



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍAS APLICADAS**

**TEMA
“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO IOT,
USANDO MACHINE LEARNING, PARA CONTROLAR
ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN
LA INDUSTRIA”**

**AUTOR
CORTÁZAR CEVALLOS DANNY ANDERSON**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. ELEC. PARRA LÓPEZ RODOLFO ANTONIO, MG.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022



**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“Diseño y elaboración de un prototipo IOT, usando machine Learning, para controlar aspectos de seguridad y salud ocupacional en la industria.”		
AUTOR (apellidos/nombres):	Cortázar Cevallos Danny Anderson		
TUTOR(ES) / REVISOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Elec. Parra López Rodolfo Antonio, Mg. / Ing. Elec. Ortiz Mosquera Neiser Stalin, Mg.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Industrial		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero en Teleinformática		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	83
ÁREAS TEMÁTICAS:	Tecnologías aplicadas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Industria 4.0, Machine Learning, Red Neuronal, Raspberry Pi, Inteligencia Artificial.		
RESUMEN:			
<p>Actualmente pequeños sectores industriales en Guayaquil carecen del uso de nuevas tecnologías, aun cuando el mundo transita por la cuarta revolución industrial, que incluye la inteligencia artificial y dentro de este campo se encuentra el machine learning, ambas permiten optimizar tiempos en la resolución de tareas complejas a nivel de seguridad. El presente proyecto de titulación tiene como finalidad introducir tecnologías de la industria 4.0 y así realizar el diseño de un prototipo que permita garantizar seguridad mediante el reconocimiento de imágenes en donde se requiere como hardware una cámara Ip que se conecta a una Raspberry Pi, por otro lado, el software empleado será un editor de código, lenguaje Python, librerías e imágenes. Como resultado, se obtendrá una red neuronal entrenada para que el sistema logre reconocer los equipos de protección individual dentro de un sector industrial determinado. Se concluye que es importante que pequeñas industrias opten por el uso de este tipo de tecnologías que brindan seguridad para evitar</p>			

accidentes laborales causados por el factor humano.

ABSTRACT

Currently small industrial sectors in Guayaquil lack the use of new technologies, even when the world is going through the fourth industrial revolution, which includes artificial intelligence and within this field appears machine learning, both allow optimization of resolution times of complex tasks at the security level.

The purpose of this degree project is to introduce industry 4.0 technologies and thus carry out the design of a prototype that allows guaranteeing security through image recognition where an IP camera that connects to a Raspberry Pi is required as hardware, on the other hand, the software used will be a code editor, Python language, libraries and images.

As a result, a trained neural network will be obtained so that the system can recognize individual protection equipment in a given industrial sector. To conclude, it is important that small industries opt for the use of this type of technology that provides security to avoid occupational accidents caused by the human factor.

ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO ()
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 099120667	E-mail: Danny.cortazarc@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA
Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA
CON FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **CORTÁZAR CEVALLOS DANNY ANDERSON**, con C.C. No. **0954209599**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO IOT, USANDO MACHINE LEARNING, PARA CONTROLAR ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN LA INDUSTRIA”** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

CORTÁZAR CEVALLOS DANNY ANDERSON

C.C.No. 0954209599



**ANEXO VII.- CERTIFICADO
PORCENTAJE DE SIMILITUD
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrado **ING. ELEC. PARRA LÓPEZ RODOLFO ANTONIO, MG.**, tutor del trabajo de titulación, certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por Danny Anderson Cortázar Cevallos, C.C.: 0954209599, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero en Teleinformática.

Se informa que el trabajo de titulación: “**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO IOT, USANDO MACHINE LEARNING, PARA CONTROLAR ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN LA INDUSTRIA**”, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (TURNITIN) quedando el 7 % de coincidencia.



<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&u=1133713939&s=1&o=1900132211>

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**RODOLFO
ANTONIO PARRA
LOPEZ**

ING. ELEC. PARRA LÓPEZ RODOLFO ANTONIO, MG
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C.: 0909770448
FECHA: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2022



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 14 de septiembre de 2022

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación “Diseño y elaboración de un prototipo IoT, usando Machine Learning, para controlar aspectos de seguridad y salud ocupacional en la industria” del estudiante Cortázar Cevallos Danny Anderson, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**RODOLFO ANTONIO
PARRALOPEZ**

**ING. ELEC. PARRA LÓPEZ RODOLFO ANTONIO, MG
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C.: 0909770448
FECHA: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2022**



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 22 de septiembre de 2022

Sra.

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Directora de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática (E)

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO IOT, USANDO MACHINE LEARNING, PARA CONTROLAR ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN LA INDUSTRIA** del estudiante **CORTÁZAR CEVALLOS DANNY**

ANDERSON. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de **21** palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo **10** años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**NEISER STALIN
ORTIZ MOSQUERA**

ING. TELECOM. ORTIZ MOSQUERA NEISER STALIN, MG.

C.C: 0919522243

FECHA: 22/09/2022

Dedicatoria

A mis padres quienes han sido mis pilares fundamentales toda la vida, apoyándome incondicionalmente en todo, por formarme de la manera correcta, por apoyarme y confiar en mí. Papá, mamá, sin su trabajo y sacrificio no estaría redactando esta tesis, muchas gracias por todo, esto es por ustedes.

A mi abuelita “Bachi”, por ser la única persona que confió en mí cuando nadie más lo hizo, sé que desde el cielo lo celebras abuelita, eres la mayor razón por la que día a día busco superarme.

A mi hermana para que cuando crezca, persevere y logre cada meta que se proponga, siempre siendo agradecida con nuestros padres, los mismos que nos han dado todo.

A toda mi familia, que de una u otra manera estuvo conmigo apoyándome en este largo proceso.

Agradecimiento

Agradezco,

A mi familia, Luis Cortázar, Ericka Cevallos y Fiorella Cortázar, mi motor en este largo camino, apoyándome de comienzo a fin, sin ustedes esto no sería posible.

A mi novia Daniela Herrera, quien estuvo presente en gran parte del proceso de mi carrera, brindándome su apoyo en todos los aspectos, tomando responsabilidades que me correspondían cuando solo tenía cabeza para este proyecto de titulación.

A mis compañeros, Alfredo Jiménez, Ronny Proaño y Danilo Iñiguez, con quienes desde tercer semestre con apoyo mutuo logramos cursar cada materia, realizando cada proyecto en conjunto, ayudándonos a comprender cada tema para llegar hasta el final.

A los docentes por hacer lo posible para brindarnos sus conocimientos.

Capítulo I

El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.1.1.	Formulación del problema	3
1.2.	Delimitación del problema	3
1.3.	Justificación e importancia	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	Objetivo General	4
1.4.2.	Objetivos Específicos	4
1.5.	Preguntas de investigación	4
1.6.	Alcance del proyecto	4
1.7.	Métodos de investigación	5
1.7.1.	Metodología PMI	5
1.7.2.	Metodología Bibliográfica	5
1.7.3.	Metodología Experimental	5

Capítulo II

Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Antecedentes del estudio	6
2.2.	Metodología de investigación	8
2.2.1.	Project Management Institute (PMI)	8
2.3.	Fundamentación teórica	8
2.3.1.	Cuarta revolución Industrial	8
2.3.1.1.	Características de la Industria 4.0	9
2.3.1.2.	Ventajas y Desventajas de la automatización de procesos	10

2.3.1.3.	Causas y consecuencias de la Cuarta Revolución Industrial	10
2.3.2.	Seguridad y salud ocupacional	11
2.3.2.1.	Accidente de trabajo y enfermedades profesionales	11
2.3.2.2.	Factor personal	11
2.3.2.3.	Factor de trabajo	11
2.3.3.	IOT	12
2.3.3.1.	Aplicaciones de IoT	13
2.3.3.2.	Raspberry Pi	15
2.3.4.	Inteligencia Artificial	16
2.3.4.1.	Aplicaciones de la Inteligencia artificial	17
2.3.5.	Machine learning	17
2.3.5.1.	Etapas de un proyecto con Machine learning	18
2.3.6.	Visión Artificial	18
2.3.6.1.	Ventajas de la visión artificial dentro de la Industria	18
2.3.7.	YOLOv5	19
2.3.7.1.	Arquitectura de YOLOv5	20
2.3.8.	Red Neuronal Convolutacional (CNN)	21
2.3.8.1.	Estructura de capas de una Red Neuronal Convolutacional CNN	21
2.3.9.	Procesamiento de imágenes y videos	23
2.4.	Definiciones Conceptuales	24
2.4.1.	Internet Of Things	24
2.4.2.	Prototipo	25
2.4.3.	Phyton	25
2.4.4.	Redes Neuronales	25
2.4.5.	Machine Learning	25
2.4.6.	Cámara IP	26

2.4.7.	Speaker	26
2.5.	Fundamentación legal	27

Capítulo III

Metodología y Propuesta

N°	Descripción	Pág.
3.1.	Propuesta	28
3.2.	Metodología del proyecto	29
3.2.1.	Método Bibliográfico	29
3.2.2.	Método Experimental	29
3.2.3.	Metodología PMI	29
3.2.3.1.	Procesos establecidos por metodología PMI para gestión de proyectos	29
3.2.3.1.1.	Procesos de inicio	29
3.2.3.1.2.	Procesos de planificación	30
3.2.3.1.3.	Procesos de ejecución	30
3.2.3.1.4.	Procesos de seguimiento y control	30
3.2.3.1.5.	Procesos de cierre	30
3.3.	Técnica de recolección de datos	31
3.4.	Descripción	32
3.4.1.	Componentes del prototipo	34
3.4.2.	Recursos de Software	34
3.5.	Diseño del prototipo	35
3.6.	Factibilidad Económica	37
3.7.	Desarrollo del prototipo	37
3.7.1.	Obtención de imágenes y etiquetas	38
3.7.2.	Instalación de requerimientos	43

3.7.3.	Entrenamiento	44
3.7.4.	Demostración de la red neuronal creada	45
3.8.	Pruebas de funcionamiento	47
3.8.1.	Prueba #1 Casco	47
3.8.2.	Prueba #2 Casco	47
3.8.3.	Prueba # 3 Chaleco	48
3.8.4.	Prueba #4 Chaleco	49
3.9.	Conclusiones	50
3.10.	Recomendaciones	50

Índice de Tablas

Nº	Descripción	Pág.
1.	Esta tabla describe a lo que va enfocado este proyecto.	3
2.	Ventajas y Desventajas de la automatización de procesos	10
3.	Causas y consecuencias de la Cuarta Revolución Industrial	10
4.	Diferentes aplicaciones del internet de las cosas	13
5.	Comparativa de micro procesadores	16
6.	Comparativa de dispositivo de alerta	27
7.	Softwares utilizados en el proyecto	34
8.	Gasto en recursos de Hardware	37

Índice de Figuras

Nº	Descripción	Pág.
1.	Nuevas herramientas de la Cuarta Revolución Industrial	9
2.	Aplicaciones del Internet de las cosas.	13
3.	Raspberry Pi	16
4.	Etapas para concluir un proyecto de Machine learning	18
5.	Comparación de YOLOv5	20
6.	Arquitectura de YOLOv5	20
7.	Estructura de una red neuronal convolucional	21
8.	Creación de una red neuronal convolucional	22
9.	Detección de objetos en tiempo real	24
10.	Cámara IP marca TpLink	26
11.	Speaker	26
12.	Área donde se realiza la implementación del prototipo	28
13.	Diagrama de flujo sobre el funcionamiento del prototipo	33
14.	Librerías utilizadas por Python y Sistema operativo para Raspberry	35
15.	Diseño y función del prototipo	36
16.	Recolección de imágenes donde se muestre el objeto que se quiere detectar guardadas en la carpeta entrenamiento	39
17.	Recolección de imágenes donde se muestre el objeto que se quiere detectar guardadas en la carpeta validación	40
18.	Convirtiendo las imágenes en etiquetas	41
19.	Exportando las etiquetas	41
20.	Etiquetas de las imágenes guardadas en entrenamiento	42
21.	Instalación de requerimientos de YOLOv5	43
22.	Edición del archivo coco128 y configuración del nuevo enrutamiento para la	

	detección de las imágenes de entrenamiento y validación	44
23.	Cambio de épocas y redireccionando el archivo generado en Python	45
24.	Épocas por cumplirse para terminar el modelado	45
25.	Métricas de precisión de la red neuronal creada	46
26.	Reconocimiento del objeto por encima del 70%	46
27.	Prueba del uso de casco marcando 73% de similitud	47
28.	Prototipo detecta que no se usa casco y realiza llamado de atención	48
29.	Detecta el chaleco con similitud de 81%	48
30.	Prototipo no detecta uso del chaleco, marcando 26% de similitud.	49
31.	Instalación de librería de OpenCv	55
32.	Instalación de librería PyTorch	56
33.	Instalación de librería Numpy	56
34.	Instalación de librería Pandas	57
35.	Instalación de librería pytsx3	58



**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO IOT, USANDO MACHINE LEARNING, PARA CONTROLAR ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN LA INDUSTRIA”

Autor: Cortázar Cevallos Danny Anderson

Tutor: Ing. Elec. Parra López Rodolfo Antonio, Mg.

Resumen

Actualmente pequeños sectores industriales en Guayaquil carecen del uso de nuevas tecnologías, aun cuando el mundo transita por la cuarta revolución industrial, que incluye la inteligencia artificial y dentro de este campo se encuentra el machine learning, ambas permiten optimizar tiempos en la resolución de tareas complejas a nivel de seguridad.

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad introducir tecnologías de la industria 4.0 y así realizar el diseño de un prototipo que permita garantizar seguridad mediante el reconocimiento de imágenes en donde se requiere como hardware una cámara Ip que se conecta a una Raspberry Pi, por otro lado, el software empleado será un editor de código, lenguaje Python, librerías e imágenes.

Como resultado, se obtendrá una red neuronal entrenada para que el sistema logre reconocer los equipos de protección individual dentro de un sector industrial determinado. Se concluye que es importante que pequeñas industrias opten por el uso de este tipo de tecnologías que brindan seguridad para evitar accidentes laborales causados por el factor humano.

Palabras claves: Industria 4.0, Machine Learning, Red Neuronal, Raspberry Pi, Inteligencia Artificial.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



“DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOT PROTOTYPE, USING MACHINE LEARNING, TO CONTROL OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASPECTS IN THE INDUSTRY”

Author: Cortázar Cevallos Danny Anderson

Tutor: Engr. Parra López Rodolfo Antonio, Mg.

Abstract

Currently small industrial sectors in Guayaquil lack the use of new technologies, even when the world is going through the fourth industrial revolution, which includes artificial intelligence and within this field appears machine learning, both allow optimization of resolution times of complex tasks at the security level.

The purpose of this degree project is to introduce industry 4.0 technologies and thus carry out the design of a prototype that allows guaranteeing security through image recognition where an IP camera that connects to a Raspberry Pi is required as hardware, on the other hand, the software used will be a code editor, Python language, libraries and images.

As a result, a trained neural network will be obtained so that the system can recognize individual protection equipment in a given industrial sector. To conclude, it is important that small industries opt for the use of this type of technology that provides security to avoid occupational accidents caused by the human factor.

Keywords: Industry 4.0, Machine Learning, Neuronal Network, Raspberry Pi, Artificial Intelligence

Introducción

La seguridad dentro del ámbito laboral es un elemento sumamente importante para cualquier empresa. Esta importancia incrementa cuando se labora dentro de un entorno industrial, donde la falta de seguridad podría provocar accidentes de mayor gravedad.

Otro punto que es necesario enfatizar es el accidente causado por factores humanos, debido a la violación de los protocolos de seguridad. Los empleados que laboran en este entorno industrial no solo se ven afectados por la gestión de procesos, sino también por incumplir los diferentes protocolos.

En la actualidad gracias a los avances tecnológicos, se puede ahorrar la manera convencional de asegurar el cumplimiento de las medidas de seguridad, que consiste en tener una persona viendo cámaras de seguridad, verificando que se cumplan los protocolos y de esta manera comprobar que todos los empleados llevan equipos de protección individual.

Gracias a diferentes técnicas como Machine Learning se ha podido automatizar tareas y a su vez mejorarlas. Esto puede afectar de manera positiva para que las industrias logren desarrollar soluciones basadas en software ya que éstas proporcionan ventajas competitivas sobre el resto de empresas.

En este proyecto se busca encontrar una medida que pueda ayudar a mejorar las condiciones de seguridad dentro de entornos industriales. Para ello se utilizan técnicas como Machine Learning con el objetivo de detectar diferentes objetos como cascos, chalecos reflectivos, y de esta manera identificar su correcto uso dentro del área laboral.

Hay que tener en cuenta que cuando se habla de Machine Learning, se debe conocer lo que son las redes neuronales, gracias a las cuales se representan distintos niveles de abstracción por medio de capas, asemejándose al funcionamiento de un cerebro humano.

Tanto así, que se podría dar de ejemplo a su similitud con un niño, mientras mayor sea la cantidad de cosas que se le enseña, incrementa la capacidad de poder distinguirlas, de igual manera funcionan las redes neuronales. Estas redes se engloban bajo el nombre de Deep Learning o aprendizaje profundo, siendo esta la rama del Machine Learning con más interés en la actualidad debido a su gran utilidad frente a problemas complejos. (Lorena Rodríguez, 2021) El desarrollo del Machine Learning usando redes neuronales, promete causar un gran impacto a corto y largo plazo, claramente debería ser aprovechado al máximo, y como no buscar la implementación en pequeñas industrias. De esta manera nace el interés de realizar este proyecto, al querer unir aprendizajes, en este caso con tecnología IoT para controlarlo de manera remota y de esta manera sacar provecho en el área industrial.

Capítulo I

El problema

1.1. Planteamiento del problema

Los sistemas de seguridad en la industria se han implementado por varios años y se han usado diferentes tecnologías para esto. Su adecuado uso es fundamental gracias a la seguridad que brindan; una fracasada o errónea operación podría poner en peligro a los individuos, población, medio ambiente, e incluso, a la imagen y economía de la compañía.

En el sector industrial es donde existe la mayor cantidad de trabajos de alto riesgo debido a lo expuestos que quedan los empleados al peligro, por esta razón se debe realizar un análisis previo para lograr identificar los riesgos existentes en cada actividad.

Teniendo en cuenta que existen diferentes sectores industriales y dependiendo el sector son diferentes los riesgos que conllevan los trabajadores, estos pueden ser trabajos en espacios confinados, trabajos eléctricos o trabajos en alturas, para cualquiera de los sectores mencionados son diferentes las medidas preventivas que se deben aplicar, como a su vez varían los equipos de protección personal que deberían ser utilizados.

Según el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), en los últimos 2 años se han presentado aproximadamente 17000 accidentes laborales en el cantón del Guayas, esto genera grandes pérdidas económicas para las empresas, las mismas que se ven obligadas a realizar implementaciones de protocolos de seguridad, y de esta manera poder reducir los accidentes que mayormente son generados por el factor humano.

La necesidad de las pequeñas organizaciones de incorporar mejoras en la eficiencia de todos sus procesos tanto a nivel de producción, como de control de calidad, se ven vulnerados por los altos precios en el mercado, es por esto que se pretende ayudar y fomentar el uso de machine learning, ya que usando poco presupuesto, puede realizar una gran función con ayuda de inteligencia artificial, y a la vez ser transmitido por un sistema IoT.

Según lo indicado por (Mosconi, F.,2015), este nuevo concepto de la cuarta revolución industrial nace en el 2011, en el país de Alemania, con su principal característica de la automatización y digitalización de los procesos, con ayuda de electrónica, y a su vez va de la mano con el internet de las cosas (IoT) y de todos los servicios que le puede brindar para mejorar la automatización, la misma que en la actualidad se encuentra en constante crecimiento.

1.1.1. Formulación del problema

El problema surge con la falta de implementación de nuevas tecnologías en pequeños sectores industriales, donde el manejo de protocolos de seguridad es obsoleto. Los empleados que laboran en estos espacios no tienen un respectivo control y la mayor parte del tiempo se ven expuestos a accidentes laborales, a su vez la empresa se ve propensa a grandes pérdidas por no llevar el debido control.

1.2. Delimitación del problema

Tabla 1. Esta tabla describe a lo que va enfocado este proyecto.

Delimitador	Descripción
Campo	Tecnología Aplicada
Área	Seguridad Industrial
Aspecto	Control de cumplimiento de protocolos de seguridad personal

Elaboración: El autor

1.3. Justificación e importancia

El presente proyecto de tesis nace frente a la importancia de precautelar la seguridad de los empleados, teniendo en cuenta que existen diferentes factores humanos que causan accidentes, tales como la negligencia, distracciones, las decisiones precipitadas, las mismas que al momento de laborar pueden causar un accidente de alto riesgo.

Por esta razón se pretende desarrollar un prototipo con cámaras de seguridad que, al encontrarse en diferentes puntos, lograrán facilitar la vigilancia y mediante técnicas de Machine Learning, lograr captar que los empleados cuenten con la respectiva seguridad, y no se encuentren bajo una amenaza laboral, ya sea que se encuentren en el suelo por alguna anomalía, y en caso de que el sistema entrenado logre captar que existe alguna irregularidad, mediante sistemas IoT se activará una alarma haciendo un llamado de atención, y a su vez generando capturas del infractor para que pueda ser identificado y sancionado.

Para concluir se puede decir que la finalidad de este proyecto es que por medio de un prototipo los trabajadores sean monitoreados en tiempo real y de esta manera poder verificar que están usando los respectivos equipos de protección personal, esto favorece directamente a la empresa debido a la reducción del riesgo laboral existente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo usando cámaras para mejorar aspectos de seguridad con la ayuda de machine learning y tecnología IoT.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir plataformas utilizadas para elaborar el proyecto.
- Desarrollar un sistema de reconocimiento de objetos, creando una red neuronal.
- Realizar prueba final de funcionalidad de la cámara que detecte el uso de equipos deprotección.

1.5. Preguntas de investigación

- ¿Qué tecnología se usa para aspectos de seguridad dentro de la industria?
- ¿Una red neuronal creada es capaz de ayudar a mejorar ámbitos de seguridad dentro de la industria?
- ¿Cómo mejorar aspectos de seguridad y salud ocupacional en la industria?
- ¿Es posible realizar controles por medio de Machine Learning para cumplir medidas de seguridad?
- ¿Qué tipo de herramientas se necesitan para realizar ese proyecto?

1.6. Alcance del proyecto

Este proyecto está enfocado para pequeños sectores industriales, en este caso será puesto en práctica en el centro de tornos “DH” ubicado en Mapasingue Este, con el fin de garantizar el cumplimiento de las medidas de seguridad personal, teniendo en cuenta que el uso de equipos de protección depende del área en la que se está laborando, debido a que en ocasiones se necesita proteger los ojos en ese caso se usa un tipo de gafas especializadas, o se pretende proteger oídos, se usan orejeras de protección.

En este proyecto se prioriza el uso de cascos y chalecos, se pretende llevar a la empresa mencionada anteriormente, la tarjeta de adquisición de datos en conjunto con la cámara de seguridad para verificar el correcto funcionamiento del prototipo.

1.7. Métodos de investigación

La metodología a utilizar en este proyecto de elaboración de diseño de prototipo será:

1.7.1. Metodología PMI

Por medio de este método se lograrán cumplir los objetivos planteados mediante 5 fases: proceso de inicio, proceso de planificación, proceso de ejecución, proceso de seguimiento y control, y proceso de cierre.

1.7.2. Metodología Bibliográfica

Este método se lo utiliza para la recopilación de información en diferentes tesis, artículos científicos, páginas web, todo contenido que sirva y beneficie en la elaboración del proyecto.

1.7.3. Metodología Experimental

Este método se utilizará para verificar el correcto funcionamiento de implementación del prototipo.

Capítulo II

Marco teórico

1.8. Antecedentes del estudio

La seguridad y la salud ocupacional son consideradas un aspecto muy importante a tener en cuenta dentro de la industria 4.0, debido a que a pesar de la extensa variedad de métodos y recomendaciones para disminuir o erradicar el riesgo laboral, el peligro siempre está presente.

Según indica (Salguero, 2021) existen varias tecnologías que ayudan a precautelar la seguridad y salud ocupacional, entre estos tenemos los exoesqueletos inteligentes, que es un dispositivo de uso individual, equipado con diferentes sensores los cuales logran monitorear actividades que pueden estar afectando a trabajadores. También habla de los equipos de protección personal inteligentes, debido a que los sensores adaptados permiten el control en tiempo real de mediciones de temperatura, humedad, e incluso los ruidos y vibraciones que recibe el empleado que lleva puesto el equipo de protección, y así poder llevar un correcto control de su salud.

La demanda de productos y la alta competitividad en el Ecuador provoca que la digitalización y la informatización de los procesos industriales sea una necesidad. Para poder mejorar y seguir avanzando, las organizaciones tienen que adoptar resoluciones tecnológicas e innovadoras en sus modelos de comercio. Es decir, lo cual se llama “transformación digital”, e implica un desafío en todos los sectores, tanto para pequeñas como para enormes organizaciones.

La Cuarta Revolución Industrial, busca la competitividad en conjunto con la recolección de datos, los mismos datos que son aprovechados para poder tomar decisiones, todo se puede gracias a la inteligencia artificial implementada en esta revolución industrial, denominada Industria 4.0, donde a la vez se habla de mejorar fábricas y mantenerlas conectadas a internet.

De esta manera las organizaciones se podrían considerar inteligentes, más aún si se le implementan diferentes tipos de tecnologías reconocidas y validadas, entre estas se tiene lo que es el Big Data, el mismo que asegura administrar y analizar una cantidad de datos a gran escala.

Otro punto es la computación en la nube, tecnología que permite almacenar archivos, manejar datos subidos a internet o incluso manejar aplicaciones. También están los robots que colaboran en la elaboración de productos, realizando procesos que el ser humano puede

tomarse más tiempo en hacer, y de manera más veloz, agilitan el procedimiento de las corporaciones. (SalesForce, 2018)

El machine learning también juega un papel importante dentro de la industria 4.0, debido a su análisis de datos para lograr formar un modelo, y mediante inteligencia artificial, lograr identificar patrones y así poder tomar sus propias decisiones.

Machine learning en conjunto de las otras tecnologías como Big Data, o computación en la nube, benefician en la adquisición de datos, y así mejora la eficiencia de los sistemas, tanto en calidad como en seguridad.

Entre los ejemplos actuales de uso de machine learning se tiene Netflix, la plataforma para ver series y películas, cada recomendación realizada es mediante un algoritmo de aprendizaje automático, otro ejemplo es la visión artificial, donde recibe imágenes recibidas por cámara y mediante un algoritmo procesa las imágenes y puede tomar decisiones, este método se usa en sistemas de calidad para inspeccionar o detectar piezas faltantes o sobrantes.

Según el portal web (UNIR, 2021), en Ecuador, la Industria 4.0 comenzó a tener más fuerza desde el año 2018 con la presentación del Libro Blanco de la Sociedad de la Información, a su vez apoyado por el gobierno ecuatoriano, quien mandó hacer frente al Ministerio de, todo esto con la presunta finalidad de difundir la táctica que ayudará al desarrollo de la sociedad y el razonamiento para fomentar el incremento económico, la igualdad e integración y la eficiencia en la gestión pública.

Muy interesante texto, en el mismo se especifican varios puntos para ayudar al desarrollo, entre estos:

- Infraestructura y conectividad.
- Gobierno electrónico.
- Inclusión y habilidades digitales.
- Seguridad de la información y protección de datos personales.
- Economía digital y tecnologías emergentes.

(UNIR, 2021)

1.9. Metodología de investigación

1.9.1. Project Management Institute (PMI)

Teniendo en cuenta que al hablar de metodología se refiere a cumplir un conjunto de fases o procesos para alcanzar un objetivo planteado en una investigación científica, en este caso dentro de una organización, el PMI es el indicado, gracias a lo completo y flexible que es como metodología. Está guiada por una empresa sin fines de lucro, que permite aplicar técnicas y herramientas para lograr el objetivo previamente establecido.

La PMBOK, está categorizada por 5 fases o procesos, que vienen siendo: Inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Los principios que incluyen esta metodología indican que puede ser aplicada a cualquier tipo de proyecto. Este texto ha sido utilizado en varios países, es por eso que existen traducciones más de 10 idiomas.

Esta metodología evidencia su relación con los sistemas de gestión de calidad, lo que hace que se vea reflejada en este proyecto. Se ve enfocada en realizar procesos que conlleven al logro de resultados basado en la eficiencia, eficacia y la efectividad. (Rendon, 2011)

Dentro de los pasos sugeridos por el PMI para realizar un proyecto está, identificar la necesidad, una vez identificada nace este proyecto, paso seguido se identifica el actual estado y compararlo para de esta manera poder saber en qué punto se encuentra actualmente, y hasta qué punto se logrará llegar para finalizar, para esto se deben realizar importantes preguntas, tales como: “Cual es el problema?”, “A quien les afecta?”, “Vale la pena solucionar?”, “Donde ocurre?”.

1.10. Fundamentación teórica

1.10.1. Cuarta revolución Industrial

(Vicent Selva Belén, 2022) Indica que el concepto de fábricas inteligentes es el objetivo principal de la cuarta revolución industrial, la misma que tiene que cubrir un mayor compromiso cuando se habla de cumplir una mayor producción mientras se disminuyen los recursos.

Existen estudios realizados los cuales indican que varios sectores dentro del gran mundo laboral se verán afectados con el pasar de los años, debido a las ayudas robóticas que pueden adquirir las empresas, razón por la cual se verán despidos masivos, esto puede ocurrir en los países más desarrollados a nivel de robótica e inteligencia artificial.

La denominada Industria 4.0 trata de cumplir con las tecnologías necesarias para estar conectada a internet, por esto es que las empresas se ven expuestas a comprar servicios que

los ayuden con la implementación de conexiones entre diferentes dispositivos por medio de tecnología IoT.



Figura 1. Nuevas herramientas de la Cuarta Revolución Industrial

Fuente: Imagen tomada de (Redeweb, 2021)

1.10.1.1. Características de la Industria 4.0

- **Big Data:** Permite la lectura, la examinación y el proceso de datos en gran escala, enfocado a las empresas que tienen que trabajar con una inmensa cantidad de datos, es por ese motivo que esta tecnología se ve más cuando se habla de ventas, o incluso en la política.
- **Inteligencia artificial:** El uso de esta rama permite entrenar programas para que realicen operaciones que normalmente son generadas por el ser humano, ayuda con las tareas diarias. Se puede dar como ejemplo el modelo de Amazon: Alexa, quien por comandos de voz es capaz de realizar actividades en el hogar, o incluso reproducir música en caso de que se lo pidan.
- **Robótica:** Se encarga del diseño y elaboración de máquinas que son capaces de hacer diferentes funcionalidades de forma automatizada y en varias ocasiones pueden cumplir el rol de una persona, actualmente hay varios robots que hacen funcionalidades de mensajería y transporte de materiales u ocupaciones domésticas.
- **Internet of Things (IOT):** Su objetivo es interconectar todos los recursos que son parte de la cadena de producción para controlarlos de forma más centralizada. (UNIR, 2021)

1.10.1.2. *Ventajas y Desventajas de la automatización de procesos*

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de la automatización de procesos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Disminuye precios operativos y aumenta la rapidez y fiabilidad de utilización de las labores de soporte y desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> El costo para la respectiva implementación suele ser muy alto, más sin embargo si se piensa a futuro, es una gran inversión a considerar
<ul style="list-style-type: none"> Beneficia siempre y cuando estos procesos trabajen de manera correcta. 	<ul style="list-style-type: none"> Genera resistencia de los operarios al cambio
<ul style="list-style-type: none"> No se ve expuesto a la causa de accidentes por el factor humano, de esta manera incrementa la eficacia en la productividad de la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> Genera dependencia y susceptibilidad a la obsolescencia tecnológica.

Elaboración: Tomado de (Vila De Prado, 2019)

1.10.1.3. *Causas y consecuencias de la Cuarta Revolución Industrial*

Tabla 3. Causas y consecuencias de la Cuarta Revolución Industrial

Causas	Consecuencias
<p>El origen de la denominada Industria 4.0 se dio a partir de la consecuencia que generaban las industrias al medio ambiente, ocasionando daños reversibles, entonces lo que buscaba esta revolución industrial era reducir estos daños.</p> <p>Otro punto importante fue la búsqueda de avances tecnológicos que puedan beneficiar las operaciones de las maquinarias, o la gestión de calidad, motivo por el cual en la actualidad siguen apareciendo diferentes ideas para mejorar</p>	<p>Una de las consecuencias más notables se puede decir que es el exceso de datos en la nube, los mismos que pueden ser vulnerados por personas que se dedican a eso, por esa razón también se debe invertir en otros tipos de tecnologías que se encargan de proteger la información, lo implica más gasto para la empresa.</p>

<p>estos procesos, como el de este proyecto, que se base en la detección de objetos para asegurad la estabilidad laboral en cierto sector industrial.</p>	
---	--

Elaboración: Tomado de (Euston, 2020)

1.10.2. Seguridad y salud ocupacional

Si bien es cierto es cierto laborar en cualquier área es un gran aspecto positivo, debido a que se recibe mensualmente una remuneración, se aprende cada día y de esta manera se ven beneficiados tanto mental como físicamente. Sin embargo, dependiendo el área de trabajo, la seguridad y la salud entran como un aspecto muy importante que hay que salvaguardar. Debido a que operar maquinarias sin los respectivos equipos de protección personal adecuados, puede conllevar problemas a nivel de salud. Un sistema bien planteado sobre la seguridad y la salud en el trabajo podría ayudar directamente a la producción.

Si se asegura el área laboral y de esta manera disminuyen los accidentes laborales, no solo generará un mejor ambiente de trabajo, sino que además se evitarán gastos.

1.10.2.1. Accidente de trabajo y enfermedades profesionales

Según la Organización Internacional de Trabajo (Organización Internacional de Trabajo, 2015), es considerado un accidente laboral cuando exista alguna lesión dentro del lugar donde se labore, y se considera enfermedad profesional a cualquier afectación en la salud contraída por el desarrollo de una actividad específica dentro del lugar donde se labore.

1.10.2.2. Factor personal

Es el factor donde la persona se ve involucrada directamente ya sea por falta de conocimientos o por falta de motivación propia.

1.10.2.3. Factor de trabajo

Este factor involucra directamente a la empresa, debido a que suelen ocurrir por falta de normas, por no tener establecido un correcto control en algún área específica, falta de capacitación a los empleados, o cuando no llevan un respectivo control de las maquinas operacionales.

1.10.3. IOT

El concepto IoT, o Internet de las cosas, tiene relación con la red colectiva de dispositivos conectados y a la tecnología que permite la comunicación entre los dispositivos y la nube, así como entre los propios dispositivos.

Debido a la llegada de los chips de ordenador de bajo coste y a las telecomunicaciones de enorme ancho de banda, ahora existe una gran cantidad de dispositivos conectados a Internet. (MIT Technology, 2015)

Esto quiere decir que los dispositivos de uso diario, como los cepillos de dientes, las aspiradoras, los carros y las máquinas, tienen la posibilidad de usar sensores para recopilar datos y contestar de manera inteligente a los usuarios.

El Internet de las cosas integra las “cosas” de uso diario con Internet. Los ingenieros en informática llevan agregando sensores y procesadores a los objetos cotidianos desde los años 90.

Todos los tipos de máquinas domésticas comunes en la actualidad tienen la posibilidad de ser conectados a internet y de esta manera trabajar bajo un sistema IoT, entre los objetos más comunes tenemos los sensores de movimientos, que en conjunto con las cámaras de seguridad con micrófono incorporado ayudan a la domótica a mejorar cada día más.

Existen gran cantidad de objetos los cuales están conectados a internet y ayudan en la salud, por ejemplo, en varios países se implementa el uso de básculas o dispositivos de presión arterial, los cuales son usados en domicilio y la información generada va directamente al doctor encargado

La iniciativa del internet de las cosas es muy simple y es de esperar que con el pasar de los años se puedan observar muchas más aplicaciones y servicios de los que se ven en la actualidad.

En la Figura 2 se puede observar varios ejemplos de aplicaciones IoT, entre los cuales se observa Transporte y Logística, Casas inteligentes, Ciudades inteligentes, Fabricas inteligentes, Retail, E-Salud, Smart Energy.



Figura 2. Aplicaciones del Internet de las cosas.

Fuente: Imagen tomada de (MIT Technology, 2015)

1.10.3.1. Aplicaciones de IoT

Tabla 4. Diferentes aplicaciones del internet de las cosas

Aplicaciones de IoT	
Transporte Y Logística	Como grandes avances en lo que es el transporte y la logística tenemos, el rastreo en tiempo real, de esta manera las industrias logran supervisar y calcular el tiempo que demorará en llegar lo solicitado, y así poder planificarse de manera correcta. Además, debido al internet de las cosas, se puede mejorar el uso adecuado de la energía y por consiguiente se reduce el consumo y el gasto energético. Los sensores también son usados en este punto, de esta manera calculan la temperatura en tiempo real, con la que viajan los productos.
Casas Inteligentes	Las viviendas inteligentes en un futuro podrían mejorar con el envío de datos en tiempo real de lo que ocurre tanto dentro como fuera del inmueble. Esto se puede ver beneficiado con ahorro de recursos en los servicios básicos,

	<p>como también la ayuda en la seguridad con la implementación de cámaras con detectores de movimiento, los detectores de temperatura también pueden ayudar en caso de existir un incendio o alguna anomalía dentro del hogar.</p>
Ciudades Inteligentes	<p>Las aplicaciones que conllevarían para poder denominar a una ciudad como “inteligente” podrían ser el uso de semáforos los cuales mediante el uso de inteligencia artificial pueden tomar decisiones y de esta manera controlar el tráfico, otro ejemplo podría ser la implementación de parqueaderos inteligentes</p>
Fabricas Inteligentes	<p>Según la Ingeniera (García Florelva, 2019) hace énfasis en el gran futuro que les espera a las industrias, gracias al internet de las cosas, todo esto a razón de que el ser humano sigue evolucionando y mejorando aspectos a nivel tecnológico. Dejando claro que se puede llamar un dispositivo IoT, cuando la capacidad de cómputo va de la mano con la conexión a internet, y este se logra a extender a objetos, sensores y diferentes accesorios de uso diario. Como resultado, las diferentes industrias disminuirán sus gastos y a la vez mejoraran la productividad. Otra facilidad que presentan es que, mediante el uso de sensores, se podrán monitorear las maquinas en tiempo real.</p>
Retail	<p>Las aplicaciones del internet de las cosas en el área de Retail beneficiarán no únicamente a las personas que consuman el producto, sino también a los dueños de estas tiendas o localidades. Estas aplicaciones cumplen con la función de equiparar costos en comparación de los que se encuentran en el sector, y así el consumidor pueda tomar la decisión de donde desea comprar el mismo producto, pero ofrecido por varios establecimientos a diferentes precios.</p>

E-salud	Cuando se conecta la salud con el internet se puede controlar y supervisar, sin necesidad de estar en el lugar donde se encuentra el paciente, es decir el paciente puede presentar sus signos vitales en tiempo real y desde su hogar, sin salir de casa el doctor encargado podrá saber cómo se encuentra. De esta manera los pacientes reciben mejor atención y se sentirán más satisfechos.
Smart Energy	Este escenario tiene muchas coincidencias con otros puntos tratados, como las viviendas inteligentes y las ciudades inteligentes. La cuestión clave en dichos escenarios es identificar maneras de ahorrar energía. La medición inteligente se estima un requisito anterior para permitir la monitorización inteligente, control y comunicación en aplicaciones de redes.

Elaboración: Tomada de (MIT Technology, 2019)

1.10.3.2. Raspberry Pi

La Raspberry Pi prácticamente es un muy pequeño computador, a su vez el precio no es tan alto en comparación con un CPU. Su tamaño es increíblemente pequeño para cumplir la función de un computador, este puede ser conectado a una pantalla y ser usado con un ratón y teclado.

La Raspberry Pi, tiene su propio sistema operativo denominado Raspbian, y permite el manejo de Python y Scratch. Es por esto que tiene la destreza de interactuar con el mundo exterior, podría ser utilizada en una extensa diversidad de prototipos, gracias sus redes inalámbricas que presentan, tanto Bluetooth como Wifi, y también cuenta con puerto auxiliar para poder realizar la conexión de un speaker.

La Raspberry cuenta con un conjunto de entradas y salidas denominado GPIO, conformado por 40 pines configurables como entradas o salidas digitales lo que hace que puedan ser implementados para varios tipos de aplicaciones que requieran el control y uso de sensores. (Castillo, 2021)

Tabla 5. Comparativa de micro procesadores

Componentes	Raspberry Pi 4	Raspberry Pi 3 Model B
Características	Wifi 2.4 GHz y Bluetooth 5.0	Wifi 2.4 GHz y Bluetooth 4.1
	VideoCore VI 500 MHz	VideoCore IV 400 MHz
	4Gb de RAM	1Gb de RAM
	Precio \$150	Precio \$100

Elaboración: Información obtenida por el autor en el análisis previo



Figura 3. Raspberry Pi

Fuente: Elaborado por el autor

1.10.4. Inteligencia Artificial

Teniendo en cuenta que en la actualidad la inteligencia artificial (IA) es una herramienta la cual cumple con su buen potencial y a la vez ocasiona un gran impacto en la sociedad.

Prácticamente en cualquier lugar donde alguien se encuentre se utiliza algún dispositivo inteligente, ya sea en el hogar, la oficina, centros comerciales, hospitales. En la mayoría de lugares se encuentran estos dispositivos que de una u otra forma hacen más fácil la vida cotidiana de las personas.

La inteligencia artificial, brinda seguridad, ya sea en las vías mediante el uso de semáforos inteligentes, en hogares y empresas que usan cámaras de vigilancia, y estas detectan movimiento y pueden alertar al que controla los dispositivos. Se puede decir que de forma directa o indirecta mejora la calidad de vida de las personas.

Cuando se trabaja con inteligencia artificial, otro gran punto que se debe tener en cuenta es la ética, debido a que, por ejemplo, no puede ser usada para la elaboración de prototipos que perjudiquen a las personas, o que puedan causar daño. (Sossa, 2020).

1.10.4.1. Aplicaciones de la Inteligencia artificial

Teniendo en cuenta que la inteligencia artificial, ha sido utilizada en varios ámbitos, tantos sociales como comerciales, se podría ejemplificar lo que comúnmente se está viendo presentado por empresas de régimen bancario, el uso de chatbots, ayudando a los clientes a obtener soporte, verificación de saldos, transferencia de cuentas. Estos bots utilizan inteligencia artificial, y de esta manera ayudan a los clientes con los datos que requiera.

Otro punto que cada vez se utiliza más en la actualidad son las automatizaciones de hogares, con la ayuda de inteligencia artificial, ya no es necesario usar las llaves, basta con una aplicación móvil, también se pueden encender y apagar focos mediante comandos de voz.

Las redes sociales que se manejan frecuentemente también cuentan con inteligencia artificial, de esta manera mandan anuncios o publicidades de algún tema que se haya hablado con anterioridad o con la detección de que fue lo que más se quedó viendo en usuario.

Son varios los ejemplos que se pueden tomar en cuenta cuando se habla de inteligencia artificial, está en todos lados, a veces no se enteran cómo funciona algo, y sin saberlo es producto de la inteligencia artificial.

1.10.5. Machine learning

Machine learning es una técnica que consiste en la detección de patrones los mismos que se presentan dentro de un conjunto de datos. Conforme pasan los años se vuelve una herramienta muy utilizada, ya que con esta técnica se puede extraer información, pero para esto se necesita una enorme cantidad de datos.

Aunque la mayoría de personas no conozcan el termino, está asociada a vida diaria, ya que prácticamente el Machine learning se encarga de la detección facial, herramienta con la que cuentan varios modelos de smartphone.

El Machine learning también se hace presente en el reconocimiento de voz, cuando se le pide a algún dispositivo que indique, como está el clima, o cuales son las noticias del día.

Es muy aplicado en diferentes ámbitos laborales, tales como el marketing, la medicina, mantenimiento y control de equipos industriales.

1.10.5.1. Etapas de un proyecto con Machine learning

El uso de Machine learning beneficia a este proyecto gracias a las soluciones realices que brinda. Este proyecto no solamente consiste en elegir un marco de aprendizaje y entrenarlo. También cumple un proceso de pasar varias etapas, cumplir varios pasos y de esta manera poder cumplir con el objetivo que es lograr que funcione el prototipo. Dichas etapas se pueden visualizar en la figura # 4.

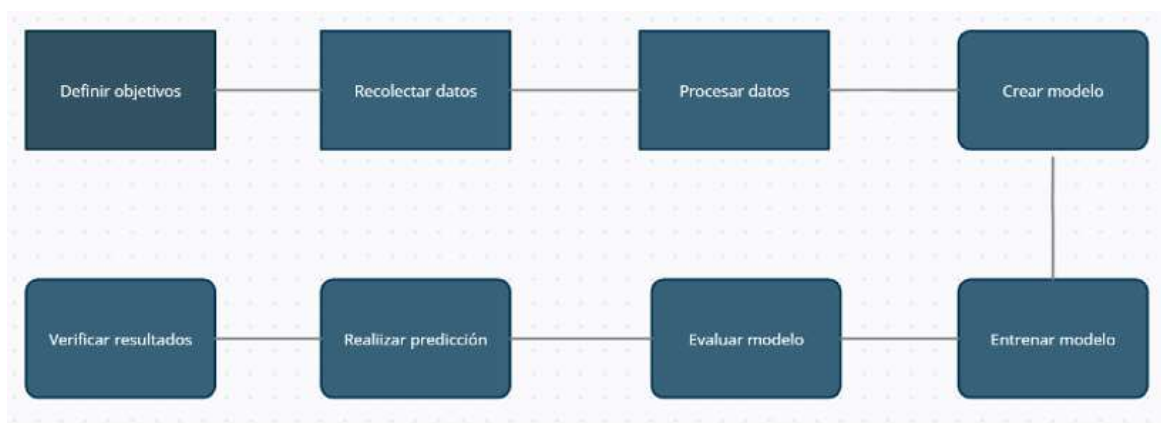


Figura 4. Etapas para concluir un proyecto de Machine learning

Fuente: El autor

1.10.6. Visión Artificial

La visión artificial cumple un rol muy importante dentro del campo de la inteligencia artificial, debido a que su objetivo principal es el modelado matemático y de esta manera procesar la percepción visual en los humanos. Gracias a la visión artificial y mediante la programación se pueden crear aplicaciones que permiten adquirir habilidades de visualización por medio de un computador.

Según el portal (ATRIA INNOVATION, 2021), la visión artificial permite la detección automática de la estructura y características de un posible mundo dinámico en 3 dimensiones a partir de una o numerosas imágenes bidimensionales de todo el mundo.

1.10.6.1. Ventajas de la visión artificial dentro de la Industria

Los sistemas de visión artificial permiten hacer labores de inspección y también ayudan en lo que es control de calidad debido a que aportan mejoras a los procesos productivos. Permiten, identificar errores, hacer un control mucho más intenso, incrementar la productividad y examinar el 100% de la producción, entre otros ejemplos se puede tener en cuenta:

Aumento de la productividad: Aplicar sistemas de visión para controlar la producción, implica un crecimiento de la calidad del producto final. Al identificar los recursos defectuosos, éstos tienen la posibilidad de ser destruidos del proceso productivo de manera temprana. En varios casos esta detección temprana genera además la reducción de costes debido a que el producto defectuoso se detecta antes que incremente su valor.

Reducción de costes: Gracias al uso de visión artificial se pueden ahorrar varios recursos, y de esta manera reducir el costo de producción, es decir con estos sistemas se puede minimizar la pérdida e incrementar la productividad. Esto es muy importante para el sector industrial, debido a que con el tiempo se puede ver reflejado la reducción del gasto total de la producción

Mejora de calidad en el producto final: El producto final va a ser de mayor calidad debido a que la inspección y los controles evitarán fallos y probables errores en la producción.

1.10.7. YOLOv5

YOLOv5 pertenece al conjunto de las redes neuronales, la versión original fue desarrollada por Joseph Redmon en el 2015, fue desarrollado en un lenguaje considerado de bajo nivel, mediante el cual se han podido desarrollar carios detectores de objetos asegurando su alta precisión.

La primera versión “YOLO” solo podía detectar con una velocidad de 45 fps; En la segunda versión “YOLOv2” se realizaron mejoras en conjunto a Ali Farhadi, una de estas fue la utilización de imágenes de mayor resolución.

Para el 2018 la tercera versión “YOLOv3” ya triplicaba la velocidad en comparación con Single Shot Detector (SSD) y le cuadruplicaba en comparación a RetinaNet. En este punto el principal desarrollador Joseph Redmon deja el mundo de la visión artificial, por lo que las versiones posteriores fueron desarrolladas por terceros, con el fin de mejorarlo.

En la figura # 5 se puede observar la comparación de cada versión, en la cual la quinta versión, “YOLOv5” muestra una velocidad de detección con mucha superioridad en comparación con la desarrollada por Redmon.

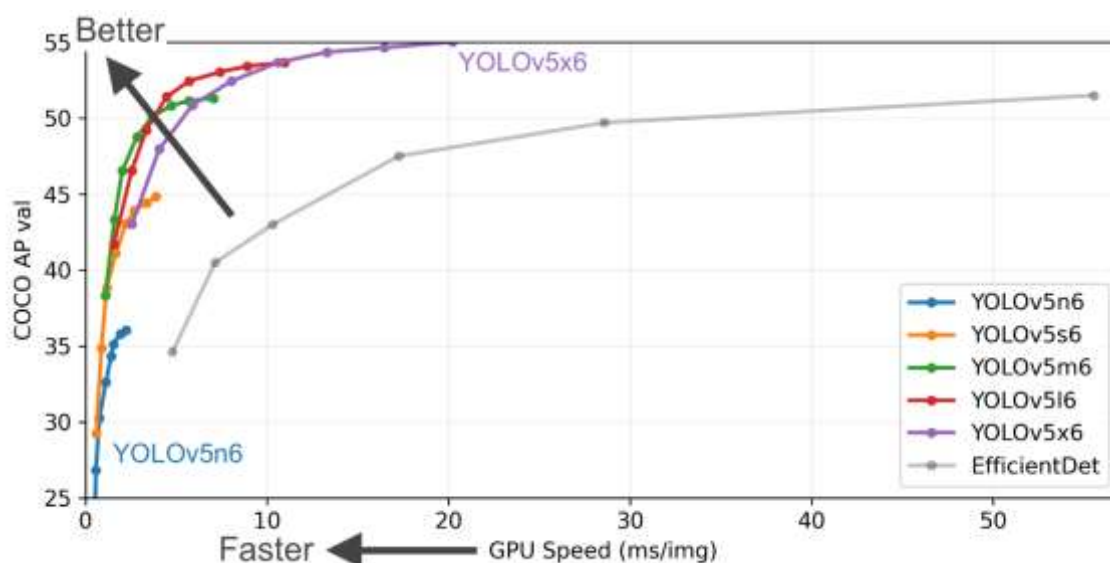


Figura 5. Comparación de YOLOv5

Fuente: Imagen tomada de (ultralytics, 2022)

1.10.7.1. Arquitectura de YOLOv5

En la figura # 6 se puede observar lo referente a la arquitectura de YOLOv5, la misma que está conformada por una entrada de imágenes, luego CSPDarknet, quien cumple la función de extraer características de la imagen de entrada.

Luego sigue PANet, su función es agregar características y resguardar la información espacial, gracias a esto se colocan de manera correcta los píxeles. Por último, la Cabeza, esta parte se encarga de producir los resultados finales de la detección.

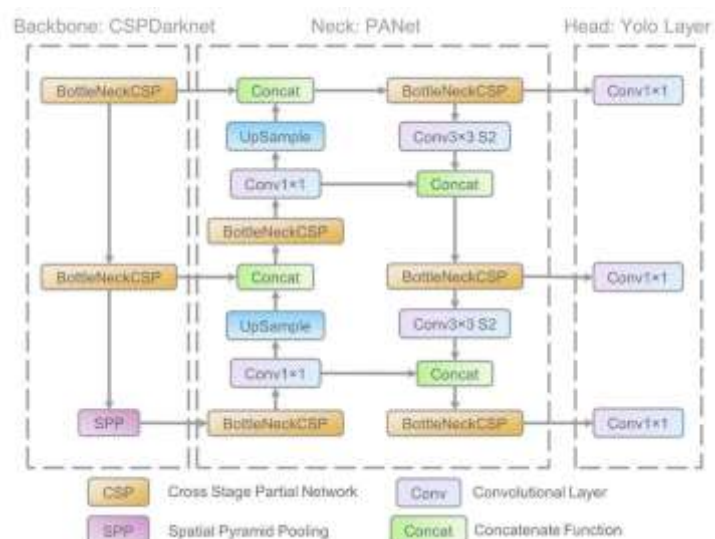


Figura 6. Arquitectura de YOLOv5

Fuente: Imagen tomada de (Salinas, 2022)

1.10.8. Red Neuronal Convolucional (CNN)

La identificación de objetos en imágenes pertenece a uno de los inconvenientes tradicionales dentro del mundo de la inteligencia artificial. Al inicio de la tecnología de identificación de imágenes, el aprendizaje automático estaba basado en redes neuronales y era más que suficiente para identificar diferentes elementos en imágenes pequeñas, no obstante, aquellos mismos algoritmos se tornan ineficientes una vez que se incrementa la medida de dichas imágenes.

Mientras más grande es el tamaño de la imagen, es mayor el número de píxeles que generan un crecimiento exponencial de las variables de entrada, por ende, es imposible de manejar por una red neuronal o redes neuronales convolucionales de arquitectura tradicional.

Las convolutional neural networks o redes neuronales convolucionales (CNN), solucionan este inconveniente debido a que se les generan ciertas propiedades espaciales de los inputs los cuales simplifican las arquitecturas de la red disminuyendo, en enorme medida, el número de las diferentes variables de entrada. Por consiguiente, son en especial útiles en problemas de visión por computador, y en especial, en el reconocimiento de objetos.

1.10.8.1. Estructura de capas de una Red Neuronal Convolucional CNN

En la siguiente imagen tomada de (Nielsen, 2019), se observa un ejemplo común de la estructura de CNN.

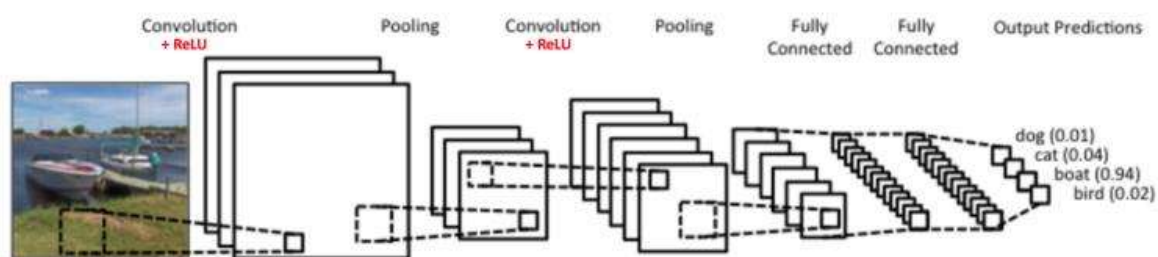


Figura 7. Estructura de una red neuronal convolucional

Fuente: Imagen tomada de (Nielsen, 2019)

La figura es un modelo CNN de reconocimiento de patrones. Se puede ver que la imagen que se encuentra más a la izquierda es nuestra capa de acceso, y la computadora entiende que ingresan numerosas matrices, que prácticamente es lo mismo que DNN.

La combinación de capa convolucional + capa de agrupación puede aparecer frecuentemente en la capa oculta, 2 veces en la figura anterior. Cabe recalcar que este

número se basa en las necesidades del modelo.

A su vez se tiene la posibilidad de utilizar de forma flexible la combinación de capa convolucional + capa convolucional, o capa convolucional + capa convolucional + capa de agrupación, estas no son limitaciones al construir el modelo. La CNN más común es una combinación de algunas capas convolucionales + capas de agrupación, como la composición de CNN que se muestra en la figura 7.

Detrás de algunas capas convolucionales + capas de agrupación existe una capa completamente conectada (llamada FC). La capa completamente conectada en realidad es la estructura DNN de la que se habla anteriormente, pero la capa de salida usa la capacidad de activación Softmax para clasificar el reconocimiento de imagen.

Como se puede ver en el portal (Programador Clic, 2019), la explicación del modelo CNN anterior, CNN es más particular que DNN en términos de capa convolucional y capa de agrupación. Siempre y cuando se comprenda el principio de capa convolucional y capa de agrupación, descifrar CNN es muchísimo más simple.

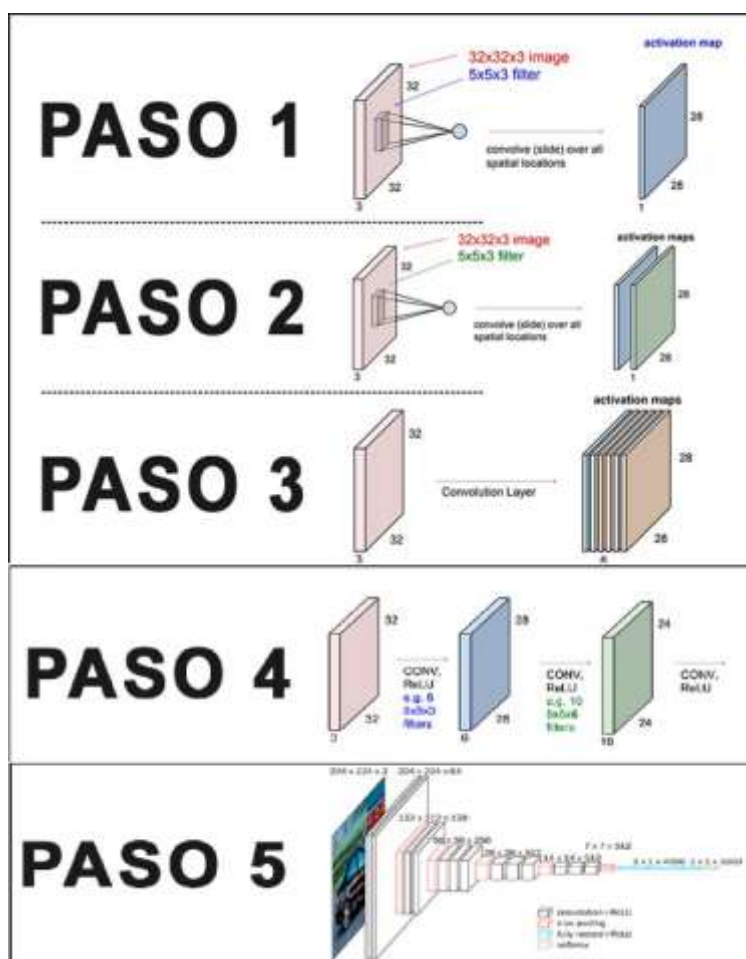


Figura 8. Creación de una red neuronal convolucional

Fuente: Imagen tomada de (Pascual Parada Torralba, 2021)

Como se puede observar en la figura 8, las capas convolucionales aplican diversos filtros sobre una imagen de ingreso y crean nuevos volúmenes, por lo cual las características espaciales de la imagen se mantienen.

Lo más común es ejercer capas convolucionales seguidas de funcionalidades de activación denominadas ReLU (paso 4). La unidad ReLU establece su aplicación sobre cada valor activado que sale de un filtro aplicado sobre un área.

Con las primeras capas reconociendo elementos más simples en una imagen y las próximas obteniendo representaciones de más alto nivel, a partir de elementos simples.

Tomando de ejemplo las primeras capas tienen la posibilidad de identificar bordes, para que en capas continuas se logren detectar objetivos.

En el 5to paso se puede observar un ejemplo de una red convolucional aplicada a un problema de clasificación de imágenes.

La capa de pooling (POOL) es un tipo de capa que está presente en una gran cantidad de arquitecturas CNN. Su utilidad consiste en minimizar las representaciones logradas de forma que estas se hagan más pequeñas y sean más manejables computacionalmente, disminuyendo el número de parámetros necesarios.

La última capa de una red convolucional para inconvenientes de clasificación es una fully connected layer, debido a que se requiere una neurona de salida para cada clase que indica, por ejemplo, si hay o no un carro en una imagen cualquiera. Normalmente, esto se hace por medio de una capa softmax. Muchas CNN llevan algunas fully connected layers como últimas capas para obtener las representaciones finales luego de las capas de convolutions + pooling. (Pascual Parada Torralba, 2021)

Aunque parezca complejo, el problema de detección de objetos en imágenes está resuelta y hay muchas aplicaciones empresariales que ya integran esta arquitectura de capas en sus algoritmos de Machine Learning.

1.10.9. Procesamiento de imágenes y videos

Según (Jaramillo, 2018) indica que “para que exista un proceso de imágenes digitales, debe existir un apoyo en la aplicación de algoritmos sobre los respectivos valores de cada pixel pertenecientes a una imagen de entrada que puede partir de una imagen de escalas de grises (1D) pasando por RGB (3D) y RGB-D (4D) llegando incluso a imágenes médicas o hiper-espectrales (>4D)”.

Entre los diferentes objetivos del procesamiento de imágenes, se cuenta con:

- Restauración de la imagen: Para mejorar la imagen.
- Visualización: Para observar objetos que no se ven con facilidad.
- Medición de patrón: Sirve para medir diferentes objetos situados en un gráfico.
- Reconocimiento de imágenes: Sirve para distinguir los diferentes objetos situados en una representación gráfica.
- Recuperación de imágenes: Sirve para encontrar una imagen específica.

Para cumplir con el progreso de este prototipo, se trabajará en el reconocimiento de imágenes, debido a que se debe distinguir los diferentes objetos que se visualizarán en el video, todo esto pasara en tiempo real, debido a que serán datos enviados por las cámaras de seguridad.

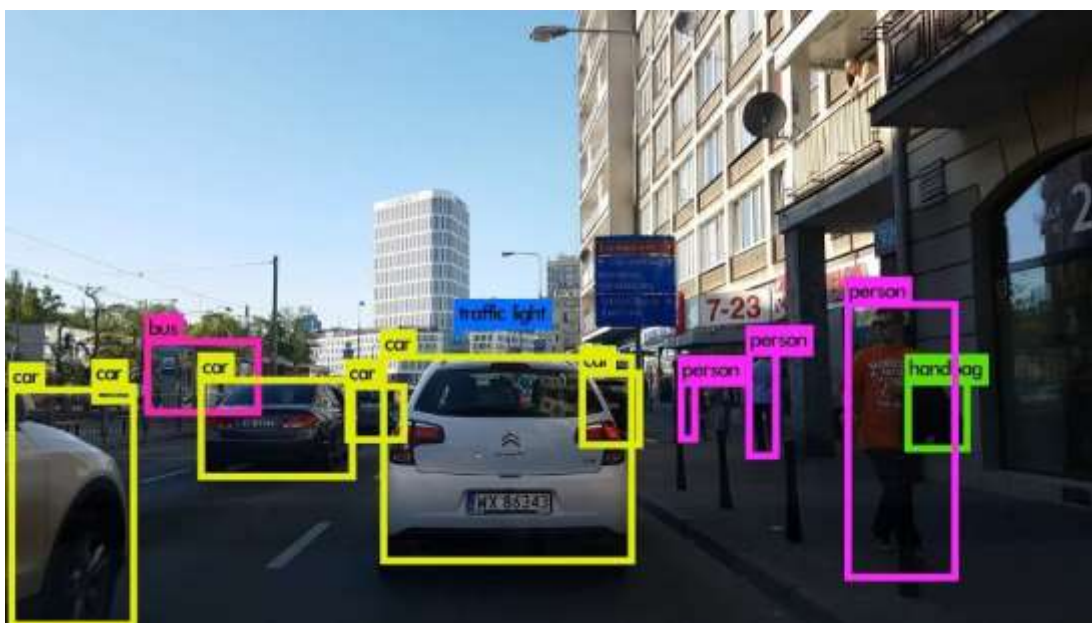


Figura 9. Detección de objetos en tiempo real

Fuente: Imagen tomada de (Diego, 2019)

1.11. Definiciones Conceptuales

1.11.1. Internet Of Things

La Internet de las cosas o también llamada IoT por sus siglas, se denomina cuando prácticamente cualquier objeto físico se puede conectar a internet, ya sea por medio de sensores u otros dispositivos programables, y de esta manera puede llevar una supervisión en tiempo real, estos dispositivos se los puede encontrar ya sea en el hogar, en hospitales, centros comerciales, e incluso dentro de cualquier sector industrial.

1.11.2. Prototipo

(Prototipc, 2020) Indica que, un prototipo es una muestra en la que después de cumplir varias fases, se puede realizar una representación de un producto terminado a su vez posibilita un diseño previo en documentación para de esta manera verificar que se cumplieron los objetivos planteados.

1.11.3. Phyton

Según (Datademia, 2020) indica que Python es un lenguaje de programación accesible para los usuarios y pensado para ser simple de interpretar. Se lo considera como un lenguaje orientado a objetos, esto hace que sea considerado de nivel alto. Debido a las diferentes interfaces que presentan las IDE donde se puede programar con Python, lo hacen amigable y a la vez fácil de entender, y de programar.

1.11.4. Redes Neuronales

(Amazon, 2022) Una red neuronal es un método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano. Se trata de un tipo de proceso de machine learning llamado aprendizaje profundo, que utiliza los nodos o las neuronas interconectados en una estructura de capas que se parece al cerebro humano. Crea un sistema adaptable que las computadoras usan para aprender de sus errores y mejorar siempre. Así, las redes neuronales artificiales tratan de solucionar inconvenientes complejos, como la ejecución de resúmenes de documentos o el reconocimiento de rostros, con más exactitud.

1.11.5. Machine Learning

Machine learning es una representación de inteligencia artificial el cual hace posible que se pueda modelar un sistema y aprender a diferenciar objetos, hay que tener en cuenta que no es fácil el uso de machine learning.

Mediante una Dataset, se encarga de recolectar datos, y a su vez estos datos deben tener una respectiva etiqueta, de esta manera se entrena el sistema, enviándole tanto las imágenes como las etiquetas como modelo de entrada.

Estas técnicas de machine learning se ven expuestas en varias áreas, cada empresa busca adecuarla según lo que requiere, y así sacarle mayor provecho.

1.11.6. Cámara IP

(Sofía Cantalapiedra, 2017) Las cámaras IP son consideradas cámaras de video en especial diseñadas para enviar y subir los datos a internet, generalmente conectados a una red local, de esta manera se puede ver lo que ocurre en tiempo real, estas cámaras suelen tener un usuario y contraseña, con los mismos se puede acceder desde cualquier parte del mundo.



Figura 10. Cámara IP marca TpLink

Fuente: Imagen tomada de (Cámara de Vigilancia TAPO C310 Tp-Link, 2021)

1.11.7. Speaker

En este proyecto, el audio es considerado como un elemento importante, ya que notifica cuando no se está usando el equipo de protección personal, hay distintos elementos que pueden ayudar en la reproducción de sonidos, en este caso se escogió un speaker, porque no supera mucho al precio del Buzzer, más sin embargo se le puede dar mayor utilidad, haciendo que, de un mensaje, en este caso hacer un llamado de atención diciendo: “Por favor usar casco”.



Figura 11. Speaker

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 6. Comparativa de dispositivo de alerta

Dispositivo	Buzzer	Speaker
Características	Su tono depende del voltaje aplicado.	Producen vibraciones cuando se le envía corriente eléctrica
	Las vibraciones suelen ser de alta frecuencia	Su frecuencia mínima es de 20 Hz, si serían muy bajas, no se podría distinguir el sonido
	Solo puede generar un pitido	Producen cualquier tipo de sonidos
	Precio \$3	Precio \$7

Elaboración: Información obtenida por el autor en el análisis previo

1.12. Fundamentación legal

El presente proyecto de titulación se encuentra respaldado bajo la constitución vigente de la Republica del Ecuador, la ley orgánica de telecomunicaciones, y la ley orgánica de educación superior. Las mismas que se verán expuestas sus bases legales.

Teniendo en cuenta que para el desarrollo de este prototipo se usará un Raspberry, y a su vez se estarán utilizando redes inalámbricas, la constitución lo ampara, siendo este de uso público, el mismo está mencionado en el artículo 16, numeral 3 de la sección tercera de comunicación e información, en la Constitución de la república del Ecuador. (Constitución de la república del Ecuador, 2008)

Basándose en lo planteado por el artículo 142 Tecnologías libres, y el artículo 151 Libre elección de software del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación se cumple con la libertad de estudiar y ejecutar el uso de diferentes códigos abiertos, en este caso las distintas librerías que serán utilizadas para la preparación del prototipo. (Código orgánico de economía social de los conocimientos, creatividad e innovación, 2016)

Según lo especificado en el artículo 36 literal 2, del Título V, Capítulo I, de la Ley orgánica de telecomunicaciones, se puede transmitir y emitir señales, las cuales serán transmitidas a través del Raspberry (Ley orgánica de telecomunicaciones, 2015)

Capítulo III

Metodología y Propuesta

3.1. Propuesta

Para el desarrollo de este proyecto se pretende realizar un prototipo el cual permite controlar y monitorear en tiempo real el uso de objetos de protección individual dentro de un sector industrial donde se prioricen chalecos reflectivos y cascos. De esta manera evitar accidentes ocasionados por el factor humano y pueda existir un mayor control en los protocolos de seguridad.

Este sistema de control de acceso el cual es monitoreado por una cámara de seguridad, tiene integrado un speaker, el mismo que generará una alerta cuando no se detecten los objetos pre establecidos, y a su vez se realizarán capturas que se almacenaran en el prototipo, y así pueda ser identificado el infractor.

Este sistema será implementado en una pequeña empresa, donde operan obreros que manipulan tornos, el prototipo será capaz de identificar y notificar cuando dichos torneros incumplan los protocolos de seguridad, permitiendo cuidar a los obreros y a su vez se podrá ver beneficiada dicha industria. Se puede observar el área seleccionada en la figura #12



Figura 12. Área donde se realiza la implementación del prototipo

Fuente: El autor

3.2. Metodología del proyecto

3.2.1. Método Bibliográfico

Gracias a esta metodología se logra mostrar los principales puntos en lo que se ve enfocado el proyecto, los mismos que se ven presente en el marco teórico, donde se tomó toda información relacionada con el tema y con los puntos mas importantes de este proyecto que vienen siendo, Inteligencia artificial, Machine learning, internet de las cosas y la Industria 4.0

3.2.2. Método Experimental

Por medio de esta metodología se realizan pruebas de funcionamiento con diferentes softwares de inteligencia artificial, se realizaron constantes modelos de entrenamiento, a su vez se adjuntaron mayor cantidad de imágenes para que la precisión del identificador de objetos crezca y la predicción sea mayor.

Se identifican las librerías con su correcta versión que sean capaces de cumplir con su función en la tarjeta de adquisición de datos utilizada.

3.2.3. Metodología PMI

Si bien es cierto, este proyecto conlleva un objetivo, que es realizar un prototipo de machine learning usando cámaras de seguridad, es por esto que se requieren recursos, realizar actividades y satisfacer necesidades. Teniendo en cuenta que el PMI (Project Management Institute) garantiza el cumplimiento del objetivo planteado, se concluyó que será la metodología a ser utilizada.

3.2.3.1. Procesos establecidos por metodología PMI para gestión de proyectos

3.2.3.1.1. Procesos de inicio

Es donde se define y autoriza el proyecto o las fases, se puede determinar que este proceso ocurre en consecuencia a los problemas presentados en el planteamiento del problema, es decir buscando solucionar y reducir los accidentes laborales dentro de la industria, donde los sistemas de seguridad se ven obsoletos. Después de haber analizado el problema y dejando claro tanto los objetivos específicos como el objetivo general, a su vez se aclaró el alcance, ya que este prototipo va dirigido especialmente para pequeñas zonas industriales, donde se prioriza el uso del casco y chaleco.

3.2.3.1.2. Procesos de planificación

En este punto se aclaran y se aterrizan los objetivos, planificando las acciones necesarias para realizar de manera correcta el prototipo, en este caso se toman decisiones, sobre qué softwares son los indicados y que versiones son las correctas para lograr el correcto funcionamiento, también se busca el hardware adecuado, realizando comparaciones entre Raspberry 3 y Raspberry 4, con diferentes memoria Ram, se investigan redes neuronales, cuales se encargan de reconocer de mejor manera objetos, debido a que hay algunos tales como MediaPipe, TensorFlow, Haar-Cascade. En este proyecto de tesis según las comparaciones realizadas, se concluyó que lo mejor es usar YOLOv5x por la seguridad que brinda a los usuarios al entrenar el sistema y por las métricas que ofrece, las mismas que en este proyecto son superiores al 80% y se pueden observar en la figura #26, la tarjeta de adquisición de datos estará enlazada y por medio de un speaker, se encargará de notificar cuando la cámara no detecte el uso de equipos de protección personal.

3.2.3.1.3. Procesos de ejecución

En este proceso se integran los recursos necesarios para cumplir con la entrega del prototipo final, por ende, debe estar completamente funcional, la cámara debe verificar que se estén usando los equipos de protección individual, y en caso de no usarlos, comienza a decir repetitivamente: “Por favor usar casco”, “Por favor usar chaleco”, hasta que los logre detectar, a su vez, generará capturas las mismas que quedarán guardadas para que se pueda observar a la persona que no lleva su respectivo equipo de protección personal.

3.2.3.1.4. Procesos de seguimiento y control

En este proceso se puede realizar controles frecuentes sobre el avance del prototipo, todo esto con el fin de identificar posibles errores en relación al objetivo general, y en caso de presentar errores ya sea en el uso del Raspberry, o en la programación y el modelado del sistema, se los deberá corregir cuantas veces sea necesario.

3.2.3.1.5. Procesos de cierre

Finalmente, luego de cumplir cada proceso, se completan todas las actividades referentes al prototipo y se formaliza el resultado.

3.3. Técnica de recolección de datos

Se entrevistó al Ingeniero Daniel Herrera, dueño y propietario del centro de tornos “DH” con el fin de saber su punto de vista referente a la utilización de cámaras para mejorar el aspecto de seguridad, mediante el uso de una red neuronal creada por Danny Cortázar.

1. ¿Considera usted necesario el uso de equipos de protección personal dentro del área donde laboran sus empleados?

Por su puesto, si ellos no usan los equipos de protección, y les llega a ocurrir algo, el único responsable será yo, por eso obligatoriamente deben usarlos.

Análisis:

Como dueño de la empresa, piensa en la cantidad de dinero que podría perder si es que le llega a pasar algo a uno de sus empleados, por preferir no usar los equipos de protección personal.

2. ¿Conoce usted los precios en el mercado sobre los sistemas que se encargan de controlar los aspectos de seguridad operacional?

No, pero deben ser caros, con el simple hecho de utilizar cámara, me imagino que son costosos.

Análisis:

Ni siquiera ha investigado el precio de las cámaras de seguridad, no sabe que en la actualidad existen de todos los precios, e incluso son fáciles de instalar solo conectándolas a internet.

3. ¿Usted que opina sobre los prototipos de bajo costo que priorizan la seguridad dentro de un área determinada?

Mientras no se gaste mucho, me parece correcto ya que yo siempre no voy a estar presente para vigilarlos.

Análisis:

Volvió a priorizar el dinero, diciendo que, si no se gasta excesivamente, le parecería una buena inversión este tipo de implantaciones.

4. ¿Considera importante el uso de un prototipo que detecte cuando sus empleados no están usando los equipos de protección?

Claro que sí, se escucha algo novedoso, ese tipo de tecnologías deben costar mucho.

Análisis:

Le gusta la idea, pero el hecho de creer que la implementación de algo así es muy costosa, lo hace desilusionarse y a la vez no querer saber más del tema.

5. ¿Implementaría este prototipo aun sabiendo que cuando sus empleados no usen los equipos de protección se generará una captura para que usted los pueda reconocer y sin gastar mucho dinero en la implementación?

Claro, sería una buena inversión, si yo puedo ver cuando no estoy, quienes son los que se sacan los equipos de protección, los podría multar, por que si les ocurre algo yo sería el responsable, así que sería buen motivo para sancionarlos con una multa.

Análisis:

Le pareció buena idea, ni siquiera preguntó cuanto se gastaría en la implementación, se dejó llevar por lo novedoso que le parecía, y por las sanciones que le podría poner a sus empleados.

3.4.Descripción

Se desarrolla un prototipo para seguridad industrial, usando una cámara, la misma que mediante machine learning y usando redes neuronales, se logra entrenar al sistema y de esta manera se pueda detectar cuando no se está usando los equipos de protección personal, de ser así se generará una alerta mediante un speaker, el mismo que prácticamente llamará la atención al que no esté usando los equipos de protección personal. A la vez se generará una captura, para reconocer al que no está utilizando los accesorios adecuados, el principal objetivo es evitar accidentes provocados por el factor humano.

Parar lograr la completa funcionalidad de este proyecto, se presentará de forma física el diseño, el cual está compuesto por accesorios fáciles de encontrar en el mercado y a su vez, de bajo presupuesto en comparación con el gasto que puede causar al ocurrir una catástrofe.

En la figura #13 se puede observar un diagrama del funcionamiento del prototipo a desarrollar.

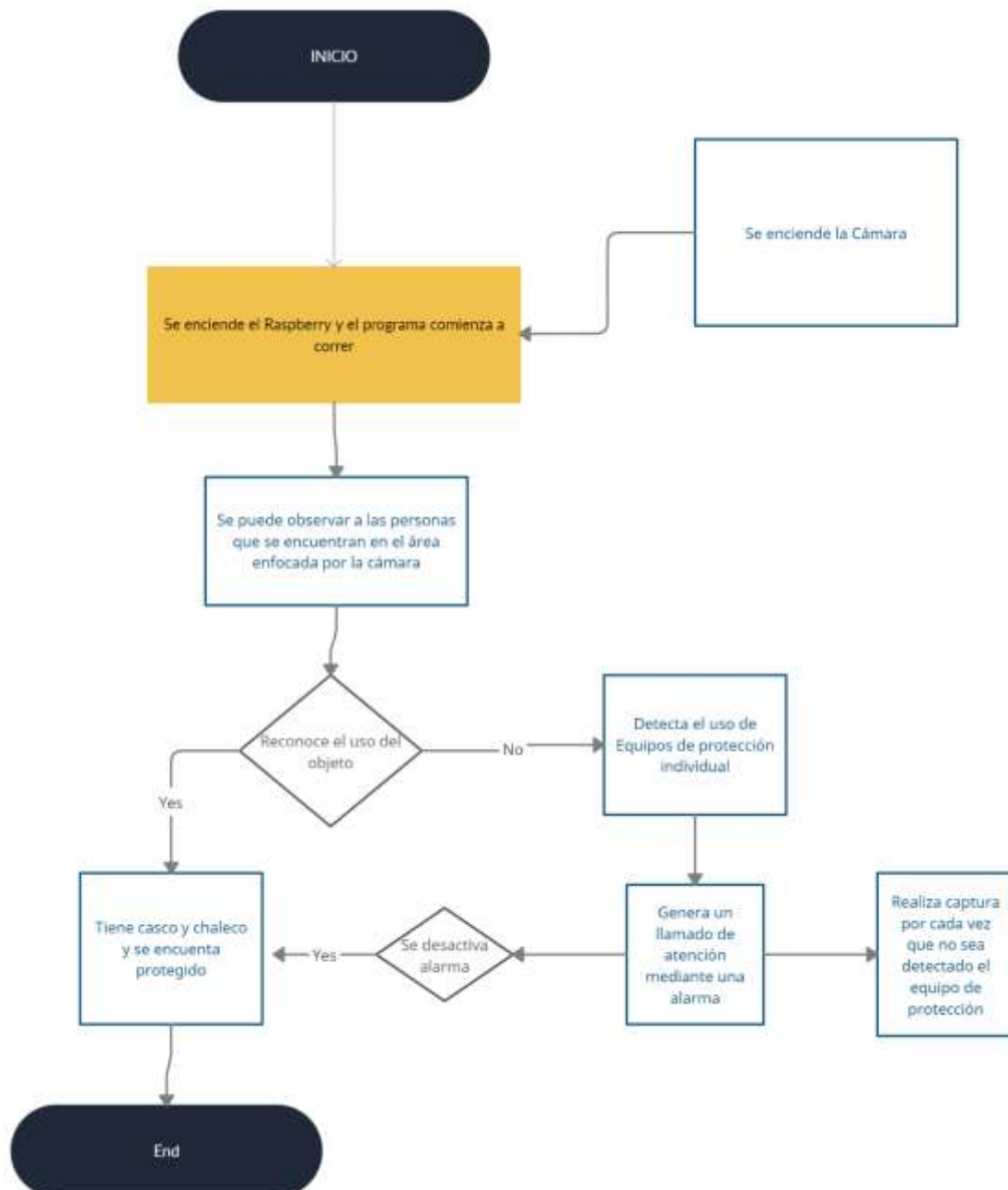


Figura 13. Diagrama de flujo sobre el funcionamiento del prototipo

Fuente: El autor

3.4.1. Componentes del prototipo

- Raspberry Pi 3 Modelo B
- Speaker
- Tarjeta Sd de 32 Gb
- Fuente de alimentación para Raspberry
- Cámara
- Lector de tarjeta USB a Micro Sd

3.4.2. Recursos de Software

Los componentes de software utilizados en este proyecto se pueden observar en la tabla #8, donde se puede observar, tanto el sistema operativo utilizado por la Raspberry, como las librerías que se utilizaron para realizar y presentar este proyecto de manera correcta.

Tabla 7. Softwares utilizados en el proyecto

Información del Software	
Sistema Operativo	Raspbian
Lenguaje de programación	Python
IDE	Thonny PyCharm
Librerías	PyTorch OpenCv Numpy Pandas Os Pytsx3

Elaboración: Software usado por el autor

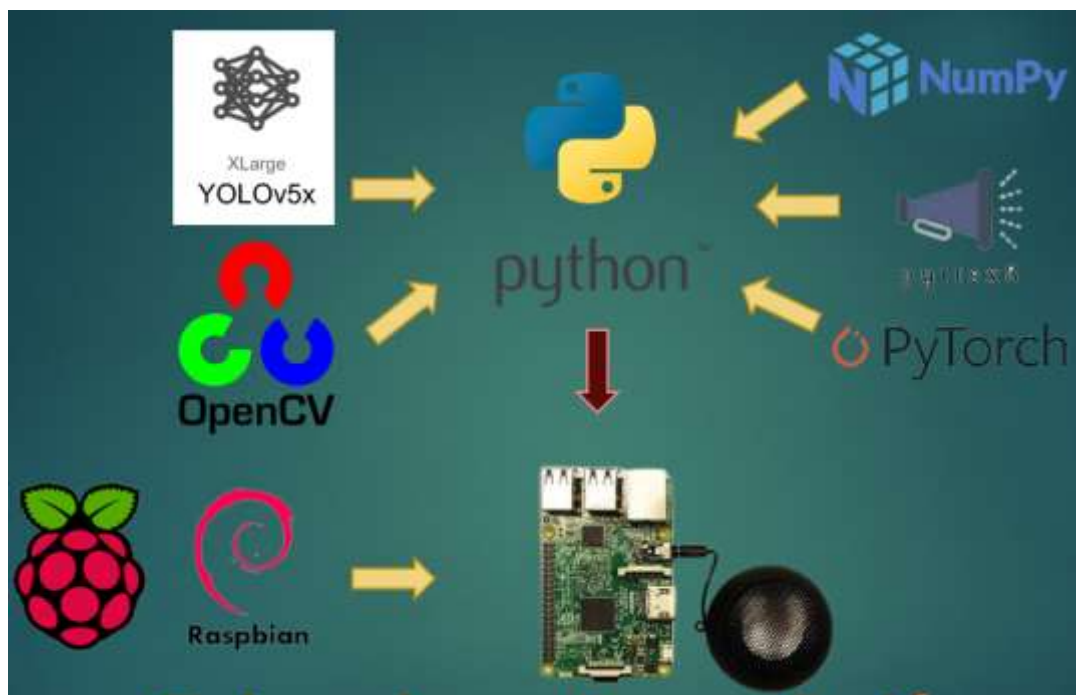


Figura 14. Librerías utilizadas por Python y Sistema operativo para Raspberry

Fuente: Elaborado por el autor

3.5.Diseño del prototipo

Gracias a la metodología del PMI se pudo realizar este prototipo, el mismo que se cumplió en cada una de sus fases, y de a poco se fue aumentando y mejorando, para al final unir cada punto y poder llegar al objetivo planteado.

En la figura 14, se puede observar lo que recibe Python, en este caso es el modelado del YOLOv5x, una vez entrenado, a su vez Python contiene muchas librerías las cuales hacen posible este proyecto, entre estas se cuentan con, PyTorch que es la utilizada para llamar al modelo entrenado por YOLOv5.

También se cuenta con OpenCv que es la librería encargada de capturar las imágenes en directo enviadas por cámara, otra de las librerías utilizadas es Numpy, es una librería que trabaja con matrices y vectores y por su puesto muy utilizada en lo que es machine learning o data science ya que todo se puede observar en matrices, y de esta manera ayuda a la detección de objetos.

También se usó Pandas, librería muy utilizada para el uso de machine learning, esta librería proporciona análisis y manipulación de datos de alto rendimiento, otra librería utilizada es Pyttsx3, es quien hace posible que nuestro programa pueda comunicarse mediante el speaker, y de esta manera pueda llamar la atención cuando la cámara detecte que no se está utilizando los equipos de protección personal.

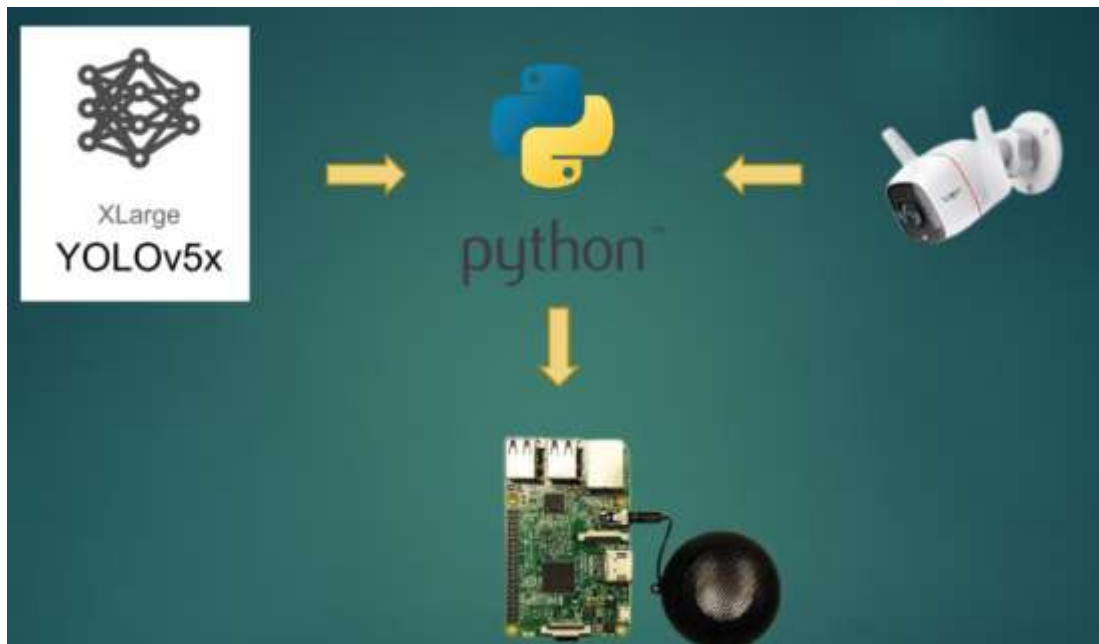


Figura 15. Diseño y función del prototipo

Fuente: Elaborado por el autor

3.6.Factibilidad Económica

Teniendo en cuenta que parte fundamental de este proyecto es evitar de que el gasto sea elevado, se usaron pocos pero necesarios componentes, pero no obstante hacen que este prototipo cumpla su función, que es verificar el uso de equipos de protección personal, y generar alarma en caso de no ser detectados. En la tabla #8 se puede observar a más detalle de cuanto es la inversión del prototipo.

Cabe recalcar que el único gasto presentado fue en los dispositivos de hardware, ya que para la parte del software solo fue una inversión de tiempo y esfuerzo, para unirlos y lograr lo planteado.

Tabla 8. Gasto en recursos de Hardware

Recursos de Hardware y su valor en el mercado	
Raspberry Pi Model B	\$150
Cámara	\$40
Tarjeta Sd de 32Gb	\$15
Speaker	\$7
Total	\$212

Elaboración: Creado por el autor

3.7.Desarrollo del prototipo

Para este proyecto la red neuronal pre entrenada que será utilizada es YOLOv5 y lo primero que se deberá hacer es entrenar el sistema, posteriormente llamar el sistema entrenado mediante la librería PyTorch y consecuentemente instalar las demás librerías, las mismas que harán que este prototipo cumpla la función requerida.

Para esto lo primero que se debe hacer es crear un Dataset, en este punto se almacena una gran cantidad de imágenes donde se encuentren los objetos que se pretenden detectar, cascos y chalecos.

Una vez generado el Dataset se elige el marco de aprendizaje preferido para que pueda

entrenar nuestra propia red neuronal, de estos hay varios, podrían ser TensorFlow, Haar-Cascade, Caffe, Theano.

En este proyecto se usará YOLOv5, que, aunque no sea considerado un marco de aprendizaje, más sin embargo entra en la familia de machine learning. YOLOv5 trabaja con el conjunto de datos COCO, en este proyecto no se usará los objetos pre establecidos en este conjunto de datos si no que prácticamente se creará un propio conjunto de datos.

Como último paso se considera poner a prueba lo aprendido por la red neuronal, podrá detectar tanto los cascos como los chalecos en tiempo real.

A continuación, se especificará todo lo realizado paso a paso para que este proyecto pueda funcionar de manera correcta.

3.7.1. Obtención de imágenes y etiquetas

Como se mencionó antes, lo primero que hay que hacer es guardar una gran cantidad de imágenes donde se encuentre el objeto que se quiera detectar, este objeto tendrá que presentarse en diferentes formas, de diferentes ángulos, toda imagen que se pueda detectar el objeto sirve para entrenar el sistema, lo recomendado es usar más de 200 imágenes.

Para empezar a guardar se debe crear 2 carpetas, una para las imágenes y otra para las etiquetas de dichas imágenes. Tanto en la carpeta de imágenes como en la carpeta de etiquetas se debe crear una carpeta de entrenamiento y otra de validación.

Por ejemplo, se decidió trabajar con 200 imágenes donde se encuentre el objeto que se pretende detectar, en este caso 150 se tendrán que guardar en la carpeta “entrenamiento” y las otras 50 imágenes se guardarán en la carpeta “validación”.

En la figura # 20 se puede visualizar, varias imágenes recolectadas para el reconocimiento tanto de casco como de chalecos, estas imágenes se encuentran en la carpeta de entrenamiento, mientras que en la figura # 21 se puede visualizar el resto de imágenes las cuales se encuentran en la carpeta de validación.

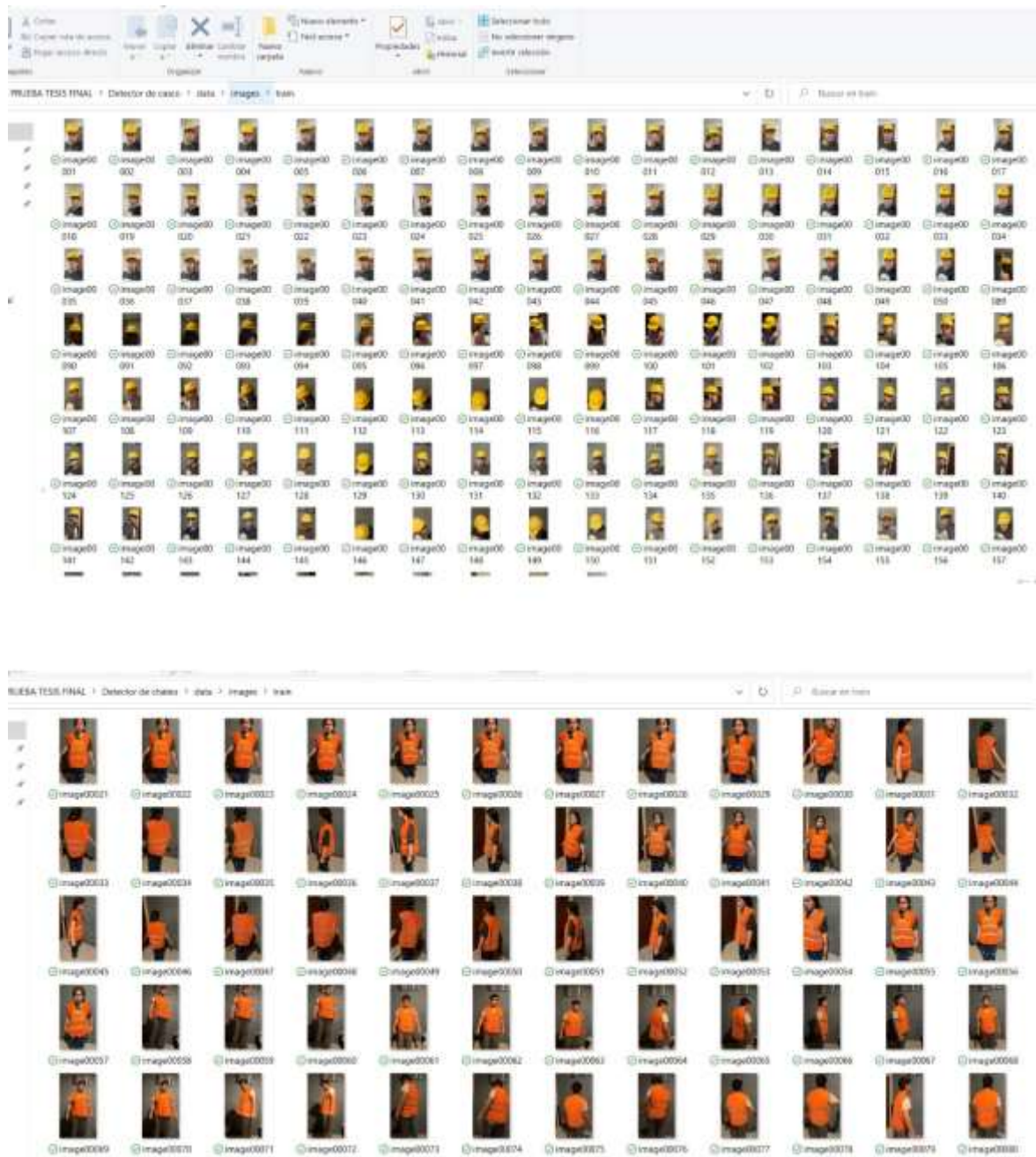


Figura 16. Recolección de imágenes donde se muestra el objeto que se quiere detectar guardadas en la carpeta entrenamiento

Fuente: El autor

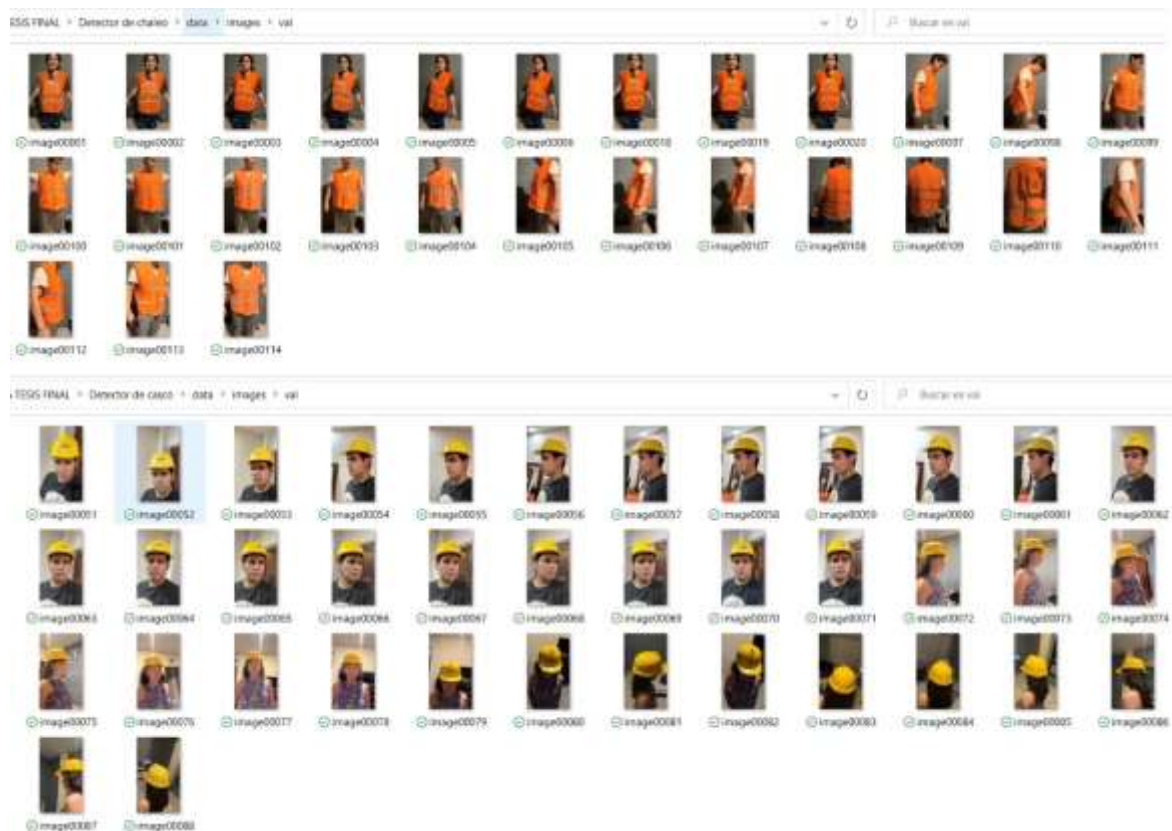


Figura 17. Recolección de imágenes donde se muestre el objeto que se quiere detectar guardadas en la carpeta validación

Fuente: El autor

Una vez que se cuente con las imágenes se debe realizar las etiquetas del objeto, de esta manera mediante la selección pixeles, se le dirá al sistema como debe ser entrenado y que es específicamente lo que debe detectar. En la figura # 22 se puede observar cómo se etiqueta cada imagen, y se le designa el nombre del objeto. En la figura # 23 se muestra el archivo exportado en formato YOLO, ya que es el que se está usando para este proyecto.

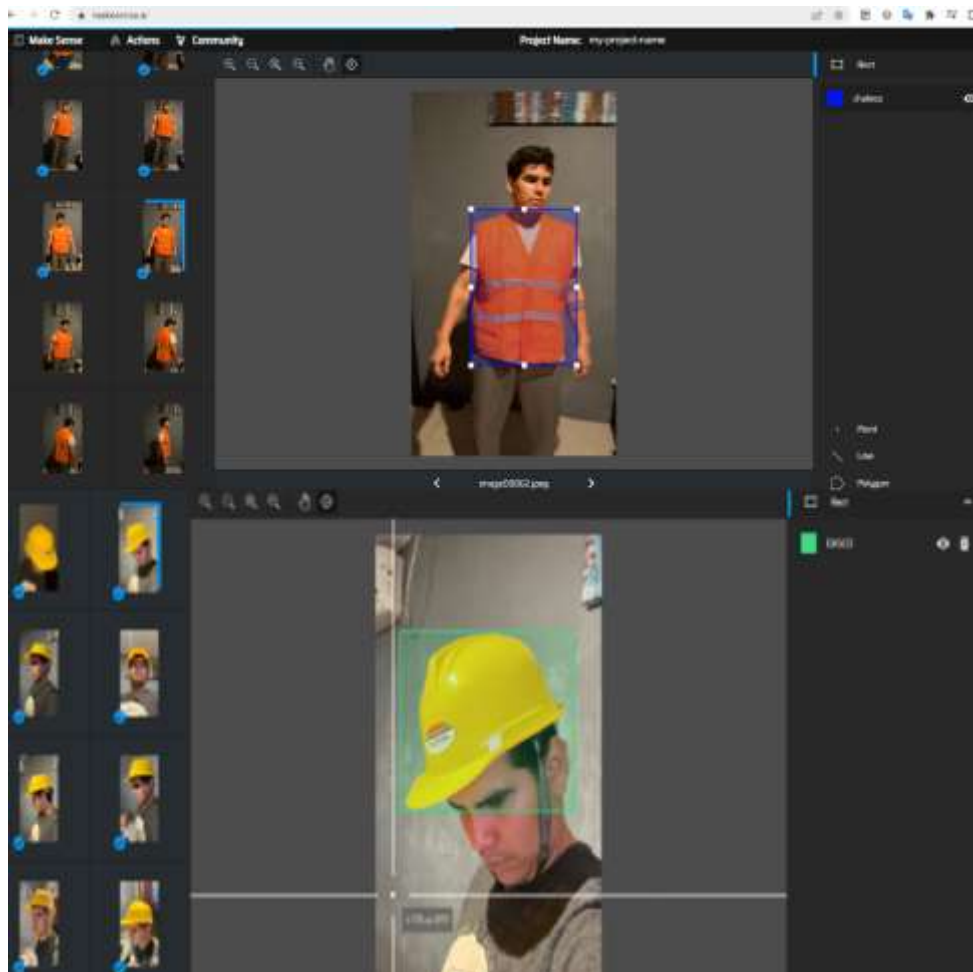


Figura 18. Convirtiendo las imágenes en etiquetas

Fuente: El autor

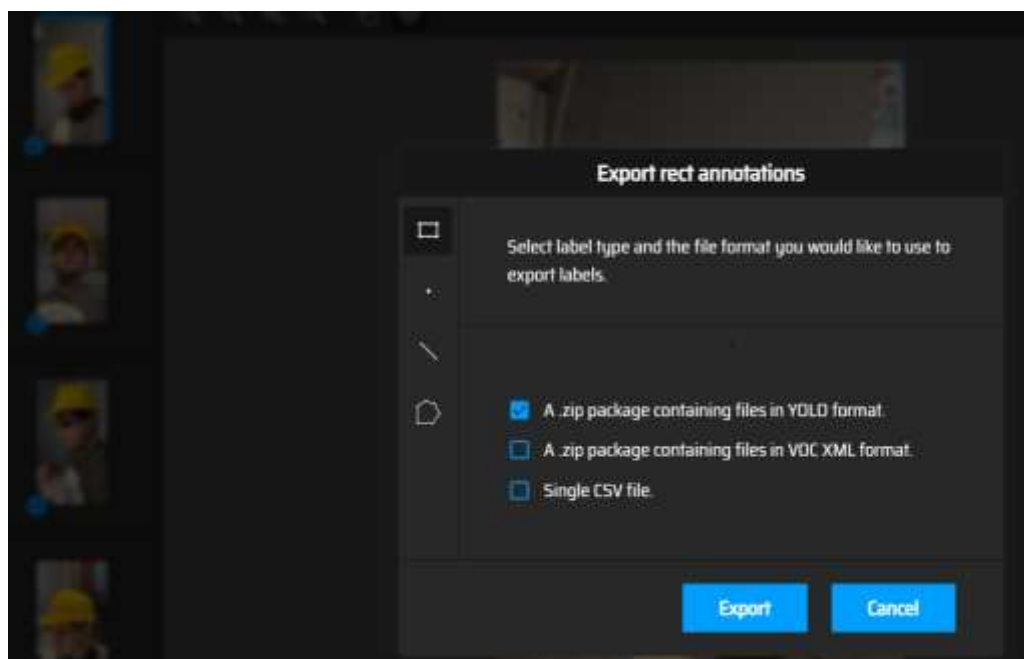


Figura 19. Exportando las etiquetas

Fuente: El autor

Una vez exportadas las etiquetas, se descomprime el archivo descargado, y las etiquetas generadas de las imágenes de entrenamiento, se guardan en la carpeta de entrenamiento que se encuentra dentro de etiquetas, y las etiquetas generadas de las imágenes de validación, se guardan en la carpeta de validación, la misma que también se encuentra dentro de etiquetas,

En la figura # 24 se muestra cómo se ven los archivos de las etiquetas, lo que eran imágenes, ahora se ven un archivo de texto. Esto funciona para que el sistema lo pueda entender y detectar donde se encuentra el objeto que se pretende reconocer y posteriormente detectar.

Pruebas TESIS > Detector Casco > data > labels > train

	Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
★	image00001	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
★	image00002	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
★	image00003	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
★	image00004	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
★	image00005	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00006	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00007	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00008	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00009	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00010	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00011	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00012	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00013	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00014	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00015	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00016	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00017	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00018	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00019	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00020	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00021	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00022	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00023	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00024	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00025	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00026	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB
	image00027	✓	29/08/2022 05:32 a. m.	Documento de tex...	1 KB

Figura 20. Etiquetas de las imágenes guardadas en entrenamiento

Fuente: El autor

3.7.2. Instalación de requerimientos

Una vez se encuentren listas las carpetas: imágenes y etiquetas serán guardadas en una carpeta general, y a su vez esta carpeta general, se tendrá que convertir en archivo Zip.

Como siguiente paso para entrenar el sistema es abrir el Google Colab que se encuentra en el Github de YOLOv5 y subir Zip generado anteriormente, y en una línea de código se escribe lo siguiente para poder descomprimir el archivo Zip subido: ! unzip – q /content/ “nombre del archivo”.zip -d /content/, luego de esto se puede observar en la figura # 25 el siguiente paso a cumplir y es la instalación de los requerimientos.



```

$clone YOLOv5 and
$git clone https://github.com/ultralytics/yolov5 # clone repo
$cd yolov5
$pip install -qr requirements.txt # install dependencies
$pip install -q roboflow

import torch
import os
from IPython.display import Image, clear_output # to display images

print(f"Setup complete. Using torch {torch.__version__} ({torch.cuda.get_device_properties(0).name if torch.cuda.is_available() else 'CPU'})")

Cloning into 'yolov5'...
remote: Enumerating objects: 12122, done.
remote: Counting objects: 100% (75/75), done.
remote: Compressing objects: 100% (48/48), done.
remote: Total 12122 (delta 39), reused 52 (delta 27), pack-reused 12047
Receiving objects: 100% (12122/12122), 12.53 MiB | 30.55 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (8330/8330), done.
/content/yolov5
1.6 MB 4.8 MB/s
145 kB 5.0 MB/s
178 kB 33.3 MB/s
1.1 MB 68.0 MB/s
67 kB 6.6 MB/s
54 kB 3.0 MB/s
138 kB 69.3 MB/s
62 kB 845 kB/s
Building wheel for roboflow (setup.py) ... done
Building wheel for wget (setup.py) ... done
Setup complete. using torch 1.12.1+cu113 (Tesla T4)

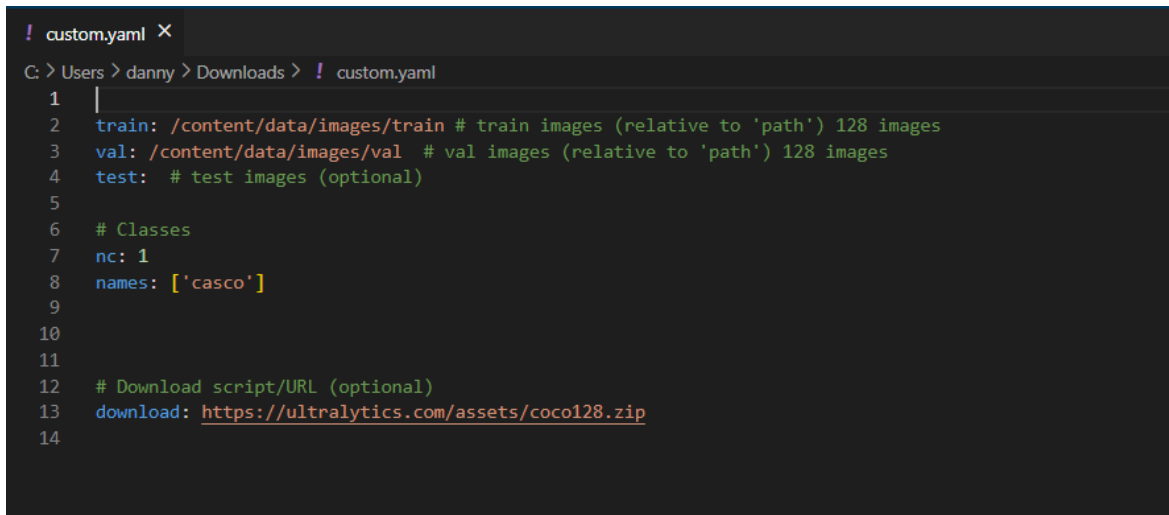
```

Figura 21. Instalación de requerimientos de YOLOv5

Fuente: El autor

Dentro de la carpeta data de YOLOv5 se encuentra un archivo llamado coco128, en este archivo se encuentran objetos predeterminados ya entrenados con su respectiva etiqueta, lo que se realizó fue modificar este archivo, borrando la información predeterminada y colocando nueva información de lo que se quiere detectar, una vez corregido el código por medio de Python, se vuelve a subir este archivo en data, y para no confundirlo con el anterior se le cambiará el nombre.

Prácticamente lo que se cambia y se agrega es la dirección que contiene el archivo Zip subido anteriormente, dejando claro donde se encuentran las imágenes de entrenamiento y las imágenes de validación. En la figura # 26 se puede observar esta modificación realiza al archivo. Yaml.



```

! custom.yaml X
C: > Users > danny > Downloads > ! custom.yaml
1 |
2 train: /content/data/images/train # train images (relative to 'path') 128 images
3 val: /content/data/images/val # val images (relative to 'path') 128 images
4 test: # test images (optional)
5
6 # Classes
7 nc: 1
8 names: ['casco']
9
10
11
12 # Download script/URL (optional)
13 download: https://ultralytics.com/assets/coco128.zip
14

```

Figura 22. Edición del archivo coco128 y configuración del nuevo enrutamiento para la detección de las imágenes de entrenamiento y validación

Fuente: El autor

3.7.3. Entrenamiento

Para realizar el entrenamiento del sistema y pueda reconocer los equipos de protección individual, se realizan algunos cambios en la línea de código presentada, en este caso lo que se cambiará es el número de épocas, el mismo que define, la cantidad de veces que se desee entrenar al sistema, mientras mayor sea el número, mayor será la probabilidad de poder reconocer los objetos, pero al mismo tiempo incrementa el tiempo de espera.

También se cambiará la dirección, especificando el archivo que se acabó de redireccionar por medio de Python para que reconozca tanto las imágenes de entrenamiento como las imágenes de validación.

En la figura #27 se puede observar el cambio realizado, con la nueva dirección y las épocas definidas. Mientras que en la figura # 28 se puede ver cuando está a punto de terminar el entrenamiento del sistema, cumpliendo las épocas especificadas por nuestra línea de código.



```

# weights: specify a path to weights to start transfer learning from. Here we choose the generic COCO pretrained checkpoint.
# cache: cache images for faster training

!python train.py --img-size 640 --batch-size 4 --epochs 100 --data /content/yolov5/data/custom.yaml --weights yolov5.pt --cache

...
train: weights=yolov5.pt, cfg=/content/yolov5/data/custom.yaml, hyp=data/hyp/hyp_scratch_low.yaml, epochs=100, batch_size=4, imgsz=640,
gitHub: up to date with https://github.com/ultralytics/yolov5
YOLOv5: v6.2-06-g652375a Python-3.7.13 torch-1.12.1+cu113 CUDA0 (Tesla T4, 15110MiB)

Hyperparameters: lr0=0.01, lr1=0.01, momentum=0.937, weight_decay=0.0005, warmup_epochs=3.0, warmup_momentum=0.8, warmup_bias_lr=0.1, box=0.05,
weights & biases: run 'pip install clearml' to automatically track, visualize and eventually train YOLOv5 on ClearML
TensorBoard: start with 'tensorboard --logdir runs/train', view at https://localhost:6006/
downloading https://ultralytics.com/assets/clearml.ttf to /root/.config/ultralytics/clearml.ttf...
100% 715k/715k [00:00<00:00, 1189k/s]
downloading https://github.com/ultralytics/yolov5/releases/download/v6.2/yolov5.pt to yolov5.pt...
100% 164k/164k [00:12<00:00, 14.1k/s]

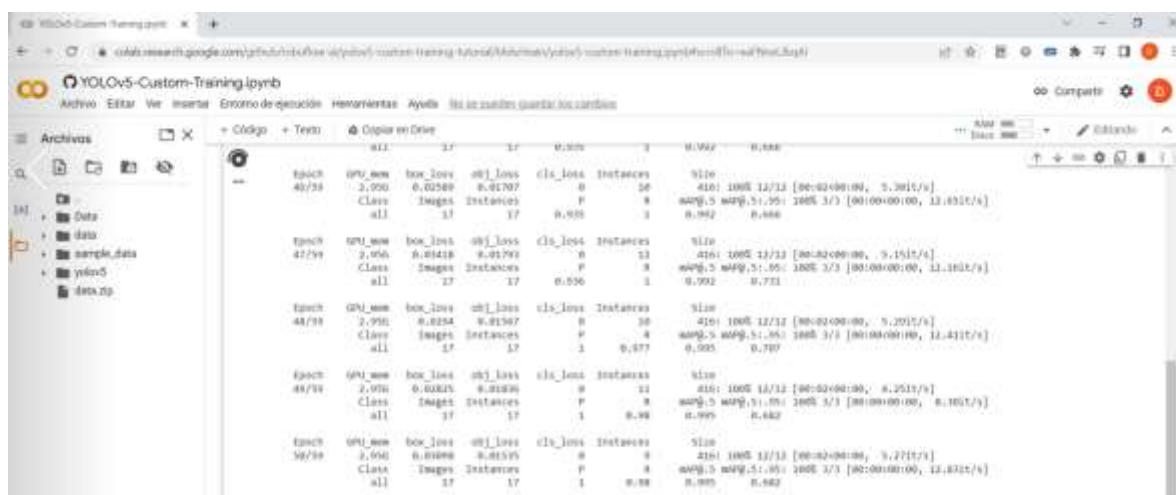
Overriding model.yaml nc=80 with nc=1

      from  to  param  module  arguments
  0  -1  1  8000  models.common.Conv  [1, 80, 6, 2, 2]
  1  -1  1 135520 models.common.Conv  [80, 160, 3, 2]
  2  -1  1  380128 models.common.C2  [160, 160, 4]
  3  -1  1  401600 models.common.Conv  [160, 128, 3, 2]
  4  -1  1  1795200 models.common.C3  [128, 128, 4]
  5  -1  1  1086600 models.common.Conv  [128, 64, 3, 2]
  6  -1  1  1112112 models.common.C1  [64, 64, 12]
  7  -1  1  7379360 models.common.Conv  [64, 128, 3, 2]
  8  -1  1  19676160 models.common.C2  [128, 128, 4]
  9  -1  1  4095040 models.common.SPPF  [128, 128, 1]

```

Figura 23. Cambio de épocas y redireccionando el archivo generado en Python

Fuente: El autor



epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size
40/50	2,950	0.02589	0.01707	0	10	410: 100% 12/11 [00:02<00:00, 5.301t/s]
		Class	Images	Instances	P	8
		all	17	17	0.938	1
						0.992 0.688
42/50	2,956	0.01418	0.01769	0	13	410: 100% 12/11 [00:02<00:00, 5.151t/s]
		Class	Images	Instances	P	8
		all	27	17	0.936	1
						0.992 0.731
44/50	2,950	0.0254	0.01587	0	10	410: 100% 12/11 [00:02<00:00, 5.201t/s]
		Class	Images	Instances	P	4
		all	17	17	1	0.977
						0.995 0.707
46/50	2,976	0.01825	0.01838	0	11	410: 100% 12/11 [00:02<00:00, 5.251t/s]
		Class	Images	Instances	P	8
		all	17	17	1	0.998
						0.995 0.682
48/50	2,950	0.01888	0.01375	0	4	410: 100% 12/11 [00:02<00:00, 5.271t/s]
		Class	Images	Instances	P	8
		all	17	17	1	0.988
						0.995 0.682

Figura 24. Épocas por cumplirse para terminar el modelado

Fuente: El autor

3.7.4. Demostración de la red neuronal creada

Una vez entrenado el sistema, se pueden verificar las métricas del entrenamiento en la figura # 29, las mismas que marcan por encima del 80% la precisión, esto indica que el modelo fue creado correctamente y puede reconocer los objetos establecidos,

En la figura # 30 se muestra como detecta el uso de casco, superando el 70 %.



Figura 25. Métricas de precisión de la red neuronal creada

Fuente: El autor



Figura 26. Reconocimiento del objeto por encima del 70%

Fuente: El autor

3.8.Pruebas de funcionamiento

En el desarrollo de este prototipo encargado de reconocer equipos de protección personal, fue necesario realizar varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento, y de esta manera lograr que el prototipo pueda superar el 60% de precisión en la detección de los objetos. Para esto fue necesario crear varias redes neuronales, cada vez enseñándole al sistema de una mejor manera.

3.8.1. Prueba #1 Casco

En la figura # 31 se puede observar el correcto uso del equipo de protección personal, en este caso el uso del casco, el mismo que el sistema reconoce y marca más de 72% de similitud, es por ese motivo que no usa el speaker hacer el llamado de atención, de ser así todo está de manera correcta.



Figura 27. Prueba del uso de casco marcando 73% de similitud

Fuente: El autor

3.8.2. Prueba #2 Casco

En la figura # 32 se puede observar que no se está usando equipos de protección personal, es por eso que el prototipo no lo reconoce, marcando menos del 29% de similitud, en este caso, el prototipo comienza hacer un llamado de atención diciendo “Por favor usar casco”, y a la vez a generar capturas de pantalla.

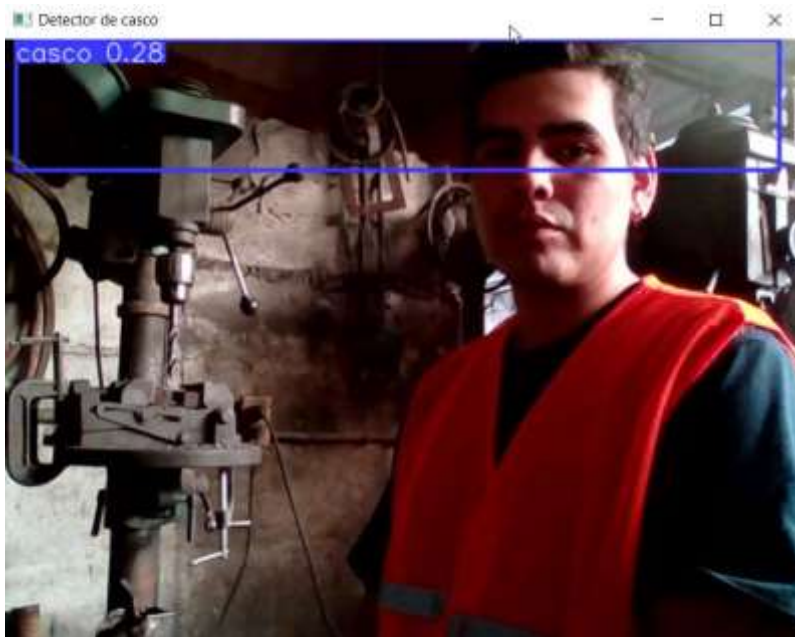


Figura 28. Prototipo detecta que no se usa casco y realiza llamado de atención
Fuente: El autor

3.8.3. Prueba # 3 Chaleco

En la figura # 33 de igual manera se puede observar el uso del chaleco, marcando un 81% de similitud, de ser así todo está en orden.



Figura 29. Detecta el chaleco con similitud de 81%
Fuente: El autor

3.8.4. Prueba #4 Chaleco

En la figura #34 se puede ver que no se pusa el respectivo chaleco, marcando una similitud inferior del 50%, en el caso de imagen es de 26%, por eso genera una alerta el prototipo.



Figura 30. Prototipo no detecta uso del chaleco, marcando 26% de similitud.

Fuente: El autor

3.9. Conclusiones

- Se comprobó lo eficiente que es el uso de un speaker debido a que de esta manera mediante la librería Pyttsx3, se puede lograr que el prototipo haga un llamado de atención, prácticamente hablando.
- El uso de una Raspberry Pi 4 permitió que el prototipo logre su correcto funcionamiento, debido a la memoria RAM con la que cuenta, una RAM inferior a 2Gb no podría soportar este prototipo.
- Se logró verificar que en el momento de crear la red neuronal la mejor decisión es poner bastantes épocas (epoch), entre 70 y 150, de esta manera el modelo puede tomar una mayor exactitud al momento de reconocer el objeto propuesto.
- La implementación del prototipo en un área industrial cumple con la detección de objetos, gracias al conjunto de hardware y software seleccionados en base al análisis y comparaciones realizadas,

3.10. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de una Raspberry Pi 4, debido a la memoria RAM que tiene este dispositivo, de esta manera permite el procesamiento de video en tiempo real.
- Otra recomendación importante es el uso de ventiladores para protección de la Raspberry, debido a la alta temperatura que podría existir en el área donde sea implementada.
- Es fundamental señalar que este prototipo queda expuesto para la realización de mejoras, debido a la gran cantidad de entornos industriales que existen, en este caso se limita a la detección de cascos y chalecos, pero lo pueden trabajar con el equipo de protección personal que requieran.
- Se recomienda el uso de una buena cámara para que de esta manera con mayor resolución pueda reconocer el uso de los objetos previamente entrenados en el sistema.
- Se recomienda usar una buena memoria Sd, y una vez verificado quien no usa los quipos de protección individual, borrar las imágenes generadas, ya que, si no hacen esto, la memoria se puede llenar.

ANEXOS

Anexo 1.

Preguntas de entrevista

1. ¿Considera usted necesario el uso de equipos de protección personal dentro del área donde laboran sus empleados?
2. ¿Conoce usted los precios en el mercado sobre los sistemas que se encargan de controlar los aspectos de seguridad operacional?
3. ¿Usted que opina sobre los prototipos de bajo costo que priorizan la seguridad dentro de un área determinada?
4. ¿Considera importante el uso de un prototipo que detecte cuando sus empleados no están usando los equipos de protección?
5. ¿Implementaría este prototipo aun sabiendo que cuando sus empleados no usen los equipos de protección se generará una captura para que usted los pueda reconocer y sin gastar mucho dinero en la implementación?

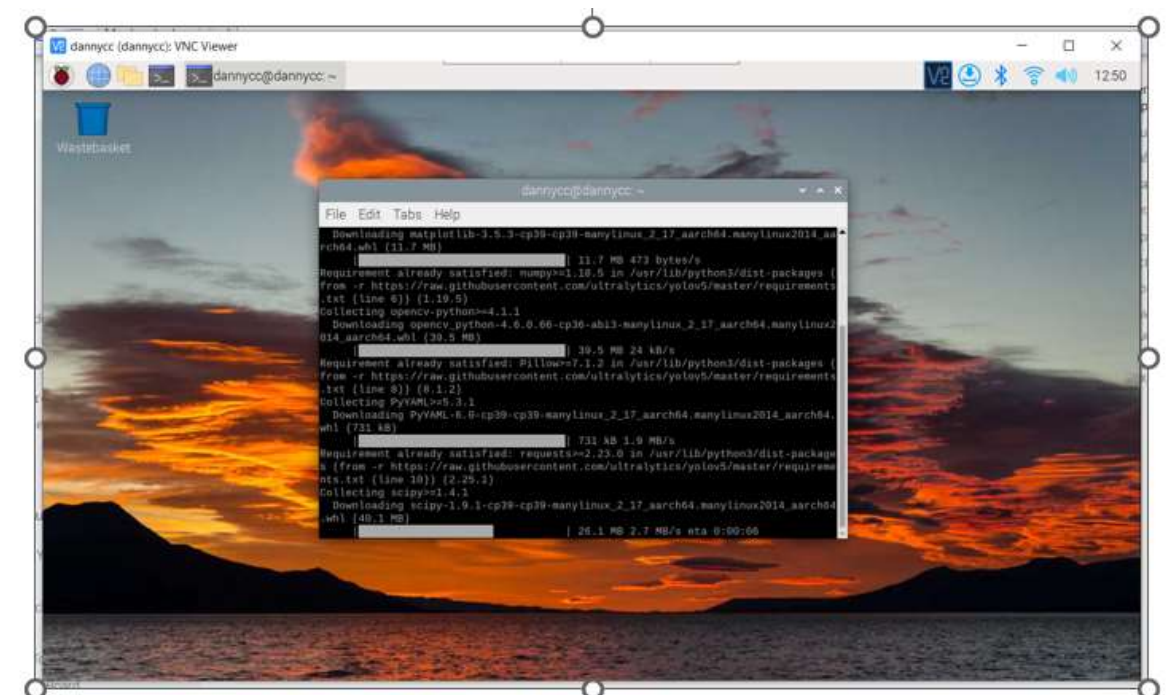
Anexo 2.

Instalación de sistema operativo de Raspberry Pi 4



Anexo 3.

Instalación de librerías en la Raspberry Pi 4



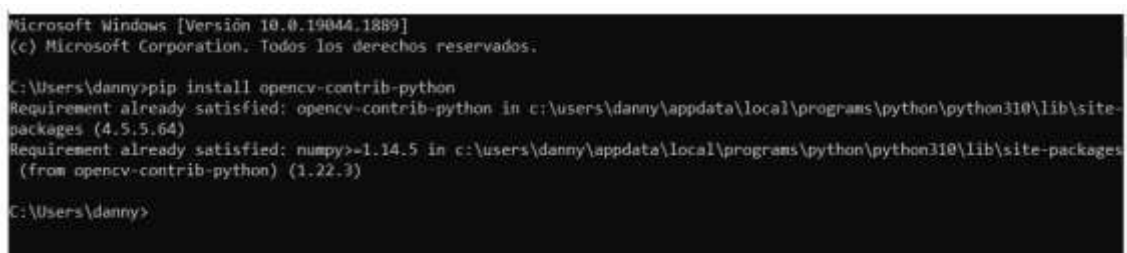
Anexo 4.

Instalación de librerías de Python

Para concluir este prototipo se incluyeron diferentes librerías de Python, cada una realiza una función diferente y son parte fundamental para que este prototipo funcione de manera correcta.

OpenCv

Esta librería es una de las más importantes, debido a que es la que activa la cámara, y permite que se puedan tomar decisiones en tiempo real. En la figura # 35 se especifica los comandos para instalar esta librería.



```
Microsoft Windows [Versión 10.0.19044.1889]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\danny>pip install opencv-contrib-python
Requirement already satisfied: opencv-contrib-python in c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (4.5.5.64)
Requirement already satisfied: numpy>=1.14.5 in c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from opencv-contrib-python) (1.22.3)

C:\Users\danny>
```

Figura 31. Instalación de librería de OpenCv

Fuente: El autor

PyTorch

Esta librería específicamente está diseñada para realizar cálculos usando programación de tensores, a su vez es muy utilizada para la creación de una red neuronal. Y en este proyecto se usará por que mediante esta librería es como se llamará al modelo entrenado. En la figura # 36 se puede observar la instalación de PyTorch, esta puede ser de diferentes maneras, también existe un paquete para instalar todas las librerías mediante un link establecido.

```
(test) C:\Users\danny> conda install pytorch -c pytorch
Solving environment: done

## Package Plan ##

  environment location: c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310

  added / updated specs:
    - pytorch

The following packages will be downloaded:
```

package	build	
numpy-base-1.15.1	py37h8128ebf_0	3.9 MB
mkl_fft-1.0.4	py37h1e22a9b_1	120 KB
wheel-0.31.1	py37_0	80 KB
pycparser-2.18	py37_1	167 KB

Figura 32. Instalación de librería PyTorch

Fuente: El autor

Numpy

Numpy va acompañada de otras librerías encargadas de detección de objeto, debido a que trabaja con vectores y matrices, ayuda a cumplir el correcto funcionamiento diciendo que punto se encuentran los píxeles por detectar.

```
Microsoft Windows [Version 10.0.18362.778]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

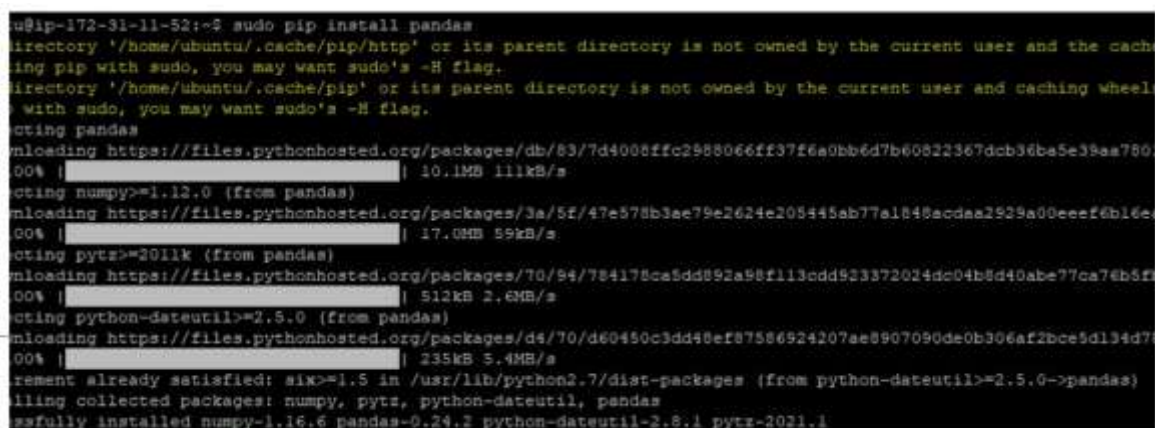
C:\Users\Madhavi> pip install numpy
Collecting numpy
  Downloading numpy-1.19.0-cp37-cp37m-win32.whl (10.9 MB)
    |#####| 10.9 MB 1.6 MB/s
Installing collected packages: numpy
Successfully installed numpy-1.19.0
```

Figura 33. Instalación de librería Numpy

Fuente: El autor

Pandas

En este proyecto, la librería Pandas sirve para mostrar la información de los objetos en el espacio, de esta manera el programa entrega un “x” y “y” Min, así como un “x” y “y” Max, a su vez el porcentaje de detección, muy importante para indicarle que cuando este se encuentre por debajo del 50 % o sea que no se reconozca el objeto, genere la alarma.



```

ubuntu@ip-172-31-11-52:~$ sudo pip install pandas
WARNING: Directory '/home/ubuntu/.cache/pip/http' or its parent directory is not owned by the current user and the cache
WARNING: Directory '/home/ubuntu/.cache/pip' or its parent directory is not owned by the current user and caching wheels
WARNING: If you do not own the current directory, you may want to consider adding it to your path.
WARNING: If you do not own the current directory, you may want to consider adding it to your path.
Collecting pandas
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/db/83/7d4008fffc2988066ff37f6a0bb6d7b60822367dcb36ba5e39aa7801
100% |#####| 10.1MB 111kB/s
Collecting numpy>=1.12.0 (from pandas)
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/3a/5f/47e578b3ae79e2624e208445ab77a1848acdaa2929a00eeef6b16e4
100% |#####| 17.0MB 59kB/s
Collecting pytz>=2011k (from pandas)
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/70/94/784178ca5dd892a98f113cdd923372024dc04b8d40abe77ca74b5f
100% |#####| 512kB 2.6MB/s
Collecting python-dateutil>=2.5.0 (from pandas)
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/d4/70/d60450c3dd48ef87586924207ae8907090da0b306af2bce5d134d7
100% |#####| 235kB 5.4MB/s
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /usr/lib/python2.7/dist-packages (from python-dateutil>=2.5.0->pandas)
Installing collected packages: numpy, pytz, python-dateutil, pandas
Successfully installed numpy-1.16.6 pandas-0.24.2 python-dateutil-2.8.1 pytz-2021.1
  
```

Figura 34. Instalación de librería Pandas

Fuente: El autor

Os

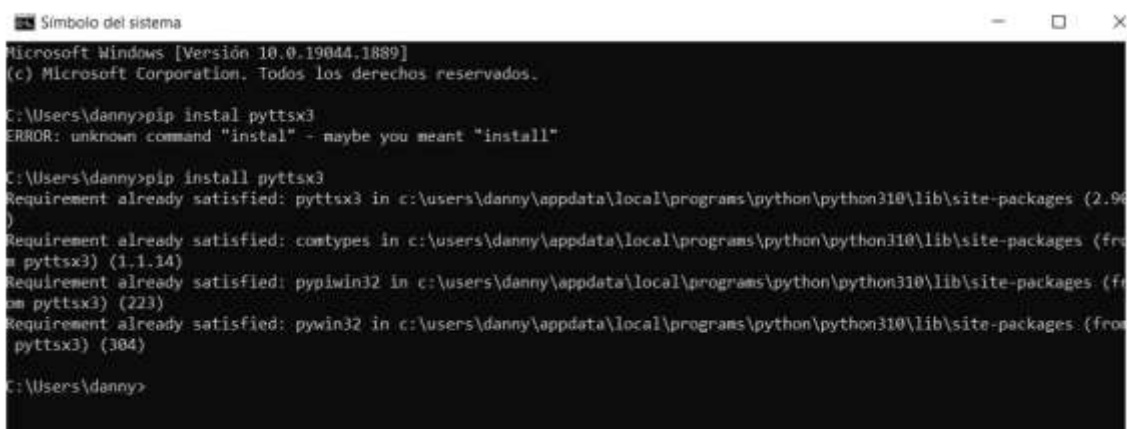
Esta librería cumple el rol de acceder y cumplir funciones dentro del sistema operativo, a su vez permite la manipulación de archivos, ya sea tanto en lectura como en escritura.

En este proyecto prácticamente lo que realiza, es crear una carpeta, comenzar a capturar imágenes y almacenarlas cada vez que no sean detectadas. Por ejemplo, el objeto no es detectado, su similitud es menor del 50%, se activa esta opción y comienza a generar capturas para que luego se pueda ver y reconocer cuando y en qué momento no se usó el respectivo equipo de protección personal.

Pyttsex3

Como ultima librería a instalar, es la que hace posible que pueda dar un mensaje el prototipo, en este caso un llamado de atención para las personas que no se les detecte equipos de protección personal, es decir que el reconocimiento se encuentre por debajo del 50%. En la figura #35, se puede observar la instalación de esta librería.

Cabe recalcar que la voz y el idioma utilizado, depende netamente del sistema operativo donde se esté ejecutando el programa.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19044.1889]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\danny>pip instal pyttsx3
ERROR: unknown command "instal" - maybe you meant "install"

C:\Users\danny>pip install pyttsx3
Requirement already satisfied: pytttsx3 in c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (2.96)
Requirement already satisfied: ctypes in c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from pytttsx3) (1.1.14)
Requirement already satisfied: pypiwin32 in c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from pytttsx3) (223)
Requirement already satisfied: pywin32 in c:\users\danny\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from pytttsx3) (304)

C:\Users\danny>
```

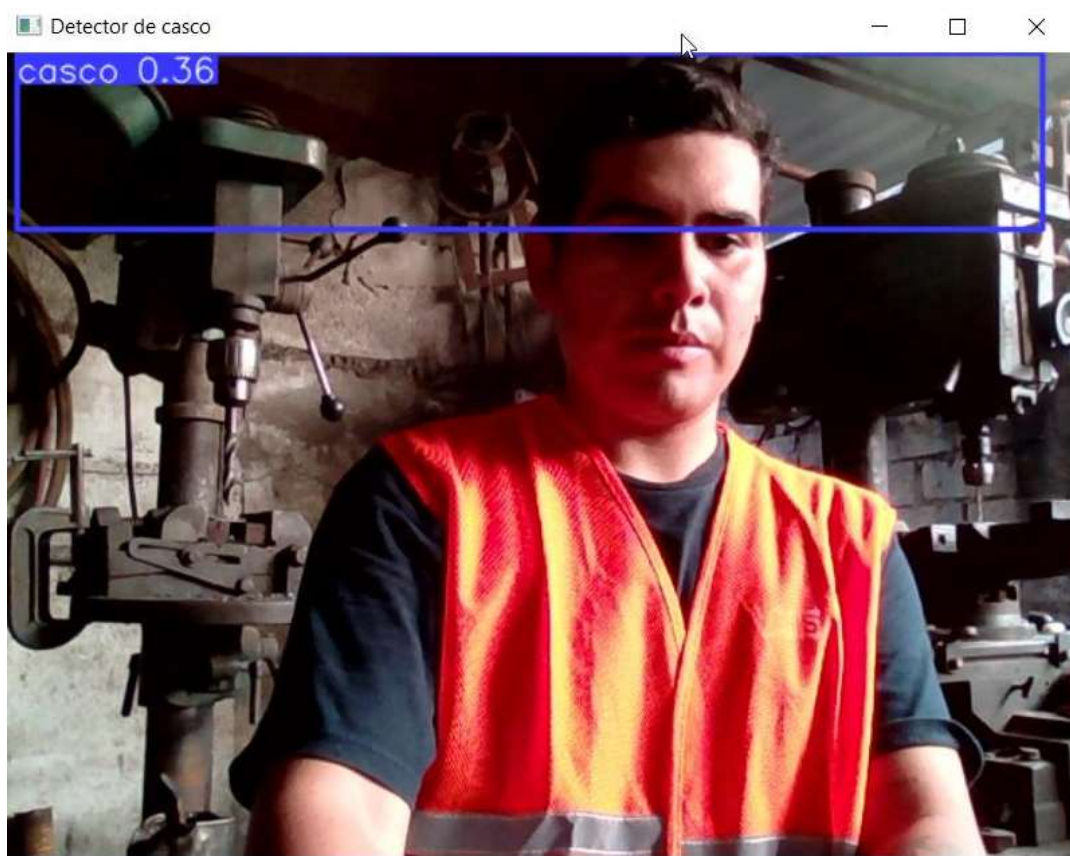
Figura 35. Instalación de librería pytttsx3

Fuente: El autor

Anexo 5.

Prueba de funcionalidad del prototipo





Anexo 6.

Codificación del prototipo

dannycc (dannycc): VNC Viewer

Thonny - /home/da...

New Load Save Run Debug Clear Info Out Stop Zoom Quit

Switch to regular mode

```

1 import torch
2 import cv2
3 import numpy as np
4 import pandas
5 import os
6 #import speech_recognition as sr
7 #import pyttsx3
8 #asaFrames = 50
9 #Lectura del modelo##
10 model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'custom',
11                        path = '/home/dannycc/Desktop/Tesis/cascov4.pt')
12 ## VideoCaptura##
13 #cap = cv2.VideoCapture(1)
14 cap = cv2.VideoCapture('rtsp://dannycc:123456@10.8.150.7:554/stream1')
15 cap.set(3, 1280)
16 cap.set(4, 720)
17
18
19
20
21 #engine = pyttsx3.init()
22 #voice_id = 'spanish-latin-am'
23
24 nombre = "SIN CASCO"
25 direccion = '/home/dannycc/Desktop/Tesis/PY'
26 carpeta = direccion + '/' + nombre
27 cont = 0
28
29 if not os.path.exists(carpeta):
30     print("Carpeta creada")
31     os.makedirs(carpeta)
32

```

dannycc (dannycc): VNC Viewer

Thonny - /home/da...

New Load Save Run Debug Clear Info Out Stop Zoom Quit

Switch to regular mode

```

38 while True:
39     ##Lectura de videocaptura##
40     ret, frame = cap.read()
41
42     #gris = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
43     #frame = cv2.resize(frame, (224, 224))
44
45     #copio = frame.copy()
46
47     #Detecciones##
48     detect = model(frame)
49
50     info = detect.pandas().xyxy[0].to_dict(orient="records")
51
52     if len(info) != 0:
53
54         for result in info:
55             conf = result['confidence']
56
57             if conf <= 0.55:
58
59                 #def talk(text):
60                     #engine.say(text)
61                     #engine.runAndWait()
62                 #talk("Por favor usa casco")
63
64                 cv2.imwrite(carpeta + "/SinCasco_{0}.jpg".format(cont), frame)
65                 cont = cont + 1
66
67                 cls = int(result['class'])
68                 x1 = int(result['xmin'])
69                 y1 = int(result['ymin'])

```

dannycc (dannycc): VNC Viewer

Thonny - /home/da...

New Load Save Run Debug Over Info Out Stop Zoom Quit

Switch to regular mode

tesis.pyK

```

60         #engine.say(text)
61         #engine.runAndWait()
62         #talk("Por favor usa casco")
63
64         cv2.imwrite(carpetas + "/SinCasco_{}.jpg".format(cont), frame)
65         cont = cont + 1
66
67         cls = int(result['class'])
68         x1 = int(result['xmin'])
69         y1 = int(result['ymin'])
70         xf = int(result['xmax'])
71         yf = int(result['ymax'])
72
73         cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (xf, yf), (0,0,255), 2)
74
75         #hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
76
77
78
79         #mask = cv2.inRange(hsv, verdeo, verdeo)
80
81         print(info)
82
83         ##Fuestra de Fps##
84         cv2.imshow('Detector de casco', np.squeeze(detect.render()))
85
86         ##Leer teclado##
87         t = cv2.waitKey(0)
88         if t == 27:
89             break
90
91         cap.release()
92         cv2.destroyAllWindows()

```


Bibliografía

(2016, July 26). Artyco | the Data Driven Company. <https://artyco.com/como-el-machine-learning-esta-detras-de-las-cosas-mas-cotidianas/>

Mosconi, F. (2015). The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. London, England: Routledge

Montiel, A. L. F. Conceptos básicos de Seguridad Industrial. INTRODUCCIÓN A LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, 16.

García, A. G. (2018). Seguridad industrial. Ecoe ediciones.

Cabrera, E. J. (2018). Mejora del reconocimiento de objetos, acciones y efectos usando los ofrecimientos probabilísticos de los objetos.

Vive UNIR. (2021). Universidad Virtual. | UNIR Ecuador - Maestrías Y Grados Virtuales; UNIR. <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/industria-4-0/#:~:text=En%20Ecuador%2C%20la%20Industria%204.0,de%20la%20sociedad%20y%20el>

Vicent Selva Belén. (2022). Cuarta Revolución Industrial - Economipedia. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/cuarta-revolucion-industrial.html>

Díaz Rendón, C. A., & Carmona González, C. P. (2011). Diseño de una metodología para la gestión de proyectos de inversión en el ITM, basada en el Project Management Institute—PMI (Master's thesis, Universidad de Medellín).

SalesForce. (2018). ¿Qué es la Cuarta Revolución Industrial?. <https://www.salesforce.com/mx/blog/2018/4/Que-es-la-Cuarta-Revolucion-Industrial.htm>

Redeweb. (2021, March 3). Revista Española de Electrónica | Todas Las Noticias de Electrónica Actualizadas a Diario. <https://www.redeweb.com/articulos/los-conversores-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>

Vila de Prado, Roberto. (2019). Revista Aportes de La Comunicación Y La Cultura, 26, 89–108. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-86712019000100010

Euston. (2020, May 19). Cuarta revolución industrial. <https://www.euston96.com/cuarta-revolucion-industrial/>

Organización Internacional del Trabajo. (2022). Ilo.org. <https://www.ilo.org/global/lang-es/index.htm>

MIT Technology. (2015). introduccion - internet de las cosas. Google.com. <https://sites.google.com/site/iotplus2015/home/introduccion>

Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. Revista UIS Ingenierías, 19(2), 177-191

Salguero-Caparrós, F. Seguridad laboral e industrial: nuevas tecnologías en la Industria 4.0. In XXV Congreso de Ingeniería de Organización (p. 179).

Castillo Suarez, J. (2021). Sistema seleccionador de botellas mediante visión artificial en Raspberry pi.

Sossa Azuela, J. H. (2020). El papel de la inteligencia artificial en la Industria 4.0.

ATRIA INNOVATION. (2021, January 12). ATRIA Innovation. <https://www.atriainnovation.com/aplicaciones-de-la-vision-artificial-en-la-industria/>

G. Jocher, “Ultralytics. yolov5.” 4 2020.

Salinas, M. (2022, March 9). YoloV5 archivos • Saturdays.AI. Saturdays.AI. <https://saturdays.ai/tag/yolov5/>

Nielsen, M. A. (2015). Neural Networks and Deep Learning. Neuralnetworksanddeeplearning.com; Determination Press.

<http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html>

Estructura del modelo de red neuronal convolucional (CNN) - programador clic. (2020). Programmerclick.com. <https://programmerclick.com/article/4110805529/>

Pascual Parada Torralba. (2021, May 21). Thinking for Innovation. <https://www.iebschool.com/blog/redes-neuronales-convolucionales-big-data/>

Prototipc. (2020, September 23). Prototipo 0. <https://prototip0.com/disenio-de-prototipos/>

Datademia. (2020, March 2). Datademia. Datademia. <https://datademia.es/blog/que-es-python>

Cámara de vigilancia TAPO C310 Tp-Link. (2021, December 2). La Victoria. <https://www.lavictoria.ec/producto/camara-de-vigilancia-tapo-c310-tp-link/>

Amazon. (2022). Amazon. <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>

CODIGO ORGANICO DE LA ECONOMIA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS. (n.d.). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Codigo-Organico-Economia-Social-de-los-Conosimientos.pdf>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (n.d.). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/Reglamento-Ley-Organica-de-Telecomunicaciones.pdf>