

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS E INFORMÁTICA**



TESIS

**“VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DE
EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNAMAD,
2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS
E INFORMÁTICA**

AUTORES:

Bach. LONGA GALLARDO, Bellagraciela

Bach. VEGA MACEDA, Becker Antonello

ASESOR:

MSc. PRIETO LUNA, Jaime César

CO-ASESOR:

MSc. HOLGADO APAZA, Luis Alberto.

Puerto Maldonado, 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS E INFORMÁTICA**



TESIS

**“VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DE
EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNAMAD,
2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS
E INFORMÁTICA**

AUTORES:

Bach. LONGA GALLARDO, Bellagraciela

Bach. VEGA MACEDA, Becker Antonello

ASESOR:

MSc. PRIETO LUNA, Jaime César

CO-ASESOR:

MSc. HOLGADO APAZA, Luis Alberto.

Puerto Maldonado, 2024

DEDICATORIA

“Dedico este logro con profundo agradecimiento y admiración a mis padres quienes siempre me han apoyado incondicionalmente.”

LONGA GALLARDO, Bellagraciela

"Quiero dedicar esta tesis a mi familia, especialmente a mi madre y a mi padre que siempre me ha estado apoyando en los buenos y malos momentos"

VEGA MACEDA, Becker A.

AGRADECIMIENTOS

“A la UNAMAD y a cada uno de mis docentes por su dedicación y enseñanzas en mi formación académica. En especial a mis asesores el Msc. Jaime Prieto y Msc. Luis Holgado, quienes con su paciencia, compromiso y experiencia me han guiado en este proceso, también, agradecer a mis padres por su incondicional apoyo.”

LONGA GALLARDO, Bellagraciela

"Quiero agradecer a mi familia, a mi asesor y co asesor de tesis, por su apoyo en el proceso de culminación de mi tesis."

VEGA MACEDA, Becker A.

TURNITIN_BELLLAGRACIELA LONGA Y BECKER VEGA

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	

PRESENTACIÓN

La tesis titulada "**Visión artificial para la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD, 2023**" tiene como objetivo determinar de qué manera la visión artificial influye en la gestión energética de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD, es por ello que se destaca la importancia de la visión artificial, específicamente en la detección de personas para mejorar la gestión energética de dichos equipos.

Se utilizaron algoritmos de procesamiento de imágenes los cuales son capaces de identificar la presencia de las personas en diferentes entornos, de esa manera se busca optimizar el rendimiento de los sistemas de climatización. Esta innovadora idea promete transformar la gestión energética de los aires acondicionados y optimizar su funcionamiento de manera inteligente y eficiente.

LONGA GALLARDO, Bellagraciela

VEGA MACEDA, Becker Antonello

INTRODUCCIÓN

La gestión energética es un tema importante porque no solo busca reducir costos, sino también garantizar un ambiente interior saludable (Raatikainen et al. 2016). Sin embargo, en la actualidad a pesar del avance tecnológico y las medidas preventivas para la reducción del consumo de energía, aún los sistemas tradicionales de HVAC (siglas que engloban la calefacción, ventilación y aire acondicionado) independientemente de su ocupación real se controlan y operan de acuerdo a su configuración manual, es decir, se necesita de una persona que lo opere correctamente y esté pendiente de su estado y funcionamiento, ocasionando que el lugar donde se encuentra el equipo de HVAC al encontrarse desocupado y sin supervisión, genere un desperdicio de energía (Huang y Hao 2020).

Esto se debe principalmente a que una minoría de equipos cuentan con un sistema de automatización, ya que emplean sensores de ocupación infrarrojos pasivos y ultrasónicos, sin embargo estos sensores ocasionan poca precisión, y no pueden determinar adecuadamente el estado de ocupación, es decir, son bastante inexactos en el control predictivo básico ya que utilizan modelos de respuesta térmica, los cuales son demasiado simplificados debido a su rango limitado (Aftab et al. 2017).

Es por ello que el campo de la visión artificial, principalmente la detección de objetos, personas y demás, ha recibido gran atención (Huang y Hao 2020) debido especialmente a que ofrecen la capacidad de procesar y analizar datos visuales en tiempo real (Acuña 2019), lo que la convierte en una herramienta poderosa para optimizar el rendimiento energético de los sistemas de climatización (Torres et al. 2021).

En esta investigación se explorará cómo la visión artificial se integra en el sistema de aires acondicionados, permitiendo un control más preciso y

automatizado de los equipos (Boesch 2023) mediante el uso de cámaras y algoritmos avanzados (Huang y Hao 2020).

El objetivo general que se planteó fue determinar de qué manera la visión artificial influye en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Esta investigación se dividió en tres capítulos detallados a continuación: En el Capítulo I se describió de manera detallada la situación problemática referente al mal uso de los sistemas HVAC, en especial el aire acondicionado y la falta del control automatizado para lograr una disminución en el consumo energético, así mismo la falta de implementación de la visión artificial. En el Capítulo II se detallan los antecedentes nacionales e internacionales de diversas investigaciones, libros y revistas científicas las cuales ayudan a complementar de manera consistente la información brindada, así como también para mayor comprensión de la investigación se han definido los términos que se utilizarán para el desarrollo del proyecto. En el Capítulo III se hará referencia al tipo de investigación, el diseño, método y técnica que se utilizará para el tratamiento de los datos.

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
PRESENTACIÓN	III
INTRODUCCIÓN	IV
INDICE.....	VI
INDICE DE ILUSTRACIONES	IX
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE GRÁFICOS	X
INDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivo Específico	4
1.4. Variables de la investigación.....	4
1.5. Operacionalización de variables	4
1.6. Hipótesis de la investigación	5
1.6.1. Hipótesis General	5
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	5
1.7. Justificación.....	6
1.7.1. Justificación teórica.....	6
1.7.2. Justificación práctica.....	8
1.8. Consideraciones Éticas	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de estudio	9
2.1.1. Antecedentes Nacionales	9

2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes locales.....	12
2.2. Marco Teórico	13
2.2.1. Visión Artificial.....	13
2.2.2. Elementos de un sistema de visión artificial.....	13
2.2.3. Métricas de la visión artificial	14
2.2.4. Técnicas del procesamiento de imágenes.....	17
2.2.5. Red Neuronal Convolucional	20
2.2.6. Raspberry Pi.....	21
2.2.7. Python.....	22
2.2.8. OpenCV.....	23
2.2.9. YOLO.....	23
2.2.10. DataSet.....	25
2.2.11. Gestión energética.....	26
2.2.12. Aires acondicionados.....	27
2.2.13. Metodología de desarrollo	28
2.3. Definición de términos	31
2.3.1. Detección de objetos	31
2.3.2. DEBIAN.....	32
2.3.3. Cámara web.....	32
2.3.4. Segmentación de imágenes.....	32
2.3.5. Imagen.....	32
2.3.6. Píxel.....	32
2.3.7. Sistema en Tiempo Real.....	33
2.3.8. Servomotor	33
2.3.9. Google Colab.....	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo de estudio	34
3.2. Diseño del estudio.....	34
3.3. Población y muestra	35
3.3.1. Población	35
3.3.2. Muestra	35

3.3.3. Muestreo	35
3.4. Métodos y técnicas	35
3.4.1. Método	35
3.4.2. Técnica	36
3.5. Tratamiento de los datos	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados.....	37
Para la variable independiente: VISIÓN ARTIFICIAL.....	37
4.1.1. Dimensión 01: RENDIMIENTO	37
4.1.2. Dimensión 02: ROBUSTEZ.....	45
Para la variable dependiente: GESTION ENERGETICA	46
4.1.3. Dimensión 01: CONTROL ENERGÉTICO	46
4.1.4. Dimensión 02: AUTOMATIZACIÓN.....	52
4.2. Prueba de hipótesis general.....	54
4.3. Prueba de Hipótesis Específicas	56
4.3.1. Hipótesis Específica 01:.....	56
4.3.2. Hipótesis Específica 02:.....	58
4.3.3. Hipótesis Específica 03:.....	60
4.3.4. Hipótesis Específica 04:.....	62
4.4. Desarrollo de la metodología SCRUM	64
4.4.1. Asignación de roles.....	64
4.4.2. Preparación del proyecto	64
4.4.3. Product Backlog.....	65
4.4.4. Sprint Backlog.....	77
4.4.5. Sprint Review.....	80
DISCUSIONES	82
CONCLUSIONES	84
SUGERENCIAS	86
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	88
ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	96
ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA	98
ANEXO 03: INSTRUMENTO: FICHA DE OBSERVACIÓN	100

ANEXO 04: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL ESTUDIO	105
ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO	106

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tratamiento de datos	36
Ilustración 2: Diseño del prototipo	66
Ilustración 3: Sistema Operativo DEBIAN	67
Ilustración 4: Recopilación de las imágenes	68
Ilustración 5: Subir imágenes a Roboflow	69
Ilustración 6: Etiquetado	70
Ilustración 7: División de las imágenes	70
Ilustración 8: Exportar DataSet.....	71
Ilustración 9: Generar código	71
Ilustración 10: Cambio del tipo de entorno.....	72
Ilustración 11: Importar librerías requeridas	73
Ilustración 12: Verificar acceso al GPU	73
Ilustración 13: Instalar Ultralytics.....	74
Ilustración 14: Importando DataSet.....	74
Ilustración 15: Entrenar el modelo YOLOv8	74
Ilustración 16: Implementación del prototipo en el aire acondicionado	106
Ilustración 17: Aplicación del sistema de visión artificial en el aula ISI-203	107
Ilustración 18: Detección de personas en el salón ISI-202	108
Ilustración 19: Detección de personas en el salón ISI-204	108

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Precisión.....	15
Figura 2: Exactitud o Accuracy	15
Figura 3: Recall.....	16

Figura 4: F1 - Score	16
Figura 5: mAP	17
Figura 6: Tipos de filtros en el dominio de la frecuencia	19
Figura 7: Convolución de las funciones f y g	20
Figura 8: Sumatoria de la integral	21
Figura 9: Raspberry Pi 4	22
Figura 10: Ejemplo de historia de usuario	31
Figura 11: Matriz de confusión	37

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Precision-Confidence Curve	39
Gráfico 2: Recall – Confidence curve	42
Gráfico 3: mAP@50	43
Gráfico 4: Precision – Recall curve	44
Gráfico 5: Horas de funcionamiento del AC antes de la VA	47
Gráfico 6: Horas de funcionamiento del AC con VA	49
Gráfico 7: Comparación del promedio de horas de funcionamiento del AC	49
Gráfico 8: Comparación del consumo promedio mensual (kW)	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de confusión	14
Tabla 2: Comparación de los modelos	23
Tabla 3: Tiempo de velocidad del procesamiento en tiempo real	45
Tabla 4: Horas de funcionamiento del AC	46
Tabla 5: Horas de funcionamiento del AC con VA	48
Tabla 6: Consumo del aire acondicionado – antes de la V.A.	50
Tabla 7: Consumo del aire acondicionado – con la V.A.	51
Tabla 8: Costos del consumo sin la implementación de V.A.	53
Tabla 9: Costos del consumo con la implementación de V.A.	53

Tabla 10: Reducción de costos	54
Tabla 11: Prueba de normalidad para la hipótesis general	55
Tabla 12: Prueba de Wilcoxon Hipótesis General	56
Tabla 13: Prueba de normalidad para la hipótesis 01	57
Tabla 14: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 01	58
Tabla 15: Prueba de normalidad para la hipótesis 02	59
Tabla 16: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 02	60
Tabla 17: Prueba de normalidad para la hipótesis 03	61
Tabla 18: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 03	62
Tabla 19: Prueba de normalidad para la hipótesis 04	63
Tabla 20: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 04	64
Tabla 21: Asignación de los roles para el desarrollo del sistema	64
Tabla 22: Definición del proyecto	64
Tabla 23: Definición de horarios	65
Tabla 24: Historia de Usuario N° 01 – Diseño del prototipo	65
Tabla 25: Historia de Usuario N° 02 - Designación de herramientas de trabajo	66
Tabla 26: Historia de Usuario N° 03 - Instalación del sistema operativo.....	66
Tabla 27: Historia de Usuario N° 04 - Instalación y actualización de paquetes	67
Tabla 28: Historia de Usuario N° 05 - Recolección del DATASET	68
Tabla 29: Historia de Usuario N° 06 - Etiquetado del DATASET	69
Tabla 30: Historia de Usuario N° 07 – Entrenamiento del modelo	72
Tabla 31: Historia de Usuario N° 08 – Codificación YOLO V8n	75
Tabla 32: Historia de Usuario N° 10 - Pruebas del sistema de visión artificial	75
Tabla 33: Historia de Usuario N° 11 - Pruebas del servomotor	76
Tabla 34: Recopilación de las historias de usuario.....	76
Tabla 35: Tareas correspondientes al usuario N° 01	77
Tabla 36: Tareas correspondientes al usuario N° 02	77
Tabla 37: Tareas correspondientes al usuario N° 03	78

Tabla 38: Tareas correspondientes al usuario N° 04	78
Tabla 39: Tareas correspondientes al usuario N° 05	78
Tabla 40: Tareas correspondientes al usuario N° 06	79
Tabla 41: Tareas correspondientes al usuario N° 07	79
Tabla 42: Tareas correspondientes al usuario N° 08	79
Tabla 43: Tareas correspondientes al usuario N° 09	80
Tabla 44: Tareas correspondientes al usuario N° 10	80
Tabla 45: Sprint Review de las historias de usuario	80
Tabla 46: Pruebas de funcionalidad.....	81

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Actualmente la conservación de la energía, la optimización de su rendimiento y el avance de la tecnología en los sistemas de refrigeración, calefacción, ventilación y aire acondicionado (RHVAC) son uno de los principales desafíos en esta generación (Adelekan et al. 2022).

Debido que en todos los sectores el uso de energía ha crecido de manera considerable durante los últimos años. En el 2020 los edificios por sí solos representaron el 38 % del consumo total de energía en la Unión Europea y el 40 % en Estados Unidos. Dentro de estas acciones, aproximadamente el 50% se consume en calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) (Dorokhova et al. 2020).

Se estima el aumento global de la temperatura en más de 0.5°C para el año 2100, si es que los equipos de aire acondicionado no tienen un desempeño adecuado (Institute HVACR 2019). En Estados Unidos se consume más de 100,000 dólares de energía cada año, siendo los equipos de iluminación, ventilación y refrigeración los que consumen la mayor cantidad de electricidad. También menciona que más de la mitad de la electricidad utilizada en las instalaciones de las universidades se destina específicamente a este rubro. (E-Source 2020).

Esta problemática viene afectando de manera global, debido principalmente al avance tecnológico y el cambio climático, es por eso que numerosos investigadores tomaron la iniciativa de realizar diversos estudios acerca de la detección de ocupación y los sistemas de control para automatizar operaciones HVAC inteligentes durante la última década (Lan et al. 2023). Una de las propuestas es el desarrollo de sofisticados algoritmos de detección de ocupación, como por ejemplo el uso de cámaras que pueden mejorar

significativamente la precisión del reconocimiento de ocupación (Aftab et al. 2017). Además, al implementar el reconocimiento de ocupación las redes neuronales pueden ir aprendiendo y adaptándose para mejorar su precisión (Sossa et al. 2022).

Actualmente se cuenta con modelos de aprendizaje profundo que están basados en cámaras y pueden predecir el número de ocupantes, las posiciones y las actividades con un rango de precisión del 80 % al 97 %, lo que mejora la velocidad de detección y no interfiere con el trabajo normal de los ocupantes. Una de ellas es la red neuronal convolucional (CNN) que es la tecnología de aprendizaje profundo más relacionada con la identificación de imágenes (Yang et al. 2023).

Las redes CNN representaron una gran alternativa potencial para gestionar el ahorro de energía y al dotarlos de un control HVAC inteligente mejoraron significativamente la forma en que se operan. Además, al automatizarse estos procesos HVAC han generado beneficios sustanciales en los costos y han resuelto importantes deficiencias (Dorokhova et al. 2020).

En las universidades el aire acondicionado está configurado para funcionar a una temperatura establecida aproximadamente de entre 20°C a 23°C y dejarlo en funcionamiento durante todo el día, independientemente de la cantidad de ocupantes que exista en el salón de clases o de las condiciones climáticas exteriores, esta continua práctica ha conllevado al aumento de costos operativos y al despilfarro de energía (Lan et al. 2023).

En el ámbito local la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, para la ejecución de su plan multianual de mantenimiento de infraestructura, maquinarias, equipamiento y mobiliario destinó para el mantenimiento de equipos de aire acondicionado y ductos de ventilación para los ambientes administrativos y académicos el monto de 106 100 soles anuales, para los años 2021 hasta el 2024 (UNAMAD 2021). Sin embargo, este costo refleja la importancia de implementar una gestión energética en estos equipos, ya que una parte significativa del presupuesto de la universidad se asocia con el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado.

Por esta razón la presente investigación propone una nueva estrategia de control de HVAC, especialmente en el funcionamiento automatizado de los

equipos de aire acondicionado utilizando visión artificial, así mismo, mediante el uso de un dispositivo de actuación como el servomotor, enciende y apaga el equipo de aire acondicionado de manera automática, para ello se trabajó específicamente con el algoritmo de detección de objetos en imágenes y videos YOLO v8n, el cual está basado en redes neuronales convolucionales (CNN), que con ayuda de una cámara se logró la detección de ocupación de los estudiantes dentro del aula en tiempo real con una alta precisión y detección, además se evidenció que esta implementación logró una gestión energética apropiada y se mantuvo el confort térmico en las aulas de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Lo mencionado anteriormente ha llevado a interrogarnos lo siguiente:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera la visión artificial influye en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿De qué manera la visión artificial incide en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD?
- b) ¿De qué manera la visión artificial incide en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD?
- c) ¿De qué manera la visión artificial incide en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD?
- d) ¿De qué manera la visión artificial incide en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar de qué manera la visión artificial influye en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

1.3.2. Objetivo Específico

- a) Determinar de qué manera la visión artificial influye en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.
- b) Determinar de qué manera la visión artificial influye en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.
- c) Determinar de qué manera la visión artificial influye en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.
- d) Determinar de qué manera la visión artificial influye en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

1.4. Variables de la investigación

1.4.1. Variable Independiente

Visión artificial.

1.4.2. Variable Dependiente

Gestión energética.

1.5. Operacionalización de variables

Variable Independiente: Visión artificial.

Dimensiones:

1. Rendimiento

Indicadores:

- Precisión
- Accuracy
- Recall
- F1-score

2. Robustez

Indicadores:

- Variación de la iluminación
- Velocidad de procesamiento

Variable Dependiente: Gestión energética

Dimensiones:

1. Control

Indicadores:

- Tiempo de funcionamiento
- Consumo

2. Automatización

Indicadores:

- Encendido y apagado automático
- Reducción de costos

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis General

H₀: Hipótesis Nula

La visión artificial no influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

H₁: Hipótesis Alterna

La visión artificial influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

1.6.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis Específica 1:

H₀: Hipótesis Nula

La visión artificial no influye significativamente en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

H₁: Hipótesis Alterna

La visión artificial influye significativamente en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

Hipótesis Específica 2:**H₀: Hipótesis Nula**

La visión artificial no influye significativamente en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

H₁: Hipótesis Alterna

La visión artificial influye significativamente en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

Hipótesis Específica 3:**H₀: Hipótesis Nula**

La visión artificial no influye significativamente en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

H₁: Hipótesis Alterna

La visión artificial influye significativamente en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

Hipótesis Específica 4:**H₀: Hipótesis Nula**

La visión artificial no influye significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

H₁: Hipótesis Alterna

La visión artificial influye significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

1.7. Justificación**1.7.1. Justificación teórica**

Esta investigación se realiza con el propósito de detectar en tiempo real la ocupación de personas dentro del salón de clases y ajustar el sistema de aire acondicionado de manera automática.

Existen varias tecnologías basadas en sensores, dentro de ellas encontramos:

- 1) Sensores de presencia: son capaces de detectar la presencia de personas en un área específica (Gutiérrez 2021). Pueden utilizar diferentes tecnologías, como infrarrojos pasivos (PIR), ultrasonidos o detección de movimiento para identificar la ocupación en cualquier área (Vega et al. 2014).
- 2) Sensores de ocupación basados en visión: se basan en la utilización de cámaras o sistemas de visión artificial para detectar la presencia de personas u objetos en un área determinada, estos sensores pueden analizar imágenes o videos capturados para identificar su ocupación. Pueden ser más precisos al distinguir entre personas y otros objetos, pero pueden requerir una infraestructura más compleja y un procesamiento más sofisticado (Alvear-Puertas et al. 2017).
- 3) Sensores de conteo de personas: utilizan tecnologías como el conteo de infrarrojos o la detección de movimiento para contar la cantidad de personas que ingresan o salen de un área (Sossa et al. 2022). Sin embargo, es posible que no proporcionen información específica sobre la ubicación exacta de los objetos o personas dentro del área.

La mejor tecnología que se empleó para esta investigación fue la detección de ocupación basado en visión, debido principalmente a:

- 1) Su mayor precisión en la detección, pues proporciona información precisa y detallada sobre la captura de las imágenes del área en específico.
- 2) Su capacidad de conteo, ya que realiza un conteo en tiempo real de manera precisa de las personas y objetos dentro del área.
- 3) Su versatilidad, porque permite aplicarse a diversos entornos, adaptando su configuración según las necesidades del lugar.
- 4) Es capaz de integrarse a plataformas IoT, lo que permite una mejor automatización y control en diferentes procesos.

1.7.2. Justificación práctica

El funcionamiento de los equipos de aire acondicionado tomando en cuenta la ocupación real del aula consiste en adaptar la operación del sistema del aire acondicionado de acuerdo con la cantidad de personas presentes en el salón en un momento dado. Esto se logra mediante la integración de visión artificial con una cámara de alta resolución la cual detecta si el salón de clases está vacío o con estudiantes, de esta manera se puede ajustar el sistema de aire acondicionado de la siguiente manera:

- Encendido o apagado automático: el sistema de visión artificial al determinar que no hay ninguna persona en el salón, apaga el equipo de aire acondicionado por completo de manera automática para evitar el consumo innecesario de energía e incluso este se enciende cuando se detecte ocupación dentro del aula.
- Esta implementación permite controlar el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de manera automática, el cual se ve reflejado no solo en la reducción de costos del consumo energético, sino que también contribuye a un consumo de energía más sostenible y responsable.

1.8. Consideraciones Éticas

La elaboración de esta investigación está apegada a la normativa de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, así como también cuenta con el conocimiento necesario y la aprobación de todos los involucrados en este estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Aliaga y Pariona (2022) en su proyecto de investigación crearon un algoritmo basado en visión artificial para identificar y reconocer los gestos corporales asociados a un asalto con arma de fuego en un establecimiento comercial. El tipo de investigación es aplicada y como parte de su metodología de desarrollo utilizaron el lenguaje de programación Python, el modelo de aprendizaje automático Tensor Flow y redes neuronales, una placa Raspberry Pi y una cámara. Los autores tuvieron como resultados una precisión del 89.01% y un rendimiento del 84.40%, llegaron a la conclusión de que el algoritmo basado en visión artificial cumplió con todos los objetivos propuestos y logra reconocer un asalto con arma de fuego en 9.87 segundos.

Apaza et al. (2022) en su tesis, compararon dos modelos, inteligencia y visión artificial, para ello tomaron como muestra una videograbación con 360 vehículos entre motocicletas, mototaxis, automóviles, camionetas, microbuses y vehículos pesados. De acuerdo con los autores se obtuvo un 95.60% de precisión con el modelo de inteligencia artificial y un 97.80% de precisión para el modelo de visión artificial. Se llegó a la conclusión de que en dicha investigación el modelo de visión artificial tuvo más precisión que el modelo de inteligencia artificial, sin embargo, este modelo al ser entrenado en mejores condiciones la falla de errores sería mínima y sería más eficiente que el modelo de visión artificial.

Monroy (2021) implementó en su proyecto de investigación un modelo de visión computacional para el prediagnóstico de la Enfermedad de Parkinson, la investigación es de tipo experimental, explicativo con un enfoque cuantitativo, utilizaron una muestra de 1800 imágenes de manuscritos las cuales fueron usadas para el procesarlas utilizando los algoritmos SIFT, SURF, ORB y HOG así como también el algoritmo Support Vector Machine, el cual es utilizado principalmente para tareas de clasificación, la autora tuvo como resultados un nivel del 99% de Accuracy o exactitud, 99% de Precisión, 99% de Recall, 98% de F1 Score y 98% de AUC. Se llegó a la conclusión de que la visión computacional fue una excelente alternativa para descubrir si se padecía de Parkinson mediante la escritura, ya que sólo existía la tomografía para diagnosticar esta enfermedad.

Gamonal (2020) desarrolló un sistema con visión artificial para clasificar las mandarinas de acuerdo a sus atributos. Para ello usaron PDI (método de procesamiento de imágenes), preprocesamiento y segmentación basada en regiones, como lenguaje de programación usaron MATLAB y Arduino para los indicadores de salida. De acuerdo con los resultados del autor, se obtuvo una precisión del 93.3% y la respuesta del algoritmo fue de 0.3 segundos para determinar el tipo de categoría al que pertenece cada mandarina.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Lan et al. (2023) en su investigación demostró un enfoque innovador para un sistema HVAC más inteligente y eficiente, para ello aplicaron visión artificial, YOLO para la detección de ocupantes dentro del aula y SimScale para la estimación del estado del confort térmico actual. Los autores tuvieron como resultado una precisión del 90% y un ahorro de energía de hasta un 30%. Llegaron a la conclusión de que un sistema HVAC inteligente proporciona una mejor calidad en el confort térmico además de una eficiencia en el ahorro energético.

Romon (2022) en su tesis desarrolló un sistema que clasifique imágenes de los satélites y escombros espaciales y luego identifique un desecho. Para la investigación utilizaron Machine Learning y redes neuronales

convolucionales, como parte del software utilizaron PyTorch, Fastai y Jupyter los cuales les proporcionan un entorno interactivo para trabajar con códigos y datos. Se obtuvo como resultados una exactitud del 93% y se alcanzó la precisión establecida del 75% en la clasificación de las imágenes. El autor llegó a la conclusión de que el modelo neuronal de la familia EfficientNet logró una mejor exactitud en la clasificación y detección de objetos.

Solis y Gruezo (2022) en su investigación describió cómo las diversas técnicas de inteligencia artificial contribuyen en la eficiencia del consumo de energía, para ello, por medio de la revisión de la literatura y bajo un enfoque cualitativo, han indicado que el control de energía y el monitoreo han constituido una parte esencial del sistema de gestión energética la cual al estar bajo influencia de las técnicas de inteligencia artificial y la implantación de los modelos de redes neuronales y sensores pueden automatizar la distribución y el consumo de energía, a su vez ser capaces de poder detectar el consumo en tiempo real, logrando que funcionen de una manera más eficiente en términos energéticos. Seruca (2021) en su proyecto de investigación desarrolló un sistema que sea capaz de detectar personas y mapear la ocupación del piso de una manera confiable y eficiente. Dicha investigación utilizó visión artificial para el reconocimiento, análisis y clasificación de los datos visuales, para el preentrenamiento de las imágenes utilizaron específicamente redes neuronales convolucionales y el algoritmo YOLO v1 junto con Single-Shot Detector para la detección eficiente de los objetos, Python y Java como lenguaje de programación, así como también, usaron sensores PIR, el cual les sirvió para monitorear la ocupación del asiento en función a su temperatura corporal, un Raspberry Pi 4 y una cámara angular que les permitió la recopilación de la información. El autor llegó a la conclusión que la solución basada en visión artificial utilizando las redes neuronales convolucionales en términos de funcionalidad fue valioso por su gran potencial y logró cumplir todos los requerimientos.

Acuña (2019) en su investigación académica implementó una aplicación que procesa las imágenes de manera automática para detectar e identificar a las personas en tiempo real. Para dicha investigación utilizaron visión artificial, machine learning y redes neuronales convolucionales, como herramientas de

desarrollo utilizaron la librería OpenCV, Matlab, la librería TensorFlow y como lenguaje de programación utilizaron Python, una base de datos Mongo DB, y la metodología de desarrollo que utilizaron fue la metodología Scrum. El autor alcanzó en sus resultados una tasa de detección de verdaderos positivos igual a 94%, precisión de 90% y exactitud de 91%. Concluyendo que las redes neuronales convolucionales son una gran alternativa para la clasificación de imágenes por sus diferentes funciones, además de brindar altas resoluciones en el procesamiento de las imágenes.

Nava et al. (2015) en su artículo científico desarrollaron e implementaron un software que administre la energía eléctrica a través de una red inalámbrica y se encargue de controlar la climatización e iluminación en una residencia. Para ello desarrollaron tres fases, la primera consistió en describir y administrar los procesos de la energía eléctrica haciendo referencia en el monitoreo del consumo energético, la identificación de las metas esperadas y el reporte que les permite controlar de manera continua la energía eléctrica. La segunda fase consistió en identificar las variables de los servicios que influyen en el consumo eléctrico como por ejemplo en el caso de la iluminación, influye la intensidad de luz y para el sistema de aire acondicionado influye el ciclo de trabajo, es decir los hemiciclos de encendido y apagado. Y por último la fase tres que consiste en la automatización de los procesos mediante el uso de sensores de presencia. Los autores llegaron a la conclusión de que hubo una disminución del 63% de consumo de energía eléctrica al aplicarse la automatización.

2.1.3. Antecedentes locales

Diaz y Vilcas (2022) en su investigación implementaron una aplicación móvil usando redes neuronales convolucionales para mejorar el proceso de detectar las enfermedades del mosaico, es una investigación aplicada, de tipo preexperimental, de nivel descriptivo, se tomó una muestra de 400 fotografías en la asociación “Unidos Tres Estrellas”, para ello utilizaron TensorFlow 2.0. Los autores concluyeron que sí existe una diferencia significativa en el pretest y post test, también se demostró que la exactitud del modelo es del 90%.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Visión Artificial

La visión artificial o como la llaman otros autores visión por computador, “se la define como la ciencia de programar un computador para procesar imágenes o videos e incluso entenderlos” (Alvear-Puertas et al., 2017, p. 247). También se explica que es “la transformación de datos desde un fotograma o video cámara en lo que puede ser una decisión o una nueva representación” (Bradski y Kaehler 2008, p. 2).

La visión artificial pertenece al “campo de la inteligencia artificial en el que se busca, a través de lenguajes de programación, que un computador sea capaz de identificar y realizar ciertas órdenes desde el reconocimiento de ciertas características de imágenes, imágenes completas o secuencias” (Ponce 2012, p. 1).

2.2.2. Elementos de un sistema de visión artificial

Un sistema de visión artificial está compuesto principalmente de:

1. Fuente de luz:

Es transcendental ya que debe garantizar condiciones uniformes e independientes de iluminación en el entorno, buscando optimizar la identificación de rasgos relevantes para aplicaciones específicas. Además la fuente de luz influye significativamente en los algoritmos de visión adaptados a estas condiciones (Fernández et al. 2006).

2. Sensor de Imagen:

Es el encargado de recopilar las propiedades del objeto, ya que son dispositivos que son sensibles a la luz y lo transforman a una señal eléctrica. Los sensores que son empleados comúnmente son CCD, dispositivos de acoplamiento de carga, esta señal eléctrica que es generada por fotodiodos se determina por la intensidad luminosa, su espectro y tiempo de integración (Fernández et al. 2006).

2.2.3. Métricas de la visión artificial

A medida que los modelos de visión artificial continúan evolucionando, es crucial evaluar su rendimiento de manera precisa y eficiente, para ello se proponen métricas claves que permiten evaluar el rendimiento de un modelo de visión artificial (Boesch 2023).

Matriz de confusión:

Permite visualizar los valores de las detecciones generadas por el algoritmo, las cuales son comparadas con los valores reales, esta matriz ayuda a evaluar cómo el modelo está acertando o equivocándose cuando identifica las instancias positivas y negativas, esto permite comprender el rendimiento del algoritmo (Wilber Milton 2021).

Tabla 1: Matriz de confusión

		Predicted Class	
		Positive	Negative
Real Class	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

Fuente: (Holgado-Apaza et al. 2023)

TP = Verdaderos Positivos

FP = Falsos Positivos

FN = Falsos Negativos

TN = Verdaderos Negativos

Precisión

Es una medida de rendimiento que cuantifica la precisión de un modelo al hacer predicciones positivas. Se define como la proporción de predicciones positivas verdaderas (instancias positivas identificadas correctamente) a la suma de positivos verdaderos y falsos positivos (instancias que fueron identificadas incorrectamente como positivas) (Romon 2022; Boesch 2023). Podemos concluir que la precisión se refiere que la métrica mide la proporción de predicciones positivas correctas, es decir, ayuda a evaluar qué tan bien

discrimina el modelo entre objetos relevantes e irrelevantes en las imágenes analizadas.

Fórmula para calcular la precisión:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Figura 1: Precisión

Fuente: Grandini et. al (2020), Holgado-Apaza et al. (2023)

Exactitud

Es una métrica de rendimiento fundamental utilizada en la evaluación del modelo de visión artificial. Se define como la proporción de predicciones correctas (tanto positivas verdaderas como negativas verdaderas) entre todas las instancias en un conjunto de datos dado. En otras palabras, mide el porcentaje de instancias que el modelo ha clasificado correctamente, considerando tanto clases positivas como negativas. Una alta exactitud indica que el modelo es capaz de realizar predicciones correctas en general, tanto para las muestras positivas como para las muestras negativas (Boesch 2023; Grandini et. al 2020).

Fórmula:

$$Precision = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Figura 2: Exactitud o Accuracy

Fuente: (Grandini et. al, 2020)

Recall

Es la fracción de elementos verdaderamente positivos dividida por el número total de unidades clasificadas positivamente. En particular, los falsos negativos son los elementos que el modelo ha etiquetado como negativos, pero que en realidad son positivos. El recall es importante en caso de surgir problemas graves con la detección, pues se encarga de medir la capacidad del modelo para identificar correctamente todos los casos positivos en un conjunto de datos (Grandini et. al 2020; Boesch 2023)

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Figura 3: Recall

Fuente: (Grandini et. al 2020)

F1 – Score

Se describe como la media armónica de la precisión y el recall de un modelo de clasificación. Las dos métricas contribuyen por igual a la puntuación, lo que garantiza que la métrica F1 indique correctamente la confiabilidad de un modelo. La puntuación F1 oscila entre 0 y 1, donde 0 indica el resultado más bajo posible y 1 indica un resultado impecable, lo que significa que el modelo predijo con precisión cada etiqueta.

Fórmula:

$$F1 = \frac{2 * precision * recall}{precision + recall}$$

Figura 4: F1 - Score

Fuente: (Wilber Milton 2021)

mAP50

Es una popular métrica que sirve para medir la precisión de detectores de objetos, es utilizada para medir el rendimiento de un modelo que se centra en tareas de detección de objetos y la recuperación de información en imágenes (Ahmed 2023). La precisión promedio calcula el valor de precisión promedio para el valor de recuperación de más de 0 a 1 (Hui 2018). El mAP aprovecha las siguientes submétricas: matriz de confusión, Intersección sobre Unión (IoU), precisión, recall.

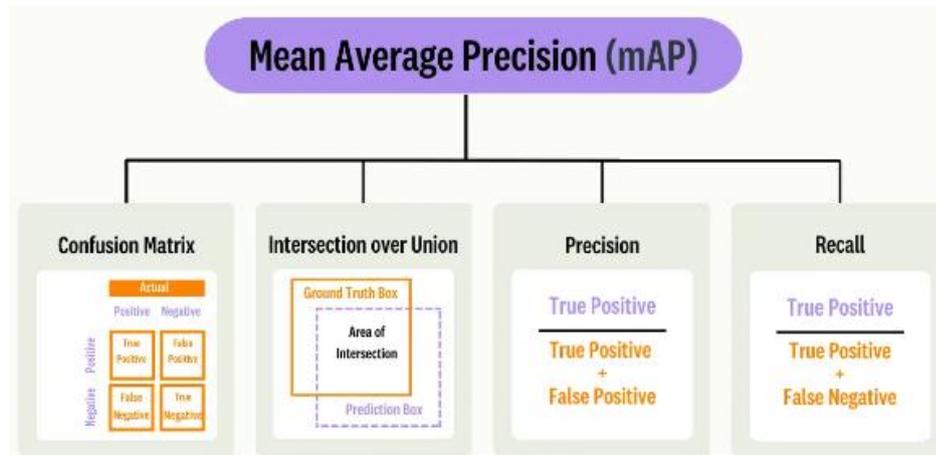


Figura 5: mAP
Fuente: (Ahmed 2023)

IoU (Intersección sobre unión)

IoU mide la superposición entre 2 límites, es decir, la métrica IoU evalúa la exactitud de una predicción, usamos eso para medir cuánto se superpone nuestro límite predicho con la verdad fundamental (el límite del objeto real). En algunos conjuntos de datos, predefinimos un umbral de IoU (por ejemplo, 0,5) para clasificar si la predicción es un verdadero positivo o un falso positivo (Ahmed 2023; Hui 2018).

Por otro lado, también se debe tener en cuenta a la robustez ya que se refiere a la capacidad de un modelo de visión artificial para mantenerse constante y efectivo en la presencia de variaciones en los datos de prueba, como por ejemplo, cambios en la iluminación, posición de la cámara, cambios en la habitación, rotaciones, deformaciones, ruido o cualquier otra transformación que pueda ocurrir en el mundo real (Drenkow et al. 2022; Loaiza et al. 2012).

2.2.4. Técnicas del procesamiento de imágenes

La visión artificial consta de 4 fases en el proceso de funcionamiento al determinar una imagen las cuales son: adquisición, procesamiento, segmentación y clasificación (Ponce 2012).

Fase de adquisición de la imagen: es la captura y digitalización de la imagen de lo físico a lo digital, consta de:

- a) El proceso de formación de imágenes: es un proceso en el cual la información es proyectado en un plano bidimensional, como una imagen digital, para ello se utilizan las cámaras digitales.
- b) Representación de imágenes digitales: hace referencia a la estructura de la imagen en forma bidimensional (0, 1) formando una especie de mosaico en la imagen de manera individual.
 - Imagen binaria: Si el bit es 0, es de color negro. Si el bit es 1, es color blanco (Gómez y Guerrero 2016).
 - Imagen en escala de grises: se representa utilizando 1 píxel que equivale a 1 byte, posibilitando 256 tonalidades de color gris. Desde 0, que representa el color negro, hasta 255, que representa al color blanco (Gómez y Guerrero 2016).
 - Imagen a color: en cada celda de la matriz se representa 1 píxel, el cual está representado por 3 bytes, cuyos colores son rojo, verde y azul, teniéndose en total 16.7 millones de posibles colores al realizarse la combinación (Gómez y Guerrero 2016).

Procesamiento: se elimina lo no deseado y resalta lo interesante de la imagen mediante filtros y transformaciones geométricas (Ponce 2012). Las principales operaciones para procesar una imagen son:

- a) Operaciones aritmético-lógicas: representan las operaciones más comunes que se aplican a una imagen, ya que examina los valores pixel por pixel y se van ajustando de acuerdo a la operación, podemos encontrar: la conjunción, disyunción, negación, suma, resta, multiplicación, división (Ponce 2012).
- b) Operaciones geométricas: se usan para modificar la posición de la imagen, las más frecuentes son la rotación, traslación y el escalado (Ponce 2012).
- c) Operaciones sobre el histograma: se encargan de cambiar el contraste y la luminosidad en una imagen. Brindan imágenes en blanco y negro

con 256 tipos de intensidad. Las operaciones más comunes son: Ajuste de contraste y ecualización del histograma (Ponce 2012).

- d) Filtrado en el dominio de frecuencia: la imagen es sometida a un proceso de filtración al aplicarle la transformación de Fourier. Cuenta con variedad de ventajas como “ser métodos sencillos de implementar, ser rápidos debido al uso del teorema de convolución, fácil asociación de concepto entre tonalidad y frecuencia; y proporcionar mucha flexibilidad en el diseño de soluciones” (Ponce 2012, p. 14). Los filtros más utilizados son: Filtro pasa altos, filtro pasa bajos y filtro pasa banda

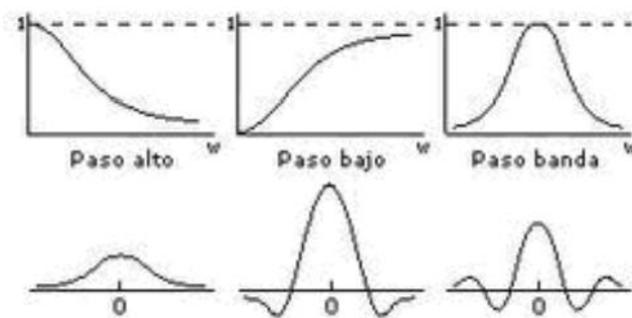


Figura 6: Tipos de filtros en el dominio de la frecuencia

Fuente: (Ponce 2012)

Segmentación: implica separar los elementos relevantes de una escena para entenderla. La segmentación de una imagen cuenta con atributos que son: “la luminancia en imágenes monocromáticas, los componentes de color en imágenes en color, textura, forma, etc.” (La Serna y Román 2006, p. 11).

Los algoritmos que se utilizan para segmentar las imágenes monocromáticas generalmente se basan en dos propiedades fundamentales: discontinuidad y similitud. En la estrategia basada en discontinuidad consiste en dividir la imagen en los cambios abruptos en los niveles de gris. Los más importantes son: a) la detección de los puntos aislados, b) la detección de las líneas c) la detección de los bordes de una imagen. En la estrategia de similitud, se centra en la regularidad de los valores del nivel de gris, cuyos principales técnicas están basados en a) umbralización, b) crecimiento de la región, y c) división y fusión de las regiones (Woods y E. 1996).

Reconocimiento o clasificación. Se busca diferenciar los objetos segmentados mediante el análisis de características establecidas

previamente. Como primera fase se tiene en el reconocimiento la adquisición de datos, luego la extracción de características compleja y finalmente la toma de decisiones. Estos proceso deben asignar a cada uno de los objetos su categoría o clave al sistema de reconocimiento para que las diferencien de los demás (Ponce 2012).

2.2.5. Red Neuronal Convolutional

Las redes convolutivas son las redes neuronales artificiales que se utilizan habitualmente para resolver múltiples problemas prácticos que requieren procesar imágenes (Berzal 2018).

Las redes convolucionales son ideales para aprovechar las características bidimensionales de los píxeles de una imagen. En las imágenes, las conexiones entre píxeles son relevantes y las redes convolucionales las utilizan para lograr resultados que una red multicapa tradicional no podría obtener. Además de ser útiles para imágenes, también han sido exitosamente utilizados en aplicaciones que trabajan con otras señales, cómo reconocimiento de voz (Berzal 2018).

La convolución es una operación matemática que se aplica a dos funciones para generar una tercera función que normalmente se interpreta como una versión alterada de una de las funciones originales. La convolución de las funciones f y g se define como la integral del producto de las funciones después de reflejar y desplazar una de ellas. La convolución se denota con un asterisco $*$ o una estrella \star (Berzal 2018).

$$(f \star g)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} f(t - \tau)g(\tau) d\tau$$

Figura 7: Convolución de las funciones f y g

Fuente: (Berzal 2018)

En procesamiento digital de señales, cuando utilizamos señales discretas, la integral anterior se convierte en una sumatoria:

$$(f \star g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m] g[n - m] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[n - m] g[m]$$

Figura 8: Sumatoria de la integral

Fuente: (Berzal 2018)

2.2.6. Raspberry Pi

La Raspberry Pi es un ordenador de reducido costo con una dimensión compacta, del tamaño de una credit card. Puede conectarse a una pantalla de computador o a una televisión, además de utilizarse con un mouse y un teclado estándar. Se ejecuta con el sistema operativo Linux el cual es capaz de permitir que personas de diferentes edades puedan explorar y aprender computación y lenguajes de programación como Python y Scratch. Es capaz de hacer la mayoría de las tareas típicas de un computador de escritorio, como por ejemplo: navegar por internet, reproducir videos con una alta resolución, etc.

Adicionalmente la versatilidad del Raspberry Pi permite que se pueda interactuar con el mundo exterior, es decir que pueda ser empleada en una amplia gama de proyectos digitales (Raspberry Pi 2020).

Raspberry Pi fue lanzada en el año 2012 gracias a la Raspberry Pi Foundation cuyo propósito original fue promover y enseñar conceptos fundamentales de las ciencias básicas de la informática en diversas escuelas y universidades del Reino Unido. Inicialmente lanzaron dos modelos, el Modelo A y el Modelo B. Los cuales se hicieron populares debido a su precio, versatilidad y facilidad de adaptación en diversos proyectos, sin embargo, es ampliamente apreciado por los programadores debido a que es un software libre (Raspberry Pi 2020).

El modelo Raspberry Pi 4 se lanzó en junio de 2019, cuenta con un procesador ARM Cortex-A72 de cuatro núcleos de 64 bits, se alimenta a través de un puerto USB-C, lo que ha permitido proporcionar energía a sus periféricos posteriores, usando una fuente de alimentación adecuada. Funciona con 5 voltios y no con 9 o 12 voltios como otros miniordenadores de esta clase,

aparecieron modelos Pi 4 B con el Broadcom BCM2711 C0 mejorado . El fabricante utiliza ahora este chip para Pi 4 B y Pi 400. El Raspberry Pi 4 demostró tener tres veces el rendimiento de una Raspberry Pi 3 (Raspberry Pi 2020).

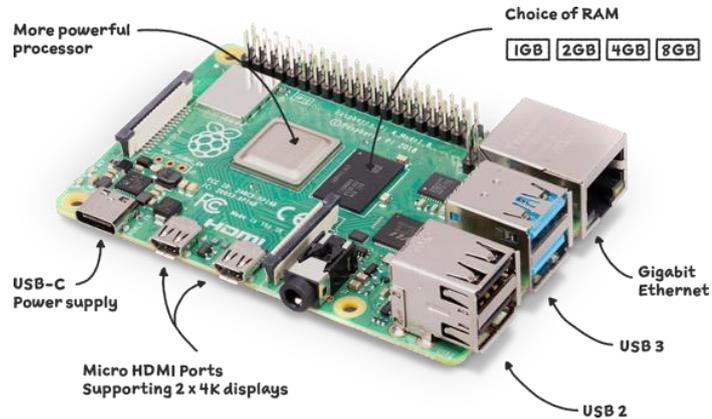


Figura 9: Raspberry Pi 4

Fuente: Raspberry Pi (2020)

2.2.7. Python

Python es un lenguaje de programación popular y de alto nivel, creado por Guido Van Rossum, fue lanzado el 20 de febrero de 1991 y es mantenido por Python Software Foundation una organización sin fines de lucro, la cual está organizada por una comunidad que se dedica a desarrollar, mejorar y popularizar el lenguaje Python. Una de las características que hacen único este lenguaje de programación es que es gratuito, abierto y multiplataforma, pues es fácil de obtener, instalar e implementar (Python Institute 2020).

El diseño lógico del código se centra en hacerlo fácil de leer, y su sintaxis permite a los programadores expresar ideas en menos líneas. El lenguaje ofrece estructuras para facilitar la creación de programas claros en diferentes tamaños. Otra característica clave de Python es la resolución dinámica de nombres, que conecta métodos y variables durante la ejecución del programa (Tulchak y Marchuk 2012).

2.2.8. OpenCV

Es una librería de tratamiento de imágenes, destinada principalmente a aplicaciones de visión por computador en tiempo real (Igual y Medrano 2008). La biblioteca tiene más de 2.500 algoritmos mejorados, incluyendo algoritmos clásicos y avanzados de aprendizaje automático y visión por ordenador. Estos algoritmos se usan para detectar y reconocer rostros, objetos, acciones humanas en videos, seguir los movimientos de la cámara, rastrear objetos en movimiento, crear modelos 3D de objetos, generar nubes de puntos 3D con cámaras estereoscópicas, combinar imágenes para obtener una imagen de alta resolución de una escena completa, encontrar imágenes similares en una base de datos de imágenes, eliminar el efecto de ojos rojos en fotos con flash, seguir los movimientos de los ojos, reconocer paisajes y establecer marcadores para agregar realidad aumentada (OpenCV, sf).

2.2.9. YOLO

YOLO (Solo miras una vez) es un sistema de detección de objetos en tiempo real (Yawar 2023). La estructura de YOLO es sencilla, puede generar directamente la posición y la categoría del cuadro delimitador a través de la red neuronal (Jiang et al. 2022).

A diferencia de los demás modelos como se observa en la figura 5, YOLO tiene alta exactitud y velocidad en la detección de objetos.

Tabla 2: Comparación de los modelos

Nombre del modelo	Accuracy	Velocidad
Haar Cascades	Bajo	Alto
Histogramas de gradientes orientados (HOGs)	Bajo	Alto
SSD MobileNet V1	Alto	Bajo
Faster RCNN Inception v2	Alto	Bajo
RCNN NasNet	Muy alto	Muy bajo
Yolo	Alto	Alto

Fuente: (Yawar, 2023)

Versiones de YOLO

YOLO Versión 3 TINY

YOLO v3 Tiny es utilizada para la detección en tiempo real, con una profundidad reducida de la capa convolucional. Fue propuesto por Joseph Redmon y se caracteriza porque su velocidad aumenta significativamente (aproximadamente un 442 % más rápido que sus variantes anteriores), sin embargo, la precisión de la detección se reduce, debido a que es una versión más pequeña que su hermano mayor. YOLO v3-Tiny cuenta con 7 capas de convolución con núcleos de 1 x 1. Tiny YOLO V3 divide la imagen de entrada en N X N cuadrículas y realiza predicciones a los cuadros delimitadores dentro de cada celda de la cuadrícula para detectar el objetivo (Gai et al. 2021).

Es adecuado para dispositivos integrados de visión por computadora y/o aprendizaje profundo como Raspberry Pi, Google Coral, NVIDIA, Jetson Nano o computadoras con CPU donde su tarea requiera de una tasa de FPS (Frames Per Second) más alta (PyLessons 2020).

YOLO Versión 4 TINY

Es una versión pequeña de YOLO V4 la cual fue diseñada para entrenar en máquinas que tienen menos CPU. El peso del modelo es de 16 megabytes. Se usa la versión Tiny para un entrenamiento y detección más rápida. Este modelo tiene solo dos cabezas YOLO en comparación con YOLO V4, el cual tiene tres, YOLO V4 Tiny ha sido entrenado a partir de 29 capas convolucionales previamente entrenadas, el FPS en esta versión es aproximadamente ocho veces mayor que el de YOLO V4. Sin embargo, su precisión es dos tercios de la YOLO V4, la cual la hace la mejor opción para la detección de objetos en tiempo real, debido a su velocidad (Fischer 2021).

YOLO Versión 7

En julio de 2022, un grupo de investigadores lanzó el modelo de código abierto YOLOv7 , el detector de objetos más rápido y preciso con un mAP del 56,8% a FPS que oscila entre 5 y 160 (Boesch 2024).

YOLO Versión 8

YOLOv8 es el modelo más reciente de la serie de algoritmos YOLO, la familia más conocida de modelos de detección y clasificación de objetos en el campo de la visión por computadora. La última versión de YOLO lanzada en enero de 2023. Al igual que v5 y v6, YOLOv8 cuenta con una mayor precisión y velocidad. YOLOv8 cuenta con cinco variantes según la cantidad de parámetros: nano(n), pequeño(s), mediano(m), grande(l) y extra grande(x). Puede utilizar todas las variantes para clasificación, detección de objetos y segmentación (Boesch 2024).

2.2.10. DataSet

El término DataSet se refiere a un archivo que contiene uno o más registros . El registro es la unidad básica de información utilizada por un programa que se ejecuta en z/OS. Los DataSet pueden contener información, como registros médicos o registros de seguros, para que los utilice un programa que se ejecuta en el sistema. Los DataSet también son utilizados para el almacenamiento de la información que necesitan las aplicaciones, como por ejemplo programas fuente, bibliotecas de macros o variables o parámetros del sistema. Para DataSet que contienen texto legible, puede imprimirlos o mostrarlos en una consola (muchos conjuntos de ~~datos~~ contienen módulos de carga u otros datos binarios que no son realmente imprimibles). Los DataSet se pueden catalogar , lo que permite hacer referencia al conjunto de datos por su nombre sin especificar dónde se almacena (IBM 2010).

Se necesitan volúmenes masivos de datos para adiestrar algoritmos de machine learning. Después de la primera fase de entrenamiento, se emplean más conjuntos de datos para comprobar el sobreajuste y evaluar la capacidad del modelo para interpretar nuevos datos de manera precisa. Los conjuntos de datos para entrenar algoritmos de aprendizaje automático pueden crearse internamente o adquirirse de un repositorio de conjuntos de datos. Si no hay grandes conjuntos de datos disponibles, los científicos de datos pueden usar conjuntos de datos más pequeños producidos por muestreo aleatorio (Rouse 2023).

2.2.11. Gestión energética

La gestión energética “establece un conjunto de requisitos para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y con la mayor eficacia” (Cañizares et al. 2014, et al. 19).

También “implica monitoreo, control, registro, evaluación y acción correctiva continua sobre los equipos, áreas, procesos y personal clave, para reducir los consumos y gastos energéticos” (Borroto et al. 2005, p. 67).

Se hace mención también que la gestión energética “se refiere a reducir la cantidad de energía que se utiliza para generar un bien o un servicio, sin afectar la calidad de los productos, el confort de los usuarios ni la seguridad de las personas y bienes” (De Laire et al. 2017, p. 8). Esta disminución del consumo energético se puede atribuir a la incorporación de tecnologías recientes, o por optimizar los procesos, como por ejemplo, la automatización de operaciones con alta incertidumbre, ya que pueden requerir cambios adicionales, y estas a mediano plazo se ven compensadas por la disminución relacionado a los costos (De Laire et al. 2017).

También se indica que el control en la demanda máxima y el consumo energético ya sea manual o automatizado, permite reducir los costos asociados al consumo, “un control efectivo posibilita además, determinar políticas óptimas de inversión en el sistema eléctrico, de forma que garantiza mayor seguridad y calidad del suministro” (Vasconcellos et al. 2017, p. 390).

De igual manera se ha hecho énfasis que la automatización en la gestión eléctrica consiste en hacer uso de la tecnología informática para ahorrar mano de obra y recursos materiales de manera efectiva (Chen et al. 2021).

En la guía para la gestión de energía o en sus siglas en inglés Guide to Energy Management de Capehart et al. (2012) indica que para lograr ahorros en relación a los costos de la energía los sistemas de automatización son una de las más poderosas tecnologías ya que permiten medir, monitorear y maximizar el ahorro energético, así como también proveer las acciones necesarias para la determinación de las metas en cuanto al objetivo deseado del consumo de energía y los reportes generados (Nava et al. 2015).

Principales objetivos de la gestión de la energía según la Norma ISO 50001

- Brindar apoyo a las organizaciones en la adopción de prácticas del uso y el consumo energético.
- Facilitar de manera clara y transparente la comunicación en relación con los recursos energéticos.
- Implementar las mejores prácticas de gestión energética y reforzar las ventajas con su aplicación administrativa.
- Apoyar y priorizar la evaluación en la implementación de eficientes tecnologías en referencia al uso energético.
- Establecer un propicio escenario para promocionar la eficiencia energética en toda la cadena de suministro.
- Mejorar la gestión energética en relación con proyectos que se encarguen de reducir los gases que provoca el efecto invernadero.
- Integrarse con otros sistemas acerca de gestión organizacional, como el de calidad, medioambiental y salud y seguridad (Nava et al. 2015).

2.2.12. Aires acondicionados

El aire acondicionado tiene la función de acondicionamiento del aire, es decir consiste en “consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza” en un local cerrado (Ramirez 2013, p. 4).

El aire acondicionado tiene la misión de realizar funciones determinadas que proporcionen confort térmico en el interior de una determinada área, por lo cual debe seguir procesos básicos como: controlar la temperatura y humedad, ventilación y calidad del aire, filtración, circulación, además también indica que estos procesos deben realizarse de manera automática, si generar ruidos y procurar el menor consumo energético para evitar producir contaminación ambiental (Quadri 2001).

2.2.13. Metodología de desarrollo

Metodología SCRUM

Es una metodología ágil muy popular, se caracteriza porque tiene un enfoque iterativo, adaptativo, flexible, rápido y eficaz, SCRUM está diseñado para proporcionar un significativo valor a lo largo del proyecto de manera rápida y se enfoca principalmente en la transparencia y comunicación que se establece en su entorno a través de un proceso continuo. De acuerdo con la Guía SBOK la fortaleza de SCRUM que es clave radica en la utilización de equipos que son auto organizados y multifuncionales, lo que permite dividir el trabajo en ciclos cortos y concentrados, a los cuales se les conoce como Sprint (SCRUMstudy 2013).

Principales ventajas:

1. **ADAPTABILIDAD:** gracias al control del proceso empírico y sus entregas iterativas, permite a los proyectos ser flexibles a los cambios.
2. **TRANSPARENCIA:** se fomenta a través de la compartición de información lo que permite crear un entorno de trabajo abierto.
3. **RETROALIMENTACIÓN CONTINUA:** se logra mediante prácticas como realizar Stand Up diarios, demostrar y validar los sprints.
4. **MEJORA CONTINUA:** los entregables han evolucionado lo que permitió mejorarlos progresivamente.
5. **ENTREGA CONTINUA DE VALOR:** Permite entregar al cliente entregas continuas de valor mediante el proceso Ship Deliverable.
6. **RITMO SOSTENIBLE:** permite que las personas que están involucradas en el proceso trabajen a un ritmo cómodo y sostenible.
7. **ENTREGA ANTICIPADA DE ALTO VALOR:** permite que se realicen las entregas de acuerdo con las necesidades del cliente.
8. **PROCESO DE DESARROLLO EFICIENTE:** para conducir niveles suficientes de eficiencia se debe gestionar el tiempo y la minimización del trabajo que no es esencial.
9. **MOTIVACIÓN:** el realizar reuniones diarias con sus retrospectivas del Sprint contribuye a niveles más altos de motivación.

10. RESOLUCION DE PROBLEMAS DE FORMA MAS RÁPIDA: para la resolución de los problemas con rapidez es necesario la colocación de equipos multifuncionales.
11. ENTREGABLES EFECTIVOS: para asegurar las entregas de manera más efectivas para los clientes es necesario crear una lista de los pendientes del producto o realizar revisiones periódicas.
12. CENTRADO EN EL CLIENTE: se debe poner énfasis en el valor del negocio y establecer un enfoque colaborativo con todos los stakeholders, ello asegura un marco que esté orientado en el cliente.
13. ENTORNO DE ALTA CONFIANZA: al realizarse reuniones diarias se promueve la transparencia y colaboración, lo que permite crear un ambiente de trabajo de alta confianza.
14. RESPONSABILIDAD COLECTIVA: las historias de los usuarios han permitido que el equipo comparta su responsabilidad del proyecto generando mayor calidad de resultados.
15. ALTA VELOCIDAD: permite que los equipos multifuncionales alcancen el máximo potencial y se trabaje a una velocidad significativa
16. MEDIO AMBIENTE INNOVADOR: al fomentar una atmósfera de aprendizaje, autoevaluación y adaptación contribuye a la creación de un entorno creativo e innovador (SCRUMstudy 2013).

ROLES EN SCRUM

De acuerdo con la guía SBOK la metodología SCRUM se divide en dos categorías:

Roles Principales: son aquellos que son necesarios para llevar a cabo el proyecto, ya que son los responsables de éxito de cada Sprint, comprenden:

- a) **Product Owner:** es el responsable del valor del proyecto, ya que se encarga de los requisitos necesarios del cliente y la justificación del proyecto, es decir actúa como la voz del cliente.
- b) **Scrum Máster:** facilita un entorno propicio al equipo Scrum para poder llevar con éxito el desarrollo del proyecto. Se encarga principalmente de proporcionar y enseñar las prácticas de Scrum a todos los participantes del proyecto.

- c) **Equipo Scrum:** son los responsables de los requerimientos del proyecto las cuales fueron detallados por el Product Owner, como por ejemplo las historias de usuarios, las creaciones finales de los entregables, etc.

Roles No Esenciales: no son necesarios obligatoriamente para el proyecto ni pueden estar involucrados, sin embargo desempeñan un rol importante:

- a) **Stakeholders:** son los que se encargan de facilitar la creación del proyecto y aportan en las diferentes revisiones de los Sprints.
- b) **Vendedores:** son los encargados de satisfacer las necesidades externas que no están dentro de la organización del proyecto.
- c) **Cuerpo de asesoramiento de Scrum:** es opcional, generalmente son los que se encargan de la calidad, seguridad, las regulaciones, etc. (SCRUMstudy 2013).

ELEMENTOS DE LA METODOLOGIA SCRUM

1. **Product Backlog:** representa una lista ordenada y dinámica permitiendo mejorar el trabajo, ya que este proceso es continuo y busca agregar detalles como prioridades, tamaños, descripciones, etc.
- a. **Historias de usuarios:** viene a ser la descripción de cada una de las funcionalidades que va a tener el software. Están compuestas por:
- ID,
 - Título,
 - Descripción,
 - La estimación, es decir el tiempo teórico que se evaluó al comienzo del proyecto,
 - La prioridad, se refiere a la preponderancia que se da a la historia con respecto a las demás historias, M (Must), S (Should) C (Could) W (Would).
 - Dependencias: indica qué tareas dependen de otras para llevarse a cabo.

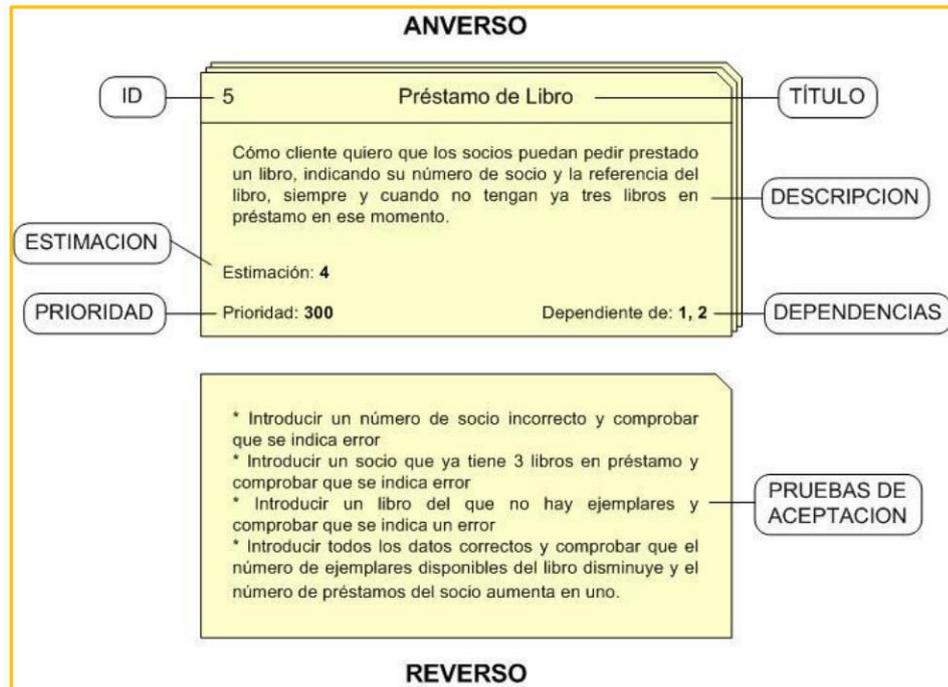


Figura 10: Ejemplo de historia de usuario

Fuente: (Schwaber y Sutherland 2020)

2. **Sprint Backlog:** es una planificación que representa de manera visual y en tiempo real las tareas que se han previsto llevar a cabo durante el Sprint para alcanzar el objetivo.
3. **Increment:** es un avance concreto que permite llegar al objetivo, los cuales son examinados de manera minuciosa asegurándose que todos los incrementos funcionen de manera conjunta (Schwaber y Sutherland 2020).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Detección de objetos

La detección de objetos se puede considerar como parte de la visión artificial que se ocupa de detectar objetos (como humanos, perros y automóviles) en imágenes o videos digitales. Se usa ampliamente en varias tareas, por ejemplo, anotación de imágenes, seguimiento de objetos, reconocimiento facial, etc. La detección de objetos es un desafío y se utilizan múltiples algoritmos para realizar esta tarea. La detección humana es un subcampo de la detección de objetos. Un sistema de detección de objetos que puede

identificar humanos en una imagen se denomina sistema de detección humana (Yawar 2023).

2.3.2. DEBIAN

Es un sistema operativo libre y de código abierto basado en GNU / LINUX, se caracteriza principalmente por su alta estabilidad, una gestión de paquetes ATP lo que permite que la instalación, actualización y eliminación del software sea eficiente, es compatible con una variedad de arquitecturas haciéndolo versátil y adecuado para los dispositivos (DEBIAN 2023).

2.3.3. Cámara web

Es un periférico de entrada de video el cual está diseñado para capturar imágenes mediante un dispositivo electrónico, es comúnmente usado para transmisiones en tiempo real, grabación de videos, etc (Alegsa 2023).

2.3.4. Segmentación de imágenes

La segmentación tiene la función de subdividir una imagen en partes u objetos, con la finalidad de separar las partes con mayor interés del resto de la imagen, la cual permite resolver los problemas que se presenten (Ponce 2012).

2.3.5. Imagen

La imagen es una representación visual conformada por tres elementos principales: la elección de la percepción de la realidad, el concepto a representar; los aspectos formales que facilitan la representación gráfica del concepto; y la estructura visual, que combina los elementos formales para cumplir una función específica en relación con el texto al que pertenece la imagen (Valverde 2001).

2.3.6. Píxel

Es la unidad básica de color programable en una pantalla de computadora o en una imagen de computadora. Piense en ello como una unidad lógica, en lugar de física. Los píxeles son la unidad más pequeña en una pantalla digital. Hasta millones de píxeles componen una imagen o video en la pantalla de un

dispositivo. Cada píxel comprende un subpíxel que emite un color rojo, verde y azul (RGB), que se muestra en diferentes intensidades. Los componentes de color RGB conforman la gama de diferentes colores que aparecen en una pantalla o monitor de computadora (Gillis 2022).

2.3.7. Sistema en Tiempo Real

Un Sistema en Tiempo Real, se define como: Cualquier sistema en el que el momento en que se produce la producción es significativo. Esto suele deberse a que la entrada corresponde a algún movimiento en el mundo físico y la salida tiene que estar relacionada con ese mismo movimiento. El desfase entre el tiempo de entrada y el de salida debe ser lo suficientemente pequeño para que la puntualidad sea aceptable (Burns y Wellings 2009)

2.3.8. Servomotor

Un servomotor es un tipo de dispositivo actuador con la capacidad de colocarse en diferentes posiciones dentro de un rango establecido y realizar movimientos que son precisos ya que, responden a las señales que son enviadas a través de un dispositivo de control o un sistema de automatización (Velásquez et al. 2014).

2.3.9. Google Colab

Facilita a cualquier usuario la escritura y la ejecución de código de Python en el navegador web. Lo que permite realizar las tareas de aprendizaje automático, análisis de datos y educación de manera adecuada (Google 2023).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio

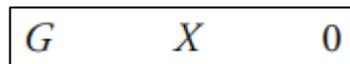
La investigación es de tipo Aplicada, ya que “se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un sector de la realidad” (Carrasco 2006, p. 43).

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, donde el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (Sampieri et al., 2014).

3.2. Diseño del estudio

La investigación es de diseño preexperimental, “se les denomina preexperimental a aquellas investigaciones en la que su grado de control es mínimo” (Carrasco 2006, p. 63)

Este diseño se diagrama de la siguiente manera



Asimismo, se aplicó como tipo de diseño la preprueba / posprueba, ya que se evalúa el nivel tenía el grupo en las variables dependientes antes del estímulo y después de este; es decir, hay un seguimiento del grupo (Sampieri et al., 2014)

Su diagrama es el siguiente:



O₁: Pre-prueba.

X: Tratamiento.

O₂: Post-prueba

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población es el conjunto completo de un fenómeno particular que necesita ser medido para un estudio específico, y debe poseer cierta característica que represente la totalidad del fenómeno investigado (Tamayo 2004)..

La investigación estuvo conformada por todos los datos recopilados en tiempo real de la detección de personas del aula 202, 203 y 204 de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por todos los datos recopilados de detección de personas en el aula 202, 203 y 204 de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, la cual se llevó a cabo durante diez días de manera continua, para ello se tomaron los datos en tiempo real durante cada minuto durante cada turno: mañana y tarde.

Se define la muestra como un subgrupo de la población o universo, se utiliza por economía de tiempo y recursos, ya que se requiere delimitar la población para generalizar resultados y establecer parámetros (Sampieri et al. 2014).

3.3.3. Muestreo

El muestreo es de tipo censal, se define al muestreo censal como la inclusión de todos los casos de la población (Sampieri et al. 2014).

3.4. Métodos y técnicas

3.4.1. Método

Cómo método de estudio se utilizó la observación, la cual es definida como el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer; es decir, es captar de la manera más objetiva posible, lo que ocurre en el mundo real, ya sea para describirlo, analizarlo o explicarlo desde una perspectiva científica (Campos y Lule 2012).

3.4.2. Técnica

Como técnica para la recolección de los datos se usó la ficha de observación la cual es definida como el investigador quiere medir, analizar o evaluar un objetivo en específico; es decir, obtener información de dicho objeto (Arias 2020).

3.5. Tratamiento de los datos

Para la elaboración del prototipo, se empezó por la preparación del Dataset seguidamente se pasa al etiquetado manual de las imágenes para indicar la presencia de estudiantes en el área, luego se realiza la conversión de etiquetas al formato YOLO y a la creación de la estructura de carpetas, se realizan las configuraciones correspondientes y finalmente se inicia el entrenamiento del modelo YOLO utilizando el conjunto de datos preparado. Una vez finalizado el proceso de entrenamiento genera un archivo que representa el modelo entrenado.

Una vez culminado el entrenamiento y puesto en práctica se pasa a la evaluación del rendimiento y la robustez del modelo, para ello se utilizó las métricas de exactitud, precisión, recall y f1-score. Así mismo también se aplicó las fichas de observación para el control del aire acondicionado antes y después de la implementación.



Ilustración 1: Tratamiento de datos

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

Para la variable independiente: VISIÓN ARTIFICIAL

4.1.1. Dimensión 01: RENDIMIENTO

Para evaluar el rendimiento del modelo de visión artificial se tuvo en cuenta la matriz de confusión:

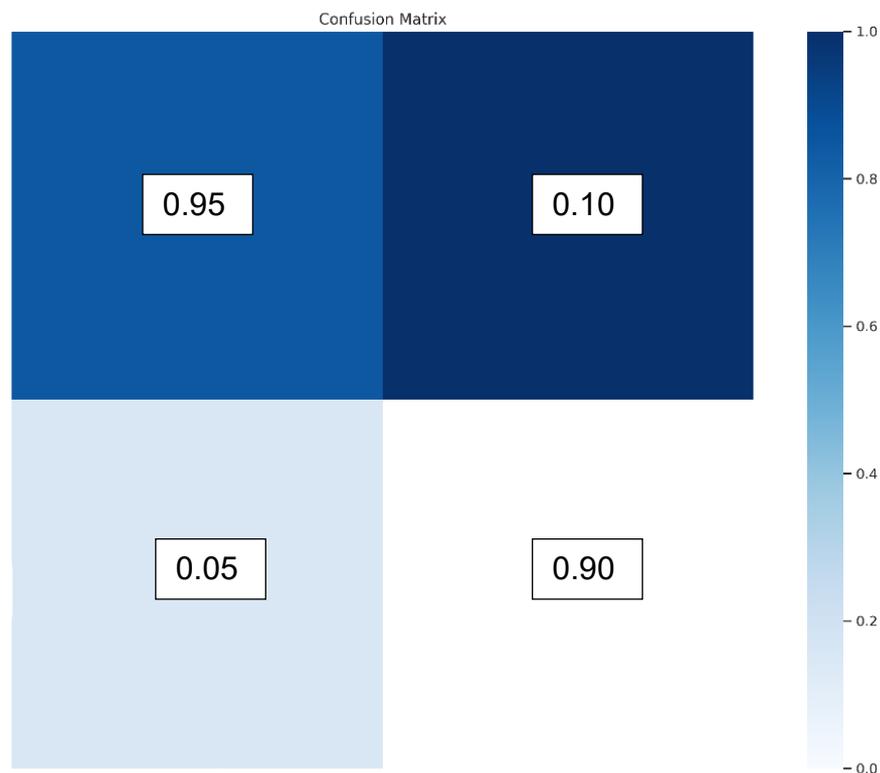


Figura 11: Matriz de confusión

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se observa la matriz de confusión, el resultado obtenido al ser generado con YOLO y Google Colab, indica que el modelo predijo correctamente la clase "persona" la mayoría de las veces. Cuando realiza la detección, el 95% de veces es correcta pero también implica que el modelo

falla en detectar a las personas el 5% de veces cuando debería hacerlo. A esto se le conoce como casos falsos negativos, lo que significa que hay objetos que son detectados como personas incorrectamente en la imagen pero el modelo las detecta como tal. En conclusión la matriz de confusión indica un buen nivel de detección de personas.

Indicador 01: PRECISIÓN

Sirve para poder evaluar cuán confiables son las predicciones positivas del modelo desarrollado, una alta precisión indica que el modelo realiza predicciones de manera precisa, sin embargo, una baja precisión indica que el modelo comete errores al clasificar las detecciones como positivas. Para ello se hace uso de la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{Verdaderos Positivos (TP)}}{\text{Verdaderos Positivos (TP)} + \text{Falsos Positivos (FP)}}$$

TP = Indica los casos en los que el modelo ha identificado correctamente instancias como pertenecientes a la clase "Personas".

FP = Indica los casos en los que el modelo ha identificado incorrectamente instancias como pertenecientes a la clase "Personas".

Se realizó la prueba con la versión YOLO V8n y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Precisión} = \frac{(TP)}{(TP) + (FP)}$$

$$\text{Precisión} = \frac{0.95}{0.95 + 0.10}$$

$$\text{Precisión} = 0.9047$$

$$\text{Precisión} = 90.47\%$$

De acuerdo con los datos de la matriz de confusión, se obtuvo una precisión del 90.47% lo que indica que el modelo predice correctamente cuando hay una persona detectada.

A continuación se muestra la curva de precisión – confianza, el cual muestra cómo va cambiando la precisión del modelo conforme se ajusta el umbral de confianza al momento de realizar las predicciones.

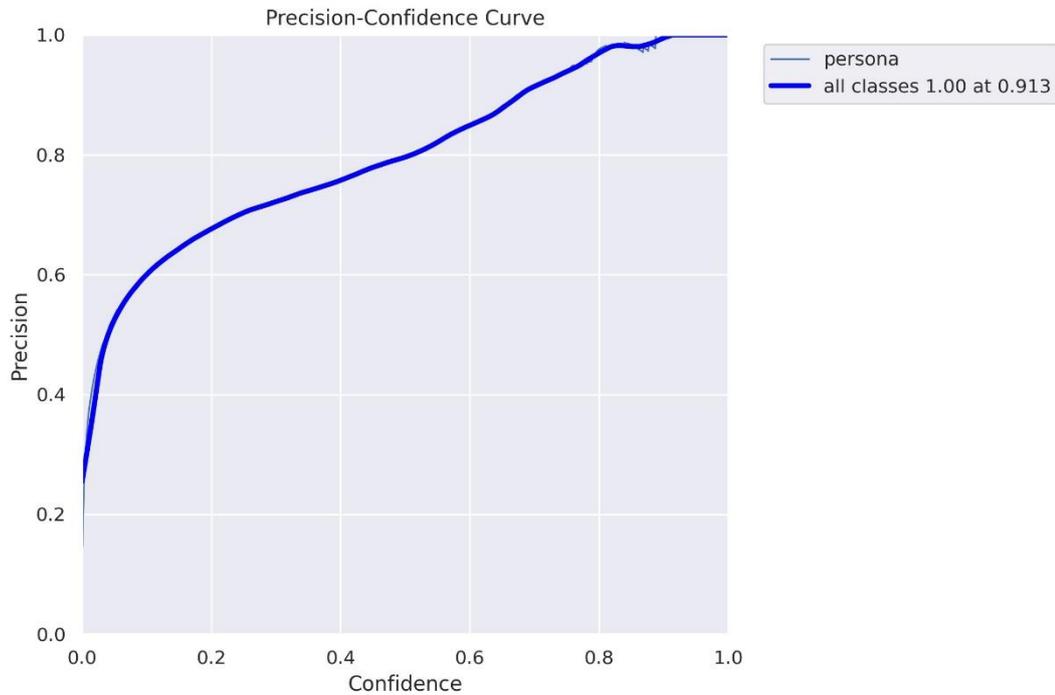


Gráfico 1: Precision-Confidence Curve

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico 1 se puede interpretar que una precisión de 1.00 indica que todas las detecciones que ha realizado el modelo han sido correctas, y el 0.913 indica el nivel de confianza para esta precisión, esto quiere decir que el modelo está aceptando detecciones con una alta confianza.

Se puede concluir, que el modelo tiene un rendimiento muy bueno con una alta probabilidad de confianza en las detecciones.

Indicador 02: EXACTITUD

Sirve para poder evaluar la proporción de predicciones que son correctas en relación con el total de predicciones. Es importante aplicar la exactitud porque indica que tan bien el modelo está realizando sus predicciones. Para ello se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Accuracy = \frac{(TP) + (TN)}{(TP) + (FP) + (TN) + (FN)}$$

TP = Verdaderos positivos: indica las detecciones que fueron correctamente clasificadas por el modelo.

TN = Verdaderos negativos: indica la detección de objetos que no pertenecen a la clase persona y son detectados como no personas.

FP = Falsos Positivos: indica la detección de otros objetos que fueron detectados como personas, como por ejemplo cascos, sombras, mochilas, etc.

FN = Falso Negativo: indica la cantidad de personas que no fueron detectados por el sistema de visión artificial.

$$Accuracy = \frac{(TP) + (TN)}{(TP) + (FP) + (TN) + (FN)}$$

$$Accuracy = \frac{0.95 + 0.90}{0.95 + 0.10 + 0.90 + 0.05}$$

$$Accuracy = \frac{1.85}{2}$$

$$Accuracy = 0.925 = 92.5\%$$

De acuerdo con el resultado obtenido, se indica que el modelo predice en un 92.5% de manera correcta, es decir tiene un buen desempeño en identificar de manera acierta a todas las personas que están presentes, así como también las áreas en las que no hay personas.

Indicador 03: RECALL

Se encarga de medir la sensibilidad de la detección, es decir, mide la capacidad que tiene el modelo para encontrar todas las muestras que son positivas en un conjunto de datos, un recall de 1.0 indica que el modelo ha detectado correctamente las instancias que son positivas, mientras que un recall de 0.0 indica que el modelo no ha detectado ninguna instancia positiva.

Para calcular el recall se hace uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Recall} = \frac{\text{Verdaderos Positivos (TP)}}{\text{Verdaderos Positivos (TP)} + \text{Falsos Negativos (FN)}}$$

TP = Indica los casos en los que el modelo ha identificado correctamente instancias como pertenecientes a la clase "Personas".

FN = Indica el número de casos que son positivos y que el modelo ha identificado incorrectamente como negativos, es decir, personas que no han sido detectadas como personas por el modelo.

$$\text{Recall} = \frac{(TP)}{(TP) + (FN)}$$

$$\text{Recall} = \frac{0.95}{0.95 + 0.05}$$

$$\text{Recall} = 0.95$$

Se puede observar que al aplicarse la métrica del Recall, la sensibilidad de la detección de personas en la versión 8n de YOLO es de un 0.95 lo que indica que el sistema de visión artificial logra identificar en su mayoría las personas presentes, lo que sugiere que el modelo no deja desapercibido casi ninguna persona que ha detectado en tiempo real.

A continuación se presenta la gráfica 2 del recall en relación con la curva de confianza, esta gráfica permite saber cuán seguro está el modelo al realizar las detecciones y que estas sean correctas. El 0.96 indica que el modelo está recuperando satisfactoriamente el 96% de las detecciones positivas y el 0.000 indica que el modelo está aceptando todas las detecciones independientes de su nivel de confianza, es decir considera aquellas detecciones aún con una baja confianza.

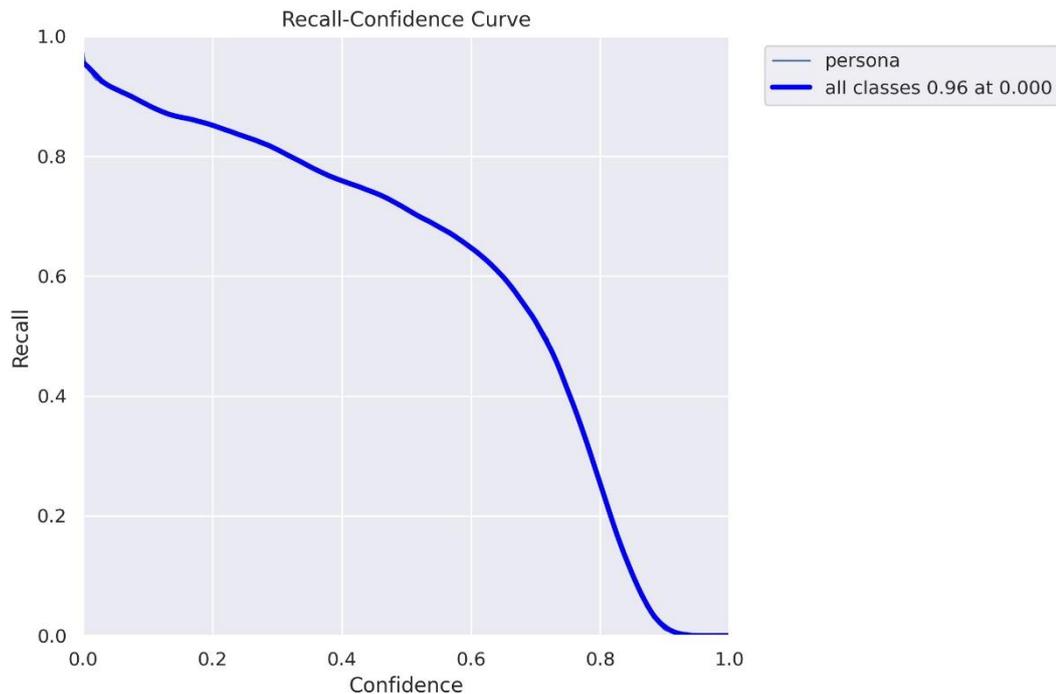


Gráfico 2: Recall – Confidence curve

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se puede concluir de acuerdo con la gráfica 2 que el modelo ha sido capaz de recuperar el 96% de las detecciones de manera correcta, lo que sugiere que existe una alta sensibilidad del modelo para detectar las personas en tiempo real.

Indicador 04: F1-SCORE

Es una métrica que permite evaluar la efectividad general del modelo en su tarea de clasificación, el F1-score va desde un rango de 0 a 1, donde 1 indica un valor perfecto y 0 un valor mínimo. Un F1-score alto indica un mejor balance entre la precisión y el recall, mientras que un valor bajo indica un desbalance entre estas dos métricas.

Para calcular el F1 - score se hace uso de la siguiente fórmula:

$$F1 = 2 \times \frac{\text{Precisión} \times \text{recall}}{\text{Precisión} + \text{recall}}$$

Precisión: 0.9047

Recall: 0.95

$$F1 = 2 \times \frac{0.9047 \times 0.95}{0.9047 + 0.95}$$

$$F1 = 2 \times 0.463$$

$$F1 = 0.926$$

De acuerdo con el resultado obtenido 0.926 se puede decir que existe un equilibrio entre la precisión y el recall, lo que sugiere que el modelo tiene un buen balance para identificar correctamente las personas (precisión) y la capacidad de detectar a todas las personas que están presentes en tiempo real.

mAP@50 (mean Average Precision at 50)

Sirve para medir la precisión de las predicciones del modelo en diferentes umbrales de confianza, en este caso un 50% de confianza, significa que las predicciones cuya confianza sea igual o mayor al 50% serán consideradas como detecciones válidas.

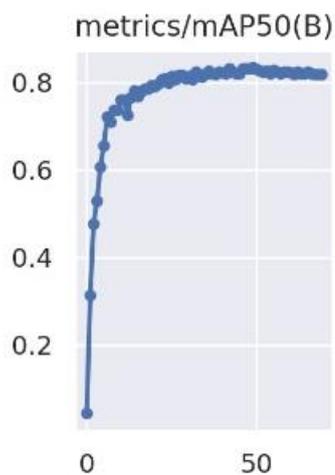


Gráfico 3: mAP@50
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la gráfica se puede observar que la detección bajo el umbral del 50% de confianza supera el 80% lo que indica que el modelo tiene un rendimiento muy sólido para la detección de personas.

Para mayor profundidad, se ha tomado en cuenta la gráfica 4 de la precisión con el recall, y el umbral de IoU del 50%, De acuerdo con el gráfico, el 0.832 significa que en promedio existe una precisión de 83.2% en la detección, es decir aun cuando exista una superposición entre las cajas delimitadoras predichas por el modelo y las verdaderas detecta en un 83.2% sin ningún inconveniente.

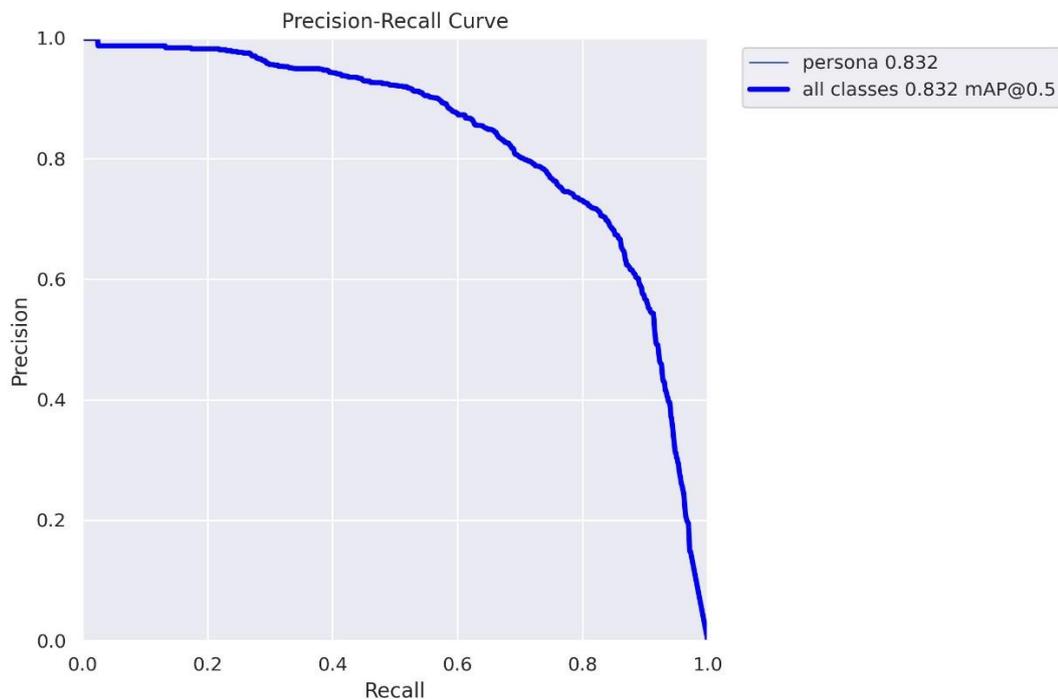


Gráfico 4: Precision – Recall curve

Fuente: Elaboración propia

Para la variable independiente: VISION ARTIFICIAL

4.1.2. Dimensión 02: ROBUSTEZ

Indicador 03: VARIACIÓN EN LA ILUMINACIÓN

El sistema de detección usando YOLO v8n ha demostrado ser consistente en la detección de personas, independientemente de las variaciones en la iluminación, se ha observado durante las pruebas experimentales que el modelo se ha mantenido robusto con un rendimiento constante en la detección de las personas con un ambiente iluminado y con baja iluminación. Esto sugiere que la robustez del modelo es significativa frente a los diferentes cambios en la iluminación.

Además se determinó que el modelo logró una tasa de detección de verdaderos positivos del 95%. Este indicador refleja que el modelo es eficaz en poder identificar correctamente las personas en tiempo real, así como también se ha podido observar en las diferentes métricas de rendimiento para una mayor fiabilidad de los datos.

Indicador 04: VELOCIDAD DEL PROCESAMIENTO

Durante los diez días de pruebas de detección se registró los tiempos de retardo de la versión de YOLO, a continuación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3: Tiempo de velocidad del procesamiento en tiempo real

YOLO V8n	Retardo en segundos
Día 01	3
Día 02	3
Día 03	3
Día 04	3
Día 05	3
Día 06	3
Día 07	3
Día 08	3
Día 09	3
Día 10	3

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 3 que durante los diez días de pruebas, el procesamiento de las imágenes en tiempo real usando YOLO V8n en un Raspberry Pi 4 se registró un retardo de 3 segundos para cada día respectivamente, estos resultados han indicado que a pesar del retardo el rendimiento del modelo para la detección de personas es consistente y eficiente en la velocidad de procesamiento, además cabe resaltar que el Raspberry puede influir significativamente en el retardo debido a que su hardware puede limitar su capacidad de procesamiento y no sea tan potente como otros sistemas más robustos.

Podemos concluir que los resultados obtenidos han demostrado que la versión 8n de YOLO ha sido capaz de mantener tiempos de retardo bajo en un entorno limitado como es el Raspberry Pi 4, sin embargo, el modelo puede ser implementado efectivamente en aplicaciones donde se requiera detección en tiempo real.

Para la variable dependiente: GESTION ENERGETICA

4.1.3. Dimensión 01: CONTROL ENERGÉTICO

Indicador 01: tiempo de funcionamiento del aire acondicionado.

Durante los diez días de experimentación, se aplicó las fichas de observación en los salones ISI-202, ISI-203, ISI-204 y se realizó el seguimiento al uso del aire acondicionado antes y después de la implementación, se observó lo siguiente:

PRE – TEST

Horas totales del funcionamiento del aire acondicionado en cada salón

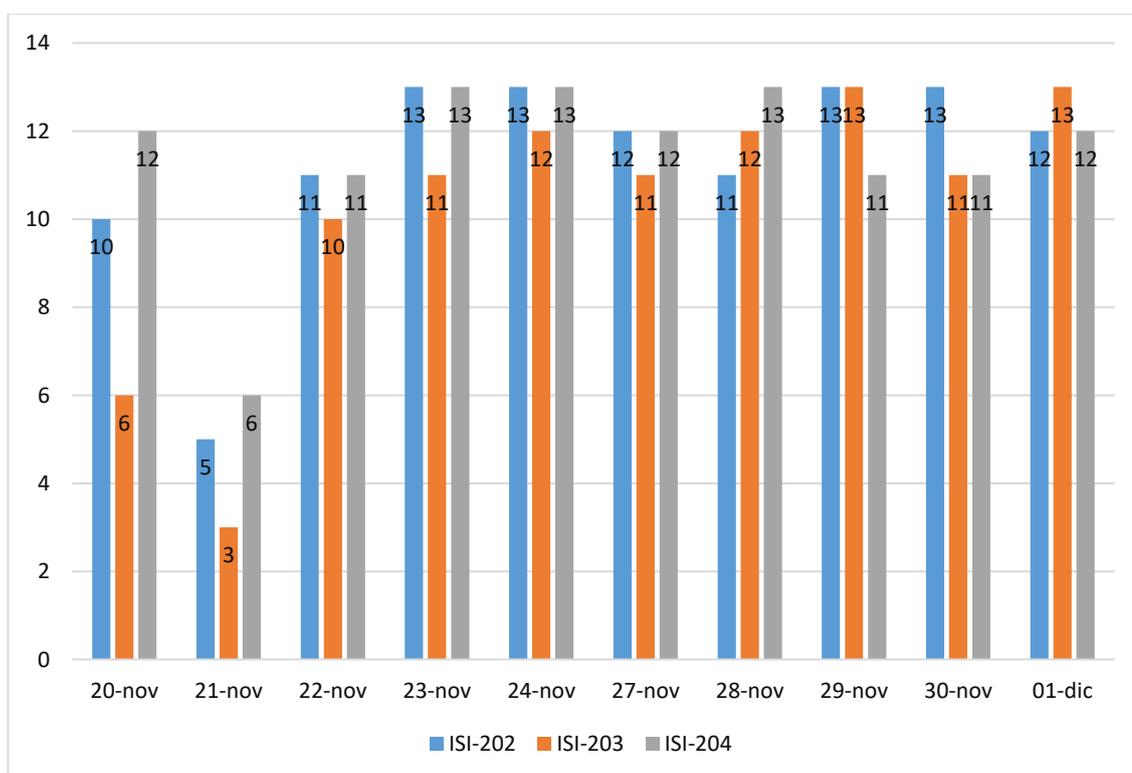
Tabla 4: Horas de funcionamiento del AC

	Salón ISI-202	Salón ISI-203	Salón ISI-204	Promedio
	(horas)	(horas)	(horas)	total horas
20/11/23	10	6	12	9.3
21/11/23	5	3	6	4.7
22/11/23	11	10	11	10.7
23/11/23	13	11	13	12.3

24/11/23	13	12	13	12.7
27/11/23	12	11	12	11.7
28/11/23	11	12	13	12
29/11/23	13	13	11	12.3
30/11/23	13	11	11	11.7
01/12/23	12	13	12	12.3
Promedio total	11.30	10.20	11.40	10.97

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Horas de funcionamiento del AC antes de la VA



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 4, que los tres salones usan el aire acondicionado un promedio de aproximado de 11 horas por día, independientemente de la cantidad de personas que estén ocupando el salón, esto indica un hábito inadecuado del sistema de climatización, conllevando a un uso innecesario de energía y ocasionando un aumento en los costos operativos, así mismo,

también se ha observado que suelen dejar el aire acondicionado encendido aun cuando no hay ningún estudiante dentro del aula.

POST – TEST

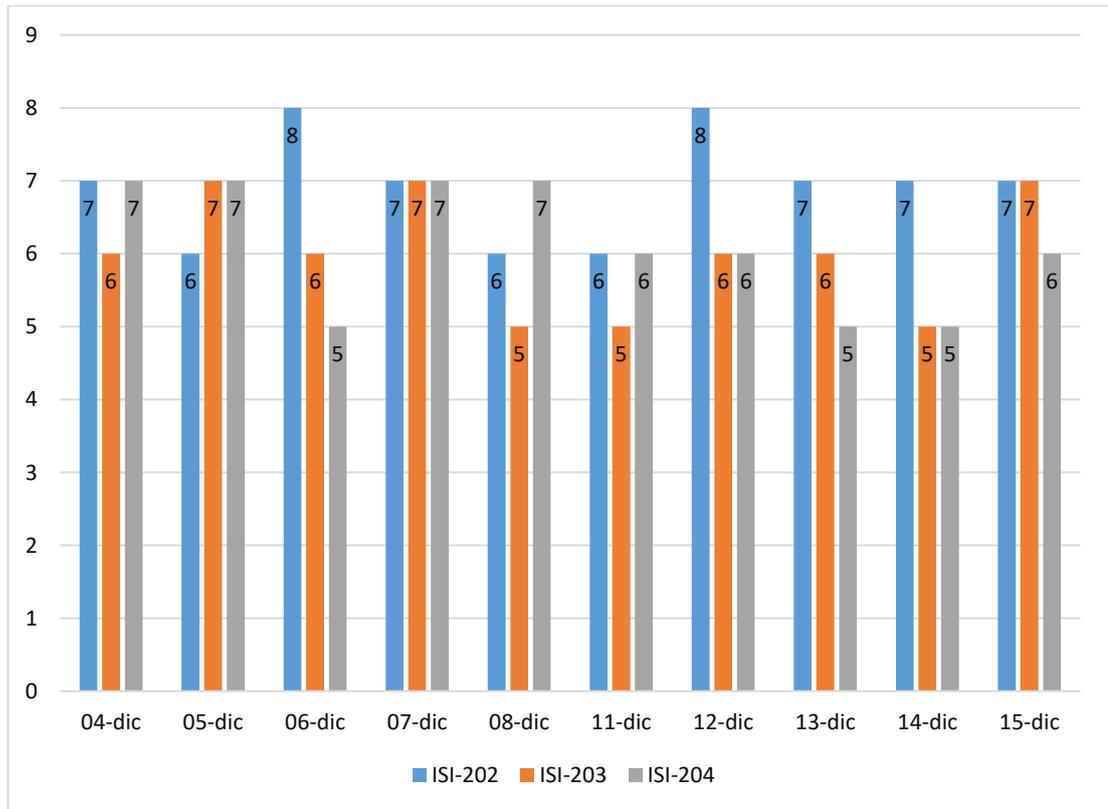
Horas totales del funcionamiento del aire acondicionado en cada salón después de la implementación del sistema de visión artificial, con la modalidad de detección de personas para encender y apagar el aire acondicionado automáticamente.

Tabla 5: Horas de funcionamiento del AC con VA

	Salón ISI-202	Salón ISI-203	Salón ISI-204	Promedio
	(total horas)	(total horas)	(total horas)	total horas
04/12/23	7	6	7	6.7
05/12/23	6	7	7	6.7
06/12/23	8	6	5	6.3
07/12/23	7	7	7	7
08/12/23	6	5	7	6
11/12/23	6	5	6	5.7
12/12/23	8	6	6	6.7
13/12/23	7	6	5	6
14/12/23	7	5	5	5.7
15/12/23	7	7	6	6.7
Promedio total	6.90	6.00	6.10	6.3

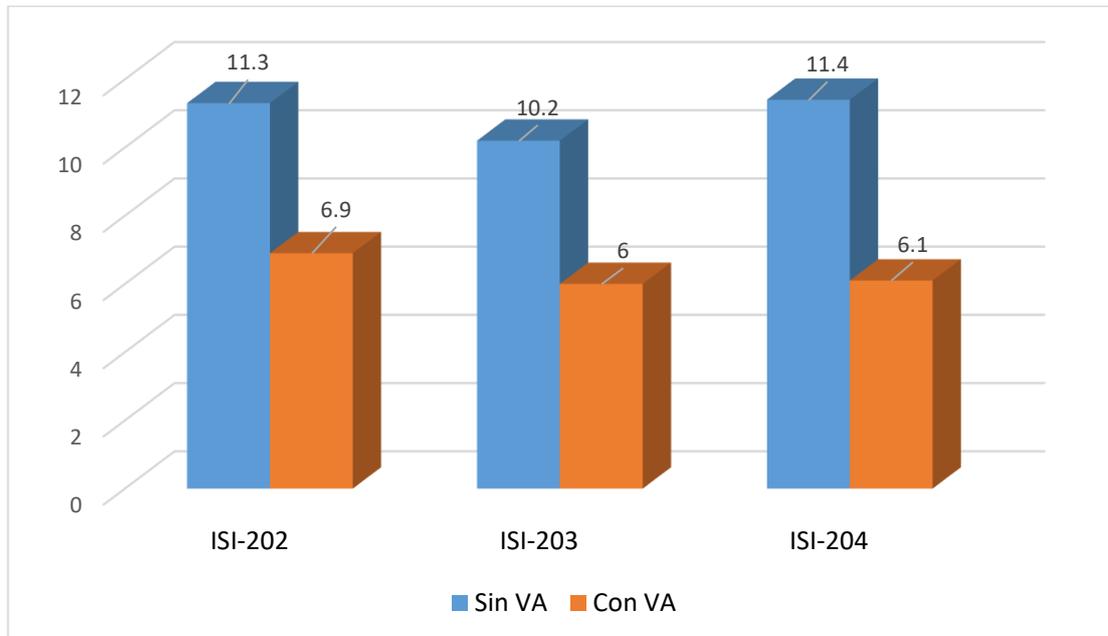
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Horas de funcionamiento del AC con VA



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Comparación del promedio de horas de funcionamiento del AC



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 5 y gráfico 6, que cada salón con la implementación del sistema de visión artificial, el uso del aire acondicionado fue en promedio de 6 horas de consumo diario, se vio una reducción de 5 horas por día aproximadamente en comparación cuando no había la implementación del sistema de visión artificial.

En esta implementación sí tenemos en cuenta la cantidad de personas que están ocupando el salón, se consideró que para encenderse el aire acondicionado deberían estar presentes más de 5 personas, y para apagarse deberían quedar en el salón menos de 5 personas, de esa manera se busca reducir el consumo de energía.

Indicador 02: Consumo energético del Aire acondicionado.

A continuación se muestran los resultados de las horas de consumo por día que genera el aire acondicionado antes de la implementación del sistema de visión artificial.

PRE – TEST

Tabla 6: Consumo del aire acondicionado – antes de la V.A.

	Horas de funcionamiento	kW/h del AC	Total kW/h
ISI-202	11,30	14,07	158.991
ISI-203	10,20	14,07	143.514
ISI-204	11,40	14,07	160.398
	Consumo Promedio diario		154.301 kW
	Consumo Promedio mensual		3086.02 kW

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 6 se observa que el consumo promedio de del aire acondicionado de cada salón en un solo día es de 154.301 kW, por lo que en un mes estaría generando un consumo de 3086.02 kW, este consumo es relativamente alto debido a las largas horas de funcionamiento sin ningún tipo de optimización, esta alta demanda de energía no solo impacta en los costos operativos sino que contribuye al desperdicio de recursos.

POST – TEST

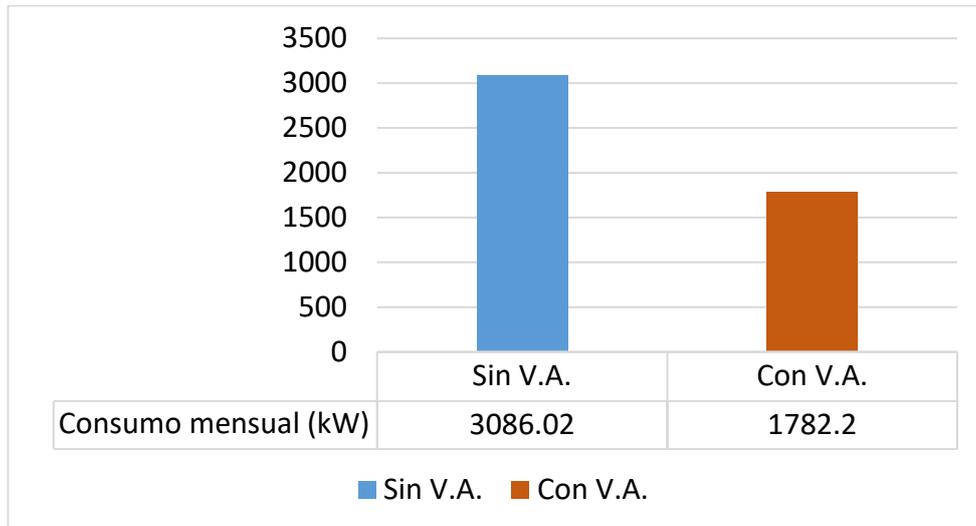
A continuación se obtienen los resultados en base a las horas de consumo por día que genera el aire acondicionado con la implementación del sistema de visión artificial

Tabla 7: Consumo del aire acondicionado – con la V.A.

	Horas de funcionamiento	kW/h del AC	Total kW/h
ISI-202	6,90	14,07	97.083
ISI-203	6,00	14,07	84.420
ISI-204	6,10	14,07	85.827
	Consumo Promedio diario		89.11 kW
	Consumo Promedio mensual		1782.20 kW

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 7 se observa que al aplicarse el sistema de visión artificial, los tres equipos de aire acondicionado en un día generan un consumo promedio de 89.11 kW, en un mes estaría generando un consumo de 1782.20 kW. La reducción de un 42% en el consumo mensual evidencia el impacto positivo de la implementación de la detección de personas con visión artificial. Ahora, el sistema de aire acondicionado se adapta dinámicamente a la presencia de personas en el aula, operando de manera inteligente y eficiente durante solo 6 horas al día. Esta optimización no solo resulta en ahorros significativos de energía y costos, sino que también fomenta una cultura de innovación tecnológica y conciencia ambiental.

Gráfico 8: Comparación del consumo promedio mensual (kW)

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Dimensión 02: AUTOMATIZACIÓN

Indicador 01: Encendido y apagado automático.

PRE - TEST

Para encender y apagar el equipo de aire acondicionado era necesario tener el control remoto para poder utilizarlo, el proceso de automatización no era posible antes de la implementación.

POST - TEST

El sistema de visión artificial tiene la funcionalidad de encender y apagar automáticamente el aire acondicionado, para ello se realiza un riguroso proceso de detección donde cada minuto, el sistema realiza una detección precisa en tiempo real para verificar la presencia necesaria de estudiantes en el salón.

Una vez que el sistema lo analiza y verifica que sí se cumple con el umbral establecido procede a encenderlo o apagarlo automáticamente, es decir, el Raspberry Pi 4 envía la señal al servomotor y este se encarga de apagarlo y encenderlo. Esta propuesta garantiza una respuesta rápida y precisa a las condiciones del entorno, optimizando así el consumo de energía y

proporcionando un ambiente confortable de manera eficiente. La detección continua y la toma de decisiones minuto a minuto demuestran la adaptabilidad y la agilidad del sistema para ajustarse dinámicamente a cambios en la ocupación del espacio.

Indicador 02: Reducción de costos de consumo.

Una vez establecido el costo de consumo energético antes y después de la implementación usando visión artificial, se procede a encontrar en qué porcentaje se reduce y si es viable su aplicación.

Tabla 8: Costos del consumo sin la implementación de V.A.

	Horas de funcionamiento	Kw/h del AC	Costo unit. Kw/h	Total
ISI-202	11.30	14,07	0,8623	s/. 137.09
ISI-203	10.20	14,07	0,8623	s/. 123.75
ISI-204	11,40	14,07	0,8623	s/. 138.31
Costo promedio diario				s/. 133.05
Costo promedio mensual				s/. 2661.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa que el costo mensual del consumo energético después de la implementación de la visión artificial es de 2661 soles.

Tabla 9: Costos del consumo con la implementación de V.A.

	Horas de funcionamiento	Kw/h del AC	Costo unit. Kw/h	Total
ISI-202	6,90	14,07	0,8623	s/. 83.71
ISI-203	6,00	14,07	0,8623	s/. 72.79
ISI-204	6,10	14,07	0,8623	s/. 74.00
Costo promedio diario				s/. 76.84
Costo promedio mensual				s/. 1536.8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se observa que el costo mensual del consumo energético después de la implementación de la visión artificial es de 1536.80 soles.

Tabla 10: Reducción de costos

Datos del consumo energético	
Costo del consumo inicial	s/. 2661.00
Costo del consumo final	s/. 1536.80
Reducción del:	42 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 de acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 8 y 9 se observa que sí existe una reducción significativa de los costos en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado pues existe un 42% de reducción al implementarse la detección de personas usando visión artificial, lo que indica que esta implementación es factible para promover el ahorro energético.

4.2. Prueba de hipótesis general

Prueba de normalidad

Es un procedimiento estadístico que indica si el conjunto de datos tiene o no una distribución normal.

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (nivel de confianza = 95%)

Dado que la muestra es menor de 50 datos se usa la prueba estadística Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la variable "Gestión energética".

- **Regla de decisión**

Si el valor de $p \leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el valor de $p > \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula.

Tabla 11: Prueba de normalidad para la hipótesis general

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PRE_TEST	,728	30	,000
POS_TEST	,867	30	,001

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 11 se observa que los datos no siguen una distribución normal ya que tienen un p-valor menor al nivel de significancia 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sin embargo al no seguir una distribución normal se realiza la prueba de Wilcoxon ya que evalúa si hay una diferencia significativa entre el pre-test y post-test, en este caso, se desea determinar si hay una diferencia significativa después de aplicar la visión artificial.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

Planteamiento de hipótesis:

H_0 : La visión artificial no influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

H_1 : La visión artificial influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (al 95 % de nivel de confianza)

- **Regla de decisión**

Si el p-valor $\leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el p-valor $> \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula

- **Estadístico de prueba**

Calculamos el p-valor con el programa SPSS

Tabla 12: Prueba de Wilcoxon Hipótesis General

Estadísticos de prueba^a	
	POS_TEST - PRE_TEST
Z	-4,606 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

En la tabla 12 se observa que el p-valor es menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$), hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que la visión artificial no influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD entonces se procede a aceptar la hipótesis alterna ya que indica que hay una diferencia significativa entre las puntuaciones antes y después de la intervención de la visión artificial, y esta diferencia es estadísticamente significativa.

4.3. Prueba de Hipótesis Específicas

4.3.1. Hipótesis Específica 01:

Se procede a usar la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, dado que la muestra es menor de 50 datos

Prueba de normalidad

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (nivel de confianza = 95%)

- **Regla de decisión**

Si el valor de $p \leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el valor de $p > \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula.

Tabla 13: Prueba de normalidad para la hipótesis 01

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
HORAS_FUNC_SIN_VA	,728	30	,000
HORAS_FUNC_CON_VA	,867	30	,001

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 13 se observa que el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sin embargo al no seguir una distribución normal se realiza la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon ya que evalúa si hay una diferencia significativa entre el pre-test y post-test.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : La visión artificial no influye significativamente en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

H_1 : La visión artificial influye significativamente en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (al 95 % de nivel de confianza)

- **Regla de decisión**

Si el p-valor $\leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el p-valor $> \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula

- **Estadístico de prueba**

Calculamos el p-valor con el programa SPSS

Tabla 14: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 01

Estadísticos de prueba^a	
	HORAS_FUNC_CON_VA - HORAS_FUNC_SIN_VA
Z	-4,565 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

En la tabla 14 se observa que el p-valor es menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$), por ende se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que indica que la visión artificial sí influye significativamente en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

4.3.2. Hipótesis Específica 02:

Se procede a usar la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, dado que la muestra es menor de 50 datos.

Prueba de normalidad

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (nivel de confianza = 95%)

- **Regla de decisión**

Si el valor de $p \leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el valor de $p > \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula.

Tabla 15: Prueba de normalidad para la hipótesis 02

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CONSUMO_KW_SIN_VA	,728	30	,000
CONSUMO_KW _CON_VA	,867	30	,001

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 15 se observa que el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sin embargo al no seguir una distribución normal se procedió a realizar la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon ya que evalúa si hay una diferencia significativa entre el pre-test y post-test.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

- **Planteamiento de hipótesis:**

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

H_0 : La visión artificial no influye significativamente en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

H_1 : La visión artificial influye significativamente en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (al 95 % de nivel de confianza)

- **Regla de decisión**

Si el p-valor $\leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el p-valor $> \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula

- **Estadístico de prueba**

Calculamos el p-valor con el programa SPSS

Tabla 16: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 02

Estadísticos de prueba^a	
	CONSUMO_KW _CON_VA - CONSUMO_KW _SIN_VA
Z	-4,565 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

En la tabla 16 se observa que el p-valor es menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$), por ende se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que indica que la visión artificial sí influye significativamente en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

4.3.3. Hipótesis Específica 03:

Se procede a usar la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, dado que la muestra es menor de 50 datos

Prueba de normalidad

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (nivel de confianza = 95%)

- **Regla de decisión**

Si el valor de $p \leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el valor de $p > \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula.

Tabla 17: Prueba de normalidad para la hipótesis 03

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
AUTOMATIZACION_ SIN_VA	,736	30	,000
AUTOMATIZACION_ CON_VA	,518	30	,000

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 17 se observa que el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sin embargo al no seguir una distribución normal se procedió a realizar la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon ya que evalúa si hay una diferencia significativa entre el pre-test y post-test.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : La visión artificial no influye significativamente en el tiempo de encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

H_1 : La visión artificial influye significativamente en el tiempo de encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (al 95 % de nivel de confianza)

- **Regla de decisión**

Si el p-valor $\leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el p-valor $> \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula

- **Estadístico de prueba**

Calculamos el p-valor con el programa SPSS

Tabla 18: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 03

Estadísticos de prueba^a	
AUTOMATIZACION_ CON_VA - AUTOMATIZACION_ SIN_VA	
Z	-4,844 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

En la tabla 18 se observa que el p-valor es menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$), por ende se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que indica que la visión artificial sí influye significativamente en el tiempo de encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

4.3.4. Hipótesis Específica 04:

Se procede a usar la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, dado que la muestra es menor de 50 datos

Prueba de normalidad

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (nivel de confianza = 95%)

- **Regla de decisión**

Si el valor de $p \leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el valor de $p > \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula.

Tabla 19: Prueba de normalidad para la hipótesis 04

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
REDUCCION_SIN_VA	,728	30	,000
REDUCCION_CON_VA	,867	30	,001

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 19 se observa que el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sin embargo al no seguir una distribución normal se procedió a realizar la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon ya que evalúa si hay una diferencia significativa entre el pre-test y post-test.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : La visión artificial no influye significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

H_1 : La visión artificial influye significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (al 95 % de nivel de confianza)

- **Regla de decisión**

Si el p-valor $\leq \alpha$ rechazamos la hipótesis nula

Si el p-valor $> \alpha$ no rechazamos la hipótesis nula

- **Estadístico de prueba**

Calculamos el p-valor con el programa SPSS

Tabla 20: Prueba de Wilcoxon Hipótesis Específica 04

Estadísticos de prueba^a	
	REDUCCION_CON_VA - REDUCCION_SIN_VA
Z	-4,565 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

En la tabla 20 se observa que el p-valor es menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$), por ende se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que indica que la visión artificial sí influye significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

4.4. Desarrollo de la metodología SCRUM

4.4.1. Asignación de roles

Tabla 21: Asignación de los roles para el desarrollo del sistema

Rol	Nombre	Cargo
Product Owner	Bellagraciela y Becker	Encargados del proyecto
Scrum Master	Bellagraciela y Becker	Encargados del proyecto
Development team	Bellagraciela Becker	Analista Desarrollador

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Preparación del proyecto

Tabla 22: Definición del proyecto

Definición del proyecto	El proyecto tiene por objetivo determinar de qué manera la visión artificial mediante un prototipo influyó en el encendido y apagado del aire acondicionado de manera automática, y por ende su impacto en la gestión energética.
Definición de "Terminado"	Una vez que se cumplan los requerimientos establecidos y se demuestre que el prototipo propuesto funciona se dio por terminada la tarea.

Fuente: Elaboración propia

Para la presentación de los entregables se tomó en cuenta los días y las horas de trabajo en relación con la definición de horarios.

Tabla 23: Definición de horarios

	Descripción	Tiempo	Cantidad
Días	Lun - Vier	Días	5
Horas / Día	Lun - Vier	Horas / Días	6
Horas descanso	Lun - Vier	Días	2
Tiempo de estimación para el Sprint	5 días	Días	5
Total de horas a trabajar en un Sprint			18 horas

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Product Backlog

Historias de usuario

Tabla 24: Historia de Usuario N° 01 – Diseño del prototipo

Nombre de la historia: Elaboración del prototipo			
Número:	01	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Elaborar y diseñar el prototipo a utilizar para el sistema de visión artificial, cuya función es detectar personas		
Prueba de aceptación:			
Elegir los dispositivos electrónicos			
Diseñar el diagrama de elaboración del prototipo			
Presentar el diseño del prototipo			

Fuente: Elaboración propia

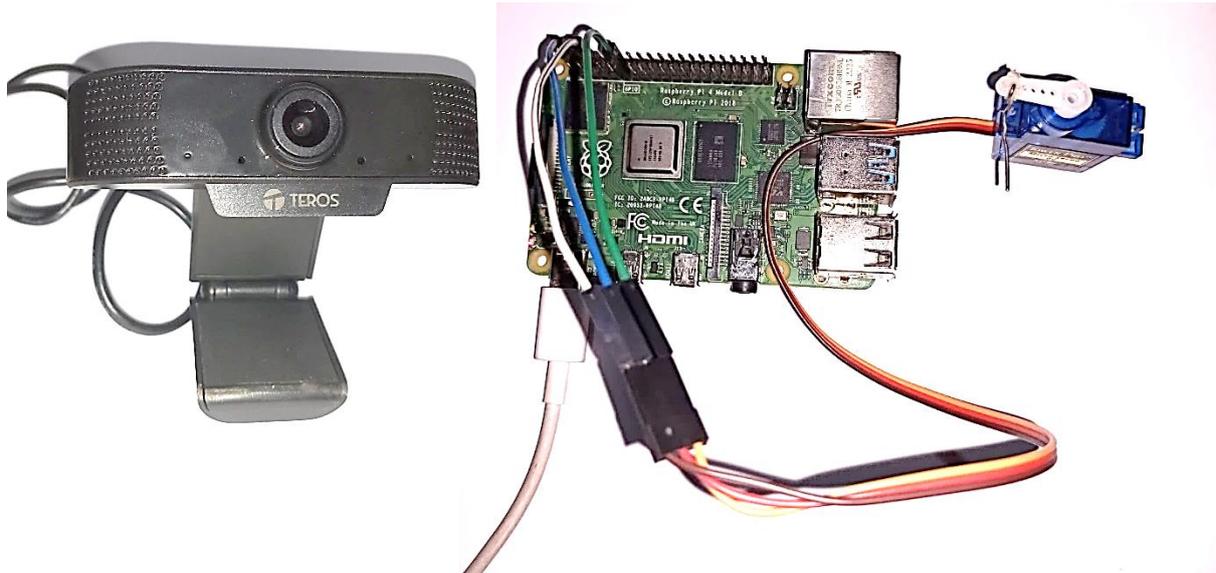


Ilustración 2: Diseño del prototipo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Historia de Usuario N° 02 - Designación de herramientas de trabajo

Nombre de la historia: Designación de herramientas de trabajo			
Número:	02	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Elegir el tipo de herramienta de software a utilizar para el sistema de visión artificial.		
Prueba de aceptación:			
Investigar sobre el sobre las herramientas de software			
Elegir el software adecuado para la detección de personas			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Historia de Usuario N° 03 - Instalación del sistema operativo

Nombre de la historia: Instalación del sistema operativo			
Número:	03	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Instalar el sistema operativo en el Raspberry Pi 4		
Prueba de aceptación:			

Abrir la aplicación del Raspberry Pi
 Seleccionar el tipo de dispositivo Raspberry
 Seleccionar el tipo de sistema operativo
 Seleccionar el tipo de almacenamiento donde se va a descargar
 Instalar el sistema Operativo DEBIAN

Fuente: Elaboración propia

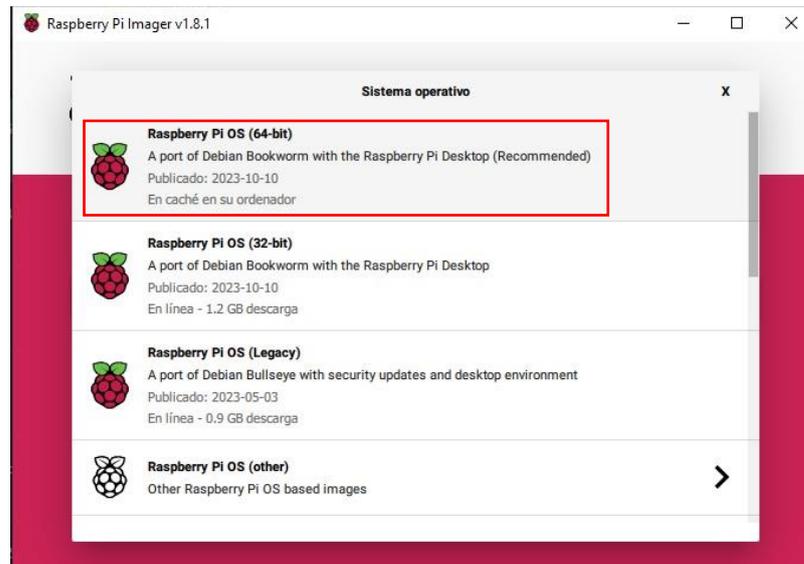


Ilustración 3: Sistema Operativo DEBIAN

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Historia de Usuario N° 04 - Instalación y actualización de paquetes

Nombre de la historia: Instalación y actualización de paquetes del Raspberry Pi 4			
Número:	04	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Instalar los paquetes y las actualizaciones del Raspberry Pi 4, permitiendo gestionar y mantener el software en funcionamiento		
Prueba de aceptación: Abrir la consola			

Ejecutar los comandos
 Instalar los paquetes necesarios para el Raspberry Pi 4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Historia de Usuario N° 05 - Recolección del DATASET

Nombre de la historia: Recolección del DATASET			
Número:	05	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Recopilación de las imágenes para el entrenamiento del modelo de visión artificial		
Prueba de aceptación:			
Recopilar las imágenes de personas			
Descargar el comprimido			

Fuente: Elaboración propia

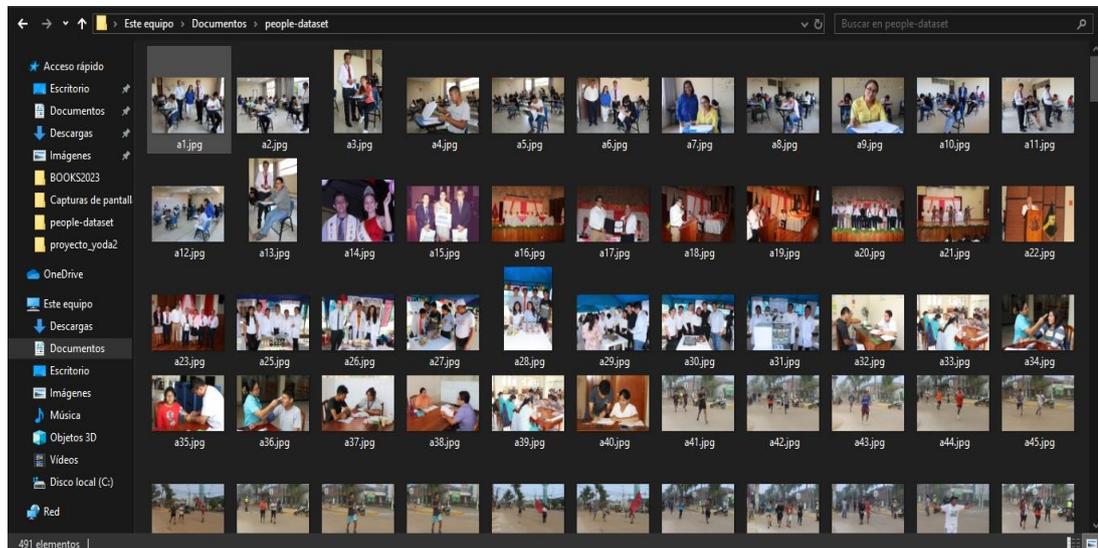
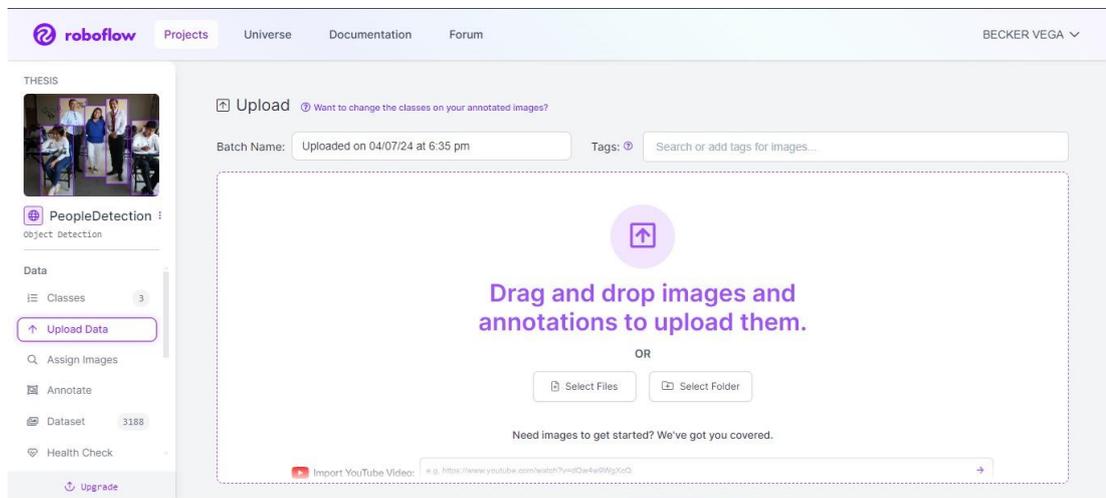


Ilustración 4: Recopilación de las imágenes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Historia de Usuario N° 06 - Etiquetado del DATASET

Nombre de la historia: Etiquetado del DATASET			
Número:	06	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Asignar etiquetas a cada una de las imágenes para el entrenamiento del modelo de visión artificial, de esa manera aprende y asocia los patrones en los datos con sus etiquetas correspondientes.		
Prueba de aceptación:			
Usar Roboflow para subir las imágenes			
Seleccionar los bordes para el etiquetado de la imagen			
Dividir las imágenes en: train, valid y test			
Exportar el Dataset			
Generar código			

Fuente: Elaboración propia**Ilustración 5:** Subir imágenes a Roboflow**Fuente:** Elaboración propia

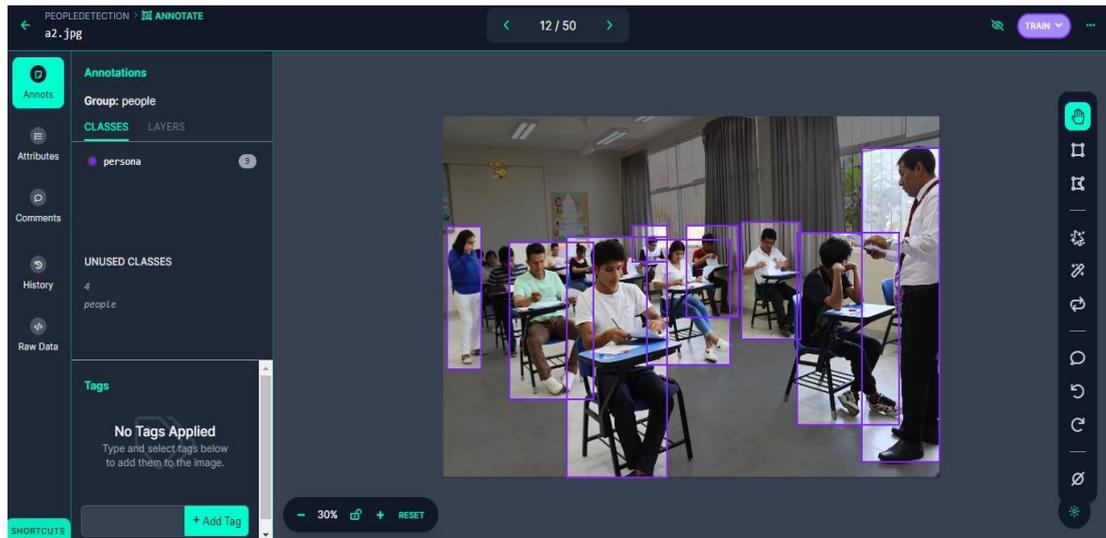


Ilustración 6: Etiquetado
Fuente: Elaboración propia

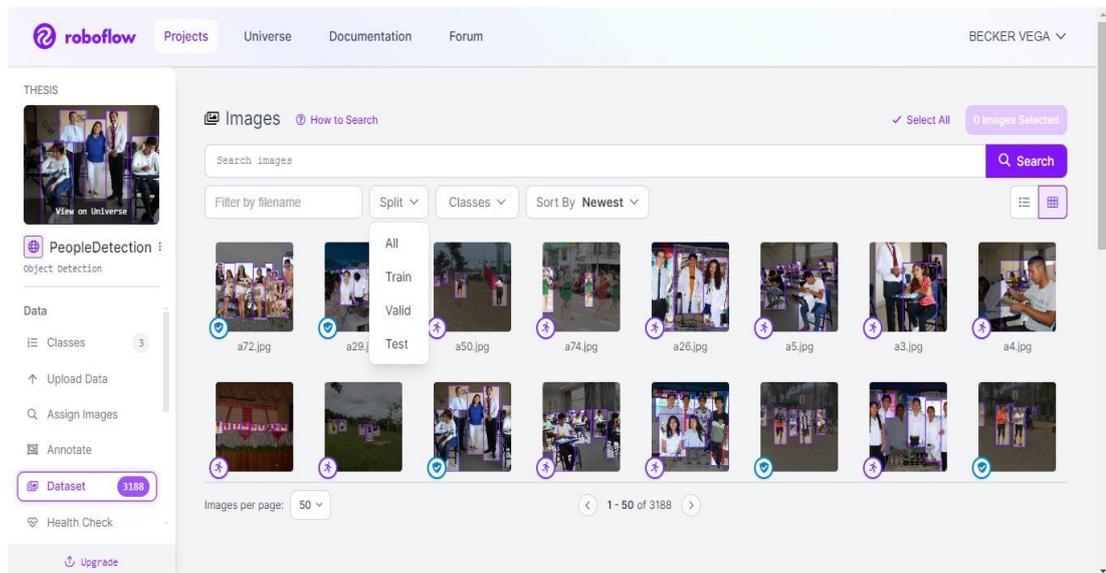


Ilustración 7: División de las imágenes
Fuente: Elaboración propia

The screenshot shows the Roboflow interface for a project named 'THESIS'. The main content area is titled 'This version doesn't have a model.' and includes a 'Train with Roboflow' button. Below this, there is a 'Dataset Split' section with three cards: 'TRAIN SET' (7390 Images, 92%), 'VALID SET' (489 Images, 6%), and 'TEST SET' (195 Images, 2%). A 'VERSIONS' sidebar on the left lists several versions of the dataset, with the most recent being '2024-01-02 5:33pm v6 Jan 2, 2024'.

Ilustración 8: Exportar DataSet
Fuente: Elaboración propia

The screenshot shows the Roboflow interface for the 'PeopleDetection' dataset. A 'Your Download Code' dialog box is open, displaying a code snippet for downloading the dataset. The code is as follows:

```
!pip install roboflow

from roboflow import RoboFlow
rf = RoboFlow(api_key="[REDACTED]")
project = rf.workspace("thesis-1luf1").project("peopleDetection-gyok3")
version = project.version(6)
dataset = version.download("yolov5")
```

A warning message is displayed below the code: "Warning: Do not share this snippet beyond your team, it contains a private key that is tied to your Roboflow account. Acceptable use policy applies." The dialog box also includes a 'Done' button.

Ilustración 9: Generar código
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Historia de Usuario N° 07 – Entrenamiento del modelo

Nombre de la historia: Entrenamiento del modelo			
Número:	07	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Luego de asignarse las etiquetas el modelo pasa a ser entrenado con el objetivo de que aprenda a detectar entre varios objetos, es decir principalmente, la detección de personas.		
Prueba de aceptación:			
Cambiar el entorno de ejecución de GoogleColab			
Importar las librerías requeridas			
Verificar si tenemos acceso al GPU			
Instalar Ultralytics			
Importar el dataset en el Google colab			
Entrenar el modelo YOLOv8			

Fuente: Elaboración propia

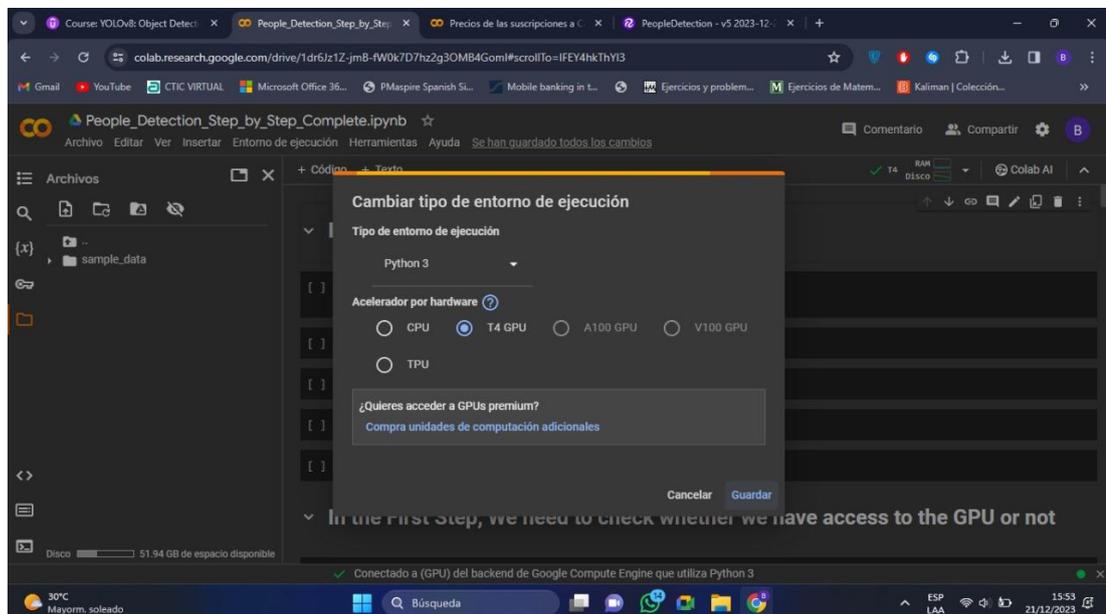


Ilustración 10: Cambio del tipo de entorno
Fuente: Elaboración propia

People_Detection_Step_by_Step_Complete.ipynb

Archivos

sample_data

Disco 51.94 GB de espacio disponible

Importing the Required Libraries

```
[1] import os
```

```
[2] import glob
```

```
[3] from IPython.display import Image, display
```

```
[4] from IPython import display
```

```
display.clear_output()
```

In the First Step, We need to check whether we have access to the GPU or not

0 s completado a las 15:53

Ilustración 11: Importar librerías requeridas
Fuente: Elaboración propia

```

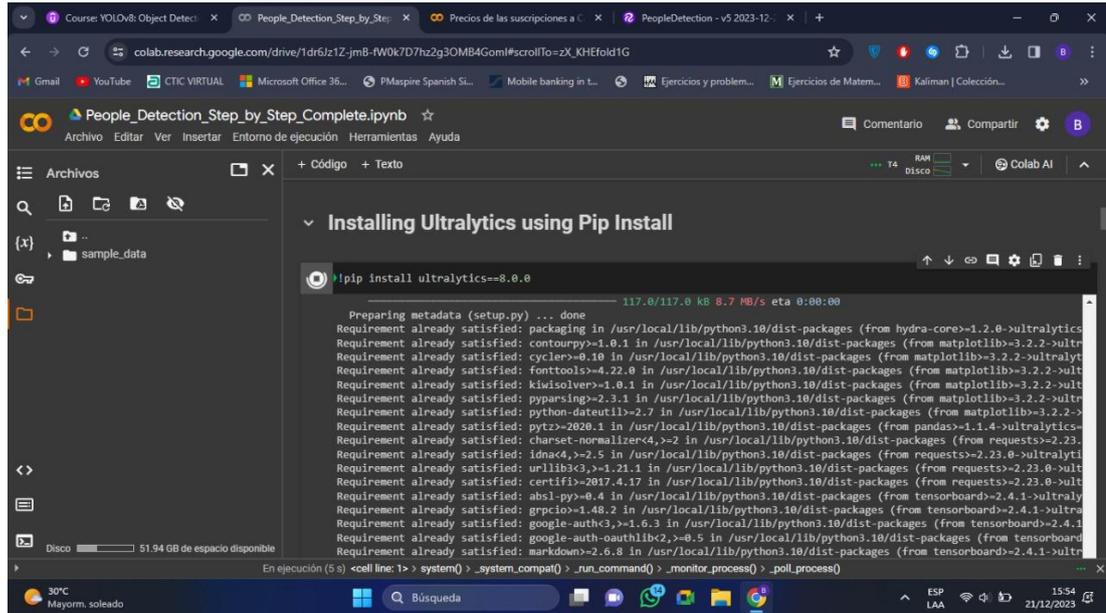
nvidia-smi
Sun Dec 17 22:47:39 2023
+-----+
| NVIDIA-SMI 535.104.05   | Driver Version: 535.104.05   | CUDA Version: 12.2   |
+-----+-----+
| GPU  Name            Persistence-M | Bus-Id  Disp.A | Volatile Uncorr. ECC |
| Fan  Temp  Perf    Pwr:Usage/Cap |  Mem. Usage  | GPU-Util  Compute M. |
|-----+-----+-----+
| 0   Tesla T4              Off      | 00:04:00:00:04:0  Off   |    0         0         0 |
| N/A   48C    PB            9W / 70W  |  0MiB / 15360MiB |      0%      Default  |
+-----+-----+-----+
+-----+
| PROCESSES:                                     |
| GPU  GI  CI       PID  Type  Process name                        | GPU Memory |
| ID   ID  ID                                     |  Usage    |
+-----+-----+-----+
| No running processes found                    |
+-----+

[ ] HOME = os.getcwd()

[ ] print(HOME)

```

Ilustración 12: Verificar acceso al GPU
Fuente: Elaboración propia



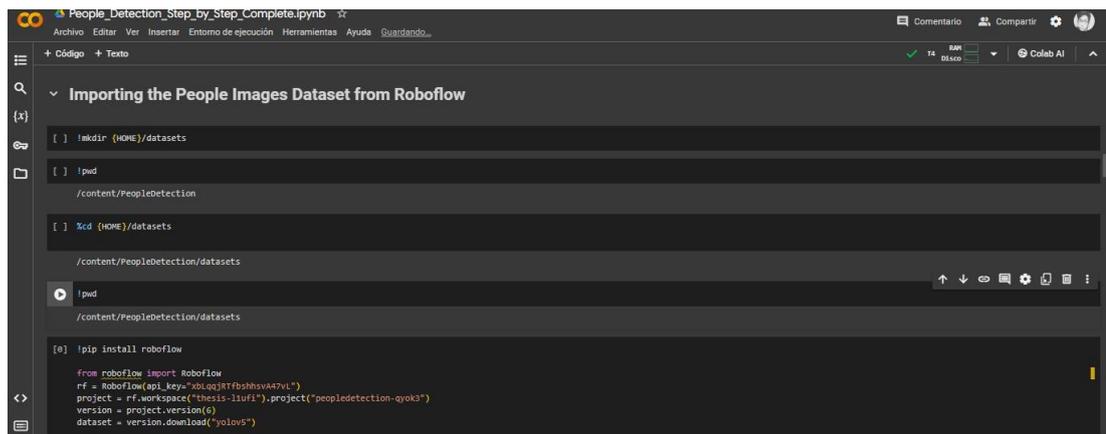
```

pip install ultralytics==8.0.0

Preparing metadata (setup.py) ... done
Requirement already satisfied: packaging in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from hydra-core>1.2.0->ultralytics)
Requirement already satisfied: contourpy>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->ultralytics)
Requirement already satisfied: cycler>=0.10 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->ultralytics)
Requirement already satisfied: fonttools>=4.22.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->ultralytics)
Requirement already satisfied: kiwisolver>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->ultralytics)
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.3.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->ultralytics)
Requirement already satisfied: python-dateutil>=2.7 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->ultralytics)
Requirement already satisfied: pytz>=2020.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from pandas>=1.1.4->ultralytics)
Requirement already satisfied: charset-normalizer<4,>=2 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from requests>=2.23.0->ultralytics)
Requirement already satisfied: idna<4,>=2.5 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from requests>=2.23.0->ultralytics)
Requirement already satisfied: urllib3<3,>=1.21.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from requests>=2.23.0->ultralytics)
Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from requests>=2.23.0->ultralytics)
Requirement already satisfied: absl-py>=0.4 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->ultralytics)
Requirement already satisfied: grpcio>=1.48.2 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->ultralytics)
Requirement already satisfied: google-auth<3,>=1.6.3 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->ultralytics)
Requirement already satisfied: google-auth-oauthlib>=0.5 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->ultralytics)
Requirement already satisfied: markdown>=2.6.8 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->ultralytics)

```

Ilustración 13: Instalar Ultralytics
Fuente: Elaboración propia



```

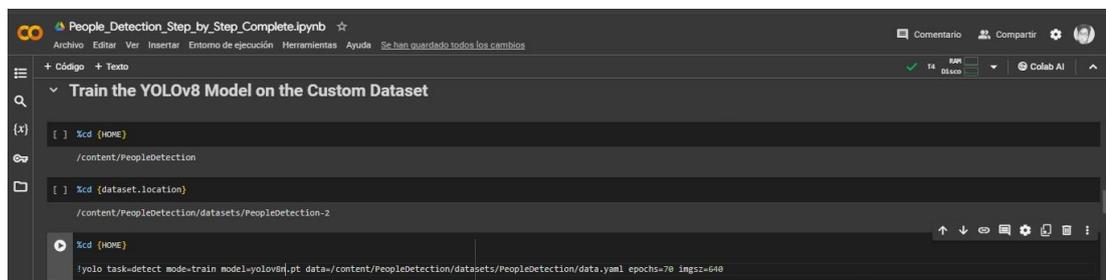
!mkdir (HOME)/datasets
!pwd
/content/PeopleDetection
!cd (HOME)/datasets
/content/PeopleDetection/datasets
!pwd
/content/PeopleDetection/datasets

!pip install roboflow

from roboflow import RoboFlow
rf = RoboFlow(api_key="xblqjR7fbshsvA47vt")
project = rf.workspace("thesis-11uf1").project("peopledetection-gyok3")
version = project.version(6)
dataset = version.download("yolov8")

```

Ilustración 14: Importando DataSet
Fuente: Elaboración propia



```

!cd (HOME)
/content/PeopleDetection
!cd {dataset.location}
/content/PeopleDetection/datasets/PeopleDetection-2
!cd (HOME)
yolo task=detec mode=train model=yolov8m.pt data=/content/PeopleDetection/datasets/PeopleDetection/data.yaml epochs=70 imgsz=640

```

Ilustración 15: Entrenar el modelo YOLOv8
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Historia de Usuario N° 08 – Codificación YOLO V8n

Nombre de la historia: Codificación			
Número:	08	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Se realiza la codificación de la versión 8n , con la finalidad de realizar la detección de personas en tiempo real con el objetivo de encender y apagar el aire acondicionado de manera automática.		
Prueba de aceptación:			
<ul style="list-style-type: none"> - Crear la carpeta del programa - Crear el archivo "detection.py" - Instalar las librerías - Realizar la codificación - Ejecutar el programa 			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Historia de Usuario N° 10 - Pruebas del sistema de visión artificial

Nombre de la historia: Pruebas del sistema VA			
Número:	10	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	Una vez terminada la codificación se pasa a correr el sistema para observar si se ejecuta y logra detectar a las personas dentro del área.		
Prueba de aceptación:			
<ul style="list-style-type: none"> - Abrir la consola - Ingresar a la carpeta del proyecto - Ejecutar el comando "Python detection.py" - Se ejecuta el programa 			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Historia de Usuario N° 11 - Pruebas del servomotor

Nombre de la historia: Pruebas			
Número:	11	Cómo:	Equipo de desarrollo
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Bajo
Descripción:	<p>El servomotor tiene la función de apagar y encender el aire acondicionado automáticamente según la detección de personas que se encuentran en el lugar.</p> <p>Se tiene que esperar un lapsus de 1 minuto para que luego de la detección de personas encienda el aire acondicionado de manera automática, cuando encuentra al menos 5 personas en el salón. Y cuando solamente quedan 4 personas dentro del salón apagar el aire acondicionado también de manera automática.</p>		
Prueba de aceptación:			
<ul style="list-style-type: none"> - Colocar el servomotor en los pines correspondientes del Raspberry Pi 4 - Colocarlo en el botón de encendido y apagado del aire acondicionado 			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Recopilación de las historias de usuario

Recopilación de las historias de Usuario			
N°	Cargo	Descripción	Prioridad
01	Equipo	Elaboración del prototipo	Alta
02	Equipo	Designación de herramientas de trabajo	Alta
03	Equipo	Instalación del sistema operativo	Alta
04	Equipo	Instalación y actualización de paquetes	Alta
05	Equipo	Recolección del DATASET	Alta
06	Equipo	Etiquetado del DATASET	Alta
07	Equipo	Entrenamiento del modelo	Alta

08	Equipo	Codificación YOLO V8	Alta
09	Equipo	Pruebas del sistema de visión artificial	Alta
10	Equipo	Pruebas del servomotor	Alta

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Sprint Backlog

En este sprint detallaremos las tareas que se han considerado para cada historia de usuario.

Tabla 35: Tareas correspondientes al usuario N° 01

H-U N° 01	Elaboración del prototipo	
ID	Descripción	Tiempo (h)
T – 01	Elegir los dispositivos electrónicos	1
T – 02	Diseñar el diagrama de elaboración del prototipo	1
T – 03	Presentar el diseño del prototipo	1
TOTAL		3 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Tareas correspondientes al usuario N° 02

H-U N° 02	Designación de herramientas de trabajo	
ID	Descripción	Tiempo (h)
T – 01	Investigar sobre el sobre las herramientas de software	3
T – 02	Elegir el software adecuado para la detección de personas	1
TOTAL		4 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Tareas correspondientes al usuario N° 03

H-U N° 03	Instalación del sistema operativo	
ID	Descripción	Tiempo (min)
T – 01	Abrir la aplicación del Raspberry Pi	5
T – 02	Seleccionar el tipo de dispositivo Raspberry	5
T – 03	Seleccionar el tipo de sistema operativo	5
T – 04	Seleccionar el tipo de almacenamiento donde se va a descargar	5
T – 05	Instalar el sistema Operativo DEBIAN	40
TOTAL		1 hora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Tareas correspondientes al usuario N° 04

H-U N° 04	Instalación y actualización de paquetes	
ID	Descripción	Tiempo (min)
T – 01	Abrir la consola	5
T – 02	Ejecutar los comandos	5
T – 03	Instalar los paquetes necesarios para el Raspberry Pi 4	50
TOTAL		1 hora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Tareas correspondientes al usuario N° 05

H-U N° 05	Recolección del DATASET	
ID	Descripción	Tiempo (h)
T – 01	Recopilar las imágenes de personas	7
T – 02	Descargar el comprimido	1
TOTAL		8 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Tareas correspondientes al usuario N° 06

H-U N° 06	Etiquetado del DATASET	
ID	Descripción	Tiempo (h)
T – 01	Usar roboflow para el etiquetado	1
T – 02	Seleccionar los bordes de la imagen a usar	10
T – 03	Ejecutar el comando para obtener el .json	1
TOTAL		12 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Tareas correspondientes al usuario N° 07

H-U N° 07	Entrenamiento del modelo	
ID	Descripción	Tiempo (h)
T – 01	Preparar el dataset en el Google Colab	1
T – 02	Hacer la configuración de los archivos en Google colab	2
T – 03	Llevar a cabo el entrenamiento	48
T – 04	Descargar el archivo del entrenamiento	0.17
TOTAL		51 h 17 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Tareas correspondientes al usuario N° 08

H-U N° 09	Codificación YOLO V8	
ID	Descripción	Tiempo (min)
T – 01	Crear la carpeta del programa	2
T – 02	Crear el archivo “detection.py”	1
T – 03	Instalar las librerías	15
T – 04	Realizar la codificación	240
T – 05	Ejecutar el programa	2
TOTAL		4h 20 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Tareas correspondientes al usuario N° 09

H-U N° 10	Pruebas del sistema de visión artificial	
ID	Descripción	Tiempo (min)
T – 01	Abrir la consola	1
T – 02	Ingresar a la carpeta del proyecto	1
T – 03	Ejecutar el comando “Python detection.py”	1
T – 04	Se ejecuta el programa	2
TOTAL		5 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Tareas correspondientes al usuario N° 10

H-U N° 10	Pruebas del servomotor	
ID	Descripción	Tiempo (min)
T – 01	Colocar el servomotor en los pines correspondientes del Raspberry Pi 4	2
T – 02	Colocarlo en el botón de encendido y apagado del aire acondicionado	1
TOTAL		3 min

Fuente: Elaboración propia

4.4.5. Sprint Review

Tabla 45: Sprint Review de las historias de usuario

Historia de usuario	Descripción	Estado	Tiempo
H.U N° 01	Elaboración del prototipo	Terminado	3 horas
H.U N° 02	Designación de herramientas de trabajo	Terminado	4 horas
H.U N° 03	Instalación del sistema operativo	Terminado	1 hora
H.U N° 04	Instalación y actualización de paquetes	Terminado	1 hora

H.U N° 05	Recolección del DATASET	Terminado	8 horas
H.U N° 06	Etiquetado del DATASET	Terminado	12 horas
H.U N° 07	Entrenamiento del modelo	Terminado	51 h 17 min
H.U N° 08	Codificación YOLO V8	Terminado	4h 20 min
H.U N° 09	Pruebas del sistema de visión artificial	Terminado	5 min
H.U N° 10	Pruebas del servomotor	Terminado	3 min

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de funcionalidad

Tabla 46: Pruebas de funcionalidad

Historia de usuario	Descripción	Resultado	Prioridad
H.U N° 01	Elaboración del prototipo	Valido	Alta
H.U N° 02	Designación de herramientas de trabajo	Valido	Alta
H.U N° 03	Instalación del sistema operativo	Valido	Alta
H.U N° 04	Instalación y actualización de paquetes	Valido	Alta
H.U N° 05	Recolección del DATASET	Valido	Alta
H.U N° 06	Etiquetado del DATASET	Valido	Alta
H.U N° 07	Entrenamiento del modelo	Valido	Alta
H.U N° 08	Codificación YOLO V8	Valido	Alta
H.U N° 09	Pruebas del sistema de visión artificial	Valido	Alta
H.U N° 10	Pruebas del servomotor	Valido	Alta

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden en varios aspectos con las investigaciones mencionadas sobre la aplicación de la visión artificial, como por ejemplo, en la investigación de Aliaga y Pariona (2022) se observó que al implementarse la detección de personas u objetos se obtuvo una precisión del 89.01% sin embargo, se han encontrado diferencias en la confianza de la precisión, teniendo nuestra investigación un 91.3%, lo cual revela que en nuestra investigación existe una alta fiabilidad. Además, este estudio se destaca por la integración de sensores actuadores y detección en tiempo real usando YOLO V8n y una Raspberry Pi 4, los cuales han demostrado ser altamente efectivos para la gestión automatizada de los equipos de aire acondicionado. Aunque los enfoques de aplicación de ambas investigaciones son diferentes, esto demuestra la versatilidad de la visión artificial para contribuir significativamente a la solución de problemas sin la necesidad de realizar inversiones sustanciales.

Por otro lado, la investigación de Romon (2022) se caracteriza por incluir a la exactitud como métricas para evaluar el rendimiento del modelo de visión artificial, en el cual se obtuvo un 93%. En esta investigación se obtuvo una exactitud de 92.5%, aunque existe una ligera diferencia, esto se debe principalmente al uso de arquitecturas y el ámbito de aplicación, a pesar de ello se han demostrado un gran potencial en el campo de la visión artificial.

La precisión y la exactitud no son las únicas métricas que determinan el rendimiento de un modelo de visión artificial, por lo que se ha considerado también el Recall y F1-Score, en esta investigación se obtuvo un puntaje de 1.00 y 0.918, respectivamente. Mientras que Monroy (2021) obtuvo un puntaje de 0.99 para el Recall y 0.98 de F1 Score, los resultados obtenidos aportan en aspectos de eficiencia, efectividad y confiabilidad. La métrica F1-Score ha permitido que el modelo tenga un buen equilibrio en la detección y no genere falsas alarmas, por su parte Recall nos indica que el sistema no va a fallar en reconocer la presencia de personas y va a actuar adecuadamente cuando sea

necesario. Esto sugiere que ambos modelos son altamente efectivos en su tarea de clasificación.

Además, los resultados obtenidos al aplicarse la visión artificial para mejorar la gestión energética de aires acondicionados reflejan un 42% de ahorro de energía a comparación de lo encontrado por (Lan et al. 2023), quien obtuvo un 30%. Sin embargo, en ambas investigaciones se usaron tecnologías y técnicas innovadoras para el control predictivo, conduciendo al uso eficiente de los equipos HVAC para evitar el desperdicio de energía. Los resultados coinciden con los hallazgos de Solis y Gruezo (2022), esto demuestra que la visión artificial se constituye actualmente como un elemento esencial del monitoreo y el control de energía.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el objetivo general sí se cumplió, es decir, sí se logró determinar que la visión artificial sí influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD. Así como también, se cumplió con el objetivo específico 1, es decir sí se logró determinar que la visión artificial ha influido significativamente en el tiempo de funcionamiento. Se cumplió con el objetivo específico 2, es decir sí se logró determinar que la visión artificial ha influido significativamente en el consumo energético. Se cumplió con el objetivo específico 3, es decir sí se logró determinar que la visión artificial ha influido significativamente en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado. Y finalmente se cumplió con el objetivo específico 4, es decir sí se logró determinar que la visión artificial ha influido significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.
2. También se concluye que nuestra investigación, usando visión artificial, ha demostrado lograr una precisión del 90.47%, lo que indica que las detecciones fueron correctamente clasificadas como clase persona , además de que alcanzó una exactitud del 92.5% y un notable recall de 0.95 indicando que el modelo identifica todas las instancias positivas de la clase persona, y esto se ve respaldado por el F1-Score el cual se obtuvo un 0.926 demostrando que existe un equilibrio sólido entre precisión y recall, todos estos resultados han reflejado que hay un sobresaliente rendimiento del modelo Yolo v8n en la detección de las personas. Por lo que se puede concluir que la visión artificial sí influye en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.
3. Por otro lado, la visión artificial ha permitido que influya significativamente en el tiempo de funcionamiento del aire acondicionado, pues hubo una reducción de 5 horas por día en

comparación cuando no había la implementación del sistema de visión artificial. Lo mismo sucedió en el consumo energético, pues hay una reducción de un 42% en el consumo mensual evidenciando el impacto positivo de la implementación de la detección de personas con visión artificial. De la misma manera en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado con la innovadora técnica de detección de personas en tiempo real, todo esto a su vez ha beneficiado positivamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD, con una reducción del 42%.

Podemos concluir que se ha demostrado que los objetivos se han cumplido satisfactoriamente y han cumplido con su finalidad.

4. Se demostró que para la hipótesis general el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05 en la prueba no paramétrica de Wilcoxon, por lo cual hay evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna (H_1) y rechazar la hipótesis nula (H_0) ya que indica que hay una diferencia significativa entre las puntuaciones antes y después de la intervención de la visión artificial y por lo tanto la visión artificial influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la UNAMAD
5. De igual manera se demostró estadísticamente las hipótesis específicas 1, 2, 3 y 4, las cuales salieron no paramétricas en las pruebas de normalidad al aplicarse la prueba de Shapiro Wilk, esto indica que al emplear la prueba de Wilcoxon hay evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna (H_1) y rechazar la hipótesis nula (H_0), ya que el p-valor es menor al nivel de significancia 0.05, es por ello que esta investigación concluye en que la visión artificial sí influye significativamente en el tiempo de funcionamiento, consumo energético, el tiempo de encendido y apagado automático y la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la UNAMAD.

SUGERENCIAS

1. Para trabajar con visión artificial, utilizando YOLO en esta investigación es recomendable tener conocimientos básicos en el uso del Raspberry Pi, del lenguaje de programación Python y el uso de librerías.
 - Comprender cómo funciona el hardware del Raspberry Pi y que limitaciones puede tener.
 - Configurar el entorno, incluyendo sistemas operativos y conectividad.
 - Conocer el lenguaje de programación Python a un básico nivel para codificar y entender scripts.
 - Familiarizarse con conceptos como estructuras de control, y funciones.
2. Al trabajar con YOLO y Raspberry pi 4 es recomendable utilizar versiones más ligeras de YOLO si se desea una mayor velocidad de funcionamiento.
 - Optar por versiones más ligeras de YOLO como Tiny YOLO, son rápidas pero menos precisas.
 - Investigar la diferencia entre diferentes versiones y elegir la más conveniente.
3. Asegurarse de tener instalado una versión actualizada del sistema operativo en el Raspberry pi 4 para no tener problemas de compatibilidad.
 - Verificar con frecuencia actualizaciones disponibles para el Raspberry Pi.
 - Asegurarse de que el software y las librerías sean compatibles con la versión del sistema operativo.
4. Instalar y actualizar las bibliotecas necesarias. OpenCV es crucial para la manipulación de imágenes y el preprocesamiento.
 - Instalar OpenCV para procesamiento de imágenes y preprocesamiento.
 - Asegurarse de tener la versión correcta para el sistema operativo del Raspberry Pi que estes utilizando.

5. El Raspberry Pi puede calentarse bajo carga. Considere usar disipadores de calor y ventiladores para evitar el sobrecalentamiento
 - Instala disipadores de calor para ayudar a disipar el calor que se genera por el procesador.
 - Considera el uso de carcasas con buenos sistemas de disipación de calor.
6. Utilizar la cantidad necesaria de imágenes etiquetadas para realizar el entrenamiento. Para este proyecto se utilizaron unas 8000 imágenes.
 - Divide el dataset en grupos de imágenes de entrenamiento, validación y prueba para tener un buen entrenamiento.
7. Utiliza herramientas como las brindadas por plataformas como roboflow o la herramienta labeling para el etiquetado de imágenes.
 - Aprovecha las funciones de etiquetado para ahorrar tiempo.
8. Etiquetar todas las personas posibles encontradas en las imágenes del dataset de imágenes.
 - Asegurarse de que las imágenes tengan personas desde diferentes ángulos y posiciones.
 - Incluir imágenes tomadas de diversas perspectivas para una mayor robustez del modelo.
9. Asegurarse de usar una fuente de alimentación que proporcione la energía necesaria. Una fuente insuficiente puede causar sobrecalentamiento y otros problemas.
 - Utiliza una fuente con la capacidad necesaria para hacer funcionar (generalmente 5V/3A para un Raspberry Pi 4).
 - Verifica la calidad de la fuente de alimentación para así evitar problemas de voltaje y otros.
 - Evita el uso de fuentes de mala calidad que puedan ocasionar algún problema de hardware, reinicios o hasta malograr el dispositivo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ACUÑA, D.A., 2019. *Visión Artificial aplicada a la detección e identificación de personas en tiempo real* [en línea]. S.I.: Escuela Politecnica Nacional. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20098/1/CD-9539.pdf>.
- ADELEKAN, D.S., OHUNAKIN, O.S. y PAUL, B.S., 2022. Artificial intelligence models for refrigeration, air conditioning and heat pump systems. *ELSEVIER* [en línea], vol. 8, pp. 8451–8466. DOI <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.06.062>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722012021>.
- AFTAB, M., CHEN, C., CHAU, C.-K. y RAHWAN, T., 2017. Automatic HVAC control with real-time occupancy recognition and simulation-guided model predictive control in low-cost embedded system. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 154, pp. 141–156. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.077>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817305091>.
- AHMED, N.A., 2023. Mean Average Precision (mAP): A Complete Guide. [en línea]. [Consulta: 18 febrero 2024]. Disponible en: <https://kili-technology.com/data-labeling/machine-learning/mean-average-precision-map-a-complete-guide>.
- ALEGSA, L., 2023. Definición de Cámara Web. [en línea]. [Consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.alegsa.com.ar/Dic/camara_web.php#gsc.tab=0.
- ALIAGA, A.M. y PARIONA, E.J., 2022. *Desarrollo y validación de un algoritmo basado en visión artificial para el reconocimiento de un posible asalto con arma de fuego en un local comercial de Lima* [en línea]. S.I.: Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6190>.
- ALVEAR-PUERTAS, V., ROSERO-MONTALVO, P., PELUFFO-ORDÓÑEZ, D. y PIJAL-ROJAS, J., 2017. Internet of Things and Artificial Vision, Performance and Applications: Literature Review. *Universidad Tecnológica Equinoccial* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 244–256. DOI <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.121>. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572262176018/html/>.
- APAZA, F., ESTOFANERO, R. y MAMANI, H., 2022. *Aplicación de inteligencia y visión artificial para la obtención del aforo vehicular* [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN. Disponible en: http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/6132/Fiorella_Tesis_Licenciatura_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- ARIAS, J.L., 2020. *Técnicas e instrumentos de Investigación Científica* [en línea]. 1era Ed. Lima: s.n. ISBN 978-612-48444-0-9. Disponible en: https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2238/1/AriasGonzales_TecnicasElInstrumentosDeInvestigacion_libro.pdf.

- BERZAL, F., 2018. *Redes Neuronales Y Deep Learning* [en línea]. Granada: Independently published. ISBN 9781731265388. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Fernando-Berzal/dp/1731265387>.
- BOESCH, G., 2023. *Computer Vision Model Performance Evaluation (Guide 2023)* [en línea]. 2023. Singapur: VISO.AI. Disponible en: <https://viso.ai/computer-vision/model-performance/>.
- BOESCH, G., 2024. A Guide to YOLOv8 in 2024. *Deep Learning* [en línea]. [Consulta: 18 febrero 2024]. Disponible en: <https://viso.ai/deep-learning/yolov8-guide/#:~:text=YOLOv8 is the newest model,easy-to-implement framework>.
- BORROTO, A., LAPIDO, M., MONTEAGUDO, J., DE ARMAS, M., MONTESINOS, M., DELGADO, J., PADRÓN, A. y GONZALES, F., 2005. La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Centros de Estudios de Energía y Medio Ambiente* [en línea], no. 33, pp. 65–69. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147019387005>.
- BRADSKI, G. y KAEHLER, A., 2008. *Learning OpenCV* [en línea]. First edit. United States of America: O'Reilly Media, Inc. ISBN 978-0-596-51613-0. Disponible en: <https://www.bogotobogo.com/cplusplus/files/OReilly Learning OpenCV.pdf>.
- BURNS, A. y WELLINGS, A., 2009. *Real - Time Systems and programming Languages* [en línea]. 4a. S.l.: s.n. ISBN 978-0321417459. Disponible en: <https://www.amazon.com/Real-Time-Systems-Programming-Languages-International/dp/0321417453>.
- CAMPOS, G. y LULE, N., 2012. La observación, un método para el estudio de la realidad. *Xihmai* [en línea], vol. 7, no. 13, pp. 45–60. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3979972>.
- CAÑIZARES, G., RIVERO, M.F., PÉREZ, R.A. y GONZÁLEZ, E., 2014. La gestión energética y su impacto en el sector industrial de la provincia de Villa Clara, Cuba. *Tecnología Química* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 19–27. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543781002.pdf>.
- CAPEHART, B.L., TURNER, W.C. y KENNEDY, W.J., 2012. *Guide to Energy Management* [en línea]. 7ma Ed. S.l.: The Fairmont Press, Inc. ISBN 10: 0-88173-671-6. Disponible en: https://research.iaun.ac.ir/pd/moradian/pdfs/UploadFile_4420.pdf.
- CARRASCO, S., 2006. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera. Perú: Editorial San Marcos. ISBN 9972-34-242-5. Disponible en: https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_.
- CHEN, W., HE, Y. y PEI, Q., 2021. Research on the Design of Electrical Automation Control System Based on the Application of Computer Technology. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 1, no.

1, pp. 1–6. DOI 10.1088/1742-6596/1992/3/032139. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1992/3/032139/meta>.

DE LAIRE, M., FIALLOS, Y. y AGUILERA, Á., 2017. *Beneficios de los Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO 50001 y casos de éxito* [en línea]. 2017. Chile: Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Disponible en: https://guiaiso50001.cl/guia/wp-content/uploads/2017/05/Casos_exito_correccion9.pdf.

DEBIAN, 2023. DEBIAN. [en línea]. [Consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.debian.org/index.es.html>.

DIAZ, R. y VILCAS, D.R., 2022. *Aplicativo móvil para la detección de la enfermedad del Mosaico común en la yuca (Manihot esculenta) utilizando redes neuronales convolucionales, 2021* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/889/004-2-2-015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DOROKHOVA, M., BALLIF, C. y WYRSCH, N., 2020. Rule-based scheduling of air conditioning using occupancy forecasting. *ENERGY AND AI* [en línea], vol. 2, pp. 1–11. DOI <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2020.100022>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666546820300227>.

DRENKOW, N., SANI, N., SHPITSER, I. y UNBERATH, M., 2022. A Systematic Review of Robustness in Deep Learning for Computer Vision: Mind the gap? *The Johns Hopkins University* [en línea], pp. 1–23. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/2112.00639.pdf>.

E-SOURCE, 2020. Energy in schools and universities. [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2023]. Disponible en: <https://esource.bizenergyadvisor.com/article/colleges-and-universities>.

FERNÁNDEZ-CABALLERO, A., MANZANO ARJONA, M.G., GONZÁLEZ, E.A. y TOMÉ, S.M., 2006. *Una Perspectiva de la Inteligencia Artificial en su 50 Aniversario* [en línea]. II edición. España: Printed in Spain. ISBN 84-689-9562-2. Disponible en: <https://www.dsi.uclm.es/personal/AntonioFdez/download/papers/confere nce/cmpi2006-volumell.pdf#page=164>.

FISCHER, M., 2021. YOLOv4 vs YOLOv4-tiny. *Training YOLO for Object Detection* [en línea]. [Consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://medium.com/analytics-vidhya/yolov4-vs-yolov4-tiny-97932b6ec8ec>.

GAI, W., LIU, Y., ZHANG, J. y JING, G., 2021. An improved Tiny YOLOv3 for real-time object detection. *SYSTEMS SCIENCE & CONTROL ENGINEERING: AN OPEN ACCESS JOURNAL* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 314–321. DOI <https://doi.org/10.1080/21642583.2021.1901156>. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/21642583.2021.1901156?>

needAccess=true.

- GAMONAL, A.E., 2020. *Diseño de un sistema por visión artificial para determinar la calidad de mandarinas* [en línea]. S.I.: Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3986?show=full>.
- GILLIS, A.S., 2022. Píxel. *TechTarget* [en línea]. [Consulta: 6 julio 2023]. Disponible en: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/pixel>.
- GÓMEZ, D. y GUERRERO, A., 2016. *ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES*. [en línea]. 2016. S.I.: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/9f8687a7-8b34-4ff8-8f75-9cc38dd0729a/content>.
- GOOGLE, 2023. Google Colab. [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://research.google.com/colaboratory/intl/es/faq.html#:~:text=Conceptos básicos&text=Colaboratory%2C o %22Colab%22 para,análisis de datos y educación>.
- GRANDINI, M., BAGLI, E. y VISANI, G., 2020. METRICS FOR MULTI-CLASS CLASSIFICATION: AN OVERVIEW. *Cornell University* [en línea], pp. 1–17. DOI <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.05756>. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2008.05756>.
- GUTIÉRREZ, J.M., 2021. *Desarrollo de un sistema de detección de movimiento usando un sensor infrarrojo pasivo para implementación en robótica* [en línea]. S.I.: INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO. Disponible en: http://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/5948/GutierrezBravo_JuanManuel_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- HOLGADO-APAZA, L.A., CARPIO-VARGAS, E.E., CALDERON-VILCA, H.D., MAQUERA-RAMIREZ, J., ULLOA-GALLARDO, N.J., ACOSTA-NAVARRETE, M.S., BARRÓN-ADAME, J.M., QUISPE-LAYME, M., HIDALGO-POZZI, R. y VALLES-CORAL, M., 2023. Modeling Job Satisfaction of Peruvian Basic Education Teachers Using Machine Learning Techniques. *Applied Science* [en línea], vol. 13, no. 6, pp. 3945. DOI <https://doi.org/10.3390/app13063945>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/6/3945>.
- HUANG, Q. y HAO, K., 2020. Development of cnn-based visual recognition air conditioner for smart buildings. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* [en línea], vol. 5, pp. 361–373. DOI [10.36680/j.itcon.2020.021](https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.021). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/8fe7/b119be4c7fcf0b291d859c11d19de3e50ee.pdf>.
- HUI, J., 2018. mAP (mean Average Precision) for Object Detection. [en línea]. [Consulta: 18 febrero 2024]. Disponible en: <https://jonathan-hui.medium.com/map-mean-average-precision-for-object-detection->

45c121a31173.

- IGUAL, R. y MEDRANO, C., 2008. *Tutorial de OpenCV* [en línea]. S.I.: E.U. Politécnica de Teruel. Disponible en:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50259908/tutorial_opencv-libre.pdf?1478913526=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTutorial_de_OpenCV.pdf&Expires=1687758421&Signature=asK3NXV1pbOAdkSdShpfyMimknAbi~15qNDvjJzXE43BdwMrwnrT5K-NLDRLPqSHVH.
- INSTITUTE HVACR, 2019. Mundo HVACR. [en línea], vol. XIV, no. 176, pp. 1–68. Disponible en:
https://issuu.com/puntualmedia/docs/mh_diciembre_2019-comprimido.
- JIANG, P., ERGU, D., LIU, F., CAI, Y. y MA, B., 2022. A Review of Yolo Algorithm Developments. *Procedia Computer Science* [en línea], vol. 199, pp. 1066–1073. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.135>. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922001363>.
- LA SERNA, N. y ROMÁN, U., 2006. Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática UNMSM* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 9–16. Disponible en:
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a02v6n2.pdf.
- LAN, H., HOU, H. (Cynthia), GOU, Z., WONG, M.S. y WANG, Z., 2023. Computer vision-based smart HVAC control system for university classroom in a subtropical climate. *ELSEVIER* [en línea], vol. 242. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110592>. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132323006194>.
- LOAIZA, A.F., MANZANO, D.A. y MÚNERA, L.E., 2012. Sistema de visión artificial para conteo de objetos en movimiento. *Redalyc* [en línea], no. 40, pp. 87–101. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/478/47826850010.pdf>.
- MONROY, V. del P., 2021. *Diseño de un sistema de visión computacional para el pre-diagnóstico de la Enfermedad de Parkinson a partir de la escritura de una persona* [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD ESAN. Disponible en:
https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/2262/2021_ITIS_21-1_01_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- NAVA, V., FABELO, R. y ROMERO, J., 2015. Automatización de procesos en la administración de energía eléctrica en el área residencial. *Universidad de San Buenaventura* [en línea], vol. 1, no. 6, pp. 13–23. Disponible en:
<https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/issue/view/156>.
- OPENCV, [sin fecha]. OpenCV. [en línea]. [Consulta: 29 junio 2023]. Disponible en: <https://opencv.org/about/>.

- PONCE, M.M., 2012. *Visión por Computador para UAS* [en línea]. 2012. Madrid: s.n. Disponible en: https://oa.upm.es/14316/2/PFC_MONICO_MANUEL_PONCE_GONZALEZ_B.pdf.
- PYLESSONS, 2020. Tensorflow 2 YOLOv3-Tiny object detection implementation. *YOLO V3 Implementation* [en línea]. [Consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://pylessons.com/YOLOv3-TF2-Tiny>.
- PYTHON INSTITUTE, 2020. Python® – the language of today and tomorrow. [en línea]. [Consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://pythoninstitute.org/about-python#:~:text=Python was created by Guido,called Monty Python's Flying Circus>.
- QUADRI, N., 2001. *Sistemas de aire acondicionado* [en línea]. 1era Ed. Buenos Aires: s.n. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=J-iWDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA62&dq=aire+acondicionado&ots=n5gNni m8ct&sig=fSLCZ_no2k5OdyMqjkXPod9lqI#g#v=onepage&q=aire acondicionado&f=false.
- RAATIKAINEN, M., SKÖN, J.-P., LEIVISKÄ, K. y KOLEHMAINEN, M., 2016. Intelligent analysis of energy consumption in school buildings. *Applied Energy* [en línea], vol. 165, pp. 416–429. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.072>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261915016451>.
- RAMIREZ, L., 2013. *Acondicionamiento del aire* [en línea]. S.l.: Instituto Politecnico Nacional. Disponible en: https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12059/TESIS_AIRE_ACONDICIONADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- RASPBERRY PI, 2020. ¿Que es Raspberry Pi? [en línea]. [Consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/#:~:text=La Raspberry Pi fue creada,A y el Modelo B>.
- ROMON, I., 2022. *Clasificación de imágenes espaciales mediante visión artificial* [en línea]. S.l.: Universidad Politecnica de Madrid. Disponible en: https://oa.upm.es/71155/1/TFG_ISABEL_ROMON_JACOB.pdf.
- SAMPIERI, R.H., COLLADO, C.F. y LUCIO, M. del P.B., 2014. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6ta edició. Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN 9781456223960. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- SCHWABER, K. y SUTHERLAND, J., 2020. *La Guía de Scrum: Las reglas del Juego* [en línea]. 2020. S.l.: s.n. Disponible en: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf>.

- SCRUMSTUDY, 2013. *CONOCIMIENTO DE SCRUM (GUIA SBOK)* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en:
https://www.tenstep.ec/portal/images/pdfs/Suscripciones_TenStep/Silver/SCRUMstudy_GUIA_SBOK_espanol.pdf.
- SERUCA, J.M., 2021. *Una propuesta basada en visión artificial para el seguimiento de la ocupación de asientos aplicada a biblioteca de FEUP*. S.l.: Universidad de Porto.
- SOLIS, V.S. y GRUEZO, D.F., 2022. La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador. *Revista Científica Domino de las Ciencias* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 600–621. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2665>. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8637988.pdf>.
- SOSSA, J.H., GONZÁLEZ, M.E. y COSSIO, E.G., 2022. Artificial Intelligence and Industry 4.0. *Research in Computing Science* [en línea], vol. 149, no. 11, pp. 1–16. Disponible en:
[http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/15893/Evaluación del desempeño de sensores infrarrojo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/15893/Evaluación%20del%20desempeño%20de%20sensores%20infrarrojo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- TAMAYO, M., 2004. *EL PROCESO DE LA INVESTIGACION CIENTÍFICA* [en línea]. 4ta edició. Mexico: s.n. ISBN 968-18-5872-7. Disponible en:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso_de_la_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf.
- TORRES, Á., TUBAY, J.L., GUILLÉN, J. y VALLE, B. Del, 2021. Sistema de procesamiento de imágenes y su influencia en la gestión del consumo energético residencial. *Revista Universidad y Sociedad* [en línea], vol. 13, no. 2, pp. 100–105. Disponible en:
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n2/2218-3620-rus-13-02-100.pdf>.
- TULCHAK, L. V. y MARCHUK, A.O., 2012. *History of Python* [en línea]. 2012. S.l.: Universidad Técnica Nacional de Vinnytsia. Disponible en:
<http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/10471/461.pdf>.
- UNAMAD, 2021. Plan de mantenimiento de infraestructura, maquinarias, equipamiento y mobiliario UNAMAD, 2021-2024. [en línea]. Puerto Maldonado: Disponible en:
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3638737/RESOLUCIÓN N° 131-2021-UNAMAD-CU.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3638737/RESOLUCIÓN%20N%20131-2021-UNAMAD-CU.pdf).
- VALVERDE, J., 2001. *La imagen* [en línea]. 2001. España: Universidad de Extremadura - España. Disponible en:
https://www.eweb.unex.es/eweb/didactica/Tecnologia_Educativa/PDF/Imagen.pdf.
- VASCONCELLOS, D.B., GONZÁLEZ, P.P. y GONZÁLEZ, G.F., 2017. Control de demanda eléctrica aplicando algoritmos genéticos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [en línea], vol. 25, no. 389–398. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v25n3/0718-3305-ingeniare-25-03-00389.pdf>.

- VEGA, J.I., SALGADO, G., LAGOS, M.A., TAPIA, V.N. y SÁNCHEZ, F.J., 2014. Red inalámbrica de sensores de presencia. *Centro de ciencias aplicadas y desarrollo tecnológico* [en línea]. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, pp. 1–7. Disponible en: <http://somi.ccadet.unam.mx/somi29/memoriassomi29/PDFS/electronica/46-SGSOMI-66-46.pdf>.
- VELÁSQUEZ, M., ARBOLEDA, D., ARBOLEDA, A.G., ZULUAGA, D.A. y AGUIRRE, J., 2014. *Módulo de servomotor 2* [en línea]. S.I.: INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO. Disponible en: https://abcd.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/182/1/Rep_IU_PB_Ing_Ele_Servomotor2.pdf.
- WILBER MILTON, M., 2021. *DETECCIÓN DE OBJETOS EN IMÁGENES DE HERRAJE INSTALADO EN EL TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA DEL PROYECTO REGIONAL DE INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA - PUNO 2020* [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO. Disponible en: https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16348/Mayta_Aroquipa_Wilber_Milton.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- WOODS, R.C. y E., G. y R., 1996. *Tratamiento digital de imágenes de Addison, Wesley* [en línea]. S.I.: Publishing Co, Reading, Washington. Disponible en: https://www.academia.edu/3381069/Tratamiento_digital_de_imágenes.
- YANG, B., LIU, Y., LIU, P., WANG, F., CHENG, X. y LV, Z., 2023. A novel occupant-centric stratum ventilation system using computer vision: Occupant detection, thermal comfort, air quality, and energy savings. *Building and Environment* [en línea], vol. 237. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110332>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132323003591#preview-section-references>.
- YAWAR, M., 2023. Human Detection in Computer Vision. *Computer Vision Concepts* [en línea]. [Consulta: 2 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codingninjas.com/studio/library/human-detection-in-computer-vision>.

ANEXO 01: Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS		
<p>Variable Independiente:</p> <p>Visión Artificial</p>	<p>Para Ponce (2012) la visión por artificial es un campo de la inteligencia artificial en el que se busca, a través de lenguajes de programación, que un computador sea capaz de identificar y realizar ciertas órdenes desde el reconocimiento de ciertas características de imágenes.</p>	<p>La visión artificial involucra la utilización de cámaras y sensores para capturar imágenes, y luego aplicar técnicas y algoritmos de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático.</p>	<p>D1: Rendimiento</p> <p>El rendimiento en visión artificial se refiere a la capacidad del modelo para realizar tareas específicas de manera efectiva y precisa en el contexto de procesamiento de imágenes o videos (Romon 2022; Boesch 2023)</p>	Precisión	$P = \frac{TP}{TP + FP}$		
				Accuracy	$= \frac{A}{TP + TN + FP + FN}$		
				Recall	$P = \frac{TP}{TP + FN}$		
				F1-score	$P = \frac{2 * precision * recall}{precision + recall}$		
					<p>D2: Robustez</p> <p>Se refiere al comportamiento del modelo bajo corrupciones o alteraciones de las imágenes inducidas naturalmente, las cuales pueden mostrar brechas significativas (Drenkow et al. 2022).</p>	Variación en la iluminación	Porcentaje
						Velocidad de procesamiento	Tiempo en segundos

<p style="text-align: center;">Variable Dependiente:</p> <p style="text-align: center;">Gestión Energética</p>	<p style="text-align: center;">La gestión energética para Borroto et al. (2005) implica el monitoreo, control, registro, evaluación y acción correctiva continua sobre los equipos, áreas, procesos y personal clave, para reducir los consumos y gastos energéticos.</p>	<p style="text-align: center;">La planificación, supervisión, control y automatización eficiente de la generación, distribución y consumo de energía eléctrica para garantizar un ahorro óptimo y sostenible de los recursos energéticos.</p>	<p style="text-align: center;">D1: Control Energético</p> <p style="text-align: center;">Consiste en la administración y el control de las cargas eléctricas para reducir cargos por demanda máxima de potencia y por consumo de energía, durante ciertos períodos de acuerdo con la tarifa eléctrica que se aplica (Vasconcellos et al. 2017).</p>	Tiempo de funcionamiento	Promedio de horas
				Consumo	Kw/h
			<p style="text-align: center;">D2: Automatización</p> <p style="text-align: center;">La automatización en el consumo de energía eléctrica se presenta como una herramienta que absuelve a los usuarios de la tarea de administrar de forma manual el uso de la electricidad, y con seguridad permite lograr una reducción significativa de su gasto (Nava et al. 2015)</p>	Encendido y apagado automático	Tiempo en segundos
				Reducción de costos	Soles

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable y dimensiones	Metodología
<p>Problema General ¿De qué manera la visión artificial influye en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD?</p>	<p>Objetivo General Determinar de qué manera la visión artificial influye en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD.</p>	<p>Hipótesis General La visión artificial influye significativamente en la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD</p>	<p>Variable De Estudio:</p> <p>Variable Independiente: Visión Artificial</p> <p>Dimensiones D1. Rendimiento D2. Robustez</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño: Preexperimental,</p> <p>Tipo de diseño: preprueba y posprueba</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿De qué manera la visión artificial incide en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD?</p> <p>b) ¿De qué manera la visión artificial incide en el consumo energético de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a) Determinar de qué manera la visión artificial influye en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD.</p> <p>b) Determinar de qué manera la visión artificial influye en el consumo de los equipos de aire acondicionado de</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a) La visión artificial influye significativamente en el tiempo de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD.</p> <p>b) La visión artificial influye significativamente en el consumo de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de</p>	<p>Variable Dependiente: Gestión Energética</p> <p>Dimensiones D1. Control D2. Automatización</p>	<p>Técnica de recolección de datos: Observación</p> <p>Instrumento: Ficha de observación</p> <p>Población: Todos los datos recopilados de detección de personas de los salones 202, 203 y 204 de la escuela profesional de</p>

<p>Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD?</p> <p>c) ¿De qué manera la visión artificial incide en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD?</p> <p>d) ¿De qué manera la visión artificial incide en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD?</p>	<p>la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD.</p> <p>c) Determinar de qué manera la visión artificial influye en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD.</p> <p>d) Determinar de qué manera la visión artificial influye en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD.</p>	<p>Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD</p> <p>c) La visión artificial influye significativamente en el encendido y apagado automático de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD</p> <p>d) La visión artificial influye significativamente en la reducción de costos de los equipos de aire acondicionado de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAMAD</p>		<p>Ingeniería de Sistemas</p> <p>Muestra: Todos los datos recopilados en tiempo real cada minuto durante en cada turno: mañana y tarde de la detección de personas de los salones 202, 203 y 204 de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática.</p> <p>Muestreo: Censal</p>
--	--	---	--	---

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03: Instrumento: Ficha de observación

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: PRECISIÓN				
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello			
Aula	205			
PRE-TEST				
Proceso registrado		Fórmula		
Indicador	Medida	$P = \frac{(TP)}{(TP) + (FP)}$ <p>Donde: P = precisión TP = Verdaderos positivos FP = Falsos positivos</p>		
PRECISION	Porcentaje			
N°	Fecha	TP	FP	P
01	___ / ___ / 23			
02	___ / ___ / 23			
03	___ / ___ / 23			

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: PRECISIÓN				
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello			
Aula	205			
POST-TEST				
Proceso registrado		Fórmula		
Indicador	Medida	$P = \frac{(TP)}{(TP) + (FP)}$ <p>Donde: P = precisión TP = Verdaderos positivos FP = Falsos positivos</p>		
Precisión	Porcentaje			
N°	Fecha	TP	FP	P
01	___ / ___ / 23			
02	___ / ___ / 23			
03	___ / ___ / 23			

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: EXACTITUD				
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello			
Aula	205			
PRE-TEST				
Proceso registrado		Fórmula		
Indicador	Medida	$E = \frac{(TP) + (TN)}{(TP) + (FP) + (TN) + (FN)}$ <p>Donde: E = Exactitud TP = Verdaderos positivos TN = Verdaderos negativos FP = Falsos positivos FN = Falsos negativos</p>		
Exactitud	Porcentaje			
N°	Fecha	TP	TN	E
01	___ / ___ / 23			
02	___ / ___ / 23			
03	___ / ___ / 23			

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: EXACTITUD				
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello			
Aula	205			
POST-TEST				
Proceso registrado		Fórmula		
Indicador	Medida	$E = \frac{(TP) + (TN)}{(TP) + (FP) + (TN) + (FN)}$ <p>Donde: E = Exactitud TP = Verdaderos positivos TN = Verdaderos negativos FP = Falsos positivos FN = Falsos negativos</p>		
Exactitud	Porcentaje			
N°	Fecha	TP	TN	E
01	___ / ___ / 23			
02	___ / ___ / 23			
03	___ / ___ / 23			

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO		
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello	
Aula	205	
PRE-TEST		
Proceso registrado		Fórmula
Indicador	Medida	Promedio
Tiempo de funcionamiento	Horas	$X = \frac{\sum x_i}{N}$ Donde: Xi = total de horas N = total de días
N°	Fecha	Horas
01	___ / ___ / 23	
02	___ / ___ / 23	
03	___ / ___ / 23	
Total		
Promedio		

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO		
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello	
Aula	205	
POST-TEST		
Proceso registrado		Fórmula
Indicador	Medida	Promedio
Tiempo de funcionamiento	Horas	$X = \frac{\sum x_i}{N}$ Donde: Xi = total de horas N = total de días
N°	Fecha	Horas
01	___ / ___ / 23	
02	___ / ___ / 23	
03	___ / ___ / 23	
Total		
Promedio		

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: CONSUMO		
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello	
Aula	205	
PRE-TEST		
Proceso registrado		Fórmula
Indicador	Medida	Consumo = (potencia del equipo) x (tiempo de uso en horas)
Consumo energético	Kw/h	
Datos del equipo de aire acondicionado		
Marca		
Modelo		
Potencia (kw)		
Datos del consumo		
Horas de consumo		
TOTAL		

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: CONSUMO		
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello	
Aula	205	
POST-TEST		
Proceso registrado		Fórmula
Indicador	Medida	Consumo = (potencia del equipo) x (tiempo de uso en horas)
Consumo energético	Kw/h	
Datos del equipo de aire acondicionado		
Marca		
Modelo		
Potencia (kw)		
Datos del consumo		
Horas de consumo		
TOTAL		

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: REDUCCION DE COSTOS		
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello	
Aula	205	
PRE-TEST		
Proceso registrado		Fórmula
Indicador	Medida	Reducción de Costos = $[(\text{Costo Inicial} - \text{Costo Final}) / \text{Costo Inicial}] \times 100\%$
Reducción de costos	Porcentaje	
Datos del equipo de aire acondicionado		
Costo del consumo inicial		
Costo del consumo final		
TOTAL		

FICHA DE REGISTRO DEL INDICADOR: REDUCCION DE COSTOS		
Investigadores:	Longa Gallardo, Bellagraciela Vega Maceda, Becker Antonello	
Aula	205	
POST-TEST		
Proceso registrado		Fórmula
Indicador	Medida	Reducción de Costos = $[(\text{Costo Inicial} - \text{Costo Final}) / \text{Costo Inicial}] \times 100\%$
Reducción de costos	Porcentaje	
Datos del equipo de aire acondicionado		
Costo del consumo inicial		
Costo del consumo final		
TOTAL		

ANEXO 04: Autorización para realizar el estudio



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
 DECANATURA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"
 Madre de Dios, Capital del Cuzco Boreal y del Eje Páramo

Puerto Maldonado, 02 de agosto de 2023

OFICIO N° 001-2023-UNAMAD-R-VRA-DFI/DDA-ISI

Señor:

MSc. Dalmiro Ramos Enciso

Director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática

Presente.-

ASUNTO: Autorización para desarrollar el proyecto de tesis.

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que actualmente los bachilleres Longa Gallardo Bellagraciela identificada con DNI 77810322 y Vega Maceda Becker Antonello identificado con DNI 75685915 de la carrera profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, se encuentran desarrollando el Proyecto de Tesis titulado "Visión artificial para la gestión energética de equipos de aire acondicionado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, 2023".

Por lo que, con la finalidad de poder desarrollar esta implementación tecnológica dentro de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, se requiere de su autorización ya que impactará de manera positiva en la gestión energética.

Sin otro particular, me suscribo de usted, expresándole mi especial consideración.

Atentamente,

Bella G.

Bellagraciela Longa Gallardo
 Tesista

Autorizado

 Dalmiro Ramos Enciso

"Enseñando y Edificando un futuro mejor"
 Av. Jorge Chávez N° 1160 / Celular N° 969385486

ANEXO 05: Panel Fotográfico

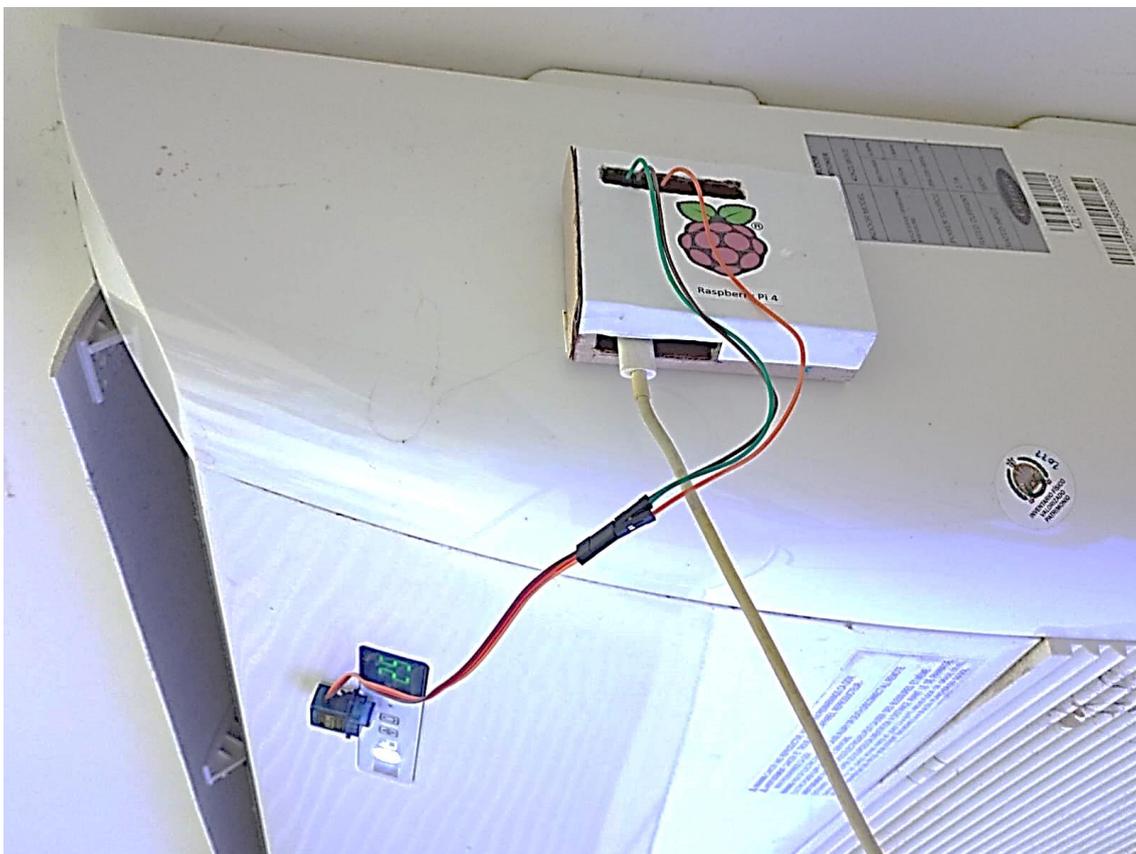


Ilustración 16: Implementación del prototipo en el aire acondicionado

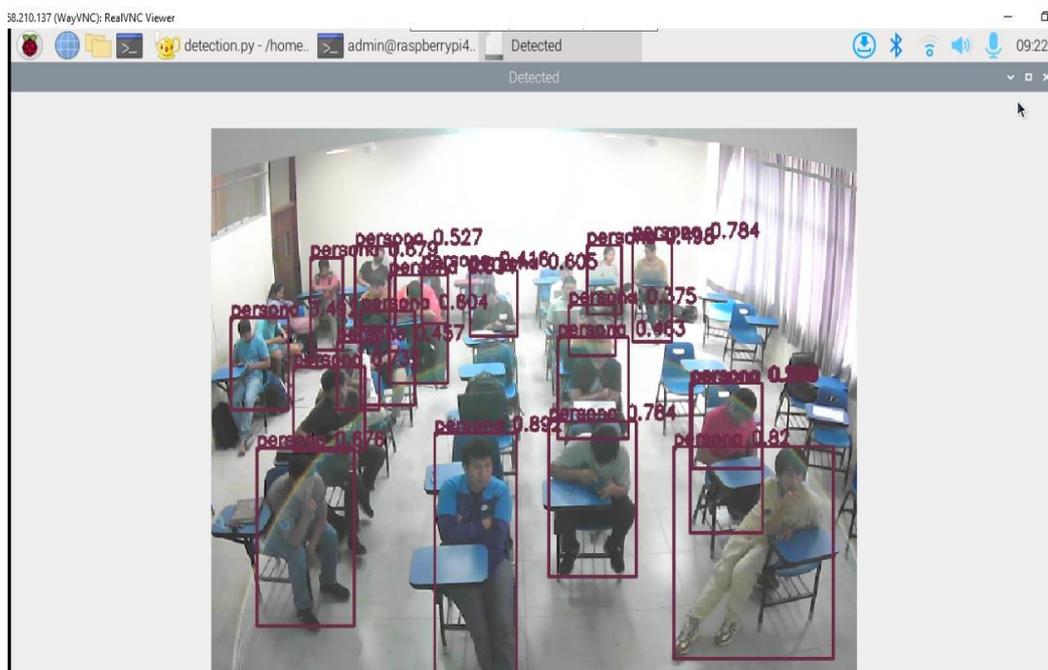


Ilustración 17: Aplicación del sistema de visión artificial en el aula ISI-203

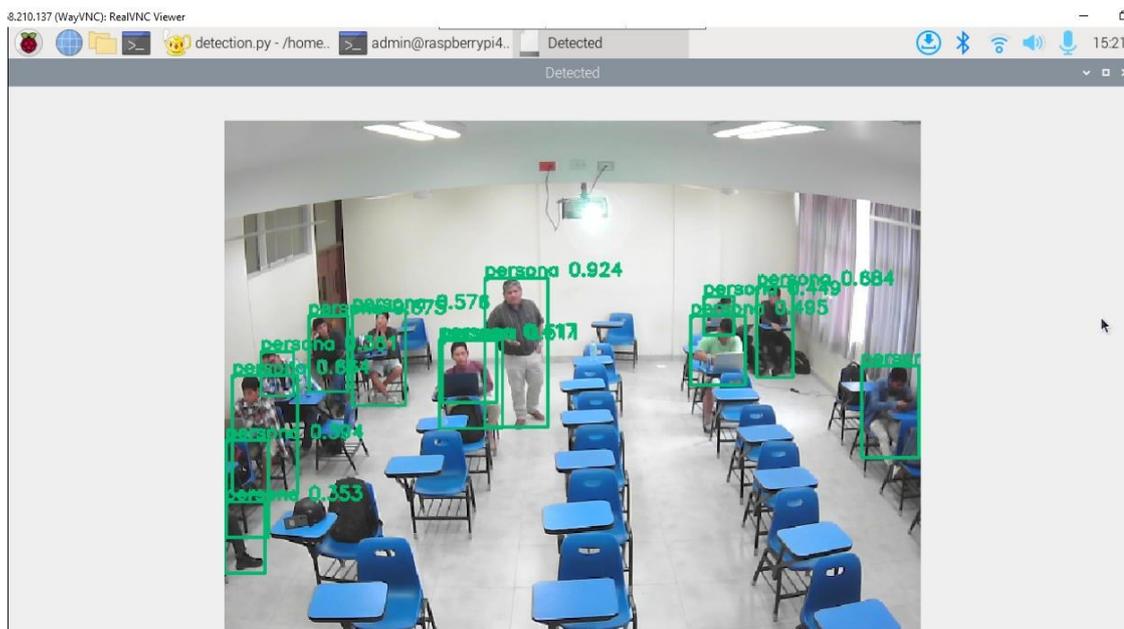


Ilustración 18: Detección de personas en el salón ISI-202

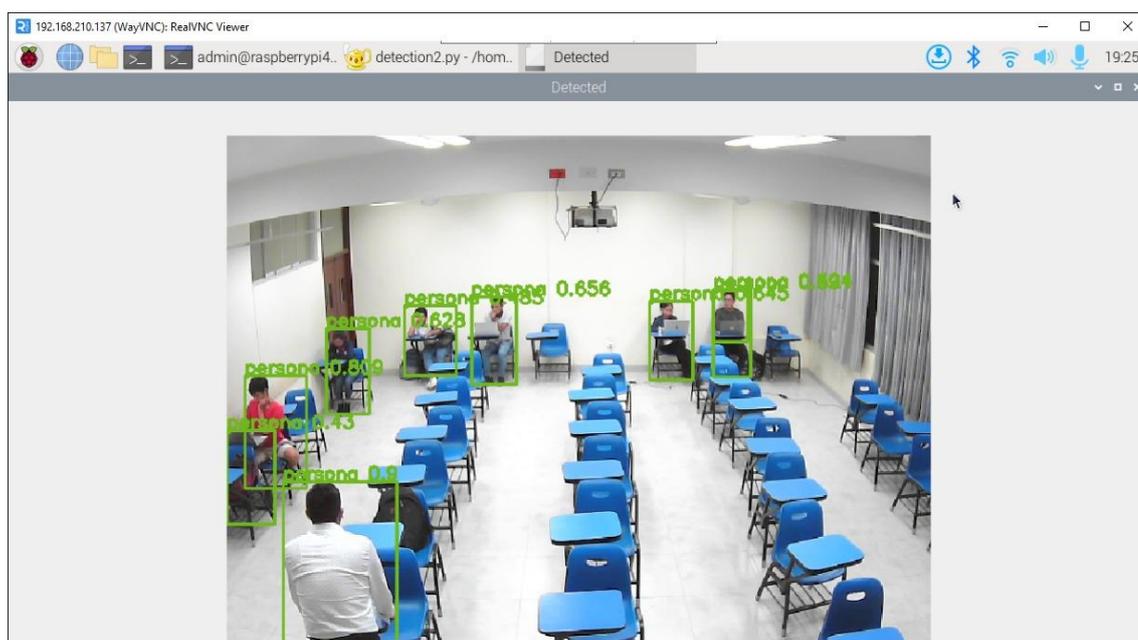


Ilustración 19: Detección de personas en el salón ISI-204