVIDAD	Nivel de imparcialidad y ausencia de opiniones personales.					X
3	ORGANIZACIÓN	Esta presentado de forma estructurada y secuencial.					X
4	SUFICIENCIA	El contenido es adecuado y completo para cumplir los objetivos.					X
5	PERTINENCIA	El contenido es relevante y apropiado para la investigación.					X
6	COHERENCIA	Se tiene una relación lógica entre lo que se medirá con el contenido del trabajo.					X
7	RELEVANCIA	Evalúa la importancia del instrumento.					X
8	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la tecnología					X

3. RESULTADOS DE VALIDACIÓN

PROMEDIO DE VALIDACIÓN	100%
EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	FACTIBLE
FECHA DE EVALUACIÓN	13/01/2024
FIRMA DEL EXPERTO	

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN


1. DATOS DEL EXPERTO

APellidos y Nombres	Valdez Ramirez Josué Gedeón
Grado Académico	Ingeniero
Título Profesional	Ingeniero en Informática y Sistemas
Empresa/Institución donde labora	UNJBB
Instrumento Evaluado	Cuestionario
Autor del Instrumento	HEYDI HÍLLARY CHAVEZ CONDORI

2. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

NRO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
			DEFICIENTE 01-20%	MALO 21-40%	REGULAR 41-60%	BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1	CLARIDAD	Facilidad con la que se entiende el contenido.				✓	
2	OBJETIVIDAD	Nivel de imparcialidad y ausencia de opiniones personales.					✓
3	ORGANIZACIÓN	Esta presentado de forma estructurada y secuencial.					✓
4	SUFICIENCIA	El contenido es adecuado y completo para cumplir los objetivos.					✓
5	PERTINENCIA	El contenido es relevante y apropiado para la investigación.				✓	
6	COHERENCIA	Se tiene una relación lógica entre lo que se medirá con el contenido del trabajo.					✓
7	RELEVANCIA	Evalúa la importancia del instrumento.				✓	
8	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la tecnología					✓

3. RESULTADOS DE VALIDACIÓN

PROMEDIO DE VALIDACIÓN	Excelente (92%)
EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	Es aplicable
FECHA DE EVALUACIÓN	16/01/2024
FIRMA DEL EXPERTO	

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

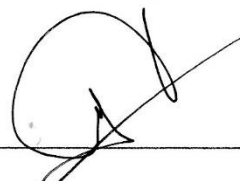
1. DATOS DEL EXPERTO

APELLIDOS Y NOMBRES	Mori Sosa Luis Johnson Paul
GRADO ACADÉMICO	Magíster
TÍTULO PROFESIONAL	Ing. en Informática y Sistemas
EMPRESA/INSTITUCIÓN DONDE LABORA	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann
INSTRUMENTO EVALUADO	Cuestionario
AUTOR DEL INSTRUMENTO	HEYDI HÍLLARY CHAVEZ CONDORI

2. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

NRO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
			DEFICIENTE 01-20%	MALO 21-40%	REGULAR 41-60%	BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1	CLARIDAD	Facilidad con la que se entiende el contenido.					X
2	OBJETIVIDAD	Nivel de imparcialidad y ausencia de opiniones personales.					X
3	ORGANIZACIÓN	Esta presentado de forma estructurada y secuencial.				X	
4	SUFICIENCIA	El contenido es adecuado y completo para cumplir los objetivos.					X
5	PERTINENCIA	El contenido es relevante y apropiado para la investigación.				X	
6	COHERENCIA	Se tiene una relación lógica entre lo que se medirá con el contenido del trabajo.				X	
7	RELEVANCIA	Evalúa la importancia del instrumento.				X	
8	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la tecnología					X

3. RESULTADOS DE VALIDACIÓN

PROMEDIO DE VALIDACIÓN	90%
EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	Factible
FECHA DE EVALUACIÓN	16 / 01 / 2024
FIRMA DEL EXPERTO	

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN


1. DATOS DEL EXPERTO

APELLIDOS Y NOMBRES	CABANA YUPANQUI SILVANA BEATRIZ
GRADO ACADÉMICO	BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INFORMÁTICA Y SIS.
TÍTULO PROFESIONAL	INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS
EMPRESA/INSTITUCIÓN DONDE LABORA	UNJBG
INSTRUMENTO EVALUADO	CUESTIONARIO
AUTOR DEL INSTRUMENTO	HEYDI HÍLLARY CHAVEZ CONDORI

2. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

NRO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
			DEFICIENTE 01-20%	MALO 21-40%	REGULAR 41-60%	BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1	CLARIDAD	Facilidad con la que se entiende el contenido.				X	
2	OBJETIVIDAD	Nivel de imparcialidad y ausencia de opiniones personales.					X
3	ORGANIZACIÓN	Esta presentado de forma estructurada y secuencial.					X
4	SUFICIENCIA	El contenido es adecuado y completo para cumplir los objetivos.					X
5	PERTINENCIA	El contenido es relevante y apropiado para la investigación.					X
6	COHERENCIA	Se tiene una relación lógica entre lo que se medirá con el contenido del trabajo.					X
7	RELEVANCIA	Evalúa la importancia del instrumento.					X
8	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la tecnología					X

3. RESULTADOS DE VALIDACIÓN

PROMEDIO DE VALIDACIÓN	EXCELENTE (95%)
EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	FACTIBLE (ES APLICABLE)
FECHA DE EVALUACIÓN	16/01/2024
FIRMA DEL EXPERTO	 SILVANA BEATRIZ CABANA YUPANQUI ING. EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS CIP N° 274543

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

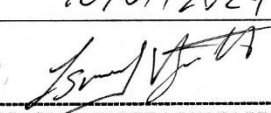
1. DATOS DEL EXPERTO

APELLIDOS Y NOMBRES	CHAPARRO CRUZ ISRAEL NAZARETH
GRADO ACADÉMICO	BACH. EN CS. INB. EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS
TÍTULO PROFESIONAL	INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS
EMPRESA/INSTITUCIÓN DONDE LABORA	Tryolabs
INSTRUMENTO EVALUADO	CUESTIONARIO
AUTOR DEL INSTRUMENTO	HEYDI HÍLLARY CHAVEZ CONDORI

2. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

NRO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
			DEFICIENTE 01-20%	MALO 21-40%	REGULAR 41-60%	BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1	CLARIDAD	Facilidad con la que se entiende el contenido.					✓
2	OBJETIVIDAD	Nivel de imparcialidad y ausencia de opiniones personales.					✓
3	ORGANIZACIÓN	Esta presentado de forma estructurada y secuencial.					✓
4	SUFICIENCIA	El contenido es adecuado y completo para cumplir los objetivos.					✓
5	PERTINENCIA	El contenido es relevante y apropiado para la investigación.				✓	
6	COHERENCIA	Se tiene una relación lógica entre lo que se medirá con el contenido del trabajo.					✓
7	RELEVANCIA	Evalúa la importancia del instrumento.					✓
8	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la tecnología					✓

3. RESULTADOS DE VALIDACIÓN

PROMEDIO DE VALIDACIÓN	EXCELENTE (97.5%)
EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	ES APLICABLE
FECHA DE EVALUACIÓN	16/01/2024
FIRMA DEL EXPERTO	 ISRAEL NAZARETH CHAPARRO CRUZ ING. EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS CIP N° 255265

ANEXO 02:

BASE DE DATOS DEL RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO (POST-TEST)

Sujeto	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
1	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1
4	4	2	4	3	3	4	4	4	4	3
5	5	5	3	3	2	4	4	3	4	3
6	3	4	3	2	3	3	3	4	3	2
7	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
8	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5
9	4	4	5	4	5	5	4	4	5	5
10	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4
11	5	4	4	3	4	4	4	5	4	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4
14	5	4	3	3	5	5	4	5	3	5
15	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
16	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5
17	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4
18	4	5	3	3	4	4	4	5	3	5
19	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4
20	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3
21	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3
22	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4
23	4	5	4	3	5	4	4	5	5	4
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
25	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4
26	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
27	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
28	4	3	4	4	3	4	4	5	5	5
29	3	3	3	3	3	3	4	4	3	2
30	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4
31	3	4	4	2	3	3	3	3	3	4
32	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3
33	3	4	4	4	3	5	4	4	4	5
34	3	3	4	4	5	5	4	5	4	4
35	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3
36	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4
37	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5
38	4	4	3	4	5	4	5	4	5	4
39	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4