



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

Creada Ley No. 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1985

PROYECTO INTEGRADOR

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**SISTEMA INFORMÁTICO CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES
PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO
1 EN LA ULEAM EXTENSIÓN EL CARMEN.**

ALAY CRUZ EDITH MARIBEL

AUTORA

ING. ARCA ZAVALA JEFFERSON OMAR MG.

TUTOR

EL CARMEN, AGOSTO 2025



CERTIFICADO DEL TUTOR

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante ALAY CRUZ EDITH MARIBEL, legalmente matriculado/a en la carrera de TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, período académico 2024-2-2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "SISTEMA INFORMÁTICO CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO 1 EN LA ULEAM EXTENSIÓN EL CARMEN".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 18 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Ing. Arca Zavala Jefferson Omar, Mgs.
Docente Tutor
Área: Tecnologías de la Información

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Extensión El Carmen
Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Título del Trabajo de Titulación: Sistema Informático con Redes Neuronales Convolucionales para la Eficiencia Energética de la Climatización del Laboratorio 1 en Uleam Extensión El Carmen.

Modalidad: Proyector Integrador

Autora: Alay Cruz Edith Maribel

Tutor: Ing. Arca Zavala Jefferson Omar, Mg.

Tribunal de Sustentación:

Presidente:

Mg. Minaya Macias Renelmo Wladimir.

Miembro:

Ing. Pozo Hernandez Clara Guadalupe, Mg.

Miembro:

Ing. Quiroz Valencia Arturo Patricio, Mg.

Fecha de Sustentación: 10 de septiembre de 2025

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

EXTENSIÓN EN EL CARMEN



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de titulación, cuyo tema es: SISTEMA INFORMÁTICO CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO #1 EN LA ULEAM EXTENSIÓN EL CARMEN, corresponde exclusivamente a: ALAY CRUZ EDITH MARIBEL con CI. 131365290-9, y los derechos patrimoniales de la misma corresponden a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Alay Cruz Edith Maribel", enclosed within a blue oval shape.

Alay Cruz Edith Maribel

131365290-9

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi amado hijo, mi pequeño Jareth, quien con su sonrisa iluminó mis días más difíciles y me dio la fuerza para continuar cuando sentía que ya no podía más. Tú eres mi mayor inspiración, mi motor y mi mayor logro. Que este trabajo sea un testimonio de cuánto se puede alcanzar cuando el amor verdadero nos impulsa a no rendirnos jamás.

Edith Maribel Alay Cruz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su constante presencia en mi vida, dándome la sabiduría y todo lo necesario para no rendirme, a mi esposo por su apoyo incondicional. Mi gratitud se extiende a mis padres, quienes siempre creyeron en mí, y a mi querida esencia, por no rendirse y dar lo mejor en cada paso.

Alay Cruz Edith Maribel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
CERTIFICADO DEL TUTOR.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE GRÁFICO E ILUSTRACIONES	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XXI
CAPÍTULO I	22
1 INTRODUCCIÓN	22
1.1 Preámbulo	22
1.2 Presentación del tema	23
1.3 Ubicación y contextualización de la problemática.....	23
1.4 Planteamiento del problema.....	23
1.4.1 Problematicación	23
1.4.2 Génesis del problema.....	24
1.4.3 Estado actual del problema	25

1.5	Diagrama causa – efecto del problema	26
1.6	Objetivos	27
1.6.1	Objetivo General.....	27
1.6.2	Objetivos específicos	27
1.7	Justificación.....	28
1.8	Impactos Esperados	28
1.8.1	Impacto tecnológico.....	28
1.8.2	Impacto social.....	29
1.8.3	Impacto ecológico.....	29
CAPITULO II.....		30
2	MARCO TEÓRICO.....	30
2.1	Antecedentes históricos	30
2.1.1	Sistema informático	30
2.1.2	Inteligencia Artificial	30
2.1.3	Redes neuronales convolucionales (CNN).....	32
2.1.4	Redes Neuronales en la Eficiencia Energética	33
2.2	Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado	33
2.3	Definiciones conceptuales.....	35
2.3.1	Sistema Informático.....	35
2.3.2	Redes neuronales convolucionales para la Eficiencia Energética	35
2.3.2.1	Aprendizaje automático.....	36
2.3.2.2	Las redes neuronales artificiales	36

2.3.2.3	Aprendizaje profundo.....	37
2.3.3	Inteligencia Artificial y Redes Neuronales Convolucionales (CNN).....	37
2.3.3.1	Historia y Desarrollo de las CNN	37
2.3.3.2	Funcionalidad y Arquitectura de las CNN.....	37
2.3.3.3	Aplicaciones actuales de las CNN	38
2.3.4	Eficiencia Energética	38
2.3.4.1	Climatización Inteligente.....	38
2.3.4.2	Eficiencia Energética en Sistemas de Climatización	39
2.3.4.3	Eficiencia Energética en Edificios	40
2.3.4.4	Sistemas de Gestión de Edificios (BMS)	40
2.3.4.5	Componentes de un BMS.....	41
2.3.4.6	Beneficios de los BMS:.....	41
2.3.4.7	Funciones principales de un BMS:	42
2.3.4.8	El Internet de las cosas (IOT)	42
2.3.4.9	Automatización de Climatización en Edificios Inteligentes.....	43
2.4	Conclusiones del marco teórico	43
CAPÍTULO III.....		45
3	DISEÑO METODOLÓGICO	45
3.1	Introducción	45
3.1.1	Investigación cualitativa-cuantitativa	45
3.2	Tipos de investigación	45
3.2.1	Investigación experimental	45
3.2.2	Investigación documental.....	46
3.2.3	Investigación de campo.....	46

3.3	Métodos de investigación.....	46
3.3.1	Mixto.....	46
3.4	Fuentes de información.....	48
3.4.1	Primaria-Encuesta.....	48
3.4.2	Secundaria-Entrevista	48
3.5	Estrategias operacionales para la recolección de datos	48
3.5.1	Población y muestra.....	48
3.5.1.1	Población	48
3.5.1.2	Muestra	49
3.5.2	Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar.....	51
3.5.2.1	Encuesta.....	51
3.5.2.2	Entrevista.....	51
3.5.2.3	Estructura de los instrumentos de recolección de datos aplicados	52
3.5.2.4	Encuesta.....	52
3.5.2.5	Entrevista.....	53
3.5.3	Plan de recolección de datos	54
3.6	Análisis y presentación de resultados	55
3.6.1	Tabulación y análisis de los datos	55
3.6.2	Presentación y descripción de los resultados obtenidos.....	64
3.6.3	Informe final del análisis de los datos.....	64
CAPITULO IV		65
4	MARCO PROPOSITIVO	65
4.1	Introducción	65

4.2	Descripción de la propuesta	66
4.2.1	Justificación de la elección del modelo CNN	67
4.2.2	Flujo de funcionamiento del sistema	67
4.3	Determinación de recursos.....	69
4.3.1	Humanos	69
4.3.2	Tecnológicos.....	70
4.3.3	Económicos	71
4.4	Desarrollo.....	71
4.4.1	Fase I: Planificación.....	72
4.4.1.1	Estudio de factibilidad.....	72
4.4.1.2	Recolección de requerimientos funcionales y no funcionales	73
4.4.1.3	Definición del Product Backlog inicial	73
4.4.1.4	Planificación de los Sprints	75
4.4.1.5	Análisis del entorno físico del laboratorio.....	75
4.4.1.6	Cálculo del consumo energético actual del laboratorio	76
4.4.1.7	Proyección de ahorro con automatización.....	76
4.4.2	Fase II: Diseño y Construcción	77
4.4.2.1	Sprint 1	77
4.4.2.1.1	Pasos detallados:	77
4.4.2.2	Sprint 2	81
4.4.2.2.1	Actividades de validación funcional preliminar mediante control IR... 81	
4.4.2.3	Sprint 3	88
4.4.2.3.1	Pasos detallados:	88
4.4.3	Fase III: Evaluación y Pruebas en Entorno Real	98

4.4.3.1	Sprint 4	98
4.4.3.1.1	Actividades planificadas	98
CAPITULO V.....		101
5	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	101
5.1	Introducción	101
5.2	Presentación y monitoreo de resultados.....	102
5.2.1	Resultados de la encuesta y entrevista	102
5.2.2	Resultados de la prueba piloto.....	103
5.2.3	Análisis de los datos.....	105
5.2.4	Estimación del ahorro energético	106
5.2.5	Análisis de datos totales	107
5.2.6	Pruebas Finales	108
5.2.7	Integración con la encuesta y entrevista	110
5.3	Interpretación objetiva	110
5.3.1	Fortalezas	111
5.3.2	Debilidades.....	111
5.3.3	Factores externos	111
CAPÍTULO VI		113
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
6.1	Conclusiones	113
6.2	Recomendaciones	115
BIBLIOGRAFÍA		116

ANEXOS.....	121
GLOSARIO	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de estudiantes.....	49
Tabla 2 Variables de muestreo probabilístico.....	50
Tabla 3 Plan de recolección de datos.....	54
Tabla 4 Análisis de resultados de la encuesta.....	55
Tabla 5 Análisis de resultados de la entrevista.....	58
Tabla 6 Recursos humanos.....	69
Tabla 7 Recursos tecnológicos.....	70
Tabla 8 Recursos económicos.....	71
Tabla 9 Estudio de factibilidad.....	72
Tabla 10 Requerimientos funcionales y no funcionales.....	73
Tabla 11 Product Backlog inicial.....	74
Tabla 12 Planificación de los Sprint.....	75
Tabla 13 Análisis del laboratorio.....	75
Tabla 14 Comparación de consumo estimado.....	76
Tabla 15 Registro de eventos durante la prueba piloto.....	104

ÍNDICE GRÁFICO E ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama causas y efectos	26
Ilustración 2 Interfaz gráfica de usuario BMS 3	40
Ilustración 3 Arquitectura de computación en la nube habilitada para IoT.	43
Ilustración 4 Encuesta.....	52
Ilustración 5 Entrevista	53
Ilustración 6 Diagrama de flujo del sistema de automatización del aire acondicionado	67
Ilustración 7 Instalación del sistema operativo Raspberry Pi OS	77
Ilustración 8 Configuración de WiFi y SSH para acceso remoto.....	78
Ilustración 9 Actualizaciones	78
Ilustración 10 Creación de entorno virtual.....	79
Ilustración 11 Instalación de librerías LIRC, OpenCV y TensorFlow.....	80
Ilustración 12 Diagrama de arquitectura del sistema de automatización.....	82
Ilustración 13 Clonación de yolov5.....	83
Ilustración 14 Estructura del contenido de las carpetas	84
Ilustración 15 Modelo cargado correctamente	85
Ilustración 16 Script de captura con la cámara	86
Ilustración 17 Prueba de detección según número de personas	87
Ilustración 18 Configuración de GPIO en Raspberry pi.....	88
Ilustración 19 Verificar configuración	89
Ilustración 20 Receptor activo en el sistema.....	89
Ilustración 21 Receptor funcional	90
Ilustración 22 Actualización del kernel	91
Ilustración 23 Instalación de la herramienta ir-ctl.....	91
Ilustración 24 Grabación de señal	92

Ilustración 25 Ubicación de archivo	92
Ilustración 26 Envío de señal	92
Ilustración 27 Detección con envío de señal integrado	93
Ilustración 28 biblioteca de Google Shets.....	94
Ilustración 29 Credenciales en Google Cloud.....	94
Ilustración 30 Nuevo proyecto en Google Cloud.....	95
Ilustración 31 Habilitar API de Google Sheets	95
Ilustración 32 Archivo JSON	95
Ilustración 33 Compartir hoja de cálculo.....	96
Ilustración 34 Script de registro de eventos	96
Ilustración 35 Registro de datos en tiempo real	97
Ilustración 36 Conexión en el laboratorio.....	98
Ilustración 37 Prueba de señal para encender el aire.....	99
Ilustración 38 Prueba de señal para apagar el aire	99
Ilustración 39 Detección en tiempo real	100
Ilustración 40 Registro automático.....	100
Ilustración 41 Pruebas Preliminares	103
Ilustración 42 Consumo energético	105
Ilustración 43 Personas detectadas	106
Ilustración 44 Cumplimiento.....	108
Ilustración 45 Pruebas finales	109
Ilustración 46 Consumo en pruebas finales	110
Ilustración 47 Sistema funcional	111

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Entorno del Laboratorio #1	121
Anexo 2 Receptor conectado a la Raspberry pi para el grabado de señal IR	121
Anexo 3 Emisor IR enviando señal al aire acondicionado	122
Anexo 4 Prueba del sistema con detección	122
Anexo 5 Ubicación del emisor IR	123
Anexo 6 Ubicación del equipo funcional.....	123
Anexo 7 Encuesta realizada a los usuarios del laboratorio	124
Anexo 8 Cuestionario de preguntas realizadas al docente	125

RESUMEN

En el marco del presente trabajo de titulación denominado “Proyecto Integrador” tuvo como finalidad desarrollar un “Sistema Informático con Redes Neuronales Convolucionales para la Eficiencia Energética de la Climatización del Laboratorio 1 en la ULEAM Extensión El Carmen”, como estudiante de 9no semestre de Tecnologías de la Información, el objetivo fue mejorar la eficiencia energética del laboratorio #1, cuyo aire acondicionado consume aproximadamente 418 kWh/mes debido a su operación manual, que deja el equipo encendido en aulas vacías. A través de una encuesta a 150 usuarios y una entrevista a un docente especializado, se diagnosticó que el 93% apoya un sistema automatizado de detección de personas, esperando un ahorro energético del 30–50%. Estos hallazgos guiaron el desarrollo de un sistema basado en visión artificial, utilizando redes neuronales convolucionales para detectar ocupación y controlar el aire acondicionado. Además se implementó un dashboard desarrollado con Streamlit como una aplicación web interactiva de manera que integra datos en tiempo real desde Google Sheets y ofrece gráficos y estadísticas accesibles desde cualquier navegador, lo que permite tanto a usuarios como administradores el monitoreo continuo y el análisis del uso de energía en tiempo real. Una prueba piloto demostró un ahorro preliminar del 16.1%, con potencial para alcanzar el 40% proyectado mediante optimizaciones futuras. El proyecto aporta una solución innovadora y escalable para laboratorios universitarios, integrando tecnologías de inteligencia artificial en contextos de bajo presupuesto, a pesar de limitaciones como pruebas de corta duración y restricciones de infraestructura. Se recomienda implementar pruebas extendidas y desarrollar una interfaz de control remoto. Este trabajo refleja competencias en visión artificial y gestión de proyectos tecnológicos, contribuyendo a la sostenibilidad en la ULEAM.

Palabras clave: Eficiencia energética, visión artificial, automatización, climatización, inteligencia artificial.

ABSTRACT

Within the framework of this thesis called "Integrative Project", the purpose of this project was to develop a "Computer System with Convolutional Neural Networks for Energy Efficiency of Air Conditioning in Laboratory 1 at ULEAM El Carmen Extension". As a 9th semester Information Technology student, the objective was to improve the energy efficiency of Laboratory 1, whose air conditioning consumes approximately 418 kWh/month due to its manual operation, which leaves the equipment on in empty classrooms. Through a survey of 150 users and an interview with a specialized teacher, it was diagnosed that 93% support an automated people detection system, expecting energy savings of 30–50%. These findings guided the development of a computer vision-based system using convolutional neural networks to detect occupancy and control the air conditioning. Additionally, a dashboard developed with Streamlit was implemented as an interactive web application that integrates real-time data from Google Sheets and offers graphs and statistics accessible from any browser, allowing both users and administrators to continuously monitor and analyze energy usage in real time. A pilot test demonstrated a preliminary savings of 16.1%, with the potential to reach 40% projected through future optimizations. The project provides an innovative and scalable solution for university laboratories, integrating artificial intelligence technologies in low-budget settings, despite limitations such as short-duration testing and infrastructure restrictions. It is recommended to implement extended testing and develop a remote control interface. This work demonstrates competencies in computer vision and technological project management, contributing to sustainability at ULEAM.

Keywords: Energy efficiency, computer vision, automation, air conditioning, artificial intelligence

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Preámbulo

El ahorro de energía es actualmente un tema de alto interés en el país debido a los constantes apagones que dieron cabida a inicio de año, es de ahí que nace el interés de buscar soluciones innovadoras capaces de optimizar el consumo energético. En este contexto el presente proyecto que tiene enfoque en el laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen, busca eficiencia energética en el uso del aire acondicionado, actualmente existe un excesivo consumo de energía debido al uso excesivo, niveles más altos de lo debido para el ambiente en que se encuentran los estudiantes, o por dejarlo prendido cuando ya dejan de hacer uso del laboratorio. Esto genera desgaste prematuro en los dispositivos. Como solución se plantea un sistema con redes convolucionales capas de automatizar el uso del aire acondicionado en el laboratorio

1.2 Presentación del tema

En el presente trabajo se desarrolla un “Sistema informático con redes neuronales convolucionales para la eficiencia energética de la climatización del laboratorio #1 en la ULEAM Ext. El Carmen”, con la finalidad de automatizar el control del aire acondicionado mediante el uso de inteligencia artificial, esto permitirá lograr una mayor eficiencia en el consumo de energía eléctrica al activar el sistema de climatización únicamente en los horarios asignados a los paralelos que realizan prácticas en el laboratorio.

1.3 Ubicación y contextualización de la problemática

El laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen, que forma parte de la carrera de Tecnologías de la Información (TI) y Software (SW), está ubicado en El Carmen, una ciudad en la provincia de Manabí, Ecuador. Esta extensión ofrece formación académica y tecnológica en el ámbito de TI y SW, con un enfoque en preparar a los estudiantes para enfrentar desafíos tecnológicos modernos.

El laboratorio se convierte en una de las principales herramientas de la universidad para formar a los estudiantes en futuros profesionales, por el clima y ubicación geográfica de la universidad el uso de los aires acondicionados se hace muy recurrente, sobre todo en horas de la tarde cuando el calor se toma el día. Esto lleva a un uso excesivo de estos dispositivos y nadie lleva un control, lo que genera un consumo alto y reducción de la vida útil de los aires.

1.4 Planteamiento del problema

1.4.1 Problematicación

El sistema de aire acondicionado en el laboratorio #1 está operando de manera ineficiente debido a la falta de un monitoreo ambiental adecuado. La ineficiencia en el consumo de energía se manifiesta en un uso excesivo y no regulado del aire acondicionado, lo cual eleva significativamente los costos operativos relacionados con el consumo de electricidad.

No existe un sistema de monitoreo que permita evaluar en tiempo real las condiciones ambientales del laboratorio, como la temperatura y la ocupación del espacio. Por ello los estudiantes hacen un uso indebido con nivel de frío muy altos, que sobre esfuerzan al aire acondicionado y puede llegar a pedir mantenimientos con más frecuencia de la esperada.

El funcionamiento del aire acondicionado es manual debido a que estos no son de años recientes y cuentan con muy pocas funcionalidades, muchos incluso no cuentan con control y se controlan con los botones del aparato. Esto hace que muchas veces el aire se mantenga en un solo nivel aun cuando la temperatura ambiental del cantón varie, lo que no permite ahorrar energía.

La ineficiencia en la gestión de recursos energéticos afecta la imagen de la ULEAM Ext. El Carmen. La percepción de una institución que no implementa prácticas modernas y eficientes en la gestión de recursos puede perjudicar su reputación tanto entre los estudiantes como en la comunidad académica en general.

El uso continuo e inadecuado del aire acondicionado, sin una regulación efectiva, contribuye al desgaste prematuro del equipo. Esto no solo implica costos adicionales en mantenimiento y reemplazo de equipos, sino también una reducción en la eficacia y durabilidad del aire acondicionado.

1.4.2 Génesis del problema

La falta de un sistema adecuado para monitorear y controlar el aire acondicionado en el laboratorio 1 ha llevado a un problema que afecta tanto al medio ambiente como al presupuesto. Sin un monitoreo ambiental y un control automatizado, el aire acondicionado funciona de manera ineficiente, consumiendo más energía de la necesaria y elevando los costos de electricidad.

Varios aspectos agravan esta situación:

No se dispone de una manera de ver en tiempo real cómo está la temperatura o cuántas personas hay en el laboratorio. Esto nos deja a ciegas y no podemos ajustar el aire acondicionado de manera informada y eficiente.

Se depende de alguien que ajuste manualmente el aire acondicionado, lo que significa que muchas veces no se regula correctamente, esto resulta en un uso excesivo de energía que podría evitarse con un sistema automatizado que responda a las condiciones ambientales.

El mal uso de las cosas de la universidad refleja algo negativo, mancha la imagen de la universidad, ya que cuidar las posiciones que tiene la universidad es nuestra responsabilidad como estudiantes, y dar un mal uso al aire acondicionado de una u otra manera si afecta a la universidad y se refleja en el consumo energético. Ese uso sin medida por largos periodos de tiempo y en algunos casos un uso innecesario tomando en cuenta la temperatura ambiental. Desgasta estos equipos y disminuye su vida útil.

Estos problemas muestran la importancia de contar con un sistema automatizado para monitorear y controlar el aire acondicionado, lo cual solo ayudaría a ser más eficientes en el uso de la energía, sino que también contribuiría a mejorar la imagen institucional y a cuidar mejor los recursos.

1.4.3 Estado actual del problema

Actualmente, el laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen enfrenta varios problemas con el sistema de aire acondicionado que están afectando tanto al medio ambiente como al presupuesto:

Actualmente el uso del aire acondicionado es decisión de los estudiantes y el tiempo de uso no depende de las condiciones ambientales, muchas veces pasa toda la jornada matutina en funcionamiento y eso es un uso excesivo.

El aire acondicionado se prende mediante un control o los botones físicos que incorpora y pensar en un método automático hace unos años atrás era inimaginable, los usos que se le dan en muchos casos no son los adecuados y sobre exigen a los aparatos.

Tiene un alto impacto en el ambiental de igual manera ya que su uso emite gases de invernadero como CO₂, y muchos de los refrigerantes químicos que usan estos dispositivos fomentan el calentamiento global. Por ello es importante concientizar su uso indebido.

Ese uso sin regulación mata lentamente a los aires acondicionados y disminuye su tiempo de vida más rápido de lo que debería, necesitando más mantenimientos o llegando a morir definitivamente.

Estos problemas que se nombran anteriormente son una muestra de que existe una necesidad de automatizar el uso del aire acondicionado para reducir consumos altos de energía que a la larga se consideran un gasto para la institución. Además de que se plantea como una solución innovadora en base a recursos disponibles.

1.5 Diagrama causa – efecto del problema

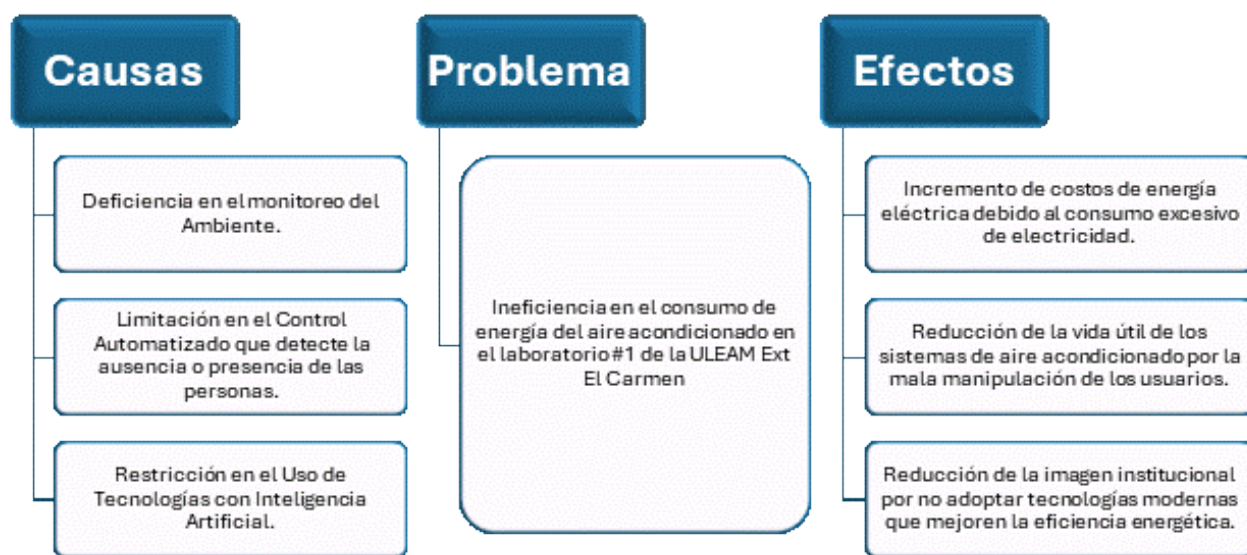


Ilustración 1 Diagrama causas y efectos

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema informático basado en redes neuronales convolucionales (CNN), capaz de detectar la presencia de personas y automatizar el encendido y apagado del aire acondicionado, con el fin de mejorar la eficiencia energética del laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen.

1.6.2 Objetivos específicos

- Investigar el contexto operativo del sistema de climatización actual del laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen, con el fin de definir el alcance del proyecto de titulación.
- Buscar fundamentos teóricos sobre redes neuronales convolucionales y sus aplicaciones en automatización de dispositivos para manejo de consumo energético.
- Usar técnicas de recolección de datos como encuestas y entrevistas para conocer el estado actual del dispositivo y puntos de vista de la problemática.
- Desarrollar un sistema de detección de ingreso de personas, usando redes neuronales convolucionales para la automatización del aire acondicionado.
- Validar el funcionamiento del sistema informático mediante pruebas técnicas de detección, control y análisis de reducción en el consumo energético.

1.7 Justificación

En el día a día de las personas el consumo de energía se ha vuelto cada vez más fundamental, muchas veces en búsqueda de un ahorro de energía y otros simplemente con la intención de ayudar al planeta. En la ULEAM Ext. El Carmen se plantea buscar una eficiencia energética partiendo de la climatización en el laboratorio 1, automatizando este sistema con redes neuronales y así evitando exceso.

La climatización se ha vuelto fundamental en la costa ecuatoriana y esencial para crear un ambiente cómodo y propicio para el aprendizaje. Sin embargo, esto causa a que se consuma una gran cantidad de energía, lo que se traduce en altos costos y un impacto ambiental significativo, y es aquí donde entra en juego la tecnología.

Imagine un sistema informático que utiliza redes neuronales convolucionales para gestionar la climatización de manera inteligente. Estas redes son utilizadas para analizar y procesar información en tiempo real, y mediante retroalimentación logran ajustar el estado del equipo de climatización de forma totalmente automática, lo que optimiza el consumo energético, esto permite tener a docentes y estudiantes en un ambiente de confort en el que se puede realizar las actividades con total normalidad.

Implementar este sistema en el laboratorio #1 de la ULEAM ira más allá de mejorar la eficiencia energética de la institución y dar un paso firme en la innovación. Además, servirá como punto de partida para implementar este proyecto en las demás aulas, oficinas y laboratorios de la carrera de TI y Software de la extensión y a la vez ser un ejemplo inspirador para otras instituciones educativas y organizaciones en la región.

1.8 Impactos Esperados

1.8.1 Impacto tecnológico

La implementación de redes neuronales convolucionales (CNN) en la climatización representa un avance notable en la aplicación de la inteligencia artificial para la gestión energética.

Este desarrollo no solo potenciará nuevas capacidades técnicas avanzadas, sino que también impulsará la investigación y el desarrollo de tecnologías innovadoras en el campo de la eficiencia energética. Además, la infraestructura tecnológica del laboratorio se modernizará, facilitando una integración más eficiente de los sistemas y mejorando significativamente la operatividad y el rendimiento energético.

1.8.2 Impacto social

Este proyecto no solo busca mejorar el confort en el laboratorio para los estudiantes y profesores de la ULEAM Ext. El Carmen, sino que también puede generar beneficios económicos importantes para la universidad. Se busca reducir costos para la universidad evitando altos consumos de energía generados por usos excesivos del aire acondicionado, con esto este dinero podrá destinarse a otros fines que puedan hacer que la extensión cada día crezca o enfocarlo a áreas donde se necesita atención urgente. La inversión requerida para la implementación se ve corta ante los beneficios que se esperan en los resultados.

1.8.3 Impacto ecológico

Al disminuir el consumo de energía, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero, y la reducción de la huella de carbono contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y la optimización del uso de energía promoviendo un uso más sostenible de los recursos naturales, y alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible. En la implementación de este sistema puede aumentar la conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética y la sostenibilidad entre los estudiantes y el personal, fomentando prácticas más ecológicas.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes históricos

2.1.1 Sistema informático

Los sistemas informáticos han experimentado un avance gradual desde los primeros métodos de cálculo mecánico, como la máquina analítica ideada por Charles Babbage en el siglo XIX, hasta transformarse en plataformas digitales sofisticadas que pueden incorporar diversas funciones. El desarrollo del ENIAC en los años 40 señaló el comienzo de la era digital, posibilitando la realización de cálculos complejos a una mayor rapidez. Con la aparición del microprocesador en la década de 1970, la computación se hizo popular, propiciando el desarrollo de ordenadores personales que revolucionaron el acceso a la información y la automatización de actividades (Cerf y Kahn , 2021).

2.1.2 Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) ha evolucionado en los últimos años, consolidándose como una herramienta clave y esencial para la optimización y automatización de procesos. Su desarrollo ha estado marcado por avances teóricos y tecnológicos que han facilitado la implementación de modelos capaces de mejorar la eficiencia energética en distintos sistemas, incluyendo la climatización inteligente. En este apartado, se presentan los hitos más relevantes en la evolución de la IA y su conexión con el presente estudio.

El concepto de entidades artificiales capaces de ejecutar tareas automatizadas surgió en 1920 con la obra *Rossum's Universal Robots* de Karel Čapek, donde se introdujo por primera vez el término *robot* (AEPIA, 2025). En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts establecieron un modelo matemático de la neurona artificial, sentando las bases para el desarrollo de redes neuronales (ieeexplore, 2025). Posteriormente, en 1950, Alan Turing planteó su célebre *prueba de*

Turing, una metodología para evaluar la capacidad de las máquinas en la simulación del razonamiento humano (Springer, 2024).

Un hito crucial en la formalización de la IA ocurrió en 1956, cuando la conferencia de Dartmouth reunió a investigadores como John McCarthy y Marvin Minsky, consolidando esta área como un campo de estudio independiente (ScienceDirect, 2023). Poco después, en un esfuerzo por materializar la inteligencia computacional, Allen Newell y Herbert Simon desarrollaron *Logic Theorist*, uno de los primeros programas de IA capaz de demostrar teoremas matemáticos de manera automatizada.

El desarrollo de la inteligencia artificial experimentó un avance significativo con la evolución de las redes neuronales, en especial aquellas aplicadas a la visión computacional y el reconocimiento de patrones. Las redes neuronales convolucionales demostraron altos rendimientos en el año 2012 en un desafío planteado por Image.net, esto las catapultó a lo más alto de lo que es el aprendizaje profundo y quedó como líder en procesamiento de imágenes. Es una tecnología clave para estos tipos de soluciones como optimización energética, automatización, detección de ocupación.

Para el año 2014, el ingeniero Ian Goodfellow dio entrada a las redes generativas adversas, esto permite el nacimiento de los datos sintéticos que mejoraban la capacidad de los sistemas para la simulación en escenarios complejos. Estos avances han influido en la mejora de modelos predictivos para la gestión eficiente de recursos energéticos.

Aplicaciones de IA en automatización y optimización energética

El impacto de la IA ha trascendido la teoría para integrarse en aplicaciones prácticas de automatización. En 2002, *Roomba* se convirtió en el primer robot de limpieza autónomo con éxito comercial, evidenciando la viabilidad de sistemas inteligentes para optimizar tareas domésticas. En 2016, el sistema *AlphaGo* de Google venció al campeón mundial de Go, demostrando la capacidad de los algoritmos avanzados para resolver problemas estratégicos y anticipar patrones con alta precisión.

El punto más alto que alcanzo el aprendizaje automático fue entre 2015 y 2016 con las librerías Tensorflow y Pytorch famosas por ser de código abierto, las mismas son la puerta de entrada al mundo de la inteligencia artificial aplicada a diferentes áreas. En contexto de este proyecto dan solución a la automatización del aire acondicionado.

La implementación de un sistema de control de climatización basado en IA para la optimización del consumo energético analizando la temperatura ambiental en tiempo real, es lo que se presenta en esta investigación que fundamenta el uso de redes convolucionales aplicadas a la automatización de un aire acondicionado en el laboratorio #1 en la ULEAM Ext. El Carmen. con esto se busca reducir costos y consumo de energía para así dar mejor manejo de los recursos institucionales.

2.1.3 Redes neuronales convolucionales (CNN)

Las redes neuronales convolucionales (CNN) tienen sus raíces en los avances en inteligencia artificial (IA) y aprendizaje profundo (deep learning). Su origen se remonta a los años 1980, cuando el investigador japonés Kuniniko Fukushima desarrolló la primera versión de un modelo de RNC denominado Neocognitrón, el cual se basó en la idea de simular la forma en que el cerebro humano procesa imágenes y patrones visuales, inspirado por investigaciones previas sobre la corteza visual (Iturbe Herrera, 2023).

Según (ICEMD, 2023) “En la década de 1990, las CNN fueron perfeccionadas por Yann LeCun, quien desarrolló el conocido modelo LeNet, empleado para el reconocimiento de dígitos escritos a mano, como los utilizados en los códigos postales, este fue uno de los primeros usos prácticos de las CNN y demostró su potencial en tareas de reconocimiento visual”.

Sin embargo, el uso extensivo de las CNN no fue posible hasta el desarrollo de hardware más potente y especializado, como las unidades de procesamiento gráfico (GPU), a principios de los años 2010 gracias a este avance las CNN comenzaron a ser ampliamente adoptadas en una variedad de aplicaciones, la automatización y los sistemas de reconocimiento facial, debido a su capacidad de procesar grandes volúmenes de datos visuales con precisión (López Sotelo, 2022).

En los últimos cinco años, las CNN han experimentado avances significativos, mejorando en precisión, eficiencia y capacidad de generalización. Estos avances han sido impulsados por el aumento en la disponibilidad de datos y el poder de cómputo, así como por innovaciones en la arquitectura de las redes (Kdp, 2024).

2.1.4 Redes Neuronales en la Eficiencia Energética

Desde 2015, Ortega et al. comenzaron a estudiar el uso de redes neuronales para predecir el consumo energético en edificios inteligentes, optimizando el funcionamiento de dispositivos como los sistemas de aire acondicionado, basándose en patrones de uso y condiciones climáticas. La energía con el pasar de tiempo se vuelve cada vez más costosa debido a que el mundo entero funciona y depende de ella, más que un lujo es una necesidad básica del ser humano, por eso el ahorrar esta energía es el objetivo de toda empresa o hasta de nuestros propios hogares, y dejar de usarla no es una opción, por ello aparecen soluciones basadas en inteligencia artificial, para prever y automatizar muchos de los dispositivos que tenemos en hogares y oficinas, reduciendo el consumo energético (Ortega et al., 2015).

En la última década las redes neuronales se plantearon como una solución al alto consumo energético, basadas en la necesidad de disminuir costos y aumentar la vida útil de los dispositivos electrónicos.

2.2 Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado

En los últimos años, ha habido un interés creciente en el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) para optimizar el consumo energético especialmente en sistemas de climatización de edificios. Esta sección recopila investigaciones previas que han explorado esta combinación de inteligencia artificial (IA) y eficiencia energética, brindando una perspectiva sobre el progreso hasta la fecha y oportunidades para mejoras futuras.

Existen varios estudios donde muestran a las redes neuronales convolucionales dando solución a problemáticas similares a las planteadas en este proyecto. Una de ellas es la de Qian

Huang (2020) que es un modelo que ajusta de manera automática la temperatura del aire acondicionado en función a la ocupación de espacios en los edificios. Estos resultados reflejan la eficiencia en la disminución de consumo eléctrico, lo que proyecta de manera positiva el uso de las inteligencias artificiales en casos como estos donde se trata de mejorar la eficiencia energética sin comprometer el confort.

En este caso de estudio que llevaron a cabo Bastidas Paz y Chinchero Villacís (2022), un proyecto de automatización de climatización en edificios, buscando tener edificios inteligentes, buscando un sistema predictivo y fue un éxito total pues los resultados dieron un 20% de eficiencia en el funcionamiento de estos sistemas.

Un trabajo que me llamó la atención por la similitud al que vamos a desarrollar es el planteado por Barrera Castillo (2023), quien hizo uso de redes neuronales para un sistema de climatización que incluía ventilación, calefacción y enfriamiento, esto para automatizar todo este sistema y reducir los costos de consumo y mantenimiento.

Todos estos avances ponen a las redes neuronales como una opción viable en el control del consumo energético, sino también en la extensión de la vida útil de los equipos.

También existen ejemplos de países sudamericanos que llamaron mucho mi atención como el propuesto por Velastegui (2023) donde busco reducir costos operativos usando inteligencia artificial para optimizar el consumo energético que producían las aulas y laboratorios en las universidades públicas de su región.

Uno de los puntos fuertes donde se paró firme las redes neuronales convolucionales es en automatización de sistemas IoT generando con esto un gran ahorro en consumos y gastos, demostrando que las soluciones que integran inteligencia artificial son una forma viable de implantar en entornos académicos o de trabajo si se busca ahorro.

Dado que la literatura respalda la implementación de redes neuronales en climatización eficiente, este proyecto aplicará estos avances en un entorno universitario, adaptándolos a las

condiciones específicas del Laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen. El sistema desarrollado buscará mejorar el control y la eficiencia energética del aire acondicionado, con el objetivo de optimizar el consumo energético y reducir costos operativos.

2.3 Definiciones conceptuales

2.3.1 Sistema Informático

Un sistema informático es como el equipo completo que facilita que un ordenador funcione de la mejor manera posible, por un lado, está el hardware que son las piezas tangibles que se pueden ver y tocar como el teclado y la pantalla y por otro lado está el software que está compuesto por los programas y el sistema operativo es decir instrucciones que hacen que el hardware funcione. También existe otro componente denominado firmware que se basa en un tipo de software que viene integrado dentro de algunos componentes del hardware los cuales no se cambian. Una vez que se tiene todo junto el sistema informático puede empezar a trabajar ya sea procesar, guardar o compartir información, facilitando la vida diaria (Ramos, 2023).

Pyme (2018, como se citó en MERA, 2021) señala que “un sistema de información se lo denomina un conjunto de componentes que interactúan entre sí, con el fin de lograr un objetivo, estos sistemas buscan proporcionar apoyo a las empresas, realizan cuatro actividades primordiales que son: entrada, almacenamiento, procesamiento e información”.

2.3.2 Redes neuronales convolucionales para la Eficiencia Energética

Algunos algoritmos incluyendo las redes neuronales convolucionales analizan datos históricos y en tiempo real, obtenidos de sensores de temperatura, presión y flujo de aire, para identificar patrones inusuales y predecir posibles problemas o fallas en los equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, lo que permite planificar de forma anticipada actividades de mantenimiento y reduce los costos asociados con interrupciones y reparaciones no planificadas (Essakali et.al, 2022).

2.3.2.1 Aprendizaje automático

El paso del tiempo dio como resultado un tipo particular de IA llamado Aprendizaje Automático (AA), el cual fue definido por Samuel (1959) “como el campo de estudio que da a los computadores la capacidad de aprender sin ser programados de manera explícita”. Según Mitchell (1997), desde un punto de vista de ingeniería, lo define como un programa que aprende de una experiencia, con respecto a una tarea y una medida de rendimiento, si su rendimiento medido mejora con la experiencia, y luego Géron (2020) lo define como ciencia (y arte) al poder programar computadores para que aprendan a partir de datos que se ingresan. Junto a estas definiciones, este tipo de IA ha ido progresando con bastante rapidez debido a la cantidad de datos disponibles en la actualidad (Big Data) e Internet, cada momento crece la cantidad de datos para procesar, es por esto que se ha dividido en algunas categorías, tales como aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado, aprendizaje por refuerzo, entre otras (Díaz-Ramírez, 2021).

2.3.2.2 Las redes neuronales artificiales

Las redes neuronales artificiales son programas de computadora inspirados en cómo funciona el cerebro, basados en la estructura de las neuronas biológicas. Son un tipo de sistema que ayuda a las computadoras a aprender de los datos y hacer cosas complicadas de forma parecida a como lo hacen las personas. Las neuronas artificiales son las partes fundamentales de una red neuronal artificial, similares a las neuronas de nuestro cerebro, estas reciben datos, los trabajan y producen resultados (Campos Wright, 2021).

Las neuronas se agrupan en diferentes capas: de entrada, ocultas y de salida., las neuronas están unidas por conexiones que tienen un peso especial. Este peso es lo que dice cuánto una neurona afecta a otra. Las redes neuronales aprenden cambiando los pesos de las conexiones durante el entrenamiento. Durante el entrenamiento, la red ve muchos datos y cambia sus ajustes para tratar de reducir cómo se equivoca en predecir lo que debería (López, 2020).

2.3.2.3 Aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo es una rama del aprendizaje automático que emplea redes neuronales artificiales de múltiples capas para representar abstracciones de gran escala en información, inspirado en la estructura y operación del cerebro humano, el aprendizaje profundo posibilita que las máquinas adquieran conocimientos de forma parecida a la que realizamos nosotros, mediante la experiencia y la exposición a grandes volúmenes de información (IBM, 2023).

2.3.3 Inteligencia Artificial y Redes Neuronales Convolucionales (CNN)

2.3.3.1 Historia y Desarrollo de las CNN

Las redes neuronales artificiales, basadas en el funcionamiento del cerebro humano, han evolucionado drásticamente en las décadas desde su creación, conocidas como CNN por su capacidad de procesar datos visuales, se han aprovisionado con la adopción generalizada del aprendizaje profundo y la proliferación de grandes cantidades de datos, dieron sus primeros pasos con el procesamiento de perceptrones, revolucionaron con el desarrollo de la arquitectura AlexNet en 2012, lo que llevó el reconocimiento de imágenes a un nuevo nivel.

Desde ese momento, la presentación de nuevas arquitecturas, por ejemplo, VGG, ResNet e Inception, y técnicas de entrenamiento han proporcionado un rendimiento exponencialmente mejor.

2.3.3.2 Funcionalidad y Arquitectura de las CNN

Las CNN están diseñadas para extraer información significativa de las imágenes. Están compuestas por capas con operaciones de convolución, pooling y activación de la siguiente manera:

- Las capas convolucionales aplican una variedad de filtros en la imagen; así se detectan los patrones.
- Las capas de pooling reducen la dimensión o la representación.

- Finalmente, se encuentran las capas totalmente conectadas que realizan la clasificación.

2.3.3.3 Aplicaciones actuales de las CNN

Las CNN se usan para amplia gama de aplicaciones:

- Visión por computadora se define como el reconocimiento de objetos, detección de caras y segmentación de imágenes
- Procesamiento del lenguaje natural: análisis de sentimientos, traducción automática
- Creación de contenido: imágenes, música, y texto
- Diagnóstico médico: análisis de imágenes para detectar enfermedades.

2.3.4 Eficiencia Energética

La eficiencia energética consiste en lograr los mejores resultados en cualquier acción con el menor gasto posible de energía. O, dicho de otra forma, es conseguir un mayor rendimiento con cantidades inferiores a la media de energía; es el uso racional de la energía para conseguir unos niveles adecuados de calidad de vida y servicios. La eficiencia energética es fundamental para lograr un futuro más sostenible y disminuir nuestra dependencia de los combustibles fósiles; A través de la implementación de medidas de eficiencia energética, podemos contribuir a combatir el cambio climático y a mejorar nuestra calidad de vida (Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035, 2017).

2.3.4.1 Climatización Inteligente

La climatización inteligente implica innovación al administrar los sistemas de aire acondicionado, entre las tecnologías avanzadas que lo caracterizan se encuentran la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, lo cual tiene la intención de mejorar la eficiencia energética de los edificios mientras se utilizan y cuidan.

La climatización inteligente se refiere a un sistema que incluye sensores, algoritmos y software que se implementan en los sistemas HVAC para controlar de manera autónoma los sistemas HVAC, lo que significa que tales sistemas pueden: monitorear en tiempo real las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad, la calidad del aire, etc., la ocupación de los espacios y el funcionamiento del sistema; Además de analizar los datos reales, optimizar el funcionamiento de los sistemas HVAC ajusta los parámetros automáticamente para mantener el confort térmico y minimizar la energía lo cual ayuda a predecir lo que se necesita para hacer en sistemas HVAC en términos de ocupación de los espacios, horarios, condiciones meteorológicas, y las preferencias del usuario, entre otros. La climatización inteligente ofrece los siguientes beneficios: ahorro de energía, mayor comodidad, menos emisiones, mantenimiento predictivo, ofrece más flexibilidad, incluyendo cambios, condiciones y parámetros, los componentes clave asociados con un sistema de climatización inteligente son los sensores, los controladores, la plataforma de administración y la inteligencia artificial (Fermín, 2022).

2.3.4.2 Eficiencia Energética en Sistemas de Climatización

Según la (Universidad Nacional del Litoral, 2020) “La eficiencia energética es ahora una de las principales prioridades mundiales”. En este contexto, las CNN ofrecen una serie de nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia de los sistemas de climatización:

- 1) **Modelado de edificios.** Las CNN pueden poner en práctica modelos extremadamente precisos del comportamiento térmico de los edificios, lo que significa que la demanda de energía siempre se predice mucho mejor.
- 2) **Control predictivo.** Al prever con precisión las condiciones climáticas y la ocupación, los sistemas pueden ajustarse proactivamente para minimizar el consumo de energía.
- 3) **Optimización de la operación.** Las CNN permiten identificar patrones operativos óptimos y una configuración ideal de los equipos.

2.3.4.3 Eficiencia Energética en Edificios

El proyecto EMES cuenta con el respaldo de EUROCLIMA, la principal iniciativa de la Unión Europea para la sostenibilidad en América Latina, y es ejecutado en Argentina de la mano de la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD). Juntos, estamos trabajando para construir un futuro más sostenible para nuestra región (Martino, 2024).

2.3.4.4 Sistemas de Gestión de Edificios (BMS)

Un Sistema de Gestión de Edificios (BMS, por sus siglas en inglés) es una herramienta tecnológica que se encarga de centralizar y automatizar el control de diferentes sistemas y equipos dentro de un edificio. Esto incluye aspectos como la climatización, la iluminación, la seguridad y el uso de energía. Gracias a un BMS, es posible optimizar el funcionamiento de todas estas áreas, lo que se traduce en una mayor eficiencia energética, un mejor confort para los ocupantes y un entorno más seguro (Ramírez Sánchez, 2024).

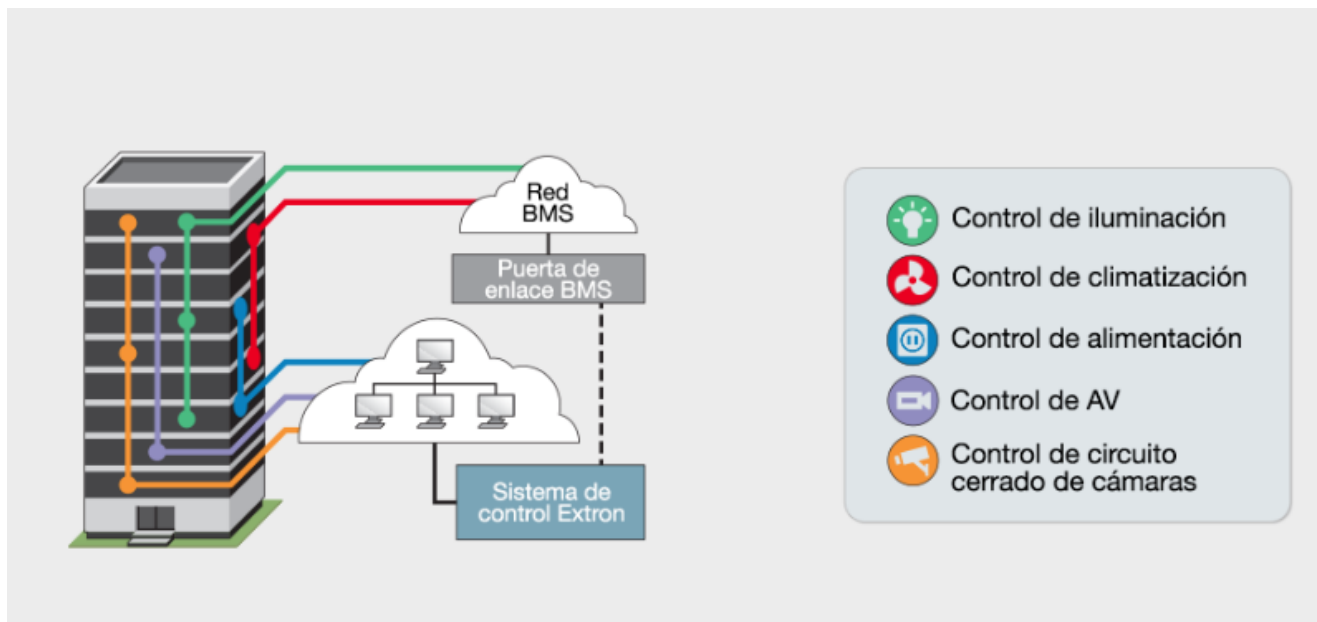


Ilustración 2 Interfaz gráfica de usuario BMS 3

2.3.4.5 Componentes de un BMS

Los componentes de un BMS incluyen tres componentes principales: el hardware, software y una red de comunicación (Javier & Eloy, 2020).

- ✓ **Hardware:** Sensores, actuadores, controladores, gateways y otros dispositivos físicos que recopilan datos y ejecutan comandos.
- ✓ **Software:** Plataforma central que permite la monitorización, control y análisis de los datos recopilados por el hardware.
- ✓ **Red de comunicación:** Conecta los componentes del sistema, permitiendo la transmisión de datos en tiempo real.

2.3.4.6 Beneficios de los BMS:

- ✓ **Eficiencia Energética:** Permite optimizar el uso de energía al gestionar de manera inteligente sistemas como la climatización y la iluminación.
- ✓ **Comodidad:** Ayuda a crear espacios interiores más agradables y saludables para quienes los ocupan.
- ✓ **Seguridad:** Facilita el monitoreo y control de sistemas de seguridad, incluyendo cámaras y detectores de incendios.
- ✓ **Mantenimiento Predictivo:** Identifica posibles fallas en los equipos antes de que ocurran, lo que ayuda a reducir los costos de mantenimiento.
- ✓ **Sostenibilidad:** Contribuye a disminuir la huella de carbono de los edificios, promoviendo un entorno más ecológico (Daza y otros, 2023).

2.3.4.7 Funciones principales de un BMS:

- ✓ **Control de la climatización:** Permite regular la temperatura, la humedad y la calidad del aire en el interior, creando un ambiente más saludable y cómodo.
- ✓ **Manejo de la iluminación:** En estos casos de automatización lumínica se configuran los dispositivos para su encendido y apagado según un horario fijo o con la luz del día en muchos de los casos.
- ✓ **Monitorización de la energía:** Se va registrando en una tabla los consumos realizados por los dispositivos y cualquier flujo de subida o bajada es estudiada para optimizar los recursos.
- ✓ **Control de accesos:** Permite tener el control sobre quién entra o sale, además de saber quién intento entrar y fallo, ya que toso es registrado.
- ✓ **Automatización de procesos:** Permite realizar a cabo tareas automáticamente, como abrir o cerrar persianas, lo que simplifica la gestión diaria del edificio (Gabbar y otros, 2021).

2.3.4.8 El Internet de las cosas (IOT)

Según (Hincapié & Yarce, 2022) “El Internet de las Cosas (IoT), se refiere a la red de dispositivos físicos que están conectados a internet entre sí, pueden ser electrodomésticos hasta maquinaria industrial, gracias a la integración de sensores, software y conectividad, pueden recopilar y compartir datos”.

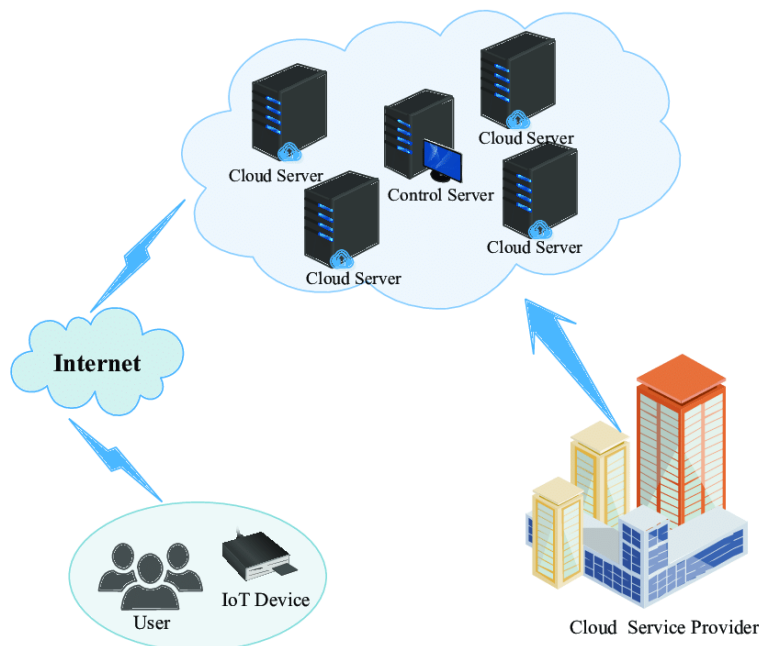


Ilustración 3 Arquitectura de computación en la nube habilitada para IoT.

2.3.4.9 Automatización de Climatización en Edificios Inteligentes

La climatización automatizada en edificios inteligentes ha transformado la forma en que regulamos nuestras temperaturas, humedades, y calidad del aire, aprovechando tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, ahora brindan una forma precisa y eficiente de utilizar su calefacción, ventilación y sistemas de aire acondicionado, esto implica intervenir, en la gestión de la infraestructura centralizada de clima mediante sistemas y dispositivos. los sistemas son completamente capaces de monitorear en vivo, analizar datos aplicando algoritmos de aprendizaje y buscando patrones en este consumo energético y cambio ambiental (Paz & Villacís, 2023).

2.4 Conclusiones del marco teórico

En conclusión, este marco teórico ha establecido una sólida base para el desarrollo de un sistema informático que utilice redes neuronales convolucionales para optimizar la eficiencia energética de la climatización en el Laboratorio #1 de la ULEAM ubicado en la extensión de El Carmen. Las redes neuronales convolucionales son herramientas potentes que, gracias a su

capacidad para aprender y reconocer patrones, pueden analizar datos de sensores y prever cómo se comportarán los sistemas de climatización. Al integrar este sistema dentro de un BMS (Sistema de Gestión de Edificios), se logrará un control más preciso y eficiente, lo que no solo reducirá el consumo energético, sino que también minimizará el impacto ambiental. Los hallazgos de esta investigación no solo se beneficiarán al laboratorio específico, sino que también podrán aplicarse a otros edificios, ayudando así a construir un futuro más sostenible.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Introducción

3.1.1 Investigación cualitativa-cuantitativa

El diseño metodológico combina enfoques cualitativo y cuantitativo para diagnosticar las ineficiencias del sistema de climatización del laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen. Según (Saunders M & Thornhill, 2023), el enfoque cuantitativo mide variables numéricas, como patrones de uso o expectativas de ahorro energético, mientras que el cualitativo explora percepciones y experiencias de los usuarios. En este proyecto, el enfoque cuantitativo que se llevó a cabo mediante encuestas realizadas a 150 estudiantes que son la muestra calculable de mu población, con esta encuesta se logró afirmar la existencia de problemas operativos y medir la necesidad que provoco este proyecto en los estudiantes, por el lado cualitativo tenemos la entrevista que se realizó aun docente y se logró obtener daos más basados en la experiencia y percepción sobre consumo energético y usos inadecuados del aire. Con estos enfoques se fundamentó la propuesta de un sistema automático de control de aire acondicionado guiado a disminuir costos.

3.2 Tipos de investigación

3.2.1 Investigación experimental

La investigación experimental implica manipular una o más variables independientes para observar su efecto en una variable dependiente, permitiendo establecer relaciones de causa y efecto (Peng, 2023).

En este proyecto, se diseñaron experimentos controlados para evaluar la efectividad de la solución propuesta en la reducción del consumo energético del laboratorio #1. Estos experimentos comparan el desempeño del sistema de climatización actual con una solución automatizada, analizando variables como el tiempo de operación y el consumo energético estimado, asegurando el confort de los usuarios y responden a las necesidades identificadas en la encuesta y la entrevista.

3.2.2 Investigación documental

Guerrero (2015) señala que “La investigación documental es un proceso sistemático de recopilar y analizar información de diversas fuentes escritas, audiovisuales y digitales”. Esta investigación busca tener el entendimiento profundo de los temas indagando en documentación de buenas fuentes y construir un entendimiento certero.

La investigación documental analiza los documentos de fuentes secundarias con la intención de obtener información valiosa del tema abordado. Basándonos en este proyecto buscaría indagar hasta lo más profundo de como las redes neuronales convolucionales se integran a dispositivos físicos para lograr esa eficiencia energética (Elnour, 2022).

3.2.3 Investigación de campo

La investigación de campo implica recolectar datos directamente en el entorno de estudio. En el laboratorio #1, se recopilaron datos mediante:

- **Recolección de Datos:** Se indago datos sobre el uso, consumo y ocupación del aula. Todo esto basados en experiencias, se obtuvo datos como número de estudiantes que ocupan el aula, tiempos de ocupación mínimos y máximos, uso mínimo y máximo del aire y en qué circunstancias, potencia del aire promedio que usan. Estos datos son esenciales para entrenar y validar nuestro modelo con redes neuronales convolucionales (Kittisarakul & Banjerdpongchai, 2020).
- **Pruebas y Validación:** Pruebas en el ambiente real del laboratorio para saber el nivel de satisfacción con algunos alumnos de prueba.

3.3 Métodos de investigación

3.3.1 Mixto

Tanto Hernández-Sampieri (2018) como Belloso (2023) coinciden en que la investigación mixta no busca reemplazar a los enfoques cuantitativo y cualitativo, sino complementar sus

fortalezas. Según Hernández-Sampieri, "La investigación mixta no busca reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar lo mejor combinando ambos tipos de indagación y tratando de minimizar sus debilidades potenciales" (p. 610).

Esta investigación aplicó métodos mixtos para aprovechar las fortalezas de ambos enfoques tanto cuantitativos como cualitativos, logrando de esta manera obtener una evaluación más completa y profunda del sistema. La razón principal para utilizar este enfoque fue la complementariedad entre ambos métodos: mientras los cuantitativos permiten medir datos objetivos y cuantificables, como el ahorro energético, los cualitativos aportan una comprensión más rica de las percepciones, experiencias y contextos que rodean esos datos.

En cuanto a los métodos específicos, se emplearon:

- **Cuantitativos:** encuestas estructuradas para recopilar datos numéricos, mediciones energéticas para obtener indicadores precisos de consumo, y un dashboard que facilitó la visualización y análisis de la información recopilada.
- **Cualitativos:** entrevistas semiestructuradas que permitieron explorar en profundidad las opiniones y experiencias de los participantes, así como un análisis interpretativo de los resultados reales para contextualizar los hallazgos cuantitativos.

La aplicación de estos métodos se integró mediante la triangulación de datos, es decir, se contrastaron y complementaron los resultados de las encuestas con la información obtenida en las entrevistas. Esta integración permitió validar y enriquecer los hallazgos, fundamentar el desarrollo del estudio y generar conclusiones objetivas, además de ofrecer recomendaciones sólidas para futuras pruebas y evaluaciones más amplias.

3.4 Fuentes de información

3.4.1 Primaria-Encuesta

Una encuesta es una herramienta que se utiliza para recolectar información, en esencia, se trata de aplicar un cuestionario a un grupo de personas para conocer sus opiniones, comportamientos o características específicas.

En el contexto del proyecto, se utilizó una encuesta para recopilar datos sobre cómo se utilizan y cómo se perciben los sistemas de climatización en el laboratorio. Esto ayudó a entender mejor las necesidades y expectativas de los usuarios encuestados, lo cual es esencial para diseñar un sistema que sea eficiente y que realmente se adapte a lo que necesitan.

3.4.2 Secundaria-Entrevista

Las entrevistas son un método de recolección de datos que puede realizarse cara a cara o por teléfono, y que implica una interacción directa entre el entrevistador y el entrevistado. Este método puede estar sujeto a errores debido a la influencia del entrevistador y la formulación de las preguntas.

En el contexto del proyecto la entrevista se realizó al Ing. Cesar Sinchiguano docente especializado en IA para explorar problemas como el desperdicio en aulas vacías y propuestas de automatización, proporcionando insights narrativos.

3.5 Estrategias operacionales para la recolección de datos

3.5.1 Población y muestra

3.5.1.1 Población

La población de estudio se delimitó a los usuarios del laboratorio #1 de las carreras de Tecnología de la Información y Software de la ULEAM, Ext. El Carmen, tras identificar a 237 estudiantes y 8 docentes que cumplen con este criterio, se estableció una población total de 245 personas para la investigación.

Nivel	Carrera TI y SW	Docentes que imparten materias en el laboratorio 1	Estudiantes por materias de programación que utilizan el laboratorio 1
	SW		
1	37	ING. QUIROZ	37
2	36	ING. AREVALO	33
3	32	ING. MORA	30
4	20	ING. ROCIO	20
	TI		
5	27	G. SINCHIGUAN	23
6	27	ING. REASCOS	24
7	27	ING. VILLAMAR	27
8	23	ING. ARCA	20
9	27		23
Estudiantes:	256		237

Tabla 1 Número de estudiantes

3.5.1.2 Muestra

La población identificada para el presente análisis es un muestreo probabilístico con base a los datos recopilados utilizando muestreo aleatorio simple en donde se empleó un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, lo cual determina una muestra de 150 personas. De acuerdo con Condori- Ojeda (2020) “cada elemento de la población tiene una probabilidad no nula de ser seleccionada”.

Aplicando la formula:

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + z^2 \cdot p \cdot q}, \text{ donde se considera un nivel de confianza del 95\% (} z=1.96 \text{)}$$

$$n = \frac{245 \cdot 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,05^2 \cdot (245 - 1) + 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 150$$

n = tamaño de muestra

z = factor de confiabilidad al 95%

p = Proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q = Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)

e = margen de error dispuesto a cometer 5%

N = población de estudio

Tabla 2 Variables de muestreo probabilístico

3.5.2 Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar

3.5.2.1 Encuesta

El instrumento que se empleó fue un cuestionario que consta de 9 preguntas cerradas, aquellas están diseñadas para recopilar información sobre las opiniones y experiencias de los usuarios que utilizan el aire acondicionado del laboratorio #1 de las carreras TI y Software. Se buscó obtener conocimiento detallado sobre si han experimentado problemas con el encendido o apagado del aire acondicionado, entre otras cuestiones.

Además, se plantea si los usuarios consideran importante el monitoreo continuo del aire acondicionado para mejorar la eficiencia energética. Por último, se buscó conocer si actualmente se realiza un control adecuado del aire acondicionado en el Laboratorio #1.

3.5.2.2 Entrevista

La técnica que se aplicó fue la entrevista, estas preguntas están diseñadas para obtener información detallada sobre la correcta manipulación del aire acondicionado. Se buscó conocer si ha existido inconvenientes con el uso de dicho aparato electrónico. También se buscó conocer la opinión del docente mencionado para recopilar información e ideas de posibles soluciones a implementar, y como realizarlas buscando a mejor manera para llegar a un mejor resultado

Los datos recopilados serán fundamentales para lograr nuestro objetivo. Estos nos permitirán implementar estrategias que mejoren la eficiencia energética, traducándose en un menor consumo de electricidad y, por consiguiente, en ahorros económicos.

3.5.2.3 Estructura de los instrumentos de recolección de datos aplicados

3.5.2.4 Encuesta

Encuesta:

La encuesta va dirigida a docentes y estudiantes de las carreras TI y Software de la Uleam extensión El Carmen

OBJETIVO: Conocer las opiniones y experiencias de los usuarios que utilizan el aire acondicionado del laboratorio #1 de las carreras TI y Software para optimizar el consumo energético.

Preguntas:

1. ¿Considera que actualmente se realiza un control adecuado del aire acondicionado en el Laboratorio 1?
Sí () No ()
2. ¿Con qué frecuencia reportan los fallos que presenta el aire acondicionado del laboratorio 1?
Siempre () Frecuentemente () Rara vez () Nunca ()
3. ¿Ha experimentado problemas relacionados con el encendido/apagado del aire acondicionado debido a una falta de automatización?
Sí () No ()
4. ¿Durante que tiempo utilizan el sistema de aire acondicionado del laboratorio?
Menos de 1 hora () De 1 a 2 horas () Más de 2 horas ()
5. ¿Está familiarizado con el uso de tecnologías de inteligencia artificial aplicadas al uso del aire acondicionado?
Sí () No ()
6. ¿Qué tan importante considera el monitoreo continuo del aire acondicionado para mejorar la eficiencia energética?
Muy importante. () Importante. () Poco importante. () Nada importante. ()
7. ¿Cree que el sistema de aire acondicionado debería adaptarse en función de la ocupación del laboratorio?
Sí () No ()
8. ¿Cuánto cree que podría reducirse el consumo energético en el laboratorio si se implementa un sistema de aire acondicionado inteligente?
Más del 50% ()
Entre el 30% y el 50%()
Entre el 10% y el 30% ()
Menos del 10% ()
9. ¿Cree que la detección automatizada de la presencia o ausencia de personas es necesaria para optimizar el uso de aire acondicionado en el laboratorio 1?
Sí () No ()

Ilustración 4 Encuesta

3.5.2.5 Entrevista

Entrevista:

OBJETIVO: Recopilar información entrevistando al Ing. César Sinchiguano, Mg para delimitar los inconvenientes que actualmente presenta el uso del aire acondicionado en el laboratorio #1 a fin de proponer soluciones que permita su mejora.

1. ¿Cómo describiría el actual sistema de monitoreo del uso del aire acondicionado en el Laboratorio 1? ¿Qué considera que falta o podría mejorarse?
2. ¿Qué impacto cree que tiene la falta de monitoreo del aire acondicionado adecuado en el consumo energético?
3. ¿Ha observado situaciones donde el aire acondicionado permanece encendido innecesariamente? ¿Cómo se podría evitar este problema?
4. ¿Cree que un sistema que detecte automáticamente la presencia o ausencia de personas mejoraría la eficiencia energética? ¿Por qué?
5. ¿Qué conoce sobre el uso de redes neuronales o inteligencia artificial en la gestión energética?
6. ¿Qué ventajas percibe en el uso de estas tecnologías para mejorar la climatización en espacios como laboratorios?
7. Desde su experiencia, ¿cuáles son los principales desafíos para implementar sistemas inteligentes en el laboratorio 1?
8. ¿Cree que existe una resistencia al cambio tecnológico dentro del entorno académico? Si es así, ¿por qué?
9. ¿Qué tan viable considera la implementación de un sistema basado en redes neuronales convolucionales en el Laboratorio 1?
10. ¿Qué recursos o apoyo considera que serían necesarios para que este tipo de sistema sea exitoso?

Ilustración 5 Entrevista

3.5.3 Plan de recolección de datos

Para la obtención de los datos de la encuesta se realizó un formulario en la plataforma Forms y se llevó a cabo una entrevista al Ingeniero Cesar Sinchiguano, Mgs, docente especializado de la Institución en el área de Inteligencia Artificial, a continuación, se detallan los siguientes resultados.

Tabla 3 Plan de recolección de datos

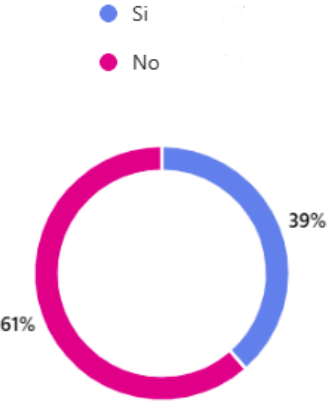
Fecha y hora	Proceso	Investigador	Dirigido a	Lugar
10/12/2024	Encuesta	Maribel Alay	Estudiantes y docentes de la carrera TI y SW	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen.
15/12/2024	Entrevista	Maribel Alay	Ing. Cesar Sinchiguano, Mg	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen.

3.6 Análisis y presentación de resultados

3.6.1 Tabulación y análisis de los datos

Tabla 4 Análisis de resultados de la encuesta

Preguntas	Gráfico	Interpretación
1. ¿Considera que actualmente se realiza un control adecuado del aire acondicionado en el Laboratorio 1?	● Si 53% ● No 47%	Cerca de la mitad de los usuarios que utilizan el laboratorio #1 manifiestan que no se realiza un control adecuado del aire acondicionado.
2. ¿Con qué frecuencia reportan los fallos que presenta el aire acondicionado del laboratorio 1?	● Siempre 5% ● Frecuentemente 20% ● Rara vez 54% ● Nunca 21%	Más de la mitad de los usuarios indican que rara vez se reportan los fallos que presenta el aire acondicionado.
3. ¿Ha experimentado problemas relacionados con el encendido/apagado del aire acondicionado debido a una falta de automatización?	● Si 51% ● No 49%	La mayor parte de los encuestados coinciden haber experimentado problemas con el encendido/apagado del aire acondicionado debido a una falta de automatización.

Preguntas	Gráfico	Interpretación
4. ¿Durante que tiempo utilizan el sistema de aire acondicionado del laboratorio?	 ● Menos de 1 hora 8% ● De 1 a 2 horas 61% ● Más de 2 horas 30%	El 61% de los usuarios indican que se utiliza el laboratorio de 1 a 2 horas, mientras el 30% señala que lo utilizan más de 2 horas.
5. ¿Está familiarizado con el uso de tecnologías de inteligencia artificial aplicadas al uso del aire acondicionado?	 ● Si 39% ● No 61%	Se pudo observar que la tercera parte de los encuestados si tiene conocimientos respecto al uso de tecnologías de IA aplicadas al uso del aire acondicionado.
6. ¿Qué tan importante considera el monitoreo continuo del aire acondicionado para mejorar la eficiencia energética?	 ● Muy importante. 53% ● Importante. 42% ● Poco importante. 4% ● Nada importante. 1%	Mas de la mitad de los encuestados consideran que es muy importante el monitoreo continuo del aire acondicionado.

Preguntas	Gráfico	Interpretación
7. ¿Cree que el sistema de aire acondicionado debería adaptarse en función de la ocupación del laboratorio?	Donut chart showing the responses to question 7. The chart is divided into two segments: a large blue segment representing 'Sí' (Yes) at 97%, and a small pink segment representing 'No' at 3%.	Casi todos los encuestados creen que el aire acondicionado debería adaptarse en función de la ocupación laboratorio.
8. ¿Cuánto cree que podría reducirse el consumo energético en el laboratorio si se implementa un sistema de aire acondicionado inteligente?	Donut chart showing the responses to question 8. The chart is divided into four segments: a large pink segment representing 'Más del 50%' (More than 50%) at 55%, a teal segment representing 'Entre el 30% y el 50%' (Between 30% and 50%) at 24%, a blue segment representing 'Entre el 10% y el 30%' (Between 10% and 30%) at 17%, and a small purple segment representing 'Menos del 10%' (Less than 10%) at 4%.	Mas de la mitad de los usuarios del laboratorio #1 coinciden con que podría reducirse el consumo de energía entre el 30% y el 50% si se implementa un sistema de aire acondicionado inteligente.
9. ¿Cree que la detección automatizada de la presencia o ausencia de personas es necesaria para optimizar el uso de aire acondicionado en el laboratorio 1?	Donut chart showing the responses to question 9. The chart is divided into two segments: a large blue segment representing 'Sí' (Yes) at 93%, and a small pink segment representing 'No' at 7%.	La mayor parte que corresponde al 93% de los encuestados estuvo de acuerdo con que la automatización del aire acondicionado es necesaria para su optimización.

Tabla 5 Análisis de resultados de la entrevista

Preguntas	Respuestas	Interpretación
1. ¿Cómo describiría el actual sistema de monitoreo del uso del aire acondicionado en el Laboratorio 1? ¿Qué considera que falta o podría mejorarse?	“Actualmente, no existe una aplicación informática específica para monitorear el funcionamiento de todos los aires acondicionados. Considero que hay un gran potencial para desarrollar herramientas de automatización que optimicen su uso. Por ejemplo, en muchos casos, los laboratorios permanecen vacíos con las puertas abiertas y los aires acondicionados encendidos innecesariamente.”	De acuerdo con lo manifestado se pudo determinar que existe una preocupación relacionada con la falta de eficiencia energética al existir ausencia de herramientas tecnológicas que permitan un control automatizado de los aires acondicionados.
2. ¿Qué impacto cree que tiene la falta de monitoreo del aire acondicionado adecuado en el consumo energético?	“Se desperdicia energía eléctrica en realidad cuando más se la necesita, ahora más que nunca, entonces sí considero que se debe tratar de realizar mejoras en la parte del consumo de energía eléctrica,	Haciendo énfasis en la expresión se pudo determinar que el mayor impacto es en el gasto energético innecesario.

Preguntas	Respuestas	Interpretación
	con aplicativos de automatizados.”	
3. ¿Ha observado situaciones donde el aire acondicionado permanece encendido innecesariamente? ¿Cómo se podría evitar este problema?	“Es común encontrar aulas con los aires acondicionados encendidos, incluso cuando están vacías y con las puertas abiertas. Una solución podría ser automatizar el sistema mediante sensores que detecten la ocupación y el estado de las puertas, ajustando así el funcionamiento del aire acondicionado.”	Cabe destacar que se ha observado el mal uso del aire acondicionado en varias aulas, y se propone solucionar con un sistema automatizado.
4. ¿Cree que un sistema que detecte automáticamente la presencia o ausencia de personas mejoraría la eficiencia energética? ¿Por qué?	“Efectivamente, la solución que propones es común en sistemas domóticos. Los sensores de presencia, por ejemplo, son ampliamente utilizados para activar o desactivar cargas como la iluminación, basándose en la detección de movimiento. Esta tecnología se aplica de manera similar para optimizar	En definitiva, un sistema para detectar la presencia de personas puede mejorar la eficiencia de la energía.

Preguntas	Respuestas	Interpretación
	el uso de aires acondicionados en espacios como aulas.”	
5. ¿Qué conoce sobre el uso de redes neuronales o inteligencia artificial en la gestión energética?	“La inteligencia artificial, especialmente a través de redes neuronales, ha revolucionado la gestión energética. Al analizar datos históricos de consumo, estos modelos pueden predecir la demanda futura y optimizar la distribución de energía. Esto permite ajustar la activación y desactivación de cargas en función de las horas pico y valle, reduciendo así los costos energéticos.”	Teniendo en cuenta que la Inteligencia Artificial está evolucionando en diferentes campos es de gran ayuda en la optimización energética.
6. ¿Qué ventajas percibe en el uso de estas tecnologías para mejorar la climatización en espacios como laboratorios?	“La automatización del consumo energético, a través del uso de sensores, ofrece múltiples beneficios. El principal es el ahorro económico en la factura de la luz, al evitar el desperdicio de energía. Además, mejora la	Es imprescindible la observación de percibir la gran ventaja que es el ahorro energético en la factura de luz.

Preguntas	Respuestas	Interpretación
	eficiencia energética y brinda mayor comodidad al usuario.”	
7. Desde su experiencia, ¿cuáles son los principales desafíos para implementar sistemas inteligentes en el laboratorio 1?	“Gracias a la tecnología actual, implementar un sistema inteligente en el laboratorio #1 es totalmente viable. Existen numerosos módulos electrónicos y plataformas como Alexa que permiten integrar diferentes dispositivos y crear sistemas automatizados. La creación de un sistema personalizado también es posible, pero requeriría más tiempo y conocimientos técnicos.”	Haciendo énfasis en lo mencionado el principal desafío es crear un sistema personalizado ya que requiere más tiempo y conocimientos técnicos.
8. ¿Cree que existe una resistencia al cambio tecnológico dentro del entorno académico? Si es así, ¿por qué?	“El cambio tecnológico suele generar resistencia, especialmente al principio. Esto se debe a la dificultad de adaptarse a nuevas tecnologías y a la falta de conocimientos necesarios para utilizarlas de manera efectiva. Tanto docentes como	En la actualidad el cambio tecnológico ha ido avanzando de manera drástica y los profesionales se han tenido que ir adaptando y actualizando sus conocimientos, mientras lo hacen se siguen lanzando nuevas tecnologías y los

Preguntas	Respuestas	Interpretación
	estudiantes enfrentamos este desafío y debemos estar dispuestos a actualizarnos constantemente.”	conocimientos que se adquirieron se quedan rezagados y es un poco complicado implementar estas nuevas tecnologías en el entorno profesional y laboral.
9. ¿Qué tan viable considera la implementación de un sistema basado en redes neuronales convolucionales en el Laboratorio #1?	“Utilizando técnicas de visión por computadora y redes neuronales convolucionales, podemos desarrollar una aplicación capaz de detectar la presencia o ausencia de personas en un espacio. Esta aplicación podría integrarse con un sistema de control para activar o desactivar dispositivos como el aire acondicionado del laboratorio 1, creando así un ambiente más eficiente y personalizado.”	En la actualidad ya es posible desarrollar e implementar equipos que interpreta la presencia y ausencia de personas en un entorno, pero sus costos son elevados al implementarla.
10. ¿Qué recursos o apoyo considera que serían necesarios para que este tipo de sistema sea exitoso?	“El proyecto de automatización del aire acondicionado utilizando visión por computadora es	Según lo mencionado la utilización de los equipos al implementar el sistema son necesarios y lo más principal

Preguntas	Respuestas	Interpretación
	viable. Se cuenta con una cámara como sensor, algoritmos de inteligencia artificial para el procesamiento de imágenes y el aire acondicionado como actuador. La tarea principal ahora es seleccionar un controlador adecuado para conectar estos elementos y crear un sistema automatizado.”	es, en conseguir el controlador para que el sistema sea implementado con éxito, y así pueda funcionar sin errores.

3.6.2 Presentación y descripción de los resultados obtenidos

La encuesta a 150 usuarios del laboratorio #1 (Tabla 4) identificó deficiencias en el sistema de climatización actual. Según la pregunta 2, más de la mitad de los usuarios rara vez reportan fallos, lo que indica una gestión ineficiente del aire acondicionado. La pregunta 3 reveló que la mayoría experimenta problemas de encendido y apagado debido a la falta de automatización.

En la pregunta nueve casi la totalidad de los encuestados creen que es necesaria la detección automática de personas para el funcionamiento de la automatización del aire, mientras que en la pregunta 8 más de la mitad espera un ahorro de más del 30%. En el caso de la pregunta 4 nos constata que más de la mitad de los estudiantes usan el laboratorio 1 o 2 hora y casi $\frac{1}{4}$ de los mismo lo usan más de ese tiempo. En la pregunta 3 de la entrevista y la pregunta 4 de la encuesta se conoce que en casos se deja el aire encendido aun cuando nadie está en el laboratorio, y esto fomenta a implementar el funcionamiento por ocupación. En la pregunta 1 de encuesta y entrevista por otro lado se evidencia que no existe control sobre el uso de estos dispositivos de climatización.

3.6.3 Informe final del análisis de los datos

Una vez analizado los resultados obtenidos de la encuesta y entrevista se pudo corroborar que existe un mal uso del aire acondicionado en el laboratorio #1, es decir la falta de automatización está generando inconvenientes en el uso del aire acondicionado y se percibe la necesidad de una solución automatizada que cubra las necesidades y sobre todo se busca identificar los recursos necesarios para implementar y mantener el sistema.

La implementación de un sistema de aire acondicionado inteligente, con sensores y software avanzado, nos permite crear un ambiente más cómodo y eficiente, adaptándose a nuestras necesidades, ahorrando energía y sin pasar por alto prolongando la vida útil del equipo.

CAPITULO IV

4 MARCO PROPOSITIVO

4.1 Introducción

El presente capítulo desarrolla un sistema de automatización inteligente para el aire acondicionado del Laboratorio #1 de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Software en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Con la implementación de este sistema de automatización de aire acondicionado se busca reducir costos de altas planillas de luz para la institución y fomentar un bajo consumo de energía y tener un impacto menor al ambiente.

Este proyecto es una solución malos usos del aire acondicionado en el laboratorio proponiendo una solución que usa el internet de las cosas IoT e inteligencia artificial. Con esto se busca bajar los niveles de consumo energético mediante la automatización basada en las condiciones climáticas externas y ocupación del laboratorio.

Para desarrollar este proyecto se implementó Scrum como metodología de desarrollo, por su proceso ágil, adaptación a los cambios y repartición de las tareas de manera estructurada, ya que este se maneja con iteraciones. Además, por su retroalimentación que permitirá que el equipo entienda el proyecto y lo domine.

Los puntos fuertes que se busca con este proyecto son la disminución de costos y consumo energético, menor impacto ambiental, aumentar la vida útil de los aires, dar un uso responsable y evitar exceso. Para que los estudiantes y docentes se sientan cómodos en su área de estudio.

En este capítulo, se detallan los recursos humanos, tecnológicos y económicos requeridos para la implementación del sistema, junto con un análisis de los beneficios esperados para la comunidad universitaria.

4.2 Descripción de la propuesta

El sistema de automatización del aire acondicionado del laboratorio #1 de la ULEAM, Ext. El Carmen, integra inteligencia artificial (modelo yolov5) y control por infrarrojos para gestionar la climatización de manera eficiente, evitando el desperdicio energético. Utiliza una cámara IP conectada a una Raspberry Pi 5 de 8 GB de RAM, para procesar imágenes y enviar señales infrarrojas (IR) al aire acondicionado. Los eventos de encendido/apagado se registran en Google Sheets, permitiendo un análisis en tiempo real del consumo energético. La solución es escalable a otros espacios universitarios y contribuye a la sostenibilidad institucional.

Componentes principales del sistema:

- **Modelo Yolov5:** Detecta la presencia de personas mediante visión artificial, analizando imágenes capturadas por la cámara IP.
- **Módulo IR:** Envía señales al aire acondicionado para su encendido/apagado automático, eliminando la intervención manual.
- **Raspberry Pi 5:** Procesador central que ejecuta la lógica de automatización, integrando la detección de ocupación y el control IR.

Metodología de desarrollo: Scrum

Se estructuró en sprints, permitiendo un desarrollo progresivo y refinamiento del sistema:

Sprint 1: Configuración inicial del hardware y pruebas de sensores.

Sprint 2: Captura y almacenamiento de señales IR.

Sprint 3: Integración o implementación del modelo de IA para detección de ocupación.

Sprint 4: Integración y validación del sistema automatizado.

Beneficios de la automatización:

- ✓ Optimización del consumo energético, mejora del confort y sostenibilidad institucional, promoviendo un uso responsable de la energía dentro de la institución.
- ✓ El sistema proporciona una solución escalable, adaptable a otros espacios universitarios, contribuyendo a la modernización de la infraestructura y a la reducción del impacto ambiental.

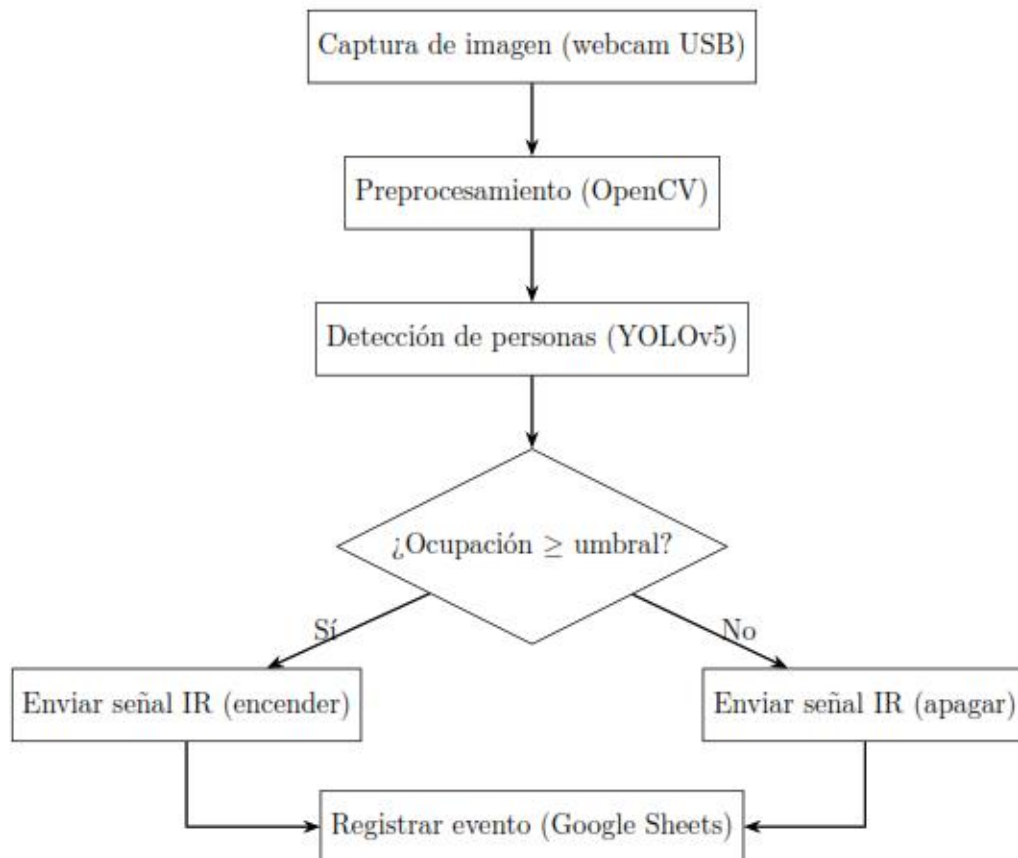
4.2.1 Justificación de la elección del modelo CNN

El modelo YOLOv5 fue seleccionado por su estabilidad, soporte y compatibilidad con la Raspberry Pi 5. Se eligió por su equilibrio entre funcionalidad y eficiencia.

4.2.2 Flujo de funcionamiento del sistema

El sistema sigue un flujo de procesamiento que integra captura de imágenes, detección de ocupación, toma de decisiones y control del aire acondicionado. La Raspberry Pi 5 mejora el rendimiento en el preprocesamiento y la detección. La ilustración 6 muestra este proceso. El flujo de funcionamiento es el siguiente:

Ilustración 6 Diagrama de flujo del sistema de automatización del aire acondicionado



1. **Captura de imagen:** Se usará una cámara Ip para capturar imágenes constantes del laboratorio en tiempo real.
2. **Preprocesamiento:** Estas imágenes capturas por la cámara Ip se procesan en Python con la librería opencv donde se ajusta su tamaño y resolución.
3. **Detección de personas:** Después con la librería YOLOv5 se analizan las imágenes tomadas anteriormente y se detectan las personas presentes y se guardan como un entero.
4. **Toma de decisión:** el siguiente paso es una condicional que pregunta si el número de personas está dentro de lo permitido este dará el orden mediante una señal de infrarrojo para que se prenda el aire acondicionado y caso contrario se mantendrá apagado.
5. **Control por infrarrojos:** La Raspberry Pi 5 utiliza el módulo LIRC para enviar señales IR al aire acondicionado.
6. **Registro de eventos:** Durante todo este proceso se registrarán todos los datos medibles como son fecha, hora, personas y estado. Esto se hará en un documento de Google sheets. Para su análisis correspondiente encaminado a un bajo consumo.

4.3 Determinación de recursos

4.3.1 Humanos

Tabla 6 Recursos humanos

Cantidad	Recursos Humanos	Cargo	Actividad	Justificación
1	Maribel Alay	Estudiante desarrolladora.	Diseño, desarrollo e implementación del sistema.	Responsable del desarrollo técnico, hardware y software del proyecto
150	Usuarios del laboratorio #1	Estudiantes y docentes	Colaboración para pruebas de funcionamiento y recolección de datos.	Proveen datos reales para validar la efectividad del sistema
1	Ing. Cesar Sinchiguano	Docente especializado en IA.	Participación en entrevista para análisis y asesoramiento técnico	Aporta conocimientos en IA para optimizar el modelo de detección
1	Ing. Jefferson Arca	Tutor académico	Guía y revisión metodológica y técnica	Supervisa el desarrollo, asegurando el cumplimiento metodológico y técnico

4.3.2 Tecnológicos

Tabla 7 Recursos tecnológicos

Recurso	Actividad
Conexión a internet.	Se utilizó para las investigaciones sobre el tema del proyecto de titulación.
PC de escritorio core i3 8 GB de RAM OptiPlex 3020	Equipo informático utilizado para el desarrollo del proyecto.
Teléfono móvil HUAWEY P30 lite con cámara fotográfica	Móvil utilizado para la toma de evidencias.
Impresora HP	Equipo utilizado para imprimir y recopilar datos de la entrevista.
Raspberry Pi 5 (8GB)	Ejecuta el modelo YOLOv5 y la lógica de control para el aire acondicionado.
Fuente de alimentación 27W USB-C	Alimenta de forma estable y segura la Raspberry Pi 5. Esta versión de la Pi requiere más potencia que modelos anteriores debido a su procesador más avanzado.
Tarjeta microSD (64 GB)	Para almacenamiento del sistema y modelo entrenado.
Módulo IR (HX1838)	Envía señales IR al aire acondicionado para encendido/apagado.
Cableado y conectores	Jumper cables para conectar sensores a Raspberry Pi.
Cámara IP	Captura imágenes para detección de ocupación.
Aire acondicionado GREEN AIR LNV10B060C2C01	Actuador objetivo para la implementación en el laboratorio.
Software	• Modelo YOLOv5 • Raspberry Pi OS: Sistema operativo base. • Librería LIRC: Para manejar señales IR en Raspberry Pi. • Python 3: Para programar la lógica del sistema. • Google Sheets • Dashboard

4.3.3 Económicos

Tabla 8 Recursos económicos

Cantidad	Recurso o producto	Precio	Subtotal
8 meses	Conexión a internet	\$25	\$200
1	PC de escritorio core i3 8 GB de RAM OptIPlex 3020	\$320	\$320
1	Teléfono móvil HUAWEY P30 lite con cámara fotográfica	\$250	\$250
300	Horas de trabajo	\$5	\$1500
1	Raspberry Pi5 8GB Rastech	\$175	\$175
1	Fuente de alimentación	\$17.24	\$17.24
1	Tarjeta microSD 64 GB	\$8.70	\$8.70
1	Módulo IR (HX1838)	\$7.50	\$7.50
varios	Cables y conectores	\$1.50	\$1.50
varios	Gastos de implementación	\$32.78	\$32.78
15%	IVA	\$32.64	\$32.64
1	Logística	\$6	\$6
			\$2.551.36

4.4 Desarrollo

Se adoptó la metodología Scrum, por su enfoque iterativo e incremental, ideal para el desarrollo de software y prototipos funcionales. Esta metodología permitirá realizar entregas parciales, recibir retroalimentación constante y mejorar el sistema progresivamente.

4.4.1 Fase I: Planificación

La planificación del proyecto establece los fundamentos para la implementación del sistema de automatización del aire acondicionado en el Laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen. Se adopta la metodología Scrum, permitiendo un desarrollo iterativo, con entregas parciales y validaciones progresivas para garantizar una mejora continua del sistema.

Objetivos de la Fase I:

- ✓ Valorar la factibilidad del proyecto en términos técnicos, económicos y operativos.
- ✓ Definir los requerimientos funcionales y no funcionales esenciales para el sistema.
- ✓ Establecer el Product Backlog inicial, priorizando tareas clave.
- ✓ Planificar los Sprints, asegurando una ejecución progresiva y estructurada.
- ✓ Realizar un análisis del entorno físico, confirmando compatibilidad con la instalación del sistema.
- ✓ Calcular el consumo energético actual del laboratorio y proyectar el ahorro con la automatización.

4.4.1.1 Estudio de factibilidad

Para evaluar la viabilidad del sistema, se analizan factores clave como la disponibilidad tecnológica, costos y compatibilidad operativa.

Tabla 9 Estudio de factibilidad

Tipo De Factibilidad	Evaluación	Justificación Breve
Técnica	Viable	Raspberry Pi, YOLOv5 y módulo IR compatibles con el aire acondicionado
Económica	Accesible	Bajo costo de materiales y reutilización de recursos.
Operativa	Aplicable	Compatible con el entorno del laboratorio universitario.

4.4.1.2 Recolección de requerimientos funcionales y no funcionales

Se establecen los requerimientos esenciales para garantizar el funcionamiento del sistema.

Tabla 10 Requerimientos funcionales y no funcionales

Tipo	Requerimiento
Funcional	Detectar personas en el laboratorio mediante IA
Funcional	Encender/apagar el aire acondicionado automáticamente
No funcional	Mantener bajo consumo de energía
No funcional	Garantizar procesamiento local sin dependencia de Internet.
No funcional	Respetar la privacidad (no guardar imágenes de rostros)

4.4.1.3 Definición del Product Backlog inicial

Se estructura un backlog con las tareas y funcionalidades del sistema, organizadas por prioridad.

Tabla 11 Product Backlog inicial

ID	Actividad	Prioridad	Sprint estimado
1	Instalación del sistema operativo en Raspberry Pi	Alta	Sprint 1
2	Recolección de requisitos, backlog y planificación	Alta	Sprint 1
3	Entrenamiento o implementación del modelo CNN para detección de ocupación	Alta	Sprint 2
4	Script de captura con cámara IP/cámara IP	Media	Sprint 2
5	Diseño del sistema (arquitectura y módulos)	Alta	Sprint 2
6	Control del aire vía sensor IR	Alta	Sprint 3
7	Integración del sistema	Alta	Sprint 3
8	Pruebas de comunicación con los dispositivos	Media	Sprint 3
9	Validación del sistema completo	Alta	Sprint 4
10	Pruebas con usuarios en el laboratorio	Alta	Sprint 4
11	Ajustes finales y documentación	Alta	Sprint 4

4.4.1.4 Planificación de los Sprints

Tabla 12 Planificación de los Sprint

Sprint	Actividades principales	Fechas estimadas
Sprint 1	Establecer la base del proyecto y preparar el entorno de trabajo.	01–15 junio 2025
Sprint 2	Desarrollar los módulos clave del sistema inteligente.	16–30 junio 2025
Sprint 3	Integrar y verificar el funcionamiento del sistema en condiciones reales.	01–15 julio 2025
Sprint 4	Validar, ajustar y entregar el sistema optimizado.	16–31 julio 2025

4.4.1.5 Análisis del entorno físico del laboratorio

Evaluación técnica del Laboratorio #1, verificando compatibilidad con la instalación del sistema automatizado.

Tabla 13 Análisis del laboratorio

Elemento	Observación técnica
Dimensiones del espacio	12 m x 9 m (108 m ²)
Tipo de aire acondicionado	GREEN AIR LNV10B060C2C01 (con 1900W / 1.9 kW de potencia total de entrada), control remoto IR
Iluminación	Buena, no afecta la visibilidad de la cámara
Conexión eléctrica	Estable, múltiples tomas disponibles
Conectividad	Acceso a red local (no esencial, pero disponible para pruebas)
Acceso al aire acondicionado	Fácil, ubicado en pared frontal, fácil instalación

4.4.1.6 Cálculo del consumo energético actual del laboratorio

Se calcula el consumo eléctrico del aire acondicionado antes de la automatización en base a los siguientes datos:

Fórmula para estimar consumo energético:

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo de uso (horas)}$$

- Tiempo de uso diario: 10 horas (desde las 8 AM hasta las 18 PM)
- Frecuencia semanal: 5 días
- Días al mes: 22
- Consumo Diario: $1.9 \text{ kW} \times 10 \text{ horas/día} = 19 \text{ kWh/día}$
- Consumo mensual estimado: 418 kWh/mes
- Tarifa eléctrica estimada: \$0.12 por kWh
- Costo Mensual: $418 \text{ kWh/mes} \times 0.12 \text{ USD/kWh} = 50.16 \text{ USD/mes}$

4.4.1.7 Proyección de ahorro con automatización

Estimación del consumo energético tras implementar el sistema inteligente.

- Nuevo consumo mensual estimado: 250.8 kWh/mes ($418 \text{ kWh} \times 0.6$)
- Nuevo costo mensual estimado: \$30.10 ($250.8 \text{ kWh} \times \$0.12/\text{kWh}$)
- Reducción estimada: 40% menos de tiempo operativo

Tabla 14 Comparación de consumo estimado

Concepto	Sin automatización	Con automatización	Ahorro estimado
Consumo energético (kWh)	418 kWh/mes	250.8 kWh/mes	167.2 kWh/mes
Costo mensual (USD)	\$50.16	\$30.10	\$20.06
Porcentaje de ahorro	—	—	40%

4.4.2 Fase II: Diseño y Construcción

4.4.2.1 Sprint 1

Objetivo: Establecer la base del proyecto y preparar el entorno de trabajo.

4.4.2.1.1 Pasos detallados:

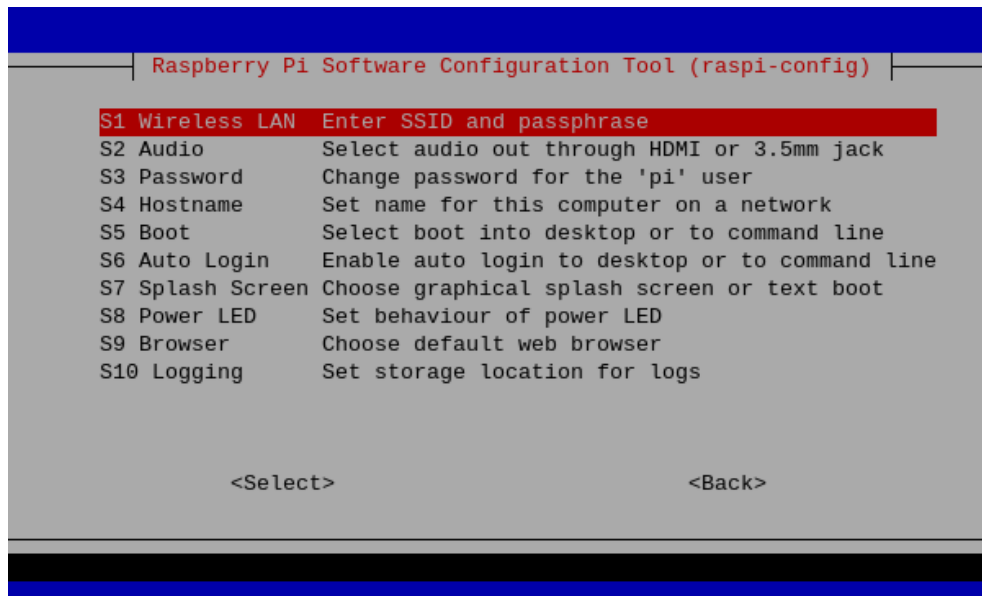
- Instalación del sistema operativo Raspberry Pi OS:
- Descarga Raspberry Pi Imager desde: <https://www.raspberrypi.com/software/>
- Instalar Raspberry Pi OS (64-bit) en la microSD.

Ilustración 7 Instalación del sistema operativo Raspberry Pi OS



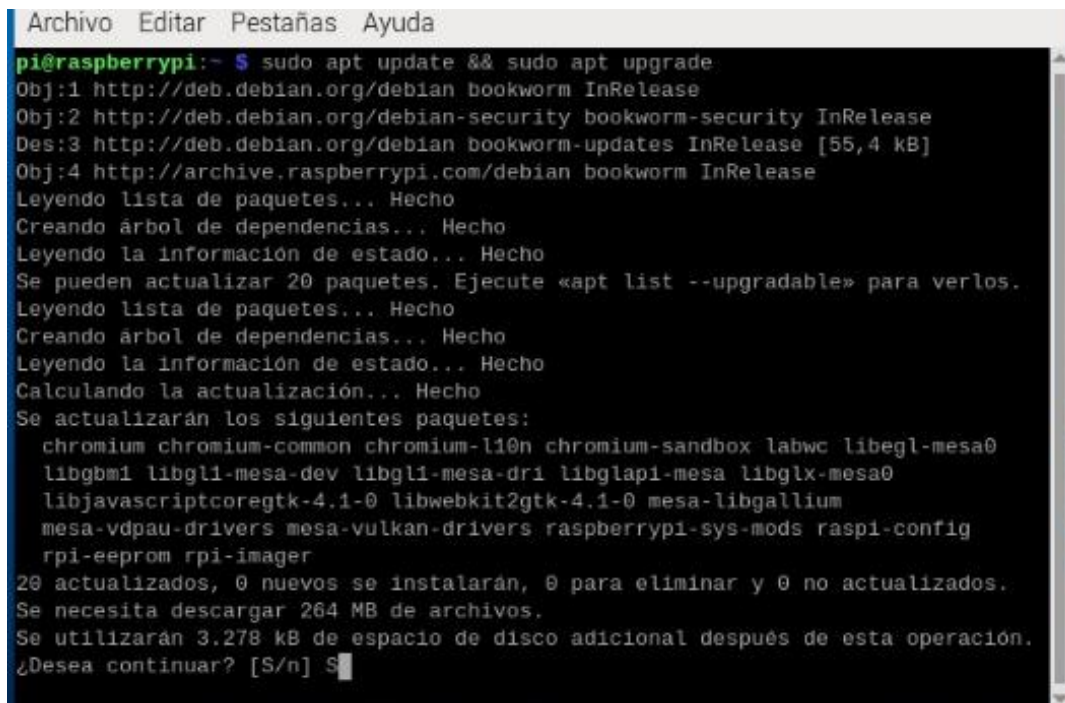
- Configuración de red y SSH.

Ilustración 8 Configuración de WiFi y SSH para acceso remoto.



- Acceso inicial y actualizaciones del sistema: `sudo apt update && sudo apt upgrade -y`

Ilustración 9 Actualizaciones



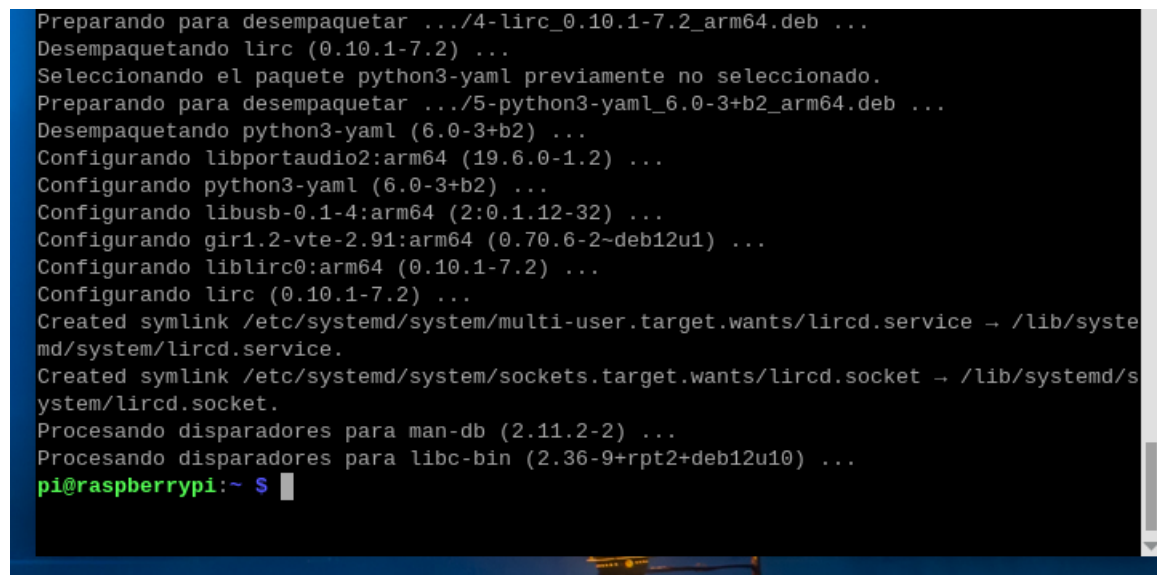
- Instalación de Python y creación de entorno virtual:

```
sudo apt install python3-pIP python3-venv
```

```
python3 -m venv ir_env
```

```
source ir_env/bin/activate
```

Ilustración 10 Creación de entorno virtual



```
Preparando para desempaquetar .../4-lirc_0.10.1-7.2_arm64.deb ...
Desempaquetando lirc (0.10.1-7.2) ...
Seleccionando el paquete python3-yaml previamente no seleccionado.
Preparando para desempaquetar .../5-python3-yaml_6.0-3+b2_arm64.deb ...
Desempaquetando python3-yaml (6.0-3+b2) ...
Configurando libportaudio2:arm64 (19.6.0-1.2) ...
Configurando python3-yaml (6.0-3+b2) ...
Configurando libusb-0.1-4:arm64 (2:0.1.12-32) ...
Configurando gir1.2-vte-2.91:arm64 (0.70.6-2~deb12u1) ...
Configurando liblirc0:arm64 (0.10.1-7.2) ...
Configurando lirc (0.10.1-7.2) ...
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/lircd.service → /lib/systemd/system/lircd.service.
Created symlink /etc/systemd/system/sockets.target.wants/lircd.socket → /lib/systemd/system/lircd.socket.
Procesando disparadores para man-db (2.11.2-2) ...
Procesando disparadores para libc-bin (2.36-9+rpt2+deb12u10) ...
pi@raspberrypi:~$
```

- Instalación de librerías iniciales:

```
sudo apt-get install lirc
```

```
pIP install opencv-python torch torchvision gspread oauth2client
```

```
sudo apt install libatlas-base-dev libopenjp2-7 libtiff5
```

```
pi@RASPBERRYPI5: ~  
File Edit Tabs Help  
Requirement already satisfied: httplib2>=0.9.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2client) (0.22.0)  
Requirement already satisfied: pyasn1>=0.1.7 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2client) (0.6.1)  
Requirement already satisfied: pyasn1-modules>=0.0.5 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2client) (0.4.2)  
Requirement already satisfied: rsa>=3.1.4 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2client) (4.9.1)  
Requirement already satisfied: six>=1.6.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2client) (1.17.0)  
Requirement already satisfied: cachetools<6.0, >=2.0.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from google-auth>=1.12.0->gsread) (5.5.2)  
Requirement already satisfied: requests-oauthlib>=0.7.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (2.0.0)  
Requirement already satisfied: pyparsing!=3.0.0, !=3.0.1, !=3.0.2, !=3.0.3, <4, >=2.4.2 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from httplib2>=0.9.1->oauth2client) (3.2.3)  
Requirement already satisfied: mpmath<1.4, >=1.1.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from sympy>=1.13.3->torch) (1.3.0)  
Requirement already satisfied: MarkupSafe>=2.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from jinja2->torch) (3.0.2)  
Requirement already satisfied: oauthlib>=3.0.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (3.3.1)  
Requirement already satisfied: requests>=2.0.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (2.32.4)  
Requirement already satisfied: charset_normalizer<4, >=2 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from requests>=2.0.0->requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (3.4.2)  
Requirement already satisfied: idna<4, >=2.5 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from requests>=2.0.0->requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (3.10)  
Requirement already satisfied: urllib3<3, >=1.21.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from requests>=2.0.0->requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (2.5.0)  
Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from requests>=2.0.0->requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib>=0.4.1->gsread) (2025.6.15)  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
E: Unable to locate package libtiff5  
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $
```

4.4.2.2 Sprint 2

Objetivo: Desarrollar los módulos principales del sistema, incluyendo el modelo CNN para detección de ocupación y el sistema de captura de imágenes con cámara IP, con pruebas preliminares para validar la lógica diseñada para el aire acondicionado.

4.4.2.2.1 *Actividades de validación funcional preliminar mediante control IR*

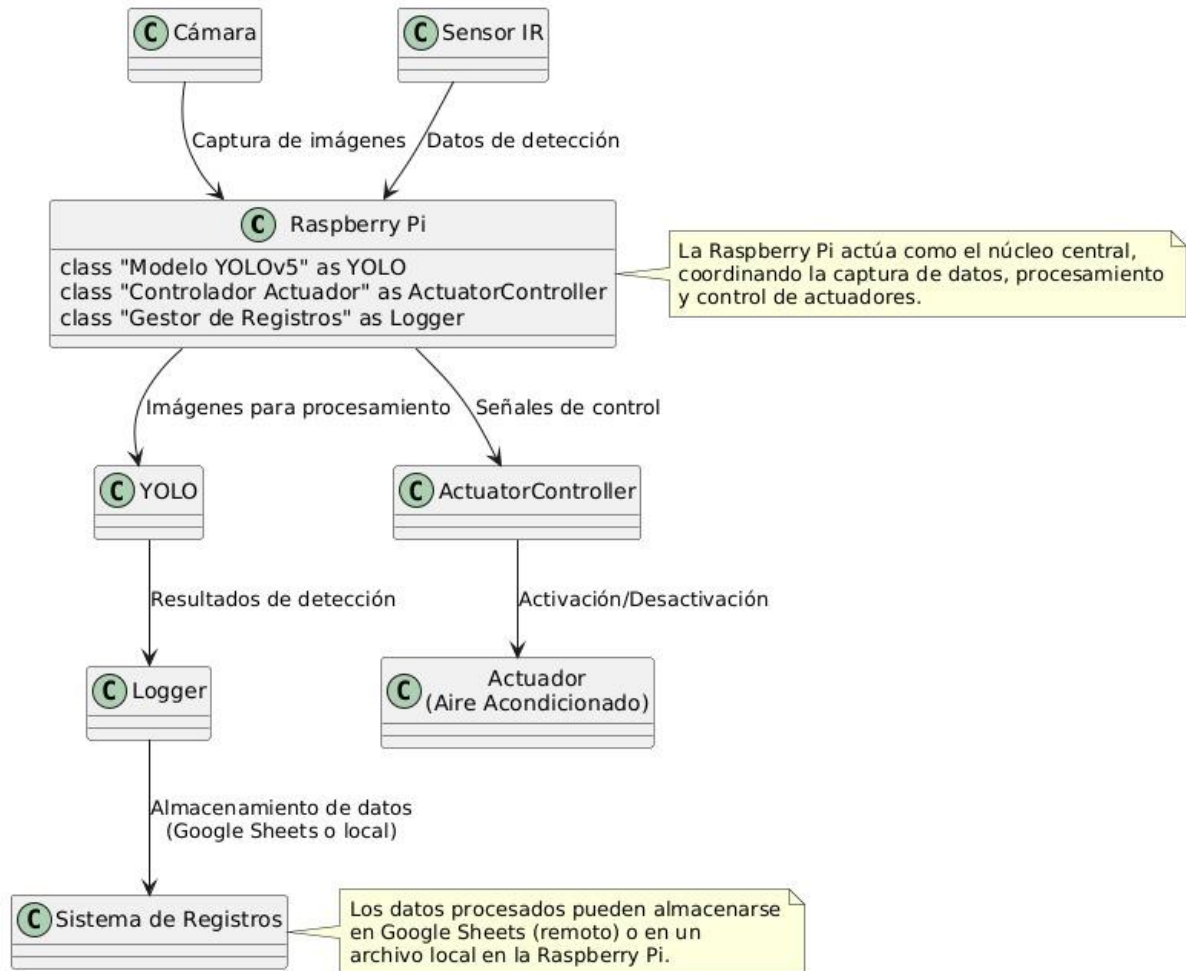
Se diseñó una arquitectura que integra la Raspberry Pi 5, cámara IP, un módulo IR y el modelo YOLOv5, orientada a controlar el aire acondicionado GREEN AIR LNV10B060C2C01 (ver Ilustración 11).

Se utilizó el modelo preentrenado YOLOv5 para detectar personas. El repositorio se clonó y configuró en la Raspberry Pi (ver Ilustraciones 12 y 13). El modelo se cargó correctamente para procesar imágenes en tiempo real (ver Ilustración 14).

Usando el lenguaje de programación Python se desarrolló un script con muchas líneas de código para tomar las fotos con una cámara ip y almacenar esas imágenes para posteriormente formatearlas con opencv y luego mandarlas a analizar con la librería YOLOv5, que dependiendo del número de personas mandara o no la señal de infrarrojo y la autorización de encendido del aire, todo esto está resumido en la ilustración 15.

También mediante pruebas reales se comprobó el envío de las señales IR al aire acondicionado dependiendo el número de personas y los resultados resultaron viables para la implementación.

Ilustración 12 Diagrama de arquitectura del sistema de automatización



La figura muestra la configuración propuesta para la implementación del sistema de automatización en el Laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen. A continuación, se describe la conexión de los componentes detalladamente. La cámara IP captura imágenes del entorno, que son procesadas por la Raspberry Pi 5 utilizando el modelo YOLOv5 para detectar la presencia de personas. Según la ocupación detectada, la Raspberry Pi envía señales al módulo IR, que controla el aire acondicionado mediante comandos de encendido o apagado. Los eventos de ocupación se registran en tiempo real en Google Sheets para su posterior análisis energético.

- Clonación del repositorio YOLOv5 para detección de ocupación:

Clonar YOLOv5: `git clone https://github.com/ultralytics/yolov5`

`cd yolov5`

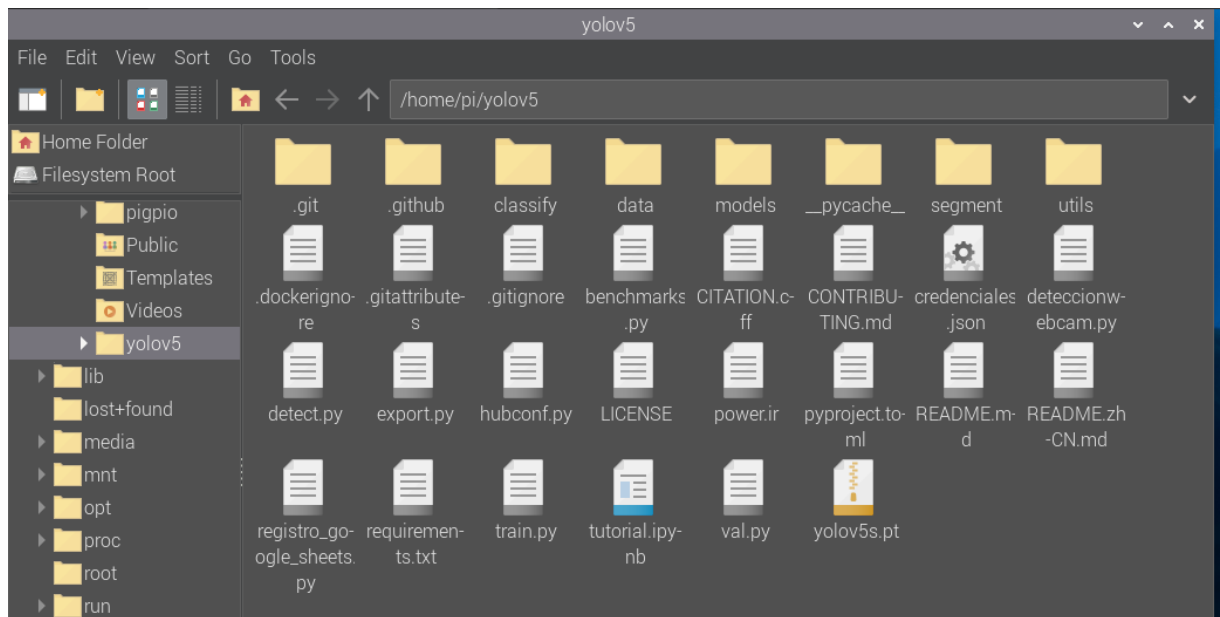
`pip install -r requirements.txt`

Ilustración 13 Clonación de yolov5

```
Requirement already satisfied: typing-extensions>=4.10.0 in /home/pi/ir_env/lib/python3.11/site-packages (from torch>=2.0.1)
Collecting sympy>=1.13.3
  Downloading sympy-1.14.0-py3-none-any.whl (6.3 MB)
    6.3/6.3 MB 7.8 MB/s eta 0:00:00
Collecting networkx
  Downloading networkx-3.5-py3-none-any.whl (2.0 MB)
    2.0/2.0 MB 4.4 MB/s eta 0:00:00
Collecting jinja2
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/jinja2/jinja2-3.1.6-py3-none-any.whl (134 kB)
    134.9/134.9 kB 318.1 kB/s eta 0:00:00
Collecting fsspec
  Downloading fsspec-2025.5.1-py3-none-any.whl (199 kB)
    199.1/199.1 kB 2.3 MB/s eta 0:00:00
Collecting py-cpuinfo
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/py-cpuinfo/py_cpuinfo-9.0.0-py3-none-any.whl (22 kB)
Collecting ultralytics-thop>=2.0.0
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/ultralytics-thop/ultralytics_thop-2.0.14-py3-none-any.whl (26 kB)
Collecting pytz>=2020.1
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/pytz/pytz-2025.2-py3-none-any.whl (509 kB)
    509.2/509.2 kB 768.2 kB/s eta 0:00:00
Collecting tzdata>=2022.7
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/tzdata/tzdata-2025.2-py2.py3-none-any.whl (347 kB)
    347.8/347.8 kB 4.5 MB/s eta 0:00:00
Collecting smmap<6,>=3.0.1
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/smmap/smmap-5.0.2-py3-none-any.whl (24 kB)
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /home/pi/ir_env/lib/python3.11/site-packages (from python-dateutil>=2.7->matplotlib)
Collecting mpmath<1.4,>=1.1.0
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/mpmath/mpmath-1.3.0-py3-none-any.whl (536 kB)
    536.2/536.2 kB 672.5 kB/s eta 0:00:00
Requirement already satisfied: MarkupSafe>=2.0 in /home/pi/ir_env/lib/python3.11/site-packages (from jinja2->torch>=2.0.1)
Installing collected packages: pytz, py-cpuinfo, mpmath, tzdata, tqdm, sympy, smmap, setuptools, scipy, PyYAML, python-dateutil, matplotlib, gitdb, ultralytics-thop, torchvision, thop, seaborn, gitpython, ultralytics
Attempting uninstall: setuptools
Found existing installation: setuptools 66.1.1
Uninstalling setuptools-66.1.1:
Successfully uninstalled setuptools-66.1.1
```

- Estructura de las carpetas donde se encuentra el modelo Yolov5, los scripts y los códigos de los botones guardados del control remoto.

Ilustración 14 Estructura del contenido de las carpetas



- Prueba de modelo funcional, se visualiza la carga exitosa del modelo YOLOv5 para detección de personas.

Ilustración 15 Modelo cargado correctamente

```
pi@RASPBERRYPI5: ~/yolov5
File Edit Tabs Help
pi@RASPBERRYPI5:~ $ source ir_env/bin/activate
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ cd yolov5
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~/yolov5 $ python3
Python 3.11.2 (main, Apr 28 2025, 14:11:48) [GCC 12.2.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import torch
>>> model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'yolov5n', pretrained=True)
Using cache found in /home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/utils/general.py:32: UserWarning: pkg_resources
is deprecated as an API. See https://setuptools.pypa.io/en/latest/pkg_resources.html. The pkg_resour
ces package is slated for removal as early as 2025-11-30. Refrain from using this package or pin to
Setuptools<81.
  import pkg_resources as pkg
YOLOv5 8.1.7 2025-7-10 Python-3.11.2 torch-2.7.1+cpu CPU

Fusing layers...
YOLOv5n summary: 213 layers, 1867405 parameters, 0 gradients, 4.5 GFLOPs
Adding AutoShape...
>>> print("Modelo cargado correctamente")
```

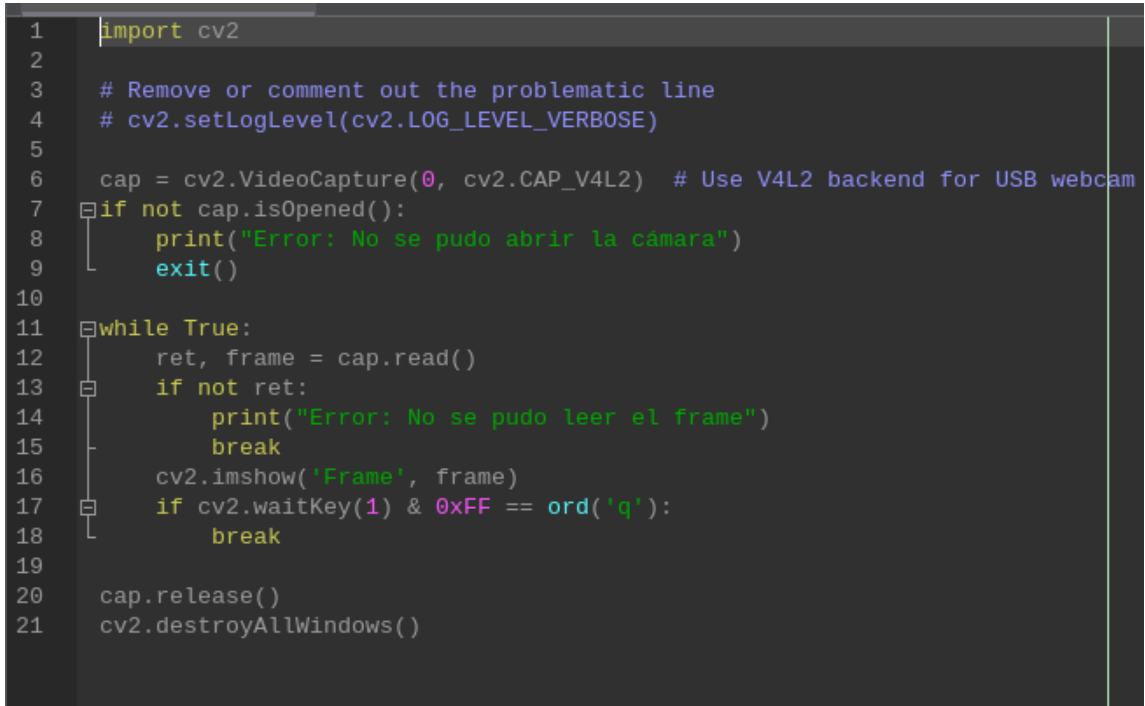
- Script de captura con cámara IP para abrir los frames procesados por el NVR:

```
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_V4L2)

ret, frame = cap.read()

results = model(frame)
```

Ilustración 16 Script de captura con la cámara



```
1  import cv2
2
3  # Remove or comment out the problematic line
4  # cv2.setLogLevel(cv2.LOG_LEVEL_VERBOSE)
5
6  cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_V4L2) # Use V4L2 backend for USB webcam
7  if not cap.isOpened():
8      print("Error: No se pudo abrir la cámara")
9      exit()
10
11  while True:
12      ret, frame = cap.read()
13      if not ret:
14          print("Error: No se pudo leer el frame")
15          break
16      cv2.imshow('Frame', frame)
17      if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
18          break
19
20  cap.release()
21  cv2.destroyAllWindows()
```

- Probar detección según número de personas usando la cámara en tiempo real, este código abrirá la cámara IP, capturará un frame y lo analizará:

```
import cv2

import torch

# Cargar el modelo

model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'yolov5s', pretrained=True)

# Capturar imagen de la cámara IP

cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_V4L2)
```

```

ret, frame = cap.read()

cap.release()

if ret:

    # Detección

    results = model(frame)

    results.print()      # Mostrar resultados en texto

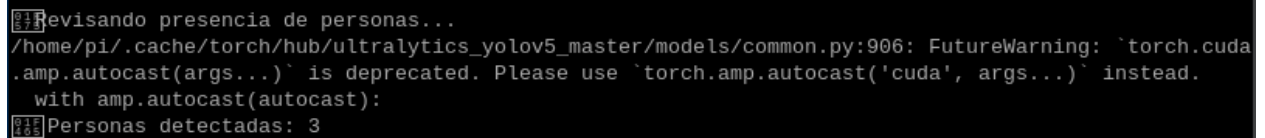
    results.show()      # Mostrar imagen con detecciones

else:

    print("No se pudo capturar imagen de la cámara.")

```

Ilustración 17 Prueba de detección según número de personas



```

[0.1.1] Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: `torch.cuda.amp.autocast(args...)` is deprecated. Please use `torch.amp.autocast('cuda', args...)` instead.
  with amp.autocast(autocast):
[0.1.1] Personas detectadas: 3

```

4.4.2.3 Sprint 3

Objetivo: Integrar y verificar el funcionamiento del sistema en condiciones reales.

4.4.2.3.1 Pasos detallados:

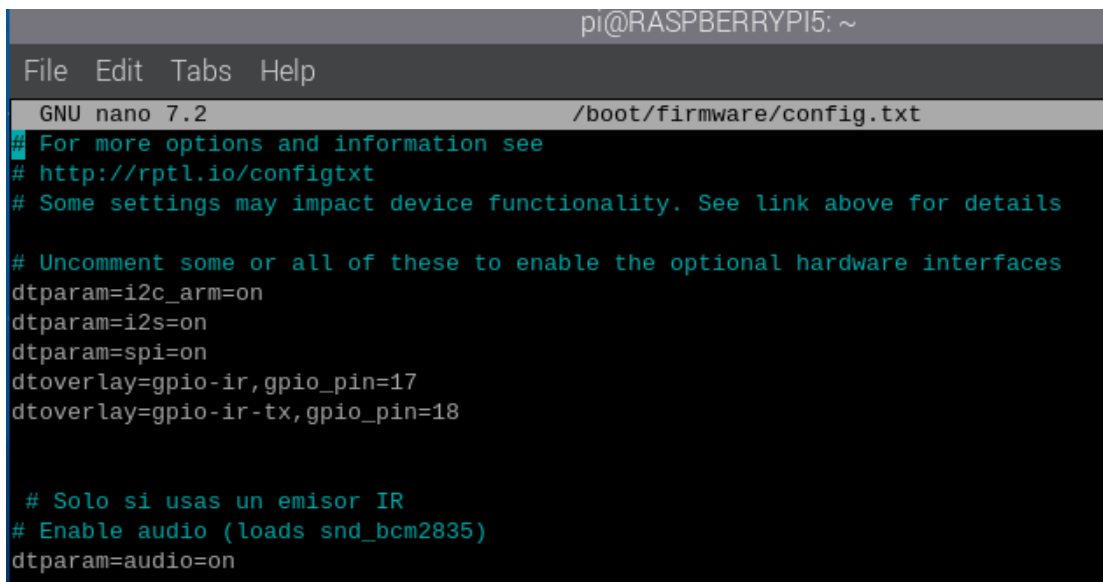
- Control del aire acondicionado con IR:

Editar `/boot/firmware/config.txt` y agregar:

```
dtoverlay=gpio-ir,gpio_pin=17
```

```
dtoverlay=gpio-ir-tx,gpio_pin=18
```

Ilustración 18 Configuración de GPIO en Raspberry pi



```
pi@RASPBERYP15: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 7.2 /boot/firmware/config.txt
## For more options and information see
# http://rptl.io/configtxt
# Some settings may impact device functionality. See link above for details

# Uncomment some or all of these to enable the optional hardware interfaces
dtparam=i2c_arm=on
dtparam=i2s=on
dtparam=spi=on
dtoverlay=gpio-ir,gpio_pin=17
dtoverlay=gpio-ir-tx,gpio_pin=18

# Solo si usas un emisor IR
# Enable audio (loads snd_bcm2835)
dtparam=audio=on
```

- Comprobar que este bien realizada la configuración donde el emisor es /dev/lirc0 y el receptor /dev/lirc1

Ilustración 19 Verificar configuración

```

pi@RASPBERRYPI5: ~
File Edit Tabs Help
pi@RASPBERRYPI5:~ $ source ir_env/bin/activate
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ ls /dev/lirc*
/dev/lirc0 /dev/lirc1
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $

```

- Comprobar que el receptor se encuentre activo en el sistema.

Ilustración 20 Receptor activo en el sistema

```

pi@RASPBERRYPI5:~/pigpio $ sudo rmmod gpio_ir_recv
sudo modprobe gpio-ir-recv
dmesg | tail -20
[ 3.346742] Bluetooth: hci0: BCM: Using default device address (43:45:c0:00:1f:ac)
[ 3.364445] Bluetooth: MGMT ver 1.23
[ 3.369506] NET: Registered PF_ALG protocol family
[ 4.144166] macb 1f00100000.ethernet eth0: PHY [1f00100000.ethernet-ffffffff:01] driver [Broadcom BCM54213PE] (irq=POLL)
[ 4.144174] macb 1f00100000.ethernet eth0: configuring for phy/rgmii-id link mode
[ 4.147063] macb 1f00100000.ethernet: gem-ptp-timer ptp clock registered.
[ 4.156245] brcmfmac: brcmf_cfg80211_set_power_mgmt: power save enabled
[ 6.217844] Bluetooth: RFCOMM TTY layer initialized
[ 6.217857] Bluetooth: RFCOMM socket layer initialized
[ 6.217867] Bluetooth: RFCOMM ver 1.11
[ 8.229204] macb 1f00100000.ethernet eth0: Link is Up - 1Gbps/Full - flow control off
[ 94.651198] rc rc0: two consecutive events of type space
[ 1131.582680] Registered IR keymap rc-rc6-mce
[ 1131.582809] rc rc0: gpio_ir_recv as /devices/platform/ir-receiver@12/rc/rc0
[ 1131.582912] rc rc0: lirc_dev: driver gpio_ir_recv registered at minor = 0, raw IR receiver, no transmitter
[ 1131.583007] input: gpio_ir_recv as /devices/platform/ir-receiver@12/rc/rc0/input6
[ 1529.017790] Registered IR keymap rc-rc6-mce
[ 1529.017910] rc rc0: gpio_ir_recv as /devices/platform/ir-receiver@12/rc/rc0
[ 1529.017965] rc rc0: lirc_dev: driver gpio_ir_recv registered at minor = 0, raw IR receiver, no transmitter
[ 1529.018020] input: gpio_ir_recv as /devices/platform/ir-receiver@12/rc/rc0/input7
pi@RASPBERRYPI5:~/pigpio $ ls /dev/input/
by-path event0 event1 event2 event3 event4 event5 mice
pi@RASPBERRYPI5:~/pigpio $

```

```
File Edit Tabs Help
pi@RASPBERRYPI5:~ $ source ir_env/bin/activate
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ sudo nano /etc/lirc/lirc_options.conf
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ sudo systemctl restart lircd
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ mode2 -d /dev/lirc0
Using driver default on device /dev/lirc0
Trying device: /dev/lirc0
Using device: /dev/lirc0
pulse 94
timeout 130244
pulse 6120
space 7416
pulse 552
space 548
pulse 550
space 550
pulse 522
space 576
pulse 549
space 550
pulse 551
space 548
pulse 553
space 545
pulse 553
space 549
pulse 549
space 552
pulse 549
space 549
pulse 550
space 548
pulse 554
space 547
pulse 577
space 521
```

Ilustración 22 Actualización del kernel

```
pi@RASPBERYPYI5: ~
File Edit Tabs Help
pi@RASPBERYPYI5:~ $ sudo rpi-update
*** Raspberry Pi firmware updater by Hexxeh, enhanced by AndrewS and Dom
*** Performing self-update
*** Relaunching after update
*** Raspberry Pi firmware updater by Hexxeh, enhanced by AndrewS and Dom
FW_REV:4f435f9e89a133baab3e2c9624b460af335bbe91
BOOTLOADER_REV:20deae5ea8de806e93117062683725cedec3434
*** We're running for the first time
*** Backing up files (this will take a few minutes)
*** Backing up firmware
*** Backing up modules 6.12.25+rpt-rpi-2712
WANT_32BIT:0 WANT_64BIT:1 WANT_64BIT_RT:0 WANT_PI4:1 WANT_PI5:1
#####
WARNING: This update bumps to rpi-6.12.y linux tree
See discussions at:
https://forums.raspberrypi.com/viewtopic.php?t=379745
#####
Would you like to proceed? (y/N)
Downloading bootloader tools
Downloading bootloader images
*** Downloading specific firmware revision (this will take a few minutes)
% Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
   0         0     0         0      0         0         0         0  0:00:00  0:00:00  0:00:00    0
43  185M  43  81.2M    0     0  7365k      0  0:00:25  0:00:11  0:00:14  8438k
```

- Captura de señal con receptor IR: `sudo apt install v4l-utils`

Ilustración 23 Instalación de la herramienta ir-ctl

```
(ir_env) pi@RASPBERYPYI5:~ $ sudo apt install v4l-utils
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
v4l-utils is already the newest version (1.22.1-5+b2).
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 35 not upgraded.
(ir_env) pi@RASPBERYPYI5:~ $
```

- Grabar señal con `sudo ir-ctl -d /dev/lirc1 -r > power.ir` y verificar la señal grabada con `cat power.ir`

Ilustración 24 Grabación de señal

[illegible]

- revisa la ubicación de los archivos guardados: `ls -l ~/power_on.txt ~/power_of.txt`

Ilustración 25 Ubicación de archivo

```
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ ls -l ~/power_on.txt ~/power_of.txt
-rw-r--r-- 1 pi pi 1011 Jul  5 05:29 /home/pi/power_of.txt
-rw-r--r-- 1 pi pi 1012 Jul  5 05:24 /home/pi/power_on.txt
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $
```

- Envío de señal IR con emisor: `sudo ir-ctl -d /dev/lirc0 -s power.ir`

Ilustración 26 Envío de señal

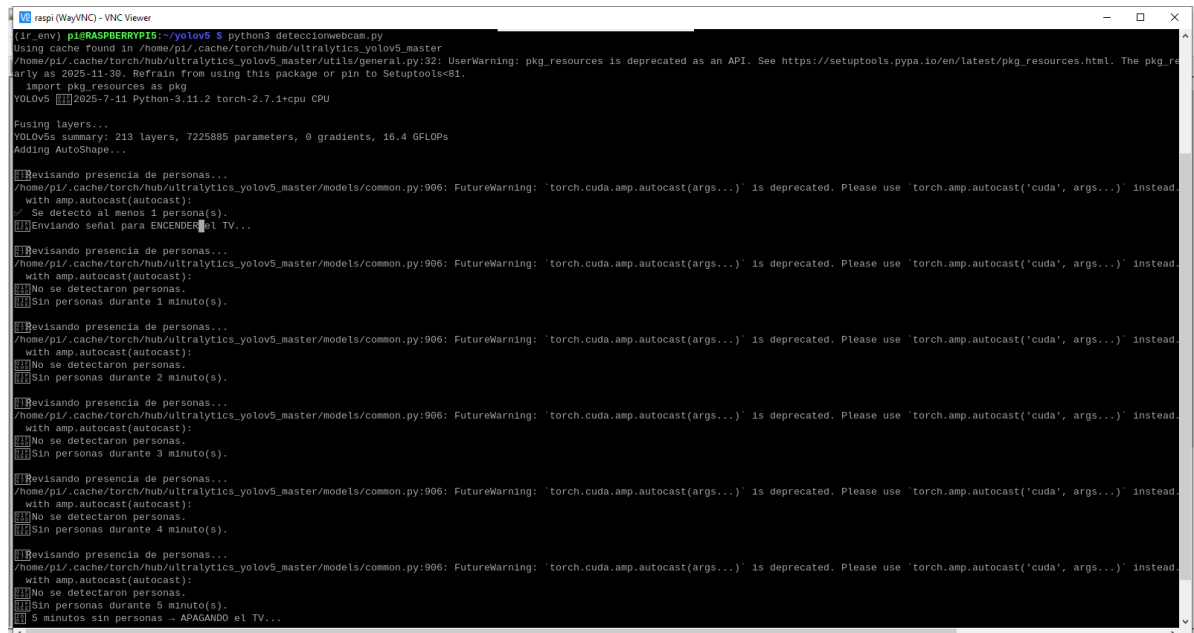
```
KeyboardInterrupt
>>>
e(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~/yolov5 $ sudo ir-ctl -d /dev/lirc0 -s power.ir
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~/yolov5 $
```

- Integración completa de cámara, modelo y envío de señal IR, script que enciende el dispositivo si se detectan ≥ 3 personas y envía señal IR:

```
if num_personas >= 3:
```

```
subprocess.call(["sudo", "ir-ctl", "-d", "/dev/lirc0", "-s", "power.ir"])
```

Ilustración 27 Detección con envío de señal integrado



```
raspi (WayVNC) - VNC Viewer
(lf-env) [RASHBERRYPI@raspi:~/yolov5]$ python3 detecciónwebcam.py
Using cache found in /home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/utils/general.py:32: UserWarning: pkg_resources is deprecated as an API. See https://setuptools.pypa.io/en/latest/pkg_resources.html. The pkg_resources module is likely to be removed in a future version of setuptools.
  import pkg_resources as pkg
YOLOv5 2025-7-11 Python-3.11.2 torch-2.7.1+cpu CPU

Fusing layers...
YOLOv5s summary: 213 layers, 7225885 parameters, 0 gradients, 16.4 GFLOPs
Adding AutoShape...

[+]Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
  with amp.autocast(amp.autocast):
  Se detectó al menos 1 persona(s).
[+] Enviando señal para ENCENDER el TV...

[+]Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
  with amp.autocast(amp.autocast):
[+] No se detectaron personas.
[+] Sin personas durante 1 minuto(s).

[+]Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
  with amp.autocast(amp.autocast):
[+] No se detectaron personas.
[+] Sin personas durante 2 minuto(s).

[+]Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
  with amp.autocast(amp.autocast):
[+] No se detectaron personas.
[+] Sin personas durante 3 minuto(s).

[+]Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
  with amp.autocast(amp.autocast):
[+] No se detectaron personas.
[+] Sin personas durante 4 minuto(s).

[+]Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
  with amp.autocast(amp.autocast):
[+] No se detectaron personas.
[+] Sin personas durante 5 minuto(s).
[+] 5 minutos sin personas -- APAGANDO el TV...
```

- Configurar y crear un registro de eventos en Google Sheets para generar el reporte de automatización con fecha, hora, personas detectadas, estado (ON/OFF):

Instala bibliotecas necesarias: `pIP3 install --upgrade gspread oauth2client`

Ilustración 28 biblioteca de Google Shets

```
pi@RASPBERRYPI5:~ $ source ir_env/bin/activate
(ir_env) pi@RASPBERRYPI5:~ $ pip3 install --upgrade gspread oauth2client
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://www.piwheels.org/simple
Requirement already satisfied: gspread in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (6.2.1)
Requirement already satisfied: oauth2client in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (4.1.3)
Requirement already satisfied: google-auth>=1.12.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from gs
pread) (2.40.3)
Requirement already satisfied: google-auth-oauthlib>=0.4.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages
(from gspread) (1.2.2)
Requirement already satisfied: httplib2>=0.9.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2
client) (0.22.0)
Requirement already satisfied: pyasn1>=0.1.7 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2cl
ient) (0.6.1)
Requirement already satisfied: pyasn1-modules>=0.0.5 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from
oauth2client) (0.4.2)
Requirement already satisfied: rsa>=3.1.4 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2clien
t) (4.9.1)
Requirement already satisfied: six>=1.6.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from oauth2clien
t) (1.17.0)
Requirement already satisfied: cachetools<6.0,>=2.0.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (from
google-auth>=1.12.0->gspread) (5.5.2)
Requirement already satisfied: requests-oauthlib>=0.7.0 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (fr
om google-auth-oauthlib>=0.4.1->gspread) (2.0.0)
Requirement already satisfied: pyparsing<3.0.0, >=2.0.1 in ./ir_env/lib/python3.11/site-packages (fr
```

- Crear credenciales en Google Cloud ingresando a <https://console.cloud.google.com/>

Ilustración 29 Credenciales en Google Cloud

Comienza tu prueba gratuita con un crédito de \$300. No te preocupes, no se te cobrará si se acaban los créditos. [Más información](#)

Descartar Comenzar gratis

Google Cloud Raspberry TV log Buscar (/) recursos, documentos, productos y más

IAM y administración / Cuentas de servicio

Cuentas de servicio + Crear cuenta de servicio Borrar Administrar el acceso Actualizar

Cuentas de servicio del proyecto "Raspberry TV log"

Una cuenta de servicio representa una identidad de servicio de Google Cloud, como el código en ejecución en las VM de Compute Engine, las apps de App Engine o los sistemas que se ejecutan fuera de Google. [Obtén más información sobre las cuentas de servicio.](#)

Las políticas de la organización se pueden usar para asegurar las cuentas de servicio y bloquear sus características riesgosas, como el otorgamiento automático de IAM, la creación y carga de claves, o la creación misma de cuentas de servicio. [Obtén más información sobre las políticas de la organización para cuentas de servicio.](#)

Filtro Ingresar el nombre o el valor de la propiedad

☐	Correo electrónico	Estado	Nombre	Descripción	ID de clave	Fecha de creación de la c	Acciones
No hay filas para mostrar							

Recomendaciones para ti

- Descripción general de las cuentas de servicio [Documento de ayuda](#)
Cuentas de servicio de IAM, permisos y consideraciones comunes del ciclo de vida.
- Crea cuentas de servicio [Documento de ayuda](#)
Crea cuentas de servicio con la API de IAM, la consola de Google Cloud y gcloud CLI.
- Enumera y edita cuentas de servicio [Documento de ayuda](#)
Enumera y edita cuentas de servicio con la API de IAM, la consola de Google Cloud y gcloud CLI.
- Inhabilita y habilita cuentas de servicio [Documento de ayuda](#)
Inhabilita y habilita cuentas de servicio con la API de IAM, la consola de Google Cloud y gcloud CLI.

Ilustración 30 Nuevo proyecto en Google Cloud

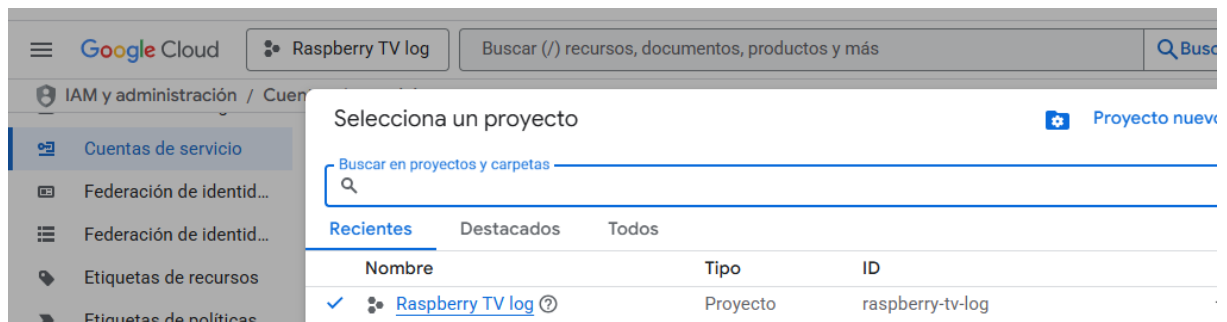
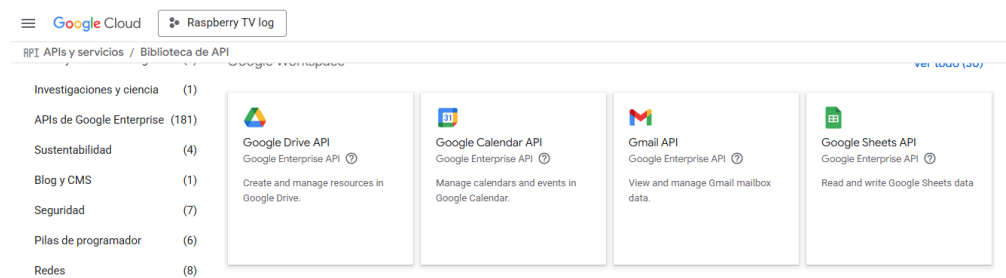
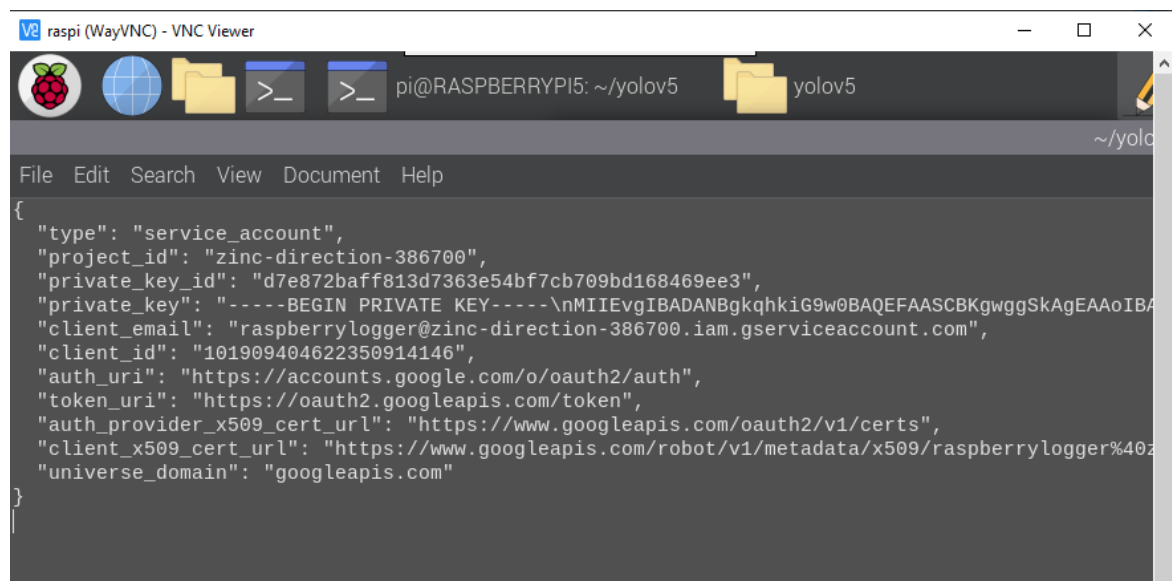


Ilustración 31 Habilitar API de Google Sheets



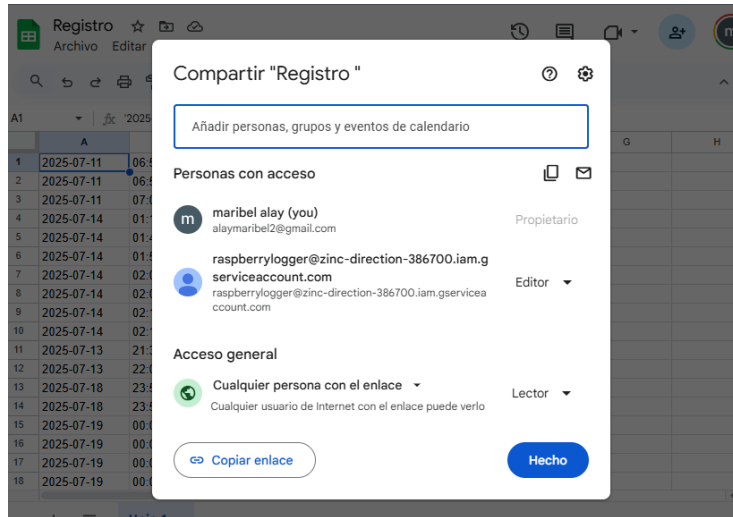
- Generar la clave JSON, se descargará un archivo. json (credentials.json)

Ilustración 32 Archivo JSON



- Compartir Google Sheets con la cuenta de servicio, crear una hoja de cálculo nueva en Google Sheets y compartir la hoja con el correo de la cuenta de servicio

Ilustración 33 Compartir hoja de cálculo



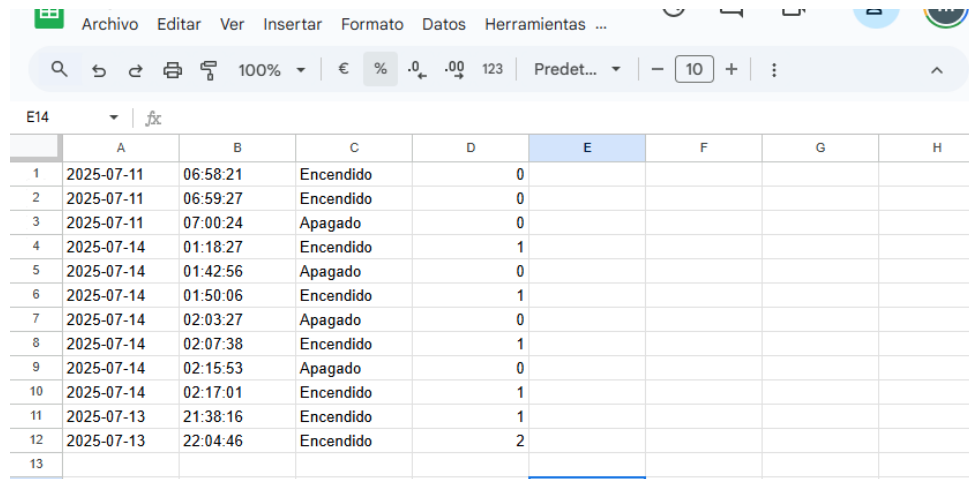
- Código Python para registrar eventos

Ilustración 34 Script de registro de eventos

```
registro_google_sheets.py x
1 import gspread
2 from oauth2client.service_account import ServiceAccountCredentials
3 from datetime import datetime
4
5 # Autenticación con las credenciales JSON
6 scope = ["https://spreadsheets.google.com/feeds", "https://www.googleapis.com/auth/drive"]
7 credenciales = ServiceAccountCredentials.from_json_keyfile_name("credenciales.json", scope)
8 cliente = gspread.authorize(credenciales)
9
10 # Abrir hoja de cálculo
11 spreadsheet = cliente.open_by_url("https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aBcDeFgHiJkLmNoPqRsTuVwXyZ/edit#gid=0")
12 hoja = spreadsheet.sheet1 # Primera hoja
13
14 def registrar_evento(estado, personas):
15     ahora = datetime.now()
16     fecha = ahora.strftime("%Y-%m-%d")
17     hora = ahora.strftime("%H:%M:%S")
18     hoja.append_row([fecha, hora, estado, personas])
19     print(f"📅 Registrado: {fecha} {hora} - {estado} - {personas} personas")
20
```

- Verifica que los datos aparezcan en la hoja de cálculo en tiempo real.

Ilustración 35 Registro de datos en tiempo real



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	2025-07-11	06:58:21	Encendido	0				
2	2025-07-11	06:59:27	Encendido	0				
3	2025-07-11	07:00:24	Apagado	0				
4	2025-07-14	01:18:27	Encendido	1				
5	2025-07-14	01:42:56	Apagado	0				
6	2025-07-14	01:50:06	Encendido	1				
7	2025-07-14	02:03:27	Apagado	0				
8	2025-07-14	02:07:38	Encendido	1				
9	2025-07-14	02:15:53	Apagado	0				
10	2025-07-14	02:17:01	Encendido	1				
11	2025-07-13	21:38:16	Encendido	1				
12	2025-07-13	22:04:46	Encendido	2				
13								

4.4.3 Fase III: Evaluación y Pruebas en Entorno Real

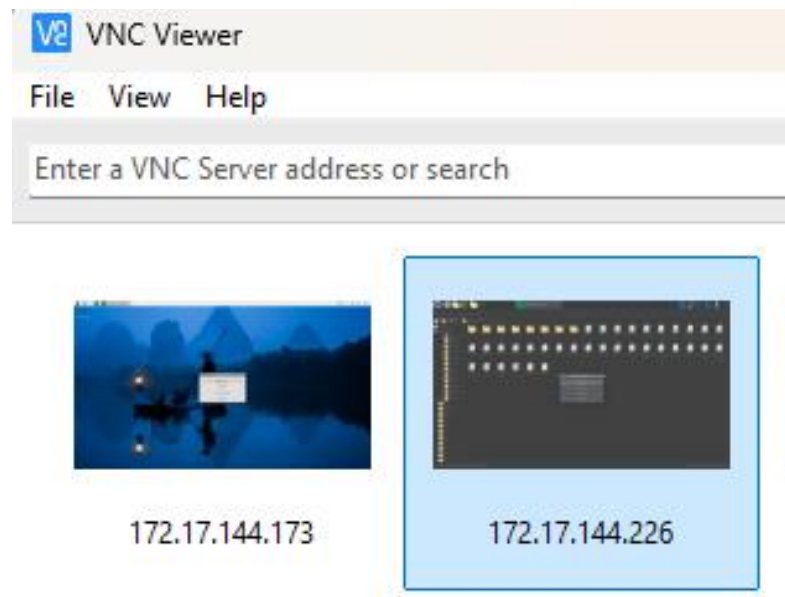
4.4.3.1 Sprint 4

Objetivo: Implementar y validar el sistema en el Laboratorio #1 con el aire acondicionado GREEN AIR LNV10B060C2C01.

4.4.3.1.1 Actividades planificadas

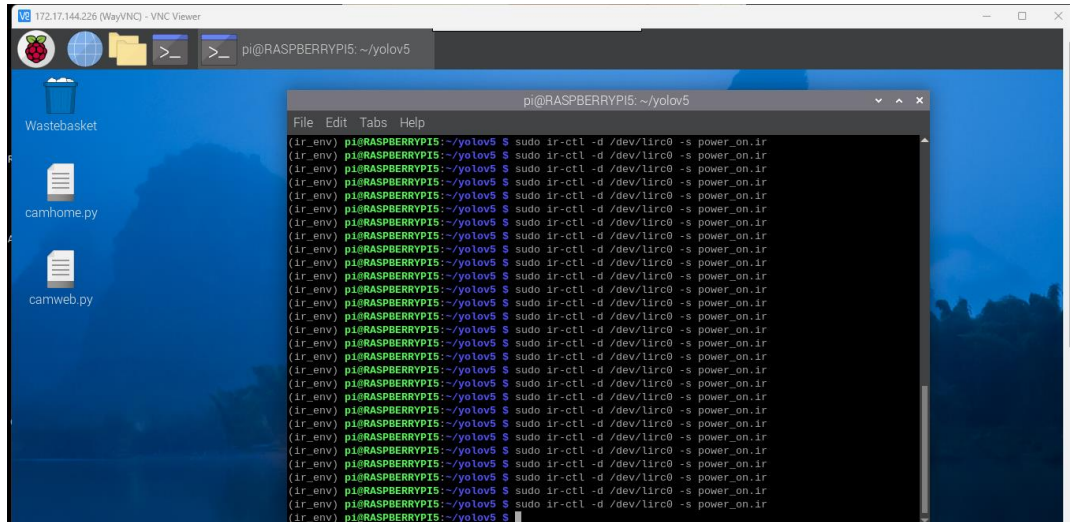
- Conexión de la Raspberry Pi, cámara IP y módulo IR en el laboratorio.

Ilustración 36 Conexión en el laboratorio



- Pruebas de detección de ocupación y control automático del aire acondicionado.

Ilustración 37 Prueba de señal para encender el aire



Se comprueba si la señal infrarroja enviada por el sistema es recibida correctamente por el equipo de climatización. La activación y desactivación se controlará según la detección de ocupación.

Ilustración 38 Prueba de señal para apagar el aire

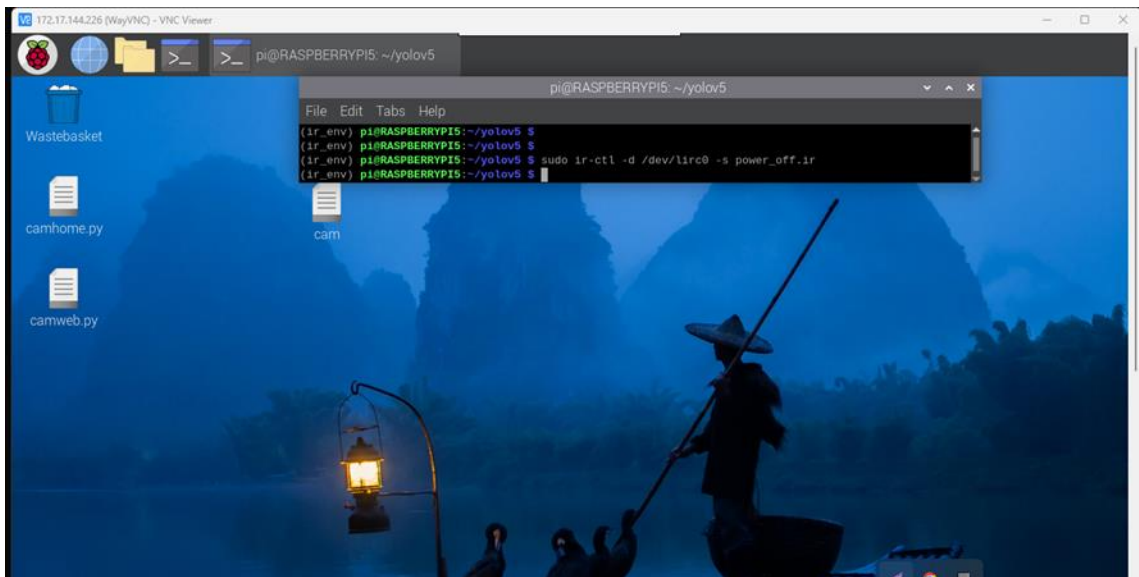


Ilustración 39 Detección en tiempo real

```

(1r env) pi@RASPBERRYPI5:~/yolov5 $ python3 deteccionwebcam.py
Using cache found in /home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/ultralytics/general.py:32: UserWarning: pkg_resources
is deprecated as an API. See https://setuptools.pypa.io/en/latest/pkg_resources.html. The pkg_resour
ces package is slated for removal as early as 2025-11-30. Refrain from using this package or pin to
Setuptools<81.
import pkg_resources as pkg
YOLOv5 2025-7-19 Python-3.11.2 torch-2.7.1+cpu CPU

Fusing layers...
YOLOv5s summary: 213 layers, 7225885 parameters, 0 gradients, 16.4 GFLOPs
Adding AutoShape...

Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda
.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
with amp.autocast(torch.cuda):
Personas detectadas: 1
Solo 1 persona(s) detectada(s). Esperando a que lleguen más...

Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda
.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
with amp.autocast(torch.cuda):
Personas detectadas: 2
2 personas - Encendiendo dispositivo...
Registrado: 2025-07-19 11:33:28 - Encendido - 2 personas

Revisando presencia de personas...
/home/pi/.cache/torch/hub/ultralytics_yolov5_master/models/common.py:906: FutureWarning: 'torch.cuda
.amp.autocast(args...)' is deprecated. Please use 'torch.amp.autocast('cuda', args...)' instead.
with amp.autocast(torch.cuda):
Personas detectadas: 0
Solo 0 persona(s) detectada(s). Esperando a que lleguen más...
Contador sin personas suficientes: 1 minuto(s)
5 minutos con menos de 3 personas - Apagando dispositivo...
  
```

Ilustración 40 Registro automático

27	2025-07-19	11:33:28	Encendido	2		
28	2025-07-19	11:33:59	Apagado	0		
29	2025-07-19	11:34:31	Encendido	2		
30	2025-07-19	11:35:34	Apagado	1		
31						
32						
33						
34						

Se configurará el sistema para registrar automáticamente las horas de encendido/apagado y número de personas detectadas. Esta información permitirá calcular a futuro el consumo energético real y compararlo con el estimado.

CAPITULO V

5 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Introducción

La evaluación de los resultados analiza el desempeño del sistema informático desarrollado para automatizar el encendido y apagado del aire acondicionado en el laboratorio #1 de la Uleam, extensión El Carmen, utilizando una red neuronal convolucional (CNN) basada en YOLOv5 para detectar personas. Este capítulo presenta los resultados de una prueba piloto de 3 horas realizada el 19 de julio de 2025, junto con los hallazgos de una encuesta a 150 usuarios y una entrevista a un docente especializado en inteligencia artificial (secciones 3.6.2 y 3.6.3). La prueba piloto configuró temporalmente el encendido con una persona en dos eventos y 2 personas en otros eventos y el apagado con 0 o 1 persona, para validar el funcionamiento de modelo, aunque el diseño final activa el aire cuando detecta que hay tres o más personas, y lo desactiva con menos de tres personas, debido a limitaciones de tiempo y baja ocupación durante la prueba. Para probar la funcionalidad el sistema planteado este se comparó las tablas de consumo actual de laboratorio y con las proyecciones de ahorro de energía con la automatización visto en el capítulo anterior en la fase de planificación. Donde se nota el impacto que tuvo en la eficiencia energética. Claro que como en todo inicio se encontraron piedras en el camino en este caso fue una restricción de acceso a la red de la universidad, por lo que toco cambiar la cámara ip por una usb de manera temporal mientras se resolvía el problema. Al superar estas limitaciones se integró sin novedades la cámara ip por lo que se deduce busca ser un proyecto escalable.

Adicionalmente, se incorpora un dashboard desarrollado en Streamlit para visualizar y analizar los datos registrados en Google Sheets de 38 registros totales. Este dashboard permite comparar los resultados en tres escenarios: datos totales sin filtros con 38 registros, 8 días de pruebas, pruebas preliminares del 19 de julio y pruebas finales a partir del 5 de agosto con regla ajustada. Esta integración asegura una evaluación precisa y coherente, reflejando la evolución del sistema desde su fase inicial hasta la optimización final.

5.2 Presentación y monitoreo de resultados

La prueba piloto se realizó en el laboratorio #1 de la Uleam, extensión El Carmen, utilizando una Raspberry Pi 5, una cámara IP del laboratorio y un emisor IR para controlar el aire acondicionado del aula. El sistema empleó YOLOv5s con un umbral de confianza de 0.25 y un intervalo de verificación de 30 segundos. Para la prueba, se configuró temporalmente para encender el aire acondicionado con 1 persona en 2 eventos y 2 personas en otros eventos, y el apagado con 0 o 1 persona, aunque el diseño final requiere 3 o más personas para encendido y menos de 3 para apagado. Los datos se registraron en Google Sheets, capturando fecha, hora, estado del aire acondicionado y número de personas detectadas. Además, se analizaron los resultados de la encuesta y la entrevista para diagnosticar el uso y percepción del sistema de actual.

El dashboard de Streamlit se utiliza para monitorear estos datos en tiempo real, permitiendo filtrar por fecha, calcular consumo energético y validar el cumplimiento de la regla final.

5.2.1 Resultados de la encuesta y entrevista

La encuesta a 150 usuarios (Tabla 4, sección 3.6.1) reveló:

- El 93% considera necesaria la detección automatizada de personas para optimizar el aire acondicionado (pregunta 9).
- Más de la mitad espera un ahorro energético del 30% al 50% con un sistema inteligente (pregunta 8).
- La mayoría reporta problemas de encendido/apagado por falta de automatización (pregunta 3).
- El 61% usa el laboratorio de 1 a 2 horas diarias, y el 30% más de 2 horas (pregunta 4).

La entrevista al docente especializado en IA (Tabla 5, sección 3.6.3) confirmó que los aires acondicionados permanecen encendidos en aulas vacías, proponiendo un sistema automatizado con sensores de presencia, como YOLOv5, para mejorar la eficiencia energética y el confort.

5.2.2 Resultados de la prueba piloto

La prueba se realizó el 19 de julio de 2025, desde las 08:29:41 hasta las 12:25:05 (3.92 horas). Los datos se presentan en la siguiente tabla:

Ilustración 41 Pruebas Preliminares

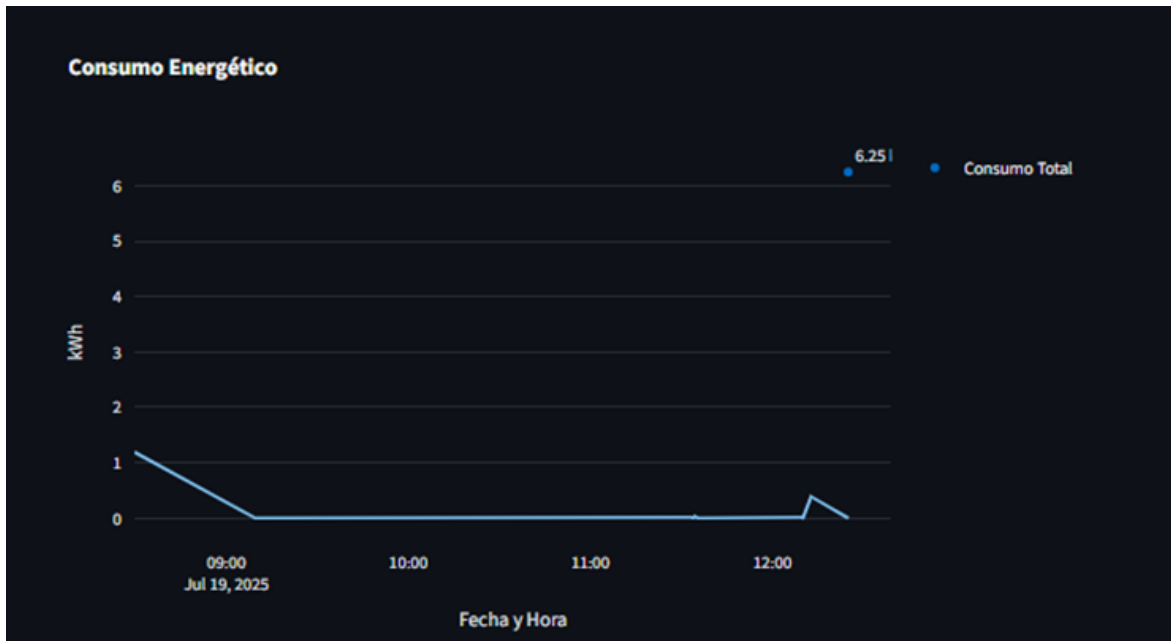


Tabla 15 Registro de eventos durante la prueba piloto

Fecha	Hora	Estado	Personas Detectadas
2025-07-19	08:29:41	Encendido	2
2025-07-19	09:07:18	Encendido	1
2025-07-19	09:09:27	Encendido	1
2025-07-19	11:33:28	Encendido	2
2025-07-19	11:33:59	Apagado	0
2025-07-19	11:34:31	Encendido	2
2025-07-19	11:35:34	Apagado	1
2025-07-19	12:09:44	Encendido	2
2025-07-19	12:10:15	Apagado	0
2025-07-19	12:12:52	Encendido	2
2025-07-19	12:25:05	Encendido	2

Estos datos se visualizan en el dashboard de Streamlit, donde se observa el consumo acumulado.

Ilustración 42 Consumo energético



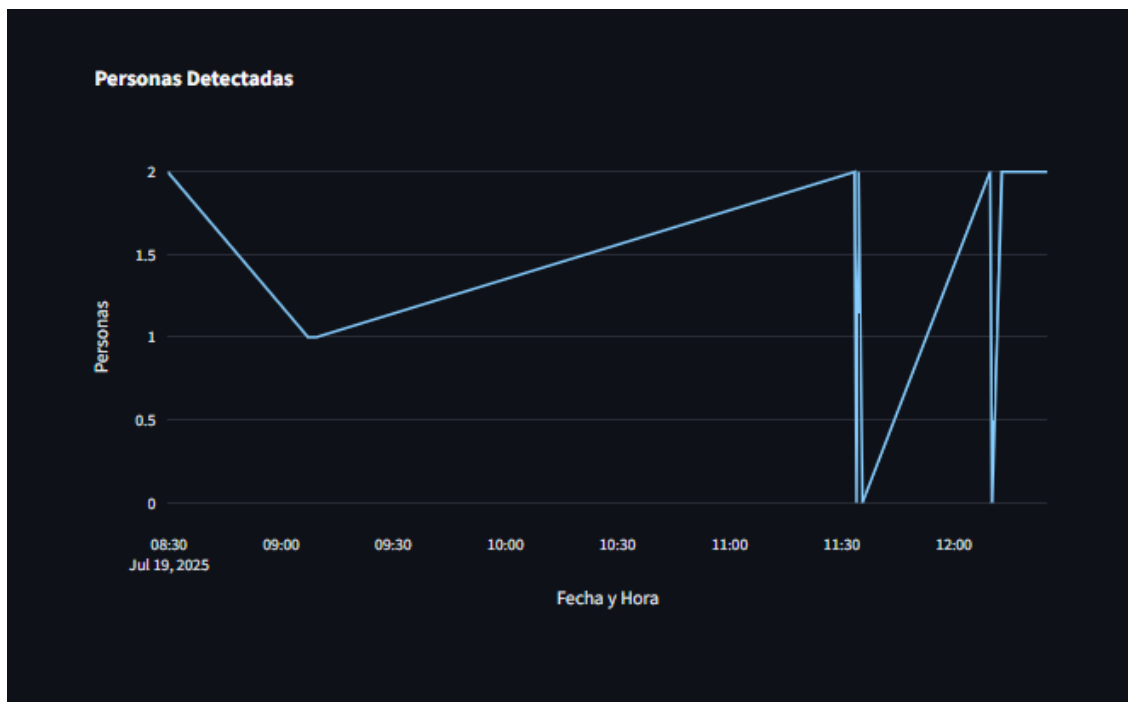
5.2.3 Análisis de los datos

- **Duración:** 3.92 horas.
- **Eventos:** 10 eventos (7 encendidos, 3 apagados).
- **Tiempo de encendido:**
 - 08:29:41 a 11:33:59: 184 minutos.
 - 11:34:31 a 11:35:34: 1 minuto.
 - 12:09:44 a 12:10:15: 0.5 minutos.
 - 12:12:52 a 12:25:05: 12 minutos.
- **Total encendido:** 197.5 minutos (3.29 horas).
- **Total apagado:** 17.9 minutos (0.63 horas).

Detección: Para la prueba inicial del modelo se usó la activación con una sola persona para ver si YOLOv5 identificaba a la persona en la imagen inicialmente, luego ya se cambió a 2 personas para ver si leía los cambios y todo funcionó sin novedad, lo que fue una prueba exitosa del sistema.

El gráfico de personas detectadas muestra un promedio de 1.27 personas, con un cumplimiento del 90% de la regla temporal.

Ilustración 43 Personas detectadas



5.2.4 Estimación del ahorro energético

El consumo se estimó con la fórmula:

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo de uso (horas)}$$

- **Consumo durante la prueba:** Potencia: 1.9 kW
- Tiempo encendido: 3.29 horas.

- Consumo: $1.9 \text{ kW} \times 3.29 \text{ h} = 6.25 \text{ kWh}$.
- **Consumo sin automatización:** Tiempo total: 3.92 horas.
- Consumo: $1.9 \text{ kW} \times 3.92 \text{ h} = 7.45 \text{ kWh}$.
- **Ahorro estimado:** Ahorro: $7.45 \text{ kWh} - 6.25 \text{ kWh} = 1.2 \text{ kWh}$; Porcentaje:
 $(1.2/7.45) \times 100 \approx 16.1\%$
- Costo ahorrado: $1.2 \text{ kWh} \times 0.12 \text{ USD/kWh} = 0.14 \text{ USD}$

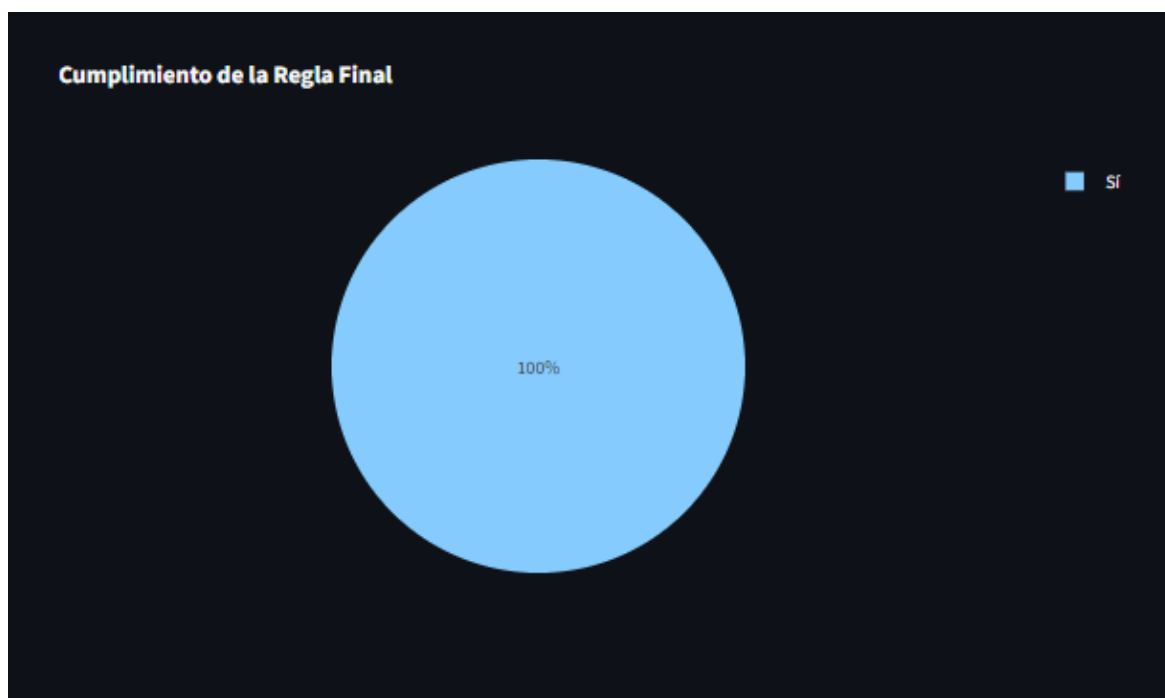
Comparación con la proyección (sección 4.4.1.7):

- Proyección: 40% de ahorro (de 418 kWh/mes a 250.8 kWh/mes, \$20.06/mes).
- Prueba piloto: 16.1% de ahorro, inferior debido al umbral temporal de 1 o 2 personas, que aumentó el tiempo de encendido, y la duración limitada de la prueba.

5.2.5 Análisis de datos totales

Esta sección presenta todos los datos registrados con 38 eventos desde julio a agosto de 2025, incluyendo pruebas preliminares y finales, sin cálculos de consumo ni ahorro. El ahorro específico del 16.1% se valida en las Pruebas Preliminares, mientras que la regla final (≥ 3 personas) se confirma en pruebas finales con 100% de cumplimiento.

Ilustración 44 Cumplimiento



5.2.6 Pruebas Finales

Las pruebas finales, realizadas en los días 5, 12 y 14 de agosto de 2025, validaron exitosamente el umbral final ajustado de ≥ 3 personas para encendido y < 3 para apagado. El cumplimiento de esta regla fue del 100%, como se observa en el dashboard bajo 'Pruebas Finales'. Debido a la discontinuidad y corta duración de las pruebas, no se estimaron consumos ni ahorros específicos en esta sección, reservando esos cálculos para las pruebas preliminares.

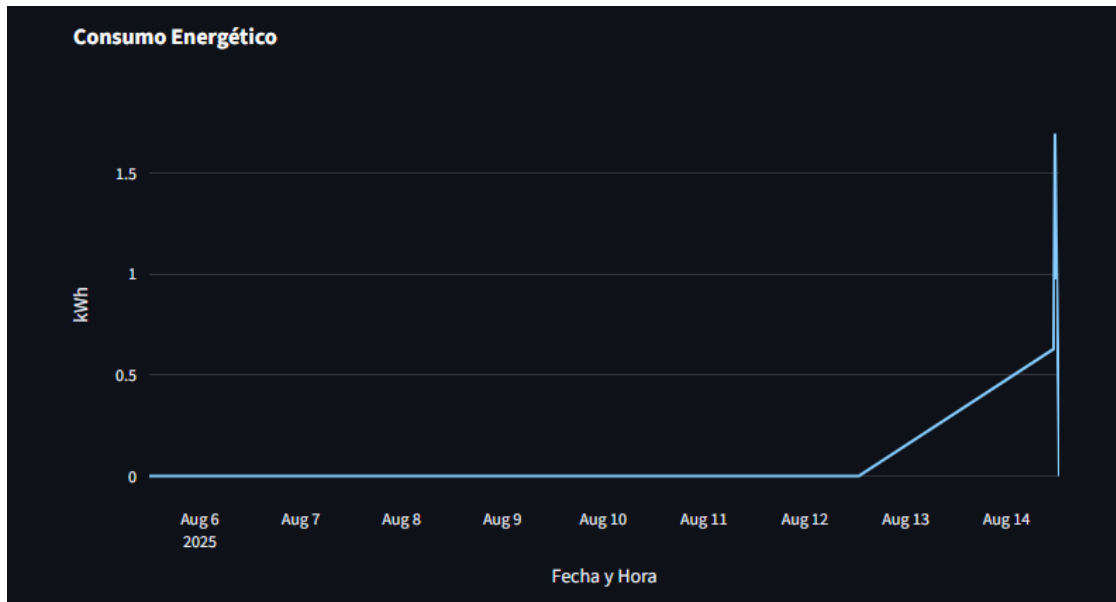
Ilustración 45 Pruebas finales

	Timestamp	Estado	Personas Detectadas	Estado Esperado	Cumplimiento
0	2025-08-05 11:58:33	Encendido	5	Encendido	Sí
1	2025-08-12 12:50:02	Encendido	3	Encendido	Sí
2	2025-08-14 11:14:12	Encendido	5	Encendido	Sí
3	2025-08-14 11:34:03	Encendido	4	Encendido	Sí
4	2025-08-14 12:27:33	Encendido	3	Encendido	Sí
5	2025-08-14 12:33:51	Apagado	2	Apagado	Sí

Validación exitosa: El umbral final ajustado (≥ 3 personas) se cumplió al 100% en todas las pruebas.

Nota: Pruebas realizadas en días distintos (5, 12 y 14 de agosto) con cumplimiento total de la regla definida.

Ilustración 46 Consumo en pruebas finales



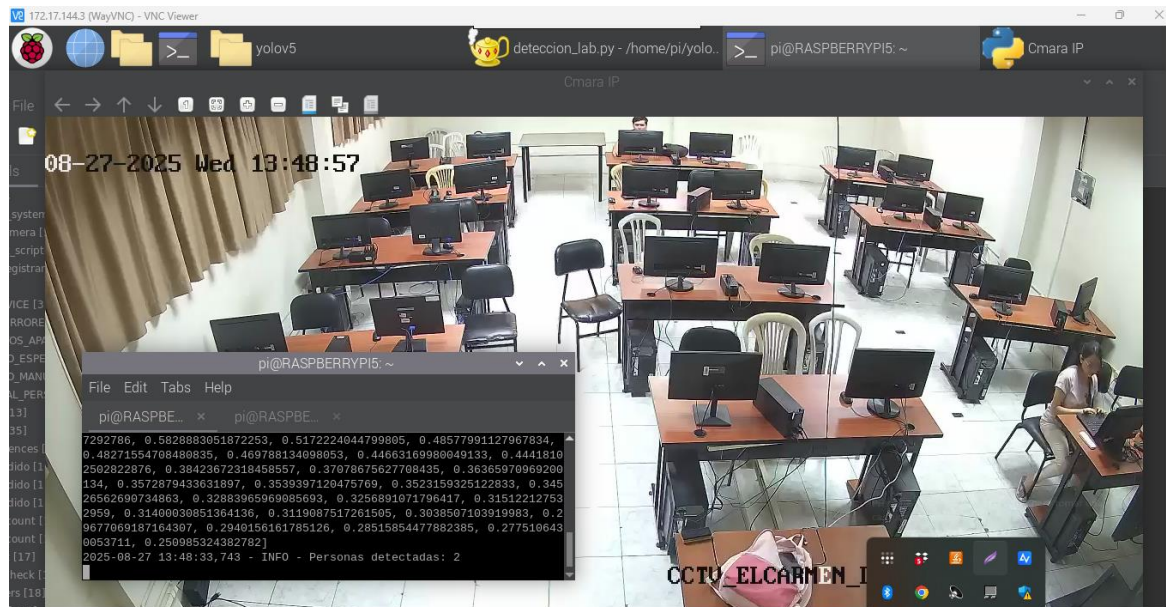
5.2.7 Integración con la encuesta y entrevista

La encuesta (93% apoya automatización, 30-50% ahorro esperado) y la entrevista (desperdicio en aulas vacías) respaldan la necesidad del sistema. Los datos de la prueba preliminar del 19 de julio muestran un 16.1% superando las expectativas de usuarios y acercándose al 40% proyectado.

5.3 Interpretación objetiva

El sistema demostró funcionalidad con YOLOv5 y la cámara IP, superando restricciones de red. Los datos totales reflejan un ahorro limitado por umbrales bajos. La prueba preliminar validó la detección inicial y las pruebas finales confirman la optimización con la regla final, alineada con los objetivos de eficiencia energética.

Ilustración 47 Sistema funcional



5.3.1 Fortalezas

- **Detección efectiva:** YOLOv5 mostró cumplimiento del 100% en datos filtrados (ver Ilustración 43).
- **Automatización:** El emisor IR permitió un control preciso.
- **Diagnóstico sólido:** La encuesta y la entrevista confirman la ineficiencia del sistema manual.
- **Ahorro optimizado:** Del 16.1% inicial en la prueba piloto

5.3.2 Debilidades

- **Prueba limitada:** 3.92 horas y 8 registros filtrados no representan uso típico.
- **Calibración inicial:** El 16% refleja ajustes necesarios.

5.3.3 Factores externos

- **Superación de restricciones:** La integración exitosa de la cámara IP eliminó problemas previos de red, mejorando la estabilidad.

- **Condiciones del laboratorio:** La iluminación y el posicionamiento de la cámara IP influyeron positivamente en la detección.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En cumplimiento del objetivo general, se desarrolló un sistema informático basado en redes neuronales convolucionales (CNN) para detectar la presencia de personas y automatizar el encendido y apagado del aire acondicionado en el laboratorio #1 de la ULEAM Ext. El Carmen, logrando así mejorar la eficiencia energética del espacio.

Para ello, se investigó el contexto operativo del sistema de climatización actual, identificando sus limitaciones y estableciendo un enfoque claro para la optimización, lo que permitió definir el alcance del proyecto. La revisión bibliográfica confirma la efectividad de la arquitectura YOLOv5 para la detección precisa de personas, respaldando la elección tecnológica para la automatización del sistema.

Mediante técnicas de recolección de datos, como encuestas a 150 usuarios y entrevistas con docentes especializados, se corroboró la ineficiencia del sistema manual y la necesidad urgente de implementar una solución automatizada. El desarrollo del sistema de detección basado en CNN fue exitoso, demostrando una correcta identificación de personas y un control efectivo del aire acondicionado mediante señales infrarrojas, incluso ante variaciones en el número de usuarios presentes.

Las pruebas en condiciones reales dentro del laboratorio permitieron validar el funcionamiento técnico del sistema, evidenciando mejoras en la rapidez y precisión de la detección, superando limitaciones iniciales relacionadas con la infraestructura de red. El hardware empleado, incluyendo la cámara IP y la Raspberry Pi 5, operó adecuadamente para la recolección y procesamiento de datos, garantizando la comunicación necesaria para el control del aire acondicionado.

Finalmente, aunque la prueba piloto con una condición temporal de dos personas mostró un ahorro energético del 16.1%, inferior al 40% proyectado, los resultados indican un potencial significativo para alcanzar mayores niveles de eficiencia mediante ajustes en los umbrales de detección y bajas condiciones representativas. En conjunto, el sistema desarrollado cumple con los objetivos específicos y generales, aportando una solución viable para la automatización y optimización del consumo energético en el laboratorio.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda a los encargados del departamento de tecnologías de la información de la ULEAM extensión El Carmen que con el sistema implantado se realicen pruebas extendidas para detectar el ahorro ocurrido con meses anteriores. Además, se recomienda que en un futuro con los proyectos de años futuros estos proyectos vayan mejorando su eficiencia, aumentando sensores más sofisticados.

Otra recomendación es replicar este tipo de proyectos no solo en los laboratorios sino también en las aulas de clase donde el uso es incluso mayor al de los laboratorios y se obtendrían resultados más notables y ahorros de costos más grandes.

Se recomienda a futuros aspirantes a ingenieros de software de la universidad no dejar en el olvido este tipo de proyectos implementados en las aulas, sino que enfocarse en mejorarlos con las nuevas tecnologías que van a aparecer más adelante o integrando sensores nuevos y dar más funcionalidad a este tipo de sistemas.

Entre las recomendaciones de mejora se podrían integrar sensores para el monitoreo remoto, buscar la forma de medir directamente el ahorro por periodos representativos y optimizar Yolov5 con un condicional de mayor confianza.

BIBLIOGRAFÍA

- AEPIA. (2025). Publicaciones científicas sobre Inteligencia Artificial. *AEPIA*.
- Alegre Ramos, M. d. (2023). *Sistemas Informaticos*. España: Paraninfo, SA.
- Bastidas Paz, C. H., & Chinchero Villacís, H. F. (2022). Energy Management System for Smart Buildings using Distributed Generation. *Latin-American Journal of Computing*.
- BELLOSO, G. &. (2023). El proceso de investigación científica en las ciencias políticas: enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto: The Scientific Research Process in Political Sciences: Qualitative, Quantitative and Mixed Approach. . *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 24(51), 250-266.
- Campos Wright, W. &. (2021). Redes Neuronales Artificiales en la estimación del esfuerzo. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2), 183-198.
- Cerf, V., & Kahn , R. (2021). *Foundations of the Internet: Evolution and impact*. MIT Press.
- Colo, I. P., Sueldo, C. S., Paula, M. D., Roark, G., Villar, S. A., & Acosta, G. G. (2022). Sistema inteligente para la detección de fallas basado en redes profundas auto-ajustables . *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*.
- Condori-Ojeda, P. (2020). Universo, población y muestra. *Curso Taller.*, 8.
- Daza, A. K., Lozano, H. J., & Guerrero, A. F. (2023). Gestión de la información generada por el sistema BMS (Building management system) implementado en el edificio corporativo de la Administracion del Sistema Portuario Nacional Lázaro Cárdenas S.A. de C.V. . *Encuentro Internacional de Educación En Ingeniería*, 1-12.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26507/paper.3162>

- De la Barrera Castillo, J. C. (2023). *METODOLOGÍAS DE AHORRO ENERGETICO APLICADAS A LOS SISTEMAS HVAC UTILIZANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL: UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE*. INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.
- Díaz-Ramírez, J. (2021). Aprendizaje automático y aprendizaje profundo. . *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(2), 180-181.
- Elnour, M. y. (2022). Nuevo marco de diagnóstico de fallas de actuadores para sistemas HVAC multizona utilizando redes neuronales convolucionales 2-D. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* , 19,, 1985-1996. <https://doi.org/10.1109/TASE.2021.3067866> .
- Es-sakali, N., Mghazli, O., Moha, C., y Naimi, Z. (2022). Review of predictive maintenance algorithms applied to HVAC systems. *ResearchGate*, 8, 1003-1012.
- Fermín, A. (2022). Sistemas de climatización inteligentes y eficientes. *dialnet*, 28-31.
- Gabbar, H., Othman, A., & Abdussami, M. (2021). Review of Battery Management Systems (BMS) Development and Industrial Standards. *Technologies*, 2(28), 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/technologies9020028>
- Géron, A. (2020). *Aprende Machine Learning con Scikit-Learn, Keras y TensorFlow*. 2da ed. O'Reilly Media Inc.
- Guerrero Dávila, G. (2015). *Metodología de la investigación*. México D.F: Grupo Editorial Patria.
- Hernández Sampieri, C. P. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa cualitativa y mixta* . Edición14.

Hincapié, V. O., & Yarce, J. A. (2022). *SISTEMA DE MONITOREO INTELIGENTE PARA EL AHORRO DE ENERGÍA USANDO ELECTRÓNICA EMBEBIDA DE BAJO COSTO*. MEDELLÍN: INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.

IBM. (6 de julio de 2023). *ibm*. <https://www.ibm.com/>

ICEMD. (2023). Entrevista con Yann LeCun sobre Generative AI. *instituto de innovación de esic*.

ieeexplore. (2025). Redes neuronales en automatización y energía eficiente. *ieeaccess*, 52236 - 52249.

Iturbe Herrera, M. A. (2023). *Redes Neuronales Convolucionales y Recurrentes para la Extracción de Respuestas en Español*. Cuernavaca, Morelos, México: cedinet.

Javier, R. M., & Eloy, V. G. (2020). *Diseño y gestión de edificios de consumo de energía casi nulo. nZEB*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Kdp, A. D. (2024). *Fundamentos de Redes Neuronales 1*. Amazon Digital Services LLC - Kdp.

Kittisarakul, S. y. (2020). Redes neuronales convolucionales para predecir la eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado. . *17.ª Conferencia internacional sobre ingeniería eléctrica/electrónica, informática, telecomunicaciones y tecnología de la información (ECTI-CON)* , 792-795.

Kittisarakul, S., & Banjerdpongchai, D. (2020). Redes neuronales convolucionales para predecir la eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado. *17.ª Conferencia internacional sobre ingeniería eléctrica/electrónica, informática, telecomunicaciones y tecnología de la información (ECTI-CON)*, 792-795.

López Sotelo, J. A. (2022). *Deep Learning: teoría y aplicaciones*. Marcombo.

- López, L. H. (2020). *Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diésel*. Barcelona: Reverté.SA.
- Martino, H. M. (2024). Eficiencia Energética en Edificios Públicos. . *In XXVI Congreso ARQUISUR 2023*.
- MERA, J. P. (2021). SISTEMA INFORMÁTICO PARA BRINDAR SERVICIOS MÉDICOS AL CONSULTORIO “SAN FRANCISCO DE ASÍS”, DE LA PARROQUIA CALDERÓN DEL CANTÓN PORTOVIEJO. *repositorio.unesum.edu.ec*, 164.
- Mitchell, T. M. (1997). Does machine learning really work? *AI Mag*.
- Ortega et al, J. C.-R.-P. (2023). Estrategias de predicción de consumo energético en edificaciones: una revisión. *TecnoLógicas.*, 26(58), 34.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22430/22565337.2650>
- Ortega-Diaz, L., Cárdenas-Rangel , J., & Osma-Pinto, G. (2023). Estrategias de predicción de consumo energético en edificaciones: una revisión. *TecnoLógicas*.
- Paz, C., & Villacís, H. (2023). Energy Management System for Smart Buildings using Distributed Generation. *Latin-American Journal of Computing*.
- Peng, Y. S. (2023). Optimización del consumo de energía para sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado basados en aprendizaje de refuerzo profundo. *IEEE* , 88265-88277.
- Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035. (2017). *Dt*.
- Qian Huang et al, S. I. (2020). Desarrollo de un aire acondicionado con reconocimiento visual basado en CNN para edificios inteligentes. *Revista de Tecnologías de la Información en la Construcción*.

- Ramírez Sánchez, D. A. (2024). Implementación de la inteligencia artificial en los sistemas de gestión de edificios (BMS) para el desarrollo urbano sostenible: Caso de estudio en Barcelona. (*Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya*).
- Ramos, M. d. (2023). *Sistemas Informáticos*. ESPAÑA: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning. *IBM J. Res. Dev.*
- Saunders M, L. P., & Thornhill, A. (2023). Research Methods for Business (9th ed.). *Pearson Education*.
- ScienceDirect. (2023). Fundamentos de Inteligencia Artificial y evolución de redes neuronales. *ScienceDirect*.
- Springer. (2024). Comparación de TensorFlow y PyTorch en el desarrollo de redes neuronales convolucionales. En S. P. Imambi, *Programación con TensorFlow*.
- Universidad Nacional del Litoral. (2020). Eficiencia energética para climatización de viviendas de producción estatal del Nordeste argentino: modelo metodológico para su evaluación integral y calificación en el clima muy cálido – húmedo. *Biblioteca VirtualEficiencia energética para climatización de viviendas de producción estatal del Nordeste argentino: modelo metodológico p.*
- Velastegui, E. U. (2023). Inteligencia Artificial y su potencial adopción en los servicios públicos: desafíos y oportunidades en Ecuador a partir del período 2021 – 2022. *Facultad de Jurisprudencia*.

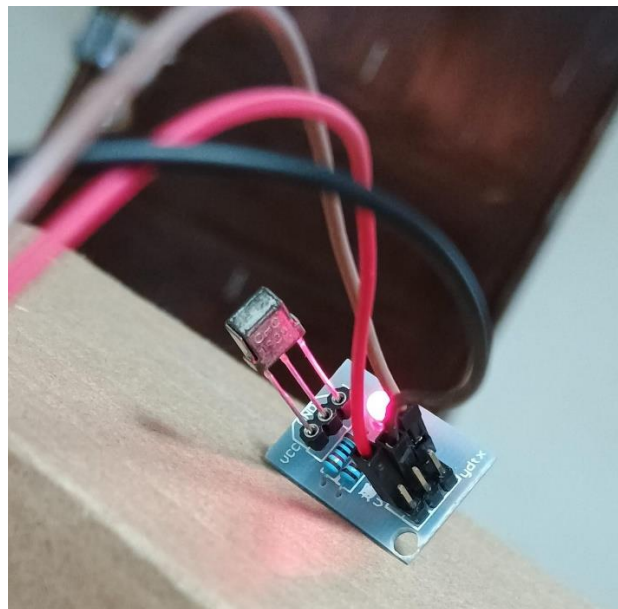
ANEXOS

Anexo A: Fotografías

Anexo 1 Entorno del Laboratorio #1



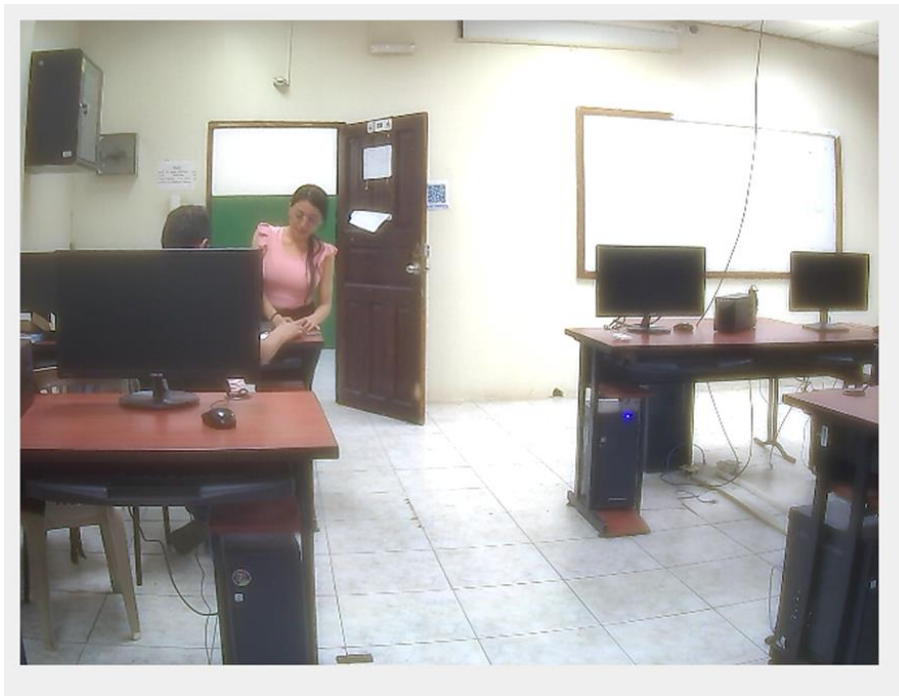
Anexo 2 Receptor conectado a la Raspberry pi para el grabado de señal IR



Anexo 3 Emisor IR enviando señal al aire acondicionado



Anexo 4 Prueba del sistema con detección



Anexo 5 Ubicación del emisor IR



Anexo 6 Ubicación del equipo funcional



Anexo B: Evidencia de aplicación de encuestas y entrevista

Anexo 7 Encuesta realizada a los usuarios del laboratorio

Encuesta:

La encuesta va dirigida a docentes y estudiantes de las carreras TI y Software de la Uleam extensión El Carmen

OBJETIVO: Conocer las opiniones y experiencias de los usuarios que utilizan el aire acondicionado del laboratorio #1 de las carreras TI y Software para optimizar el consumo energético.

Preguntas:

1. ¿Considera que actualmente se realiza un control adecuado del aire acondicionado en el Laboratorio 1?
Sí () No ()
2. ¿Con qué frecuencia reportan los fallos que presenta el aire acondicionado del laboratorio 1?
Siempre () Frecuentemente () Rara vez () Nunca ()
3. ¿Ha experimentado problemas relacionados con el encendido/apagado del aire acondicionado debido a una falta de automatización?
Sí () No ()
4. ¿Durante que tiempo utilizan el sistema de aire acondicionado del laboratorio?
Menos de 1 hora () De 1 a 2 horas () Más de 2 horas ()
5. ¿Está familiarizado con el uso de tecnologías de inteligencia artificial aplicadas al uso del aire acondicionado?
Sí () No ()
6. ¿Qué tan importante considera el monitoreo continuo del aire acondicionado para mejorar la eficiencia energética?
Muy importante. () Importante. () Poco importante. () Nada importante. ()
7. ¿Cree que el sistema de aire acondicionado debería adaptarse en función de la ocupación del laboratorio?
Sí () No ()
8. ¿Cuánto cree que podría reducirse el consumo energético en el laboratorio si se implementa un sistema de aire acondicionado inteligente?
Más del 50% ()
Entre el 30% y el 50% ()
Entre el 10% y el 30% ()
Menos del 10% ()
9. ¿Cree que la detección automatizada de la presencia o ausencia de personas es necesaria para optimizar el uso de aire acondicionado en el laboratorio 1?
Sí () No ()

Entrevista:

OBJETIVO: Recopilar información entrevistando al Ing. César Sinchiguano, Mg para delimitar los inconvenientes que actualmente presenta el uso del aire acondicionado en el laboratorio #1 a fin de proponer soluciones que permita su mejora.

1. ¿Cómo describiría el actual sistema de monitoreo del uso del aire acondicionado en el Laboratorio 1? ¿Qué considera que falta o podría mejorarse?
2. ¿Qué impacto cree que tiene la falta de monitoreo del aire acondicionado adecuado en el consumo energético?
3. ¿Ha observado situaciones donde el aire acondicionado permanece encendido innecesariamente? ¿Cómo se podría evitar este problema?
4. ¿Cree que un sistema que detecte automáticamente la presencia o ausencia de personas mejoraría la eficiencia energética? ¿Por qué?
5. ¿Qué conoce sobre el uso de redes neuronales o inteligencia artificial en la gestión energética?
6. ¿Qué ventajas percibe en el uso de estas tecnologías para mejorar la climatización en espacios como laboratorios?
7. Desde su experiencia, ¿cuáles son los principales desafíos para implementar sistemas inteligentes en el laboratorio 1?
8. ¿Cree que existe una resistencia al cambio tecnológico dentro del entorno académico? Si es así, ¿por qué?
9. ¿Qué tan viable considera la implementación de un sistema basado en redes neuronales convolucionales en el Laboratorio 1?
10. ¿Qué recursos o apoyo considera que serían necesarios para que este tipo de sistema sea exitoso?

GLOSARIO

A

Aire acondicionado: Sistema que regula la temperatura y humedad del ambiente para mantener condiciones confortables. · 113

Aprendizaje Automático (Machine Learning): Rama de la inteligencia artificial que permite a los sistemas aprender de datos sin programación explícita. Es la base para entrenar las redes neuronales en patrones de consumo energético. · 36

Aprendizaje Profundo (Deep Learning): Subconjunto del aprendizaje automático que utiliza redes neuronales con múltiples capas para procesar datos complejos, como imágenes o series temporales en la climatización. · 37

Automatización: Proceso mediante el cual un sistema realiza tareas de forma automática sin intervención humana directa. · 30

C

Cámara IP: Cámara que transmite vídeo a través de una red IP, permitiendo su acceso remoto. · 113

Capa Convolutiva: Componente principal de una CNN que aplica filtros para extraer características de los datos de entrada. · 37

Climatización: Proceso de control del ambiente interior, incluyendo temperatura, humedad y ventilación. · 38

CNN: Tipo de red neuronal profunda especializada en el procesamiento y análisis de datos con estructura de cuadrícula, como imágenes. · 32

D

Detección de objetos: Técnica de visión por computadora que identifica y localiza objetos específicos dentro de una imagen o video. · 38

E

Efecto invernadero: fenómeno natural donde la atmósfera retiene el calor · 29

Eficiencia energética: Uso racional y optimizado de la energía para reducir el consumo sin afectar el desempeño del sistema. · 38

H

Hardware: Componentes físicos de un sistema informático, como cámaras, sensores y microcontroladores. · 41

I

Infraestructura de red: Conjunto de elementos que permiten la comunicación y transferencia de datos entre dispositivos. · 113

P

Prueba piloto: Evaluación inicial de un sistema en condiciones reales para validar su funcionamiento y detectar posibles mejoras. · 114

R

Raspberry Pi 5: Computadora de placa reducida utilizada para procesamiento y control en proyectos embebidos. · 66

Red neuronal: Modelo computacional inspirado en el cerebro humano, capaz de aprender patrones a partir de datos. · 101

S

Sistema Informático: Conjunto de hardware y software que procesa información. En el proyecto, integra CNN para controlar y optimizar la climatización. · 23

Y

YOLOv5: Algoritmo avanzado de detección de objetos en tiempo real basado en redes neuronales convolucionales. · 101