



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROPUESTA TECNOLÓGICA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN Y MONITOREO QUE
CLASIFICA PRODUCTOS A NIVEL INDUSTRIAL, APLICANDO COMPUTACIÓN
COGNITIVA

AUTOR

JEAN CARLO CRUZ FAJARDO

PROFESOR TUTOR

ING. LUIS ENRIQUE CHUQUIMARCA JIMÉNEZ, MSC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por haberme otorgado una maravillosa familia por acompañarme y apoyarme a cumplir mis metas, de manera muy especial a mi mamá Rosa Olga Fajardo y a mi papá Juan Moreno Valera, que siempre han estado apoyándome. Además, son un ejemplo a seguir por su trabajo duro y esfuerzo diario.

El desarrollo de este trabajo de titulación no lo puedo catalogar como algo sencillo, pero durante el proceso disfrute de cada desafío tanto en la investigación y experimentación, felicito a mis maestros, mis compañeros, y a la universidad en general por compartir conocimientos y experiencias.

Les agradezco a los docentes de la facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, especialmente al ingeniero Luis Enrique Chuquimarca, quien fue mi tutor de este trabajo de titulación, por su enseñanzas y apoyo.

Jean Carlo Cruz Fajardo

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres y hermano, quienes han sido parte fundamental en mi proceso de aprendizaje en la carrera universitaria, mi madre sembró en mi la semilla del amor, responsabilidad y valores morales.

Además, por ser la persona más importante y por demostrarme apoyo incondicional, la fuente de inspiración que siempre me impulsa a alcanzar mis metas.

A mis amigos, la fuente de alegría y compañía en los momentos más difíciles. A mis profesores y mentores, la fuente de sabiduría y guía que ha enriquecido mi camino académico.

A todas las personas que han sido una fuente de motivación y estímulo en este proceso, su influencia ha sido invaluable. Este logro es también fruto de su contribución y apoyo.

Jean Carlo Cruz Fajardo

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor de la propuesta tecnológica con título “Diseño de un Sistema Automatizado de Gestión y Monitoreo que Clasifica Productos a Nivel Industrial, Aplicando Computación Cognitiva”, presentado por el señor egresado Cruz Fajardo Jean Carlo, estudiante de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado, es aprobado en todas sus partes.

Particular que informo para los fines consiguientes.



Firmado electrónicamente por:

LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ

Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, MSc.

Docente Tutor

La Libertad, de mayo de 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD

Ing. José Aquino Sánchez, Mgt.
DIRECTOR DE CARRERA



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ**

Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, MSc.
PROFESOR TUTOR

Ing. Carlos Saldaña Enderica, Mgt.
DOCENTE ESPECIALISTA

Ab. María Rivera González, Mgt.
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

“EL DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN Y MONITOREO QUE CLASIFICA PRODUCTOS A NIVEL INDUSTRIAL, APLICANDO COMPUTACIÓN COGNITIVA, TENDRÍA COMO OBJETIVOS FUNDAMENTALES MEJORAR LA EFICIENCIA, PRECISIÓN Y ESCALABILIDAD DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS EN UN ENTORNO INDUSTRIAL”.

Autor: Jean Carlo Cruz Fajardo

Tutor: Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, MSc.

RESUMEN

El proyecto desarrollado se centra en el diseño y la simulación de un sistema integral de clasificación de productos, empleando diversas tecnologías y metodologías para lograr un sistema robusto y eficiente. La integración inteligente de múltiples tecnologías permite crear sistemas industriales avanzados que mejoran la productividad y establecen nuevos estándares en la automatización industrial, alineándose con los conceptos de la industria 5.0 y computación cognitiva.

En primer lugar, el diseño mecánico de la cinta transportadora y los cilindros neumáticos de doble efecto fue esencial para simular una infraestructura robusta, destinada al movimiento y manipulación de productos a clasificar. Utilizando SolidWorks, modelé y simulé cada componente con precisión para garantizar su funcionalidad y eficiencia en el entorno industrial. Sin embargo, la verdadera innovación radica en la integración de la visión computacional, que permitió la clasificación automática de productos con alta precisión, reduciendo la necesidad de intervención humana y mejorando la eficiencia operativa. Este diseño se alinea con los principios de la quinta revolución industrial, destacándose por su enfoque en la automatización avanzada y la inteligencia cognitiva.

La integración de la visión computacional mediante una cámara IP mejoró significativamente el sistema al permitir la identificación automática de productos en la cinta

transportadora. Utilizando el avanzado algoritmo de detección de objetos YOLOv4, el sistema es capaz de reconocer y clasificar hasta seis productos diferentes con una precisión excepcional, lo que reduce la necesidad de intervención humana y optimiza la eficiencia operativa. El sistema ha demostrado su rendimiento sobresaliente al lograr un 100% de TPR y un 0% de Falsos Positivos (FP) en la clasificación de productos. Estos resultados validan que el algoritmo clasifica correctamente todos los productos sin errores, mejorando significativamente la eficiencia operativa y eliminando la necesidad de intervención humana.

YOLO v4 se destaca como una opción sólida y efectiva para la detección de objetos en MATLAB. Aunque MATLAB no cuenta con una implementación nativa de YOLO v4, es posible integrarlo utilizando bibliotecas y herramientas externas como Darknet.

La amplia aplicación de YOLOv4 en diversos escenarios de visión por computadora subraya su eficacia y utilidad. Se destaca por su precisión mejorada, velocidad competitiva, flexibilidad y adaptabilidad, así como por su capacidad de implementación en diferentes frameworks, lo cual lo convierte en una herramienta versátil y poderosa para una amplia gama de aplicaciones.

La utilización del control de procesos mediante PLC y el lenguaje Ladder en CODESYS permitió un manejo preciso y coordinado de los cilindros neumáticos, así como una sincronización efectiva con la cinta transportadora y la cámara de visión computacional. Esta combinación proporcionó una base sólida para el funcionamiento del sistema, garantizando una operación continua y confiable. A diferencia de otros sistemas que se basan mayormente en sensores, este sistema hace un uso extensivo de la visión computacional para clasificar los productos. Por ello, se consideraron diferentes tiempos de retraso para cada tipo de producto, teniendo en cuenta su tamaño y material, lo que asegura un desempeño fluido y eficiente.

La conectividad IoT a través de una Raspberry Pi y la plataforma AnyViz facilitó el monitoreo remoto y la gestión del sistema desde cualquier ubicación con acceso a Internet. Esto proporciona una mayor flexibilidad y accesibilidad a los operadores, además de permitir la integración del sistema en entornos industriales modernos, donde la conectividad y la gestión remota son cruciales.

AnyViz ofrece una seguridad robusta, compatible con una variedad de equipos industriales y caracterizada por una interfaz amigable. La plataforma soporta diversos protocolos para la

integración de datos desde sistemas de control, dispositivos IoT y sensores a AnyViz. Destaca por su encriptación de datos, estableciendo enlaces TCP cifrados con el servidor para asegurar la privacidad y la integridad de la información transmitida.

Las técnicas aplicadas en el sistema incluyen el uso de Machine Learning en MATLAB para mejorar el rendimiento a través de la técnica de clasificación. Los modelos utilizados son Gaussian Naive Bayes, Kernel Naive Bayes, Fine KNN, Bagged Trees y Weighted KNN. Estos modelos permitieron ajustar el tiempo de retraso de los productos y activar los cilindros con precisión, lo que contribuye a una mayor precisión y eficiencia en el sistema, adaptándose mejor a las demandas variables del entorno industrial.

La Realidad Aumentada (RA) desempeña un papel crucial en la Industria 5.0, proporcionando una herramienta invaluable para la visualización y el mantenimiento de sistemas eléctricos. Entre las diversas aplicaciones de RA, se utilizó específicamente la aplicación EyeJack, la cual permite almacenar imágenes o videos en formato QR. Esto facilita a los operadores ver información contextual y guías de mantenimiento superpuestas en el mundo real. La RA ha mejorado significativamente la eficiencia y precisión en las tareas de mantenimiento y resolución de problemas, lo que ha aumentado la productividad y la fiabilidad del sistema en general.

La integración inteligente de múltiples tecnologías puede dar lugar a la creación de sistemas industriales avanzados y altamente eficientes. Al abordar los desafíos de la clasificación automatizada con un enfoque holístico y centrado en el usuario, se ha desarrollado un sistema que no solo mejora la productividad y eficiencia, sino que también establece un nuevo estándar para la automatización en entornos industriales modernos, caracterizados por la Industria 5.0. Este sistema es capaz de clasificar una amplia gama de productos, desde alimentos hasta componentes de manufactura y ensamblaje, adaptándose dinámicamente a las necesidades cambiantes del proceso industrial.

Palabras clave: MATLAB, YOLOv4, CODESYS, AnyViz, SolidWorks.

ABSTRACT

The developed project focuses on the design and simulation of a comprehensive product classification system, employing various technologies and methodologies to achieve a robust and efficient system. The intelligent integration of multiple technologies enables the creation of advanced industrial systems that enhance productivity and set new standards in industrial automation, aligning with Industry 5.0 concepts and cognitive computing. The project I have developed represents a comprehensive effort to design and build an advanced product classification system, incorporating a wide range of innovative technologies and methodologies. From mechanical and electrical design to the implementation of computer vision systems and IoT connectivity, every aspect of the project has been carefully planned and executed to deliver a robust and efficient system.

Firstly, the mechanical design of the conveyor belt and double-acting pneumatic cylinders was crucial for simulating a robust infrastructure intended for the movement and handling of products to be classified. Using SolidWorks, I precisely modeled and simulated each component to ensure its functionality and efficiency in the industrial environment. However, the true innovation lies in the integration of computer vision, which enabled automatic product classification with high precision, reducing the need for human intervention and improving operational efficiency. This design aligns with the principles of the fifth industrial revolution, standing out for its focus on advanced automation and cognitive intelligence.

The integration of computer vision through an IP camera significantly enhanced the system by enabling automatic product identification on the conveyor belt. By using the advanced object detection algorithm YOLOv4, the system can recognize and classify up to six different products with exceptional accuracy, reducing the need for human intervention and optimizing operational efficiency. The system has demonstrated outstanding performance by achieving a 100% True Positive Rate (TPR) and a 0% False Positive Rate (FP) in product classification. These results validate that the algorithm correctly classifies all products without errors, significantly improving operational efficiency and eliminating the need for human intervention.

YOLOv4 stands out as a solid and effective option for object detection in MATLAB. Although MATLAB does not have a native implementation of YOLOv4, it is possible to integrate it using external libraries and tools like Darknet. The extensive application of YOLOv4 in various computer vision scenarios highlights its effectiveness and utility. It is noted for its improved accuracy, competitive speed, flexibility, and adaptability, as well as

its capability to be implemented across different frameworks, making it a versatile and powerful tool for a wide range of applications.

The use of process control through PLC and Ladder language in CODESYS allowed for precise and coordinated control of pneumatic cylinders, as well as effective synchronization with the conveyor belt and computer vision camera. This combination provided a solid foundation for the system's operation, ensuring smooth and reliable performance at all times. Unlike other systems that primarily rely on sensors, this system makes extensive use of computer vision for product classification. Therefore, different delay times for each product type were considered, taking into account its size and material, which ensures smooth and efficient performance.

IoT connectivity through a Raspberry Pi and the AnyViz platform facilitated remote monitoring and management of the system from any location with internet access. This provides greater flexibility and accessibility to operators, as well as the ability to integrate the system into modern industrial environments where connectivity and remote management are crucial. AnyViz offers robust security, compatible with a variety of industrial equipment, and is characterized by a user-friendly interface. The platform supports various protocols for data integration from control systems, IoT devices, and sensors into AnyViz. It stands out for its data encryption, establishing encrypted TCP links with the server to ensure the privacy and integrity of the transmitted information.

The techniques applied in the system include the use of Machine Learning in MATLAB to enhance performance through classification techniques. The models used are Gaussian Naive Bayes, Kernel Naive Bayes, Fine KNN, Bagged Trees, and Weighted KNN. These models allowed for the adjustment of product delay times and precise activation of cylinders, contributing to greater accuracy and efficiency in the system, adapting better to the varying demands of the industrial environment. Additionally, the potential of Machine Learning techniques was explored to further improve the system's classification performance. By enabling continuous adaptation and optimization of classification algorithms, the system can enhance its accuracy and efficiency over time, making it even more powerful and adaptable to the changing needs of the industrial environment.

Augmented Reality (AR) plays a crucial role in Industry 5.0, providing an invaluable tool for visualization and maintenance of electrical systems. Among the various AR applications, the EyeJack app was specifically used, allowing the storage of images or videos in QR

format. This facilitates operators to view contextual information and maintenance guides overlaid on the real world. AR has significantly improved efficiency and accuracy in maintenance and troubleshooting tasks, thereby increasing overall system productivity and reliability.

The integration of multiple technologies can lead to the creation of advanced and highly efficient industrial systems. By addressing the challenges of automated classification with a holistic and user-centered approach, a system has been developed that not only enhances productivity and efficiency but also sets a new standard for automation in modern industrial environments, characterized by Industry 5.0. This system is capable of classifying a wide range of products, from food to manufacturing and assembly components, dynamically adapting to the changing needs of the industrial process.

This project represents a notable example of how the intelligent integration of multiple technologies can lead to the creation of advanced and highly efficient industrial systems. By addressing the challenges of automated classification with a holistic and user-centered approach, I have developed a system that not only improves productivity and efficiency but also sets a new standard for automation in modern industrial environments, aligning with Industry 5.0.

Keywords: MATLAB, YOLOv4, CODESYS, AnyViz, SolidWorks.

DECLARACIÓN

El contenido del presente trabajo de titulación es de mi responsabilidad, el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Cruz Fajardo Jean Carlo

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
APROBACIÓN DEL TUTOR	IV
TRIBUNAL DE GRADO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	IX
DECLARACIÓN.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XXIV
CAPÍTULO I.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	4
1.5 JUSTIFICACIÓN	5
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO	5
1.7 METODOLOGÍA	6
1.7.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA	6
1.7.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	6
1.7.3 INVESTIGACIÓN APLICADA.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2.1 MARCO CONTEXTUAL	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL	7
2.2.1 LA QUINTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	7
2.2.2 INTERNET DE LAS COSAS.....	8
2.2.3 INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS.....	9
2.2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MÁQUINA A MÁQUINA	10
EN REDES INDUSTRIALES	10

2.2. 5 PROTOCOLO DE DATAGRAMA DE USUARIO (UDP)	11
2.2.6 ARQUITECTURA UNIFICADA INCRUSTACIÓN Y ENLAZADO DE OBJETOS DE PROCESO DE CONTROL (OPC UA)	12
2.2.7 NUEVO ESTÁNDAR DE LA COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL IEC 61499	13
2.2.8 IEEE 802.11 WIFI.....	15
2.2.9 ESTÁNDARES CON MAYOR COMPATIBILIDAD CON WIFI 5.	15
2.2.10 ARQUITECTURA INTERNET DE LAS COSAS	17
2.2.11 ROUTER PROFESIONAL	18
2.2.12 SWITCH CATALYST 2960-S CISCO.....	20
2.2.13 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES	22
2.2.14 ARQUITECTURA DE VPN MEJORADO O MVPN.....	27
2.2.15 COMPUTACIÓN COGNITIVA	28
2.2.16 EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROLADOR INDUSTRIAL PARA AUTOMATIZAR	34
2.2.17 ELEMENTOS Y MODELOS 3D PARA LA SIMULACIÓN INDUSTRIAL ...	52
2.3 MARCO TEÓRICO	55
CAPITULO III	57
3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	57
3.1.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA	57
3.1.2 COMPONENTE FÍSICO	57
3.1.3 COMPONENTES LÓGICOS	59
3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	72
3.2.1 DISEÑO DEL SISTEMA INDUSTRIAL EN SOLIDWORKS	72
3.2.2 SIMULACIONES Y ANÁLISIS DE SOLIDWORKS	77
3.2.3 DISEÑO DE ESQUEMA ELÉCTRICO EN SOLIDWORK ELECTRICAL	79
3.2.4 DISEÑO DE TABLERO ELÉCTRICO 3D CON REALIDAD AUMENTADA .	83
3.2.5 CONFIGURACIONES DE SOFTWARE CODESYS 3.5 V.....	86
3.2.6 PROGRAMACIÓN EN CODESYS Y INTERFAZ HMI.....	88
3.2.7 CONFIGURACION DE CLOUD ANYVIZ.....	92
3.2.8 ALGORITMO DE YOLOV4 DETECCIÓN DE OBJETO	94
3.2.9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA COGNITIVO	95
3.3 FACTIBILIDAD DE PROPUESTA.....	96

3.3.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	96
3.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.....	96
CAPITULO IV.....	101
4.1 RESULTADOS	101
4.1.1 COMUNICACIÓN DE EQUIPOS DE RED.....	101
4.1.2 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA RED	107
4.1.3 BASE DE DATOS DE PRODUCTOS A CLASIFICAR OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN DE SOLIDWORKS	124
4.1.4 DATOS ORGANIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE MODELO DE MACHINE LEARNING COORDENADAS (X; Y; Z) TRANSLACIÓN, ROTACIÓN, CENTRO DE MASA, INERCIA.....	130
4.1.5 MODELOS DE MACHINE LEARNING	132
4.1.6 HERRAMIENTA DE MATLAB DE VISIÓN COMPUTACIONAL CON ALGORITMO YOLOV4	155
4.1.5 CONFIGURACIÓN DE CONTROL REMOTO ANYVIZ Y CODESYS 3.5 V	164
4.1.7 CUADRO COMPARATIVO CON LA INDUSTRIA 4.0 VS INDUSTRIA 5.0	169
CONCLUSIONES	171
RECOMENDACIONES.....	172
ANEXOS	182

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. VENTAJAS DE INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS, REALIZADO POR EL AUTOR... 10	
FIGURA 2. LOS PROTOCOLOS DE RED MODERNOS [21]	11
FIGURA 3. CONEXIÓN DE OPC ENLACE DATOS POR MEDIO DE UNA RED TCP, REALIZADO POR EL AUTOR.....	13
FIGURA 4. ARQUITECTURA DE MODELO OSI EN IOT [26].	17
FIGURA 5. ROUTER PROFESIONAL CISCO PUERTOS E INTERFACES [28].	19
FIGURA 6. SWITCH CATALYST 2960-S PARTES FÍSICAS [29].	20
FIGURA 7. RED DE PROFIBUS [32].	22
FIGURA 8. CONFIGURACIÓN PROFIBUS DP [32].	24
FIGURA 9 . TOPOLOGÍA EN ÁRBOL O ESTRELLA [34].	25
FIGURA 10. TOPOLOGÍA EN ABARRAMIENTO [34].	25

FIGURA 11 CONEXIÓN DE PROFIBUS FMS/PA/DP [33]	26
FIGURA 12. ARQUITECTURA VPN TRADICIONAL [37].....	27
FIGURA 13. ARQUITECTURA MVPN [38].....	28
FIGURA 14. JERARQUÍA DE SISTEMAS COGNITIVOS [39]	29
FIGURA 15 CARACTERÍSTICAS DE MACHINE LEARNING APLICADO [40]	30
FIGURA 16 PROCESO DE VISIÓN ARTIFICIAL [41].....	31
FIGURA 17. DIAGRAMA DE FLUJO YOLOV4 [44]	32
FIGURA 18 . YOLOV4 [41].	33
FIGURA 19. ESTRUCTURA DE MAPEO PANET [44].	33
FIGURA 20. PARTES DE PLC BÁSICO [39].....	36
FIGURA 21 . ESQUEMA BÁSICO DE BREAKER SELECCIONADOR [48].	38
FIGURA 22 ESQUEMA BÁSICO DE DISYUNTOR [47].....	39
FIGURA 23. ESQUEMA BÁSICO DE CONTACTOR DE POTENCIA [49].....	40
FIGURA 24 . BORNEROS BÁSICOS EN LA INDUSTRIA [50].....	41
FIGURA 25 ESQUEMA DE RELÉ TÉRMICO DE SOBRECARGA [43].	43
FIGURA 26 BORNERO PORTA -FUSIBLE [51].	44
FIGURA 27. VARIADOR DE FRECUENCIA PWM [53].....	45
FIGURA 28 RELÉ MSR127RTP [54].	46
FIGURA 29. PANEL SIMATIC HMI [55].	48
FIGURA 30. BATERÍA UB12750 [56].	49
FIGURA 31 TABLERO ELÉCTRICO Y PARTES [57].....	50
FIGURA 32 PARTES DE MOTOR REDUCTOR [58].	51
FIGURA 33 PARTES PRINCIPALES DE CINTA TRANSPORTADORA DISEÑO DEL AUTOR.....	52
FIGURA 34. PARTES DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO [60].....	53
FIGURA 35 CÁMARA IP [61].	54
FIGURA 36 PARTES DE RASPBERRY PI [65].....	58
FIGURA 37 CODESYS 3.5 V ESTRUCTURA DE WEB VISUALIZACIÓN [67].....	62
FIGURA 38 ESTRUCTURA DE CONTROL REMOTO DEL PLC CODESYS 3.5 V [67].	62
FIGURA 39 COMPATIBILIDAD ANYVIZ CON OTRAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES [68].	64
FIGURA 40. HERRAMIENTA SPEEDTEST [69].....	64
FIGURA 41. INTERFAZ DE NEOTRACEPRO [70].	65
FIGURA 42. HERRAMIENTA PINGPLOTTER PRO [71].....	66
FIGURA 43. WIRESHARK INTERFAZ [72].....	66
FIGURA 44. BUSCADOR SHODAN [73].....	67

FIGURA 45 INTERFAZ DE MATLAB [74].	68
FIGURA 46 INTERFAZ DE SOLIDWORKS [75].	70
FIGURA 47 INTERFAZ DE SOLIDWORKS ELECTRICAL [76].	71
FIGURA 48 REALIDAD AUMENTADA [77].	71
FIGURA 49. ESTRUCTURA DE CINTA DISEÑO DE AUTOR.	74
FIGURA 50 RODILLO DISEÑO DE AUTOR.	74
FIGURA 51 MOTOR REDUCTOR [52].	74
FIGURA 52 ENSAMBLE DE CINTA.	75
FIGURA 53 SEPARADOR DE CAJAS DISEÑO DEL AUTOR.	75
FIGURA 54 CILINDRO NEUMÁTICO DOBLE EFECTO DISEÑO DEL AUTOR.	76
FIGURA 55 ENSAMBLE COMPLETO DISEÑO DEL AUTOR.	76
FIGURA 56. CAJAS DE PRODUCTOS DISEÑO DEL AUTOR.	77
FIGURA 57 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO SOLIDWORKS.	77
FIGURA 58 ESTUDIO DE MOVIMIENTO DE CAJAS.	78
FIGURA 59 TAREAS DE SIMULACIÓN.	78
FIGURA 60. CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS.	79
FIGURA 61 ESQUEMA DE POTENCIA.	80
FIGURA 62 ESQUEMA DE CILINDROS DE DOBLE EFECTO.	80
FIGURA 63. ESQUEMA DE CONTROL	81
FIGURA 64 ESQUEMA DE REPLAZO PARA CONTROL DE CILINDROS.	81
FIGURA 65 SINÓPTICO DE ELÉCTRICO Y CONTROL.	82
FIGURA 66 TABLERO ELÉCTRICO 3D	84
FIGURA 67 QR Y ETIQUETAS PARA REALIDAD AUMENTADA.	84
FIGURA 68 APLICACIÓN EYEJACKAPP.	85
FIGURA 69. CÓDIGO QR DONDE SE ALMACENA LA FICHA TÉCNICA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.	85
FIGURA 70. CÓDIGO QR DONDE SE ALMACENA LA FICHA TÉCNICA DEL DISYUNTOR.	85
FIGURA 71. CÓDIGO QR DONDE SE ALMACENA LA FICHA TÉCNICA DE CONTACTOR TÉRMICO.	86
FIGURA 72. CODIGO QR DONDE SE ALMACENA LA FICHA TÉCNICA DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.	86
FIGURA 73 LIBRERÍA CODESYS	87
FIGURA 74 CONFIGURACIÓN RASPBERRY PI 4	87
FIGURA 75 CONFIGURACIÓN PLC VIRTUAL.	88
FIGURA 76 VARIABLES DE LENGUAJE LADDER	88

FIGURA 77 LENGUAJE LADDER TON	89
FIGURA 78 LENGUAJE LADDER TOF.....	90
FIGURA 79 MÓDULO DE ANYVIZ	90
FIGURA 80. VARIABLES GLOBALES PARA VISUALIZACIÓN.....	91
FIGURA 81 INTERFAZ DE USUARIO DE CODESYS.....	91
FIGURA 82 INTERFAZ DE USUARIO DE ANYVIZ.....	92
FIGURA 83. VARIABLES QUE ENTRELAZAN A SOFTWARE CODESYS3.5	93
FIGURA 84 CONFIGURACIÓN Y SEGURIDAD	93
FIGURA 85. MAPA DE DISPOSITIVOS CONECTADOS CON EL SOFTWARE CODESYS3.5	94
FIGURA 86. REGISTRO DE ACTIVIDAD EN LA PLATAFORMA ANYVIZ	94
FIGURA 87 RED INDUSTRIAL 5.0 DISEÑO DE AUTOR.....	101
FIGURA 88. PROTOCOLO TRIVIAL DE TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS	102
FIGURA 89. CONFIGURACIÓN ROUTER CISCO	103
FIGURA 90. CONFIGURACIÓN HMI	103
FIGURA 91. PING LAPTOP.	104
FIGURA 92. PING RASPBERRY PI 4	105
FIGURA 93. PING HMI	105
FIGURA 94. REGISTRO DE SERVIDOR	106
FIGURA 95. INTERFAZ DE CÁMARA IP Y PANTALLA HMI DESACTIVADO.....	106
FIGURA 96. INTERFAZ DE CÁMARA IP Y PANTALLA HMI ACTIVADO	107
FIGURA 97. TEST DE VELOCIDAD SPEEDTEST	108
FIGURA 98. TEST DE VELOCIDAD DE DESCARGA	108
FIGURA 99. TEST DE VELOCIDAD DE SUBIDA	108
FIGURA 100. RENDIMIENTO DE LA RED.....	109
FIGURA 101. CONEXIONES TCP.....	110
FIGURA 102. PROCESOS DE ACTIVIDAD DE LA RED	110
FIGURA 103. PUERTOS DE ESCUCHA	111
FIGURA 104. RUTA DE DATOS AL PORTAL.ANYVIZ.IO.....	112
FIGURA 105. NODOS DE RED DE ÁREA AMPLIA (WAN).....	112
FIGURA 106. MOTOR DE BÚSQUEDA DE SHODAN	113
FIGURA 107. INFORMACIÓN DE SERVIDOR 172.18.50.130	114
FIGURA 108. DATOS DE CONSOLA DE SHODAN	115
FIGURA 109. SEÑAL DE DISPOSITIVO IoT	116
FIGURA 110. LATENCIA DE ROUTER PRINCIPAL Y REPETIDOR	117

FIGURA 111. CAPTURA DE TRAFICO DE LA RED LOCAL	118
FIGURA 112. DATOS DE DESTINO RASPBERRY PI 4	120
FIGURA 113. GRAFICO DE E/S DE WIRESHARK WI-FI	122
FIGURA 114. FORMATO CISCO CONTRAFUEGOS.....	123
FIGURA 115. ENVIÓ DE PAQUETES A LA PLATAFORMA ANYVIZ	124
FIGURA 116. BASE DE DATOS DE CÁLCULOS DE LA SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS	125
FIGURA 117. ASIGNACIÓN DE VARIABLES A SIMSCAPE MULTIBODY PARA MATLAB(SIMULINK)	126
FIGURA 118. ESCALA DIMENSIONAL DE LOS DATOS.....	126
FIGURA 119. DATOS DE INERCIA DE SIMULACIÓN	127
FIGURA 120. DATOS DE CENTRO DE MASA	129
FIGURA 121. RESULTADOS DE ROTACIÓN Y TRANSLACIÓN DE LA SIMULACIÓN.....	132
FIGURA 122. ALMACENAMIENTO DE DATOS EN MATLAB	134
FIGURA 123. MODELOS DE CLASIFICACIÓN	135
FIGURA 124. MODELOS EXITOSOS DE CLASIFICACIÓN.....	136
FIGURA 125. MODELO 2.6.....	137
FIGURA 126. NÚMERO DE OBSERVACIONES	137
FIGURA 127. CLASE PREDICCIÓN.....	138
FIGURA 128. CLASE PREDICCIÓN PPV	139
FIGURA 129. PARÁMETRO AUC	139
FIGURA 130. PREDICCIÓN DE LAS TRES VARIABLES, ROTACIÓN, TRANSLACIÓN Y CENTRO DE MASA.....	140
FIGURA 131. MODELO 2.7.....	141
FIGURA 132. PREDICCIÓN CLASE.....	141
FIGURA 133. RESULTADOS TPR	142
FIGURA 134. RESULTADO PPV	142
FIGURA 135. PARÁMETRO AUC DEL MODELO 2.7	143
FIGURA 136. PREDICCIÓN DE TODAS LAS VARIABLES.....	143
FIGURA 137. PREDICCIÓN DE OBSERVACIONES	145
FIGURA 138. PREDICCIÓN CLASE TPR.....	145
FIGURA 139. PREDICCIÓN CLASE PPV	146
FIGURA 140. PARÁMETROS AUC MODELO2.14	146
FIGURA 141. PREDICCIÓN DE TODAS LAS VARIABLES	147
FIGURA 142. MODELO 2.17.....	147

FIGURA 143. NÚMERO DE OBSERVACIONES.....	148
FIGURA 144. PREDICCIÓN CLASE TPR	148
FIGURA 145. PREDICCIÓN CLASE PPV	149
FIGURA 146. PARÁMETRO AUC	149
FIGURA 147. TODAS LAS PREDICCIONES DE LAS VARIABLES	150
FIGURA 148. MODELO 2.19	150
FIGURA 149. NÚMERO DE OBSERVACIONES	151
FIGURA 150. PREDICCIÓN CLASE TPR.....	151
FIGURA 151. PREDICCIÓN CLASE PPV	151
FIGURA 152. PARÁMETRO AUC.....	152
FIGURA 153. PREDICCIÓN DE TODAS LAS VARIABLES.....	152
FIGURA 154. MODELO 2.20.....	153
FIGURA 155. NUMERO DE OBSERVACIONES	153
FIGURA 156. PREDICCIÓN CLASE TPR.....	153
FIGURA 157. PREDICCIÓN CLASE PPV	154
FIGURA 158. PARÁMETRO AUC	154
FIGURA 159. PREDICCIÓN DE TODAS LAS VARIABLES.....	155
FIGURA 160. PREENTRENAMIENTO DE PRODUCTOS (BANANA).....	156
FIGURA 161. PREENTRENAMIENTO DE PRODUCTOS (BOTELLAS)	156
FIGURA 162. COMANDO PARA ANÁLISIS DE VIDEO DE LA SIMULACIÓN DE SOLIDWORKS	157
FIGURA 163. DETECCIÓN DE BOTELLA	157
FIGURA 164. DETENCIÓN DE PLÁTANO	158
FIGURA 165. MAPEO Y ETIQUETAS	158
FIGURA 166. MAPEO PANET EN LA RED NEURONAL.....	159
FIGURA 167. VENTANA DE VIDEO LABELER EN MATLAB	160
FIGURA 168. DESIGNACIÓN DE ETIQUETAS EN ALGORITMO YOLOV4	161
FIGURA 169. COMPLEMENTO DAKNET53-COCO Y MAPEO.....	162
FIGURA 170. IDENTIFICACIÓN DE LA IMAGEN Y RECUADROS	163
FIGURA 171. CONSOLA GATEWAY CODESYS	164
FIGURA 172. DISPOSITIVOS A CONECTAR	164
FIGURA 173. ACTIVACIÓN DE RASPBERRY PI COMUNICACIÓN.....	165
FIGURA 174. INGRESO DE SECCIÓN A DISPOSITIVO IOT	165
FIGURA 175. COMUNICACIÓN PLC VIRTUAL Y DISPOSITIVO IOT	166
FIGURA 176. FUNCIONAMIENTO DE INTERFAZ DE VISUALIZACIÓN	167

FIGURA 177. INTERFAZ DE CONTROL ANYVIZ.....	168
FIGURA 178. FUNCIONAMIENTO REMOTO DEL SISTEMA.	168

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE CADA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.	8
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE PROTOCOLOS UDP.	12
TABLA 3. ESTRUCTURA DEL ESTÁNDAR IEC 61499.	14
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS IEEE 802.11AC	16
TABLA 5. VELOCIDAD DEL ESTÁNDAR 802.11AX.....	16
TABLA 6. MEMORIA Y ALMACENAMIENTO DEL ROUTER.....	18
TABLA 7. PARTES FÍSICAS DE SWITCH CATALYST 2960-S.....	21
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DE PROFIBUS DP.	23
TABLA 9. DATOS IMPORTANTES DE PROFIBUS PA.....	24
TABLA 10. TIPOS DE COMUNICACIÓN PROFINET.....	26
TABLA 11. TOPOLOGÍA DE RED PROFINET.....	27
TABLA 12. DATOS DESTACADOS DE PLC s7-1200	36
TABLA 13. DATOS DESTACADOS DE BREAKER EASY9	37
TABLA 14. DATOS IMPORTANTES DE DISYUNTOR.....	39
TABLA 15. DATOS IMPORTANTES CONTACTOR DE POTENCIA	40
TABLA 16. DATOS IMPORTANTES CONTACTOR DE POTENCIA	41
TABLA 17. DATOS IMPORTANTES CONTACTOR DE POTENCIA	42
TABLA 18. DATOS IMPORTANTES BORNERO PROTA-FUSIBLE	44
TABLA 19. DATOS IMPORTANTES VARIADOR DE FRECUENCIA.....	45
TABLA 20. DATOS IMPORTANTES RELÉ.....	46
TABLA 21. SMATIC HMI	48
TABLA 22. BATERÍA UB12750 DATOS ELÉCTRICOS.	49
TABLA 23. DATOS DE MOTOR REDUCTOR.....	51
TABLA 24. DATOS CÁMARA IP	54
TABLA 25 DATOS DE RASPBERRY PI 4.....	59
TABLA 26. LENGUAJES QUE MANEJA CODESYS 3.5V	60
TABLA 27. DATOS DE LEYENDA.....	83
TABLA 28. COSTO DE SOFTWARE Y HERRAMIENTAS VIRTUALES	97
TABLA 29. COSTO DE ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN DE LA RED.....	97

TABLA 30. COSTO DE ELEMENTOS DE CIRCUITO DE POTENCIA.....	98
TABLA 31. COSTO DE ELEMENTOS DE CIRCUITO DE CONTROL	98
TABLA 32. COSTO DE ESTRUCTURA DEL DISEÑO.....	99
TABLA 33. COSTOS DEL DISEÑO	100
TABLA 34. ENRUTAMIENTO DE RED	101
TABLA 35. TABLA COMPARATIVA	169

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS PARA INERCIA [78].....	127
ECUACIÓN 2. CENTRO DE MASA [79]	128
ECUACIÓN 3. ECUACIÓN DE VELOCIDAD PERIFÉRICA O LINEAL	129
ECUACIÓN 4. RESULTADO DE DATOS	129
ECUACIÓN 5. FUERZA EN SISTEMAS DE PESAJE	129
ECUACIÓN 6. RESULTADO DE DATOS	130
ECUACIÓN 7. POTENCIA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS [80]	130
ECUACIÓN 8. RESULTADO DE POTENCIA ELÉCTRICA DEL SISTEMA.....	130
ECUACIÓN 9. MATRIZ ROTACIONAL EJE X [81]	131
ECUACIÓN 10. MATRIZ ROTACIONAL EJE Y [81].....	131
ECUACIÓN 11. MATRIZ ROTACIONAL EJE Z [81]	131
ECUACIÓN 12. MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN HOMOGÉNEA [82].....	131
ECUACIÓN 13. FÓRMULA DE REDUCCIÓN PORCENTUAL [83].....	170

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 COMANDO DE PREENTRENAMIENTO	182
ANEXO 2 ALGORITMO YOLOV4 AUTOMATIZADO.....	182
ANEXO 3 FICHA TÉCNICA DE BATERÍA	184
ANEXO 4 FICHA TÉCNICA DE MOTOR	184
ANEXO 5. FICHA TÉCNICA DE BOTONES	185
ANEXO 6 FICHA TÉCNICA DE DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO.....	186
ANEXO 7 FICHA TÉCNICA DE RASPBERRY PI 4.....	186
ANEXO 8 FICHA TÉCNICA DE VARIADOR DE FRECUENCIA	187
ANEXO 9 ESQUEMA DE CONEXIONES	188

ANEXO 10 ESQUEMA DE CONTROL.....	189
ANEXO 11. DIAGRAMA DE CILINDROS DOBLE EFECTO	190
ANEXO 12 ESQUEMA DE CIRCUITO DE POTENCIA	190
ANEXO 13 COMPONENTES DE GABINETE O TABLERO ELÉCTRICO	191
ANEXO 14 LENGUAJE ESCALERA DE CONTROL DE CILINDROS	191
ANEXO 15 LENGUAJE ESCALERA CONTROL DE INDICADORES Y MODULO ANYVIZ.....	192
ANEXO 16 BIBLIOTECA DE LIBRERÍAS INSTALADAS EN CODESYS	192
ANEXO 17 DISEÑO 3D DE TABLERO ELÉCTRICO SOLIDWORKS.....	193
ANEXO 18 DISEÑO DE CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS SOLIDWORKS	193
ANEXO 19. ANÁLISIS DE CONTENIDO DEL DOCUMENTO	194

INTRODUCCIÓN

La cuarta revolución industrial a nivel mundial está en proceso de cambios con la integración de nuevas tecnologías, que permitirán escalar a una nueva etapa con los dispositivos inteligentes interconectados a plataformas Cloud o servidores, para monitorear y controlar sistemas automatizados de forma remota, aplicando internet de las cosas acompañado con la inteligencia artificial, donde surge el nuevo concepto de la quinta revolución industrial tecnológica que se basa en entornos inteligentes y computación cognitiva [1].

Según estudios del foro económico mundial, Ecuador se encuentra en el ranking 85 de 134 de los países con industrias 4.0, reporte de “The Network Readiness Index 2020”, claramente esto demuestra que estamos en desventaja a nivel mundial, para mejorar esta estadística, debemos actualizar los dispositivos y técnicas, aplicando conceptos de la industria 5.0 [2].

El respaldo de este proyecto es de una investigación anterior llamada “Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas” enfocado a la industria 4.0, publicada en la revista Científica y Tecnológica UPSE [3]. El presente trabajo describe un diseño de un sistema automatizado de gestión y monitoreo que clasifica productos a nivel industrial, aplicando computación cognitiva. En el capítulo 1 se detalla la propuesta tecnológica, mostrando información importante para entender la dirección del proyecto, como antecedentes, objetivos y resultados de cada fase de investigación y simulación, metodología utilizada para la ejecución de los objetivos específicos. En el capítulo 2 se aplican las metodologías de la investigación, con información clara y precisa para el marco contextual, conceptual y teórico, para cada subtema, se especificarán datos técnicos de estudios anteriores con bases sólidas de ingeniería. En el capítulo 3 se muestra el desarrollo del proyecto, detallando los componentes utilizados en el diseño simulado, también se proporciona los pasos de la comunicación en los diferentes software y enlace de variables con los módulos, programación del comportamiento de los procesos y entrenamiento de computación cognitiva en los softwares de cálculo y modelado aplicando modelos de machine Learning y visión computacional. En el último capítulo se muestran los resultados de la simulación y diseño del proyecto de titulación, el objetivo general y agregan recomendaciones para el uso de software y herramientas secundarias, para las simulaciones y recolección de datos del proceso de clasificación de producto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA PROPUESTA

1.1 ANTECEDENTES

La revolución industrial inicio en el año 1760 en el Reino Unido, los avances científicos en esa época aplicaron métodos de producción, con la integración de máquinas de vapor y junto con hornos de la siderurgia, que años más adelante se expandieron las fábricas en Europa y Estados Unidos.

Un siglo después en 1870 surgió la segunda revolución industrial, las maquinarias empezaron ser más complejas con las nuevas energías de carbono y gas, aumentando la producción y extendiéndose a nivel mundial.

Otro siglo después la tercera revolución industrial nació en 1970, también llamada Sociedad de la información, los principales lideres conformados por la Unión Europea, Japón y Estados Unidos, aportaron grandes avances en sectores de la energía como el uso de hidrogeno y la comunicación.

El siguiente cambio fue en el año 2011 empezó la cuarta revolución industrial, represento un desarrollo profundo en nuestra sociedad, velocidad, alcance y un impacto en sistemas interconectados [4].

Diez años después la Comisión Europea en camino el desarrollo del sector industrial, a utilizar las tecnologías más competitivas, para generar un impacto positivo aplicando cobots, aprendizajes automáticos e inteligencia artificial, para aplicar la quinta revolución industrial apoyado con en entornos inteligentes con internet de las cosas y en computación cognitiva [5].

El desarrollo de Internet de las cosas es el principal pilar fundamental de la cuarta revolución industria, permite interconectar los diferentes equipos que monitorean y controlar los sistemas industriales en tiempo real. Además, la quinta revolución industrial incorpora computación cognitiva y digitalización de los datos reales, ayudando alcanzar precisión y efectividad, mejorando los algoritmos de aprendizaje en las tareas industriales, obteniendo mejores resultados en la producción a nivel operacional. Para ejecutar un sistema de forma exitosa por lo general se realiza un modelo digital, para evaluar los posibles retrasos y aplicar mejoras en el diseño. La virtualización de un entorno industrial es fundamental, ya

que la ciencia de datos juega un papel importante en el aprendizaje automático, con modelos semánticos [6].

La industria 5.0 integra el internet industrial de las cosas y la inteligencia artificial. Además, la quinta revolución industrial representa una solución a los desafíos sociales que se dirigen más lejos que la optimizar y productividad, sino en el centro de los procesos de fabricación respetando los límites en cuanto a el medio ambiente.

La computación de borde, gemelos digitales, robots automatizados, crean nuevas oportunidades para gestionar los sistemas con plataformas en la nube, para administrar las cadenas de suministros de forma remota.

La preferencia en la inteligencia artificial, big data, transformación digital y Machine Learning, se encuentra en pleno desarrollo en las industrias que integran estas tecnologías, para formar sistemas cognitivos con el propósito de mejorar en calidad y comunicación entre los diferentes equipos [7].

Muchas industrias están integrando algoritmos que les permite mejorar el desempeño en sus actividades, con técnicas de Machine Learning. Además, reducir el tiempo y esfuerzo en los procesos, esto impulsa a métodos de fabricación de vanguardia y disponibilidad grande servicios de almacenamiento de datos, para aplicar técnicas de autoaprendizaje.

Los procesos de ensambles automatizados están equipados con tecnología para reconocer errores, para evitar accidentes y retrasos dentro del sistema mediante sensores y actuadores [8].

Big data y Machine Learning puede representar las bases para desarrollar entornos inteligentes para producción y servicios en la industria, utilizando múltiples datos de monitoreo de condiciones y funcionamientos como el sistema eléctrico, temperatura, sensores o actuadores.

Además, la visión computacional prácticamente permite identificar objetos o patrones de una imagen procesada, esto incluye el tratamiento de un fotograma o video cámara, permite configurar el tipo de segmento han identificar para extraer características y reconocimientos o localización, para interpretar acciones o toma de decisiones en los sistemas [9].

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El propósito del proyecto es el diseño de un sistema automatizado de gestión y monitoreo que clasifica productos a nivel industrial, aplicando computación cognitiva para crear sistemas inteligentes y de autoaprendizaje, que permite acelerar y optimizar los procesos industriales automatizados aplicando gemelo digital y modelos de Machine Learning.

Con el fin de evaluar el gasto en inversión en componentes, dispositivos a utilizar en el sistema, reducir el alto costo energético y compatibilidad entre los equipos de comunicación industrial.

Una vez realizada la simulación del sistema industrial con el software SolidWorks, se extraerá los parámetros del sistema industrial aplicando el gemelo digital, para obtener la información de los elementos como motores y reductores de las cintas transportadoras, para la respectiva clasificación de productos. Además, se analizará y entrenará mediante visión computacional, la clasificación de objetos aplicando técnicas de procesamiento de imágenes con diferentes técnicas de Machine Learning, con el fin de crear un sistema cognitivo, reduciendo el tiempo de respuesta en los procesos clasificación.

Se programará en lenguaje Ladder el comportamiento de los motores e indicadores del sistema con el software CODESYS 3.5, que permite utilizar un PLC virtual, para controlar y monitorear la clasificación de productos. Además, se diseñará el tablero eléctrico y de conexiones del sistema para dimensionar costos, comparar los equipos y software, para la automatización del sistema industrial inteligente.

Se utilizará la plataforma AnyViz para monitorear la interfaz y controlar los procesos de clasificación de forma remota del sistema industrial diseñado, con un Raspberry pi 4 permitirá la conectividad a la nube y comunicación con el PLC virtual. Además, se entrenará el sistema diseñado con el software Matlab, aplicando métodos de visión computacional y Machine Learning, para generar una base de datos e identificar patrones, para respectiva clasificación de productos de sistema simulado, esto ayudara a predecir las trayectorias de clasifican y evaluar la mejor decisión del sistema.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automatizado de gestión y monitoreo de clasifica productos a nivel industrial, aplicando computación cognitiva, para la optimización de tiempo de respuesta del proceso.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diseñar el sistema automatizado mediante el software SOLIDWORKS, para simular los procesos de clasificación de productos a nivel industrial.
- ✓ Diseñar el tablero eléctrico y conexiones del sistema mediante el software SOLIDWORKS ELECTRICAL, para comparar los equipos simulados, para la automatización del sistema industrial.
- ✓ Exportar la simulación de diseño desde SOLIDWORKS a MATLAB utilizando el complemento SIMMECHANICS LINK, y aplicar un modelo de clasificación en Machine Learning para analizar los datos obtenidos. Identificar procesos del sistema de forma remota con la plataforma AnyViz, y para monitorear funcionamiento del sistema industrial.
- ✓ Programar en Ladder el comportamiento de los motores e indicadores del sistema con el software CODESYS 3.5, para gestión del sistema industrial.
- ✓ Entrenar y evaluar el sistema automatizado considerando el tiempo de retraso de cada producto, para determinar la eficiencia del comportamiento de la planta.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados previstos tras el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

- ✓ Diseño del sistema automatizado mediante el software SOLIDWORKS.
- ✓ Simulación del sistema clasificación de productos automatizado.
- ✓ Diseño del tablero eléctrico y conexión del sistema mediante el software SOLIDWORKS ELECTRICAL.
- ✓ Diseño del tablero de control del sistema mediante el software SOLIDWORKS ELECTRICAL.
- ✓ Programación en Ladder el comportamiento de los motores e indicadores del sistema con el software CODESYS 3.5, para controlar y monitorear el sistema industrial.
- ✓ Visualización de los procesos del sistema de forma remota con la plataforma AnyViz.
- ✓ Comunicación entre PLC virtual y Raspberry pi 4.
- ✓ Entrenamiento del sistema automatizado en Matlab aplicando computación cognitiva.
- ✓ Extraer los parámetros para predicción de clasificación de productos a nivel industrial y análisis de resultados.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En industrias 4.0 se encuentra en constante cambio por motivos a los desafíos económicos, tecnológicos y ambientales que se presentan. Es importante entender en qué aspectos debe mejorar las operaciones industriales y logísticas para satisfacer al cliente, con la finalidad de lograr esto, se debe de plasmar una guía de técnicas y modelos con las nuevas tecnologías, en donde se desee identificar los componentes claves para la industria [10].

El sector industrial consume alrededor de un tercio de la energía mundial, lo que lo convierte en un objetivo frecuente para la reducción del uso de energía. Se podrían aplicar nuevas técnicas de modelado para corregir estas debilidades, el uso de parámetros informados para construir un predictor confiable caracterizará con mayor precisión las oportunidades de ahorro de energía de una instalación de fabricación [11].

A pesar de numerosos estudios de Machine Learning y su rendimiento prometedor, sigue siendo muy difícil para los no expertos que trabajan en la industria comenzar a desarrollar modelos de sistema de aprendizaje automático, soluciones a sus problemas específicos [12].

Computación en la Nube que permite el acceso remoto a los datos desde muchos dispositivos, puede funcionar como servicio y soporte para los procesos colaborativos en la industria, la recogida la minería de datos, permite implementar la realidad ha aumentado y gemelo digital [13].

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO

Se diseñará un sistema automatizado de gestión y monitoreo para la clasificación de productos a nivel industrial, incorporando computación cognitiva para optimizar los procesos. Este sistema permitirá extraer los parámetros del entorno industrial y clasificar productos mediante visión computacional y técnicas de Machine Learning.

Los objetivos del proyecto incluyen diseñar el sistema automatizado utilizando el software SOLIDWORKS para simular los procesos de clasificación de productos a nivel industrial, y diseñar el tablero eléctrico y las conexiones del sistema con SOLIDWORKS ELECTRICAL, permitiendo comparar los equipos simulados y asegurar la integración con los estándares de automatización de la Industria 5.0. Además, se verificará la comunicación de la red industrial y la seguridad de los datos utilizando la plataforma AnyViz para monitorear el funcionamiento del sistema, facilitando la visualización en tiempo real y la gestión del sistema industrial.

La programación y automatización se realizarán en el software CODESYS 3.5 en lenguaje Ladder (escalera) para controlar de manera precisa los cilindros de doble efecto, el motor y los indicadores del sistema. Se diseñará una interfaz HMI que se enlazaré con un dispositivo Raspberry Pi, el cual enviará datos encriptados a la plataforma AnyViz para garantizar una comunicación segura y eficiente.

Como complemento, se etiquetarán los instrumentos industriales del tablero eléctrico con códigos QR, permitiendo acceder a las fichas técnicas mediante realidad aumentada para proporcionar información útil para el mantenimiento y guía de los componentes. Este enfoque integral asegura una solución avanzada para la clasificación de productos, combinando diseño, programación, comunicación remota y tecnologías emergentes para optimizar la eficiencia en el entorno industrial.

1.7 METODOLOGÍA

El trabajo de titulación consiste en la siguiente metodología de la investigación:

1.7.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

En el presente proyecto se requiere describir los sistemas de control y monitoreo de clasificación de productos a nivel industrial, como los esquemas eléctricos, fichas técnicas, modelos de Machine Learning, simulaciones en los diferentes softwares y la comunicación de los dispositivos con el hardware.

1.7.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Tomando como base las investigaciones y resultados propuestos relacionados con industria 4.0 y Machine Learning, apoyar el desarrollo de este proyecto con la adquisición de información sobre métodos visión computacional y técnicas de autoaprendizaje, así como aplicaciones de diferentes áreas profesionales.

1.7.3 INVESTIGACIÓN APLICADA

Este proyecto busca mejorar los sistemas industriales como eficiencia de clasificación y prevención de accidentes o contra tiempos por una situación no controlada en el área, los conocimientos de sistemas de control y monitoreo en áreas científicas o industriales.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

La industrial 4.0 en el mundo avanza a distinta velocidad que las industrias emergentes, la llegada de la industria inteligente se ejecuta con las limitaciones de la infraestructura actual y capacidad tecnológica, de aquí inicia la adopción de la quinta revolución industrial. Precisamente, en Ecuador todavía no manifiesta una política conocida o el interés válido para dar ese brinco a sistema computacional cognitiva [1].

El presente trabajo plantea una metodología que permita, diseñar y simular la industria 5.0 que clasifica diferentes productos, con la ayuda de la computación cognitiva. Para identificar la situación actual de la industria 4.0 en Ecuador y mejorar los procesos aplicando nuevas técnicas y modelamiento de Machine Learning, que se propone mejorar la tecnología, con técnicas innovación y manejo de entornos inteligentes [2].

En un trabajo anterior se “Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas” aplicando el concepto de la industria 4.0, monitoreo y control remoto aplicando internet de las cosas, se generó la idea de mejorar las técnicas aplicados computación cognitiva, escalando a la industria 5.0 [3].

La nueva revolución industrial combinando técnicas avanzadas con nuevas tecnologías digitales para aumentar la productividad, reducir la participación del hombre y por efecto, impulsar la competitividad. También, se delimita que estos nuevos métodos inteligentes todavía tienen dificultades y que aún requieren de monitoreo del personal del área industrial, de tal forma que estos dos elementos no pueden ser autónomos, sino que no obstante deben trabajar conjuntamente entre sí [14].

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 LA QUINTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La nueva industria 5.0 pretende potencializar al cambio del sector industrial en entornos inteligentes basados en internet de cosas y en computación cognitiva. Se pretende utilizar la inteligencia artificial al servicio del hombre, unificar a máquinas y personas. A comienzo del 2021 por la Comisión Europea establecido la quinta revolución industrial con el objetivo de encaminar el desarrollo del sector hacia un estándar de producción que utilice las ciencias aplicadas para ser más competitiva, y completar el avance aportado por las diversas tecnologías y potenciar la conexión positiva entre las personas y las máquinas. La nueva versión de literatura tuvo como

objetivo detallar la emergente aparición de la quinta revolución industrial, desde un criterio del desarrollo social y tecnológico y la incorporación las distintas innovaciones tecnológicas como el internet de las cosas y computación cognitiva [15].

A continuación, se describe las características principales de las revoluciones industriales en la tabla 1.

Tabla 1. Características de cada revolución industrial.

Industria 1.0	Industria 2.0	Industria 3.0	Industria 4.0	Industria 5.0
Mecánica y fuerza hidráulica, máquinas de vapor (año 1760).	Producción en masa, energía eléctrica y línea de montaje (año 1870).	Computadores, producción automatizada, electrónica (año1970).	Sistemas ciber físicos, IoT, redes, aprendizaje de máquinas (año 2011).	Colaboración hombre y máquina, computación cognitiva (año 2021).

Nota: información detallada en el artículo referenciado [14].

Se anticipa que la Industria 5.0, sea una de las aplicaciones importante y emergentes de sexta generación (6G) en las comunicaciones. Los requisitos a nivel de red para habilitar la quinta revolución industrial, los robots aportaran soporte y el gemelo digital intercambio de información. Esta nueva industria es viable para sociedad al reducir la producción de desechos a través de la bioeconomía que dirige a un medio ambiente más limpio, las posibles aplicaciones de la Industria 5.0, como la conectividad a la nube, los gemelos digitales, los cobots son una mejora increíble este esta nueva generación tecnológica [16].

2.2.2 INTERNET DE LAS COSAS

El término IoT se hace referencia a la conectividad de red y la técnica de cómputo se extienden a sensores y objetos que habitualmente no se toman en consideración como computadoras, pero permitiendo intercambien y consuman datos con una conexión a internet. Esta tecnología se amplía a productos, sistemas y sensores, que sirven los avances en la potencia de análisis y gestión, la microelectrónica de los componentes y las interconexiones de red para generar nuevas capacidades en aplicaciones. Esta técnica de recolección de datos utiliza diferentes modelos de

conectividad, como dispositivo a dispositivo, dispositivo a la nube, dispositivo a puerta de enlace e intercambio de datos a través del back-end [17].

Los Beneficios que presenta IoT son:

- ✓ Monitoreo de procesos.
- ✓ Ahorro de tiempo y dinero.
- ✓ Mejora la productividad.
- ✓ Velocidad de análisis de datos.
- ✓ Seguridad en el Cloud.
- ✓ Fácil despliegue en la red.

2.2.3 INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS

Un concepto inicial del Internet Industrial de las Cosas: el uso de ciertas tecnologías de IoT en un área industrial, para la generación de objetivos de la propia industria. diversos investigadores que escriben definiciones de IIoT que comparten una perspectiva en los modelos de tecnologías que se colocan en manejo de los entornos de IIoT y las configuraciones en que se utilizan en esos entornos.

Se propone que un elemento principal de IIoT es su vinculación, en un entorno industrial, sistemas y maquinaria que se ha usado al estado de un sistema informático en termino de seguridad de datos, para que los productos y servicios puedan ser dirigidos por medio del suministro y cadenas de valor de forma autónoma [18].

IIoT, es un sistema que comprende objetos interconectados a la red con sistemas inteligentes, activos ciber-físicos, tecnologías genéricas asociadas de la información y plataformas en la nube, que dan el paso el acceso remoto, la recopilación de datos, el análisis y control las comunicaciones y monitoreo de procesos, productos y/o servicios en tiempo real y automatizados, dentro de la industrial, a fin de optimizar tiempo y recursos de la producción.

Este concepto puede agregar; mejorar la entrega de productos o servicios, incrementar la productividad, disminuir los costos de mano de obra, bajar el consumo de energía [19] cómo se observa en la figura 1.



Figura 1. Ventajas de Internet industrial de las cosas, realizado por el autor.

2.2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MÁQUINA A MÁQUINA EN REDES INDUSTRIALES

La comunicación maquina a máquina (M2M) es la tecnología latente de IoT. Se apunta a tecnologías que permiten el cambio de información entre productos y sistemas informáticos creando un ambiente de Industrial. Además, utilizando este modelo, puede crear una réplica virtual de la fábrica física o gemelo digital, lo que le permite aplicar técnicas no solo los productos sino los procesos de fabricación automatizados. La aplicación más notoria de la comunicación M2M sería la conexión de los sistemas internos de la industria, así como un elemento principal de la comunicación entre servicios [20].

Existen diversos protocolos M2M disponibles, algunos de ellos son estándares públicos y conocidos. Estos protocolos tienen la configuración de interconectar equipos y dispositivos industriales con varias plataformas y sistemas.

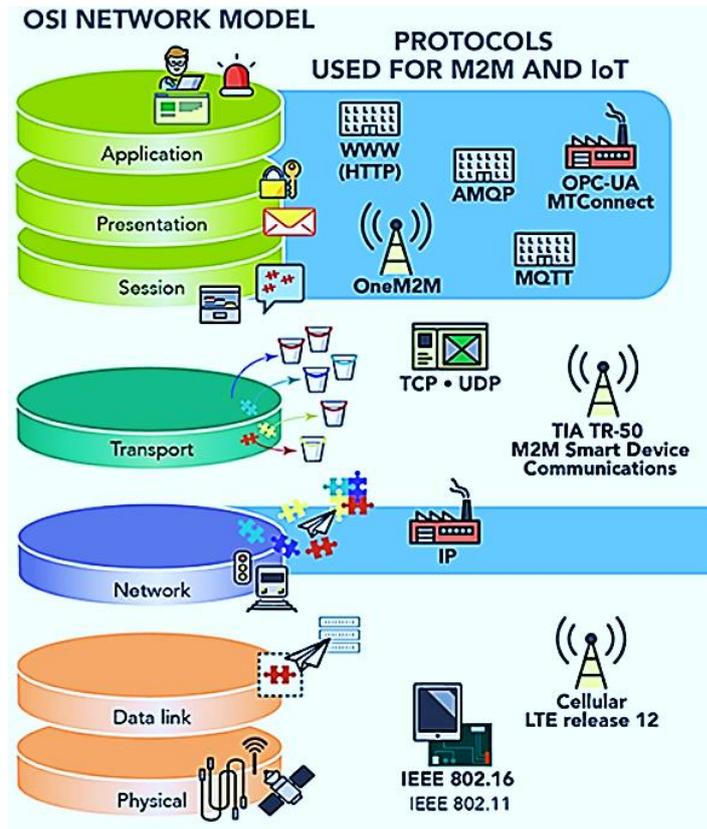


Figura 2. Los protocolos de red modernos [21]

2.2. 5 PROTOCOLO DE DATAGRAMA DE USUARIO (UDP)

Este es un protocolo de red que permite el envío de información definida en datagramas sin comprobar entrega ni de orden de llegada. Esto define que el protocolo UDP no ejecuta ningún tipo de gestión sobre el envío de los datagramas ni sobre la organización en que llegan a su camino final.

Además, se utiliza en aplicaciones que no dependen de un envío seguro de los datos, sino que se basan en la velocidad de transmisión. Al no realizar ningún tipo de gestión sobre el envío de los datos, UDP es más veloz que otros protocolos de la capa de transporte como el Protocolo de Control de Transmisión [20].

A continuación, se describe las características de protocolo UDP en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Características de protocolos UDP.

Protocolo de datagrama de usuario	
Grupo	Protocolos de internet.
Tarea	Intercambio de datagramas mediante la red.
Localización de protocolos	
Aplicación	DHCP, NTP, DNS
Red	IP
Transporte	UDP
Enlace	Token Ring, FDDI, Ethernet

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [20].

2.2.6 ARQUITECTURA UNIFICADA INCRUSTACIÓN Y ENLAZADO DE OBJETOS DE PROCESO DE CONTROL (OPC UA)

Es una plataforma gratuita creada para permitir la interoperabilidad y el cambio de información entre dispositivos interconectados a una misma red, específicamente en ambientes de automatizados. Esta herramienta ha sido creada para facilitar a los avances tecnológicos en la Revolución Industrial y automatizados.

OPC UA es una alternativa ideal para industrias interesadas en aplicar sistema automatizado, ya que permite una sencilla forma de integración entre sistemas tradicionales y modernos. Además, está disponible para cualquier empresa interesada en aplicarla [20].

Proporciona conectividad de cliente a OPC de forma bilateral, actúa con interfaz entre diferentes variables de información, como dispositivos industriales, controladores lógicos programables, sensores y sistema SCADA y HMI.

Un ejemplo de la arquitectura cliente-servidor OPC se muestra en la figura 2, explica cómo se comunican entre sí los diferentes dispositivos.

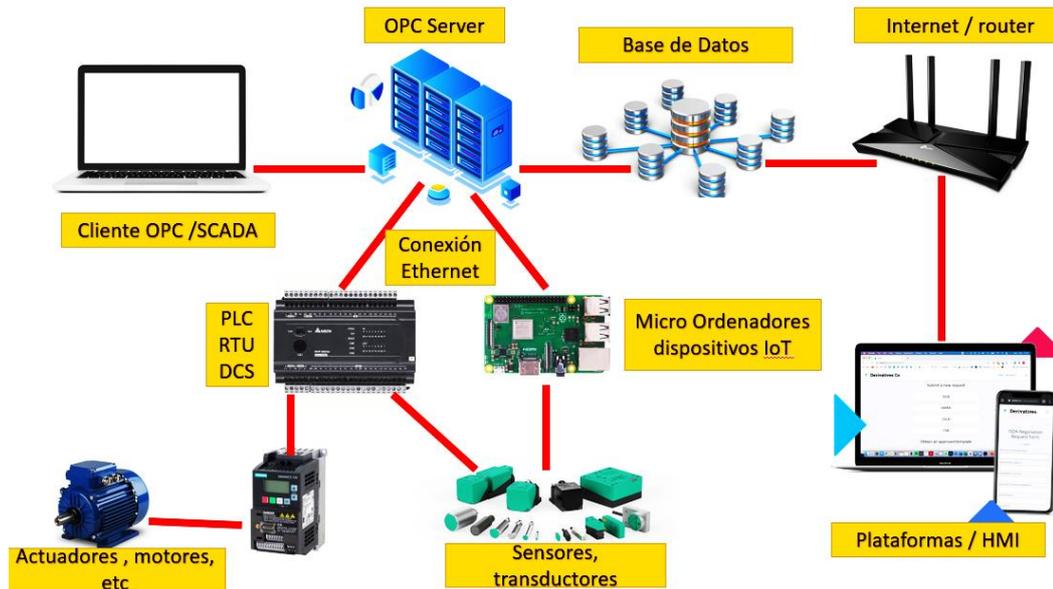


Figura 3. Conexión de OPC enlace datos por medio de una red TCP, realizado por el autor.

El servidor recolecta y entrega los datos a diversas fuentes de información como Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi, etc., y después, envía estos datos a los receptores de información o clientes como SCADA, o HMI, usuario de acceso a base de datos, etc.

2.2.7 NUEVO ESTÁNDAR DE LA COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL IEC 61499

Un importante cambio para los sistemas tradicionales es la ausencia de capacidades para descubrir nuevas alternativas e implementar las funciones correspondientes para acoplar de manera inteligente a los cambios tecnológicos industriales. El nuevo estándar IEC 61499 posee una arquitectura diseñada para sistemas de control y descentralizada, orientada a bloques de funciones, que es el pilar principal para modelos de control. Además, se caracteriza por sus trabajar con puntos de entrada, salida y funciones internas en un control tradicional, este modelo a aprovecha el conocimiento de estructuras de control profesionales, a diferencia del estándar IEC 61131, donde sus subrutinas se verifican de formas consecutiva [22], en la tabla 3 se encuentra las etapas de la estándar.

Tabla 3. Estructura del estándar IEC 61499.

Estructura de IEC 61499	
Etapa 1	Define el diseño de referencia para la formación, reutilización y aplicación en los bloques de funciones. Además, se establece las definiciones de bloque funcional, básicos, compuesto, aplicación, interfaz, información, señal, etc.
Etapa 2	Define los requerimientos a completar por las herramientas de desarrollo para ejecutar el diseño propuesto en la etapa 1. También, los requerimientos no dan garantía a la portabilidad y flexibilidad del sistema de control. Esquemas XML para el cambio de fichas de datos entre las distintas de herramientas software y software.
Etapa 3	Entrega las funcionalidades y alternativa de aplicación del estándar en un margen conjunto de grupos propios mediante contenido didáctico.
Etapa 4	Define los perfiles de complicación de tal manera que ayude el cumplimiento del estándar IEC 61499 en los dispositivos y las herramientas compatibles.

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [20].

El modelo de sistema es de alto nivel que detalla la estructura y el orden de un sistema de control como se describe a continuación.

- ✓ Este incluye datos sobre los componentes y elementos del sistema, agregando los dispositivos, recursos y aplicaciones.
- ✓ Un controlador programable o un dispositivo de entrada/salida.
- ✓ El modelo incluye datos sobre las características físicas y técnicas del dispositivo, cómo se comunica con otros componentes del sistema.
- ✓ El modelo detalla los recursos disponibles en un sistema de control, como las Variables definidas y globales, sus estructuras de datos.

2.2.8 IEEE 802.11 WIFI

Estos estándares están enfocados con Redes de Área Local y de Área Metropolitana, estos modelos han sido creados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, que define la importancia las tecnologías 802.11 en las dos principales capas del modelo OSI, estas son la capa física y de enlace de datos [23].

La capa de enlace de datos tiene dos subcapas, control de acceso al medio y control de enlace lógico. Además, de contar la capa física que la primera capa del modelo OSI. Para proporcionar varias tecnologías físicas en IEEE 802.11, la capa física se clasifica en dos subcapas llamadas Dependiente del Medio Físico, que responde al medio físico o externo, específicamente con el conjunto de sistema de transmisión.

El protocolo de convergencia de la capa física PLCP es responsable de obtener los protocolos de la capa de enlace de datos, se puede decir que actúa como intérprete y organizador entre el medio físico y las operaciones de MAC.

2.2.9 ESTÁNDARES CON MAYOR COMPATIBILIDAD CON WIFI 5. EL ESTÁNDAR IEEE 802.11AC

Es una mejor técnica de su anterior estándar IEEE 802.11n que se utilizado en distintas redes Wifi. Hoy en día el constante desarrollo de las nuevas tecnologías de redes WLAN ha generado que la frecuencia de los 2,4 GHz se sature por el ancho de banda.

No obstante, el estándar IEEE 802.11ac agrega mejoras notables en velocidad de envío de datos, con una velocidad pico superior a 600 Mbps ofrecida por IEEE 802.11n, algo importante en esta técnica que incorporar antenas múltiples para mayor cobertura, esto significa que además de todo esto el estándar a operar en otra a la frecuencia 5 GHz. Además, posee técnicas que administra de forma inteligente la señal como Beam-forming y MU-MIMO de comunicación con cada dispositivo [24].

Tabla 4.Características IEEE 802.11AC

Principales mejoras de este estándar IEEE 802.11ac	
Canales de frecuencia.	20MHz - 40 MHz - 80 MHz - 160 MHz.
Modulación 256-QAM	30% aumenta la velocidad a diferencia de la versión anterior.
MU-MIMO	Transferir una señal a varias estaciones al mismo tiempo.
Beam-forming	Router encamina de mejores formas las direcciones de datos.

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [24].

- **EL ESTÁNDAR IEEE 802.11AX:** Este estándar ofrece acceso al canal que es diferente a aquellas redes de radio móviles y cuya función es obtener la fidelidad del Wifi, ya que usa el enlace de tipo creciente como decreciente con una transmisión integral denominada TXOP. El punto de acceso tiene control eficiente. Al hablar del dominio espacial se lo ejecuta con la modelo MIMO con el propósito de un buena separación y transmisión [25].

Tabla 5. Velocidad del estándar 802.11AX

Velocidad del Estándar IEEE 802.11ax	
PHY	802.11ax
BANDA	80MHz/160MHz
BITS	8.33
OFDM	13.6μs
1s	1.2Gbps
3s	3.6Gbps
4s	4.8Gbps
8s	4.8Gbps

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [25].

2.2.10 ARQUITECTURA INTERNET DE LAS COSAS

La arquitectura de IoT desacopla la capacidad de la red de la administración de control, de los sistemas de retransmisión de dato. Esta división permite en focalizar la capacidad de la red en el controlador [26]. El principio de esta idea de las redes y dispositivos inalámbricos definidos por software realizadas por las capas de Modelo OSI en IoT como se muestra en la figura 4.

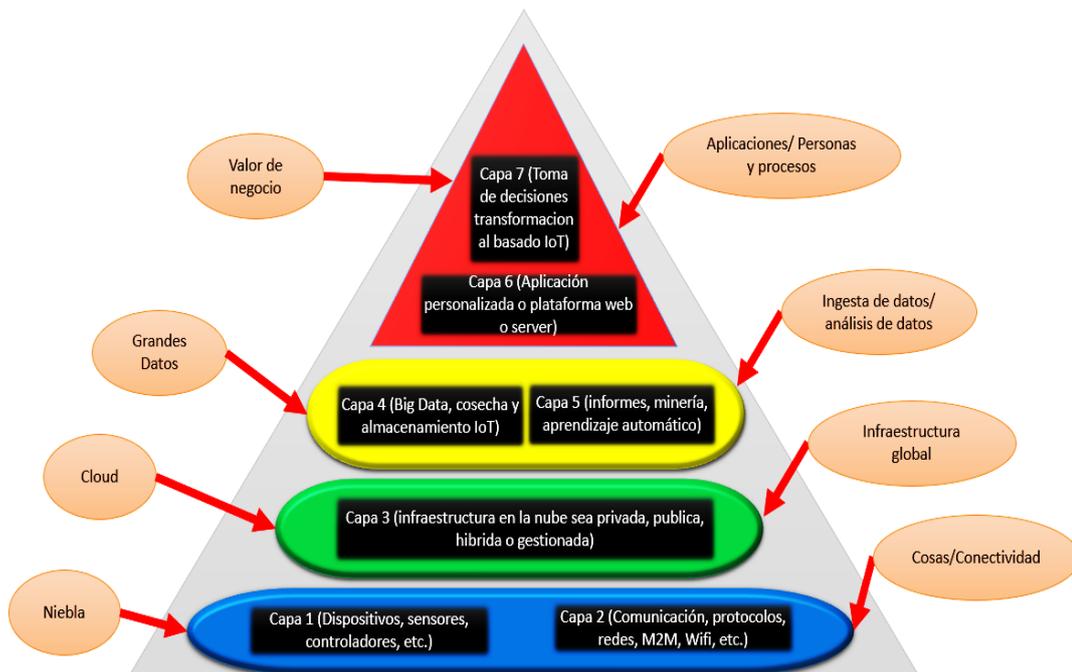


Figura 4. Arquitectura de modelo OSI en IoT [26].

Esta Estructura es la forma correcta toma de decisiones son:

- ✓ Las aplicaciones estas son personalizadas y estructuradas en IoT capa 6.
- ✓ El análisis de datos la cual es la capa 5 define los informes y aprendizaje automático.
- ✓ La capa 4 se ingresa para forma el Big data y almacena la información requerida.
- ✓ La capa 3 es la infraestructura en la nube.
- ✓ La capa 2 corresponde a los protocolos de comunicaciones.
- ✓ La capa 1 corresponde a los controladores y dispositivos periféricos.

2.2.11 ROUTER PROFESIONAL

Este dispositivo conforma la red de área local LAN, posee un sistema operativo Router-Board, que constantemente se actualiza a nuevas versiones de los estándares IEEE 802.11, actualmente maneja varios anchos de banda e incorpora antenas dipolo con diferentes coberturas de alcance, según corresponda la frecuencia que trabaje sea 2.4GHz, 5GHz y la nueva tecnología de 6G, que está en pleno desarrollo con el estándar 802.11be.

Además, permite encaminar datos y designar IP a otros dispositivos conectados a la red local, posee las características de Punto de Acceso, Enlace Back-Haul, Acceso Inalámbrico, Configuración de Seguridad, Servidor VPN, etc. Además, tiene interfaz de usuario, consola SSH, protocolos HTTPS, que agrega autenticidad, confidencialidad y monitoreo remoto [27].

Datos importantes a conocer del router como se muestra a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Memoria y almacenamiento del router.

Router memoria y almacenamiento		
Memoria	Tipo	Almacenamiento
RAM tipo SDRAM	Tipo volátil	Se ejecuta en IOS Configuración en arranque. Tablas ARP y direcciones IP.
ROM	Tipo no volátil	Indicaciones de arranque. Se limita al IOS. Software de diagnóstico.
NVRAM	Tipo no volátil	Configuración de archivo de inicio.
Flash	Tipo no volátil	IOS y otros archivos del sistema.

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [27].

Partes del router profesional se observa en la siguiente figura 4, y se describe las principales características de cada puerto de entrada y salida.

✓ **Ranuras tarjetas de interfaz WAN**

Implementa una modularidad y flexibilidad al adaptar elementos adicionales que el router pueda agregar según la marca de diferentes tipos de módulos de interfaz, incluidos serial, línea, puerto de switch y tecnología wifi de quinta y sexta generación.

✓ **Ranuras Compact-Flash**

Incrementa una mayor capacidad de espacio de almacenamiento en memoria Hash que se puede aumentar con tarjetas Compact-Flash de hasta 2-4 GB por compartimiento.

✓ **Puertos de consola**

La configuración inicial y la interfaz de línea de comandos están disponibles dos puertos, el puerto más común es el RJ-45 y el conector USB de tipo B.

✓ **USB**

Posee dos puertos USB 0 y USB 1 que permite agregar más espacio de almacenamiento al router.

✓ **Gigabit Ethernet**

Posee dos puertos GE0/0 y GE0/1 que se puede usar para interconectar a la red LAN por medio de switches y otros dispositivos.

✓ **AUX**

Es una entrada RJ-45 ingresar a la administración remota.

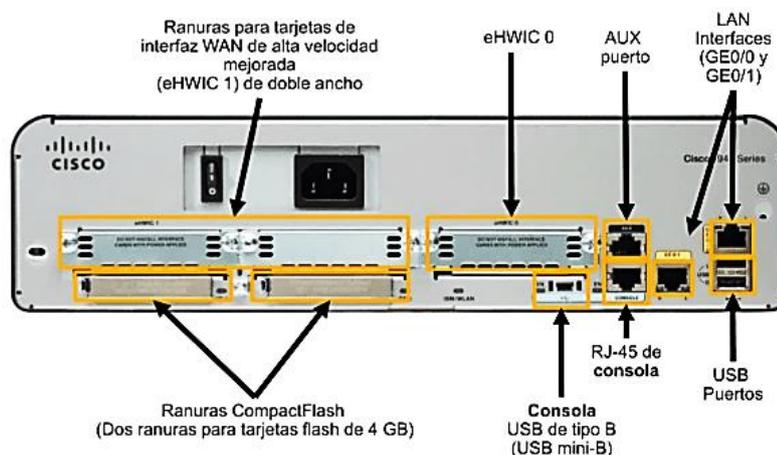


Figura 5. Router profesional cisco puertos e interfaces [28].

2.2.12 SWITCH CATALYST 2960-S CISCO

Los conmutadores simplifican la interconexión de varios dispositivos dentro de una misma red. En una infraestructura de red bien diseñada, los conmutadores de área local (LAN) tienen la responsabilidad de supervisar el flujo de datos en la capa de acceso y de encaminarlo hacia los recursos conectados en la red.

Los conmutadores fabricados por Cisco son de configuración automática y no requieren ajustes adicionales para comenzar a operar, partes del dispositivo figura 5.

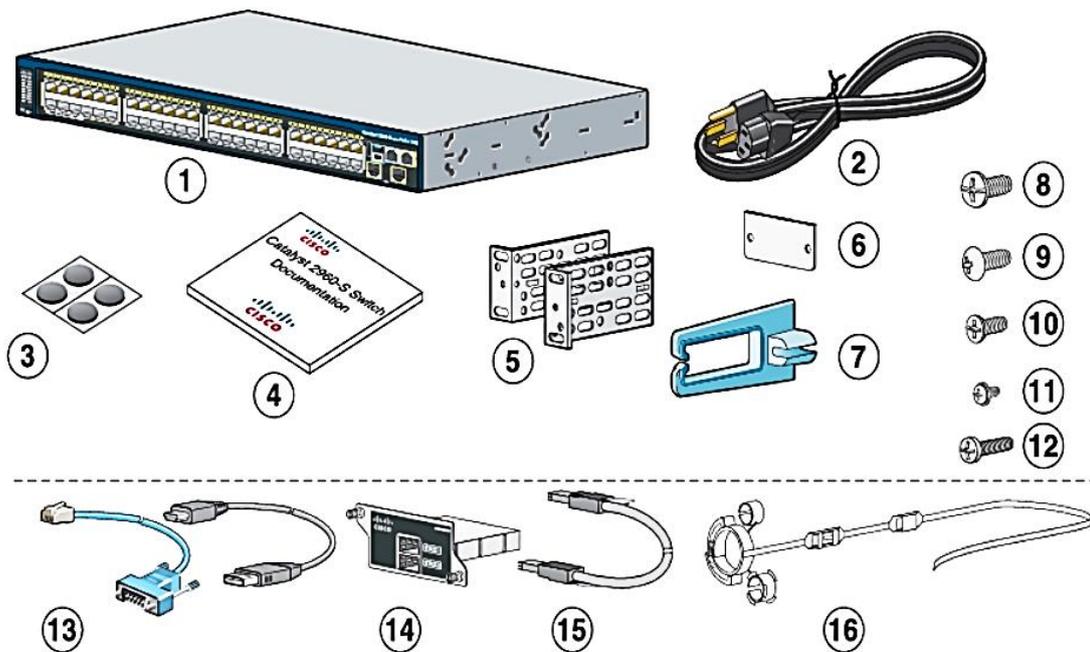


Figura 6. Switch Catalyst 2960-S partes físicas [29].

No obstante, al utilizar Cisco IOS, tienen la capacidad de ser configurados de manera manual para adaptarse mejor a las exigencias de la red. Esto implica la modificación de la velocidad, el ancho de banda y la seguridad de los puertos según sea necesario [30].

A continuación, en la tabla 7, se detallan los componentes físicos del conmutador:

Tabla 7. Partes físicas de Switch Catalyst 2960-S.

1	Switch Catalyst-s	9	Cuatro tornillos N°8 (reforzada)
2	Cable de alimentación CA	10	Cuatro tornillos N°8 (plana)
3	Cuatro soportes de montaje de goma	11	Dos tornillos N°4 (truncocónica)
4	Identificación Data	12	Uno tornillos para metales
5	Dos placas de montaje 48.26cm	13	Cable USB
6	Tapa del conector	14	Modulo cisco FlexStack
7	Guía del cable	15	Cable cisco FlexStack0
8	Cuatro tornillos N°12	16	Tope para cable de alimentación

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [29].

Para la configuración de red, es necesario ingresar la siguiente información en los campos correspondientes de la Configuración de red:

En el apartado de Interfaz de administración (ID de VLAN), el valor predefinido es 1. Se recomienda utilizar este valor por omisión, dado que, durante la etapa inicial de configuración, VLAN 1 es la única disponible en el conmutador. Únicamente se debe cambiar el valor de la ID de VLAN si se pretende modificar la interfaz de administración utilizada para gestionar el conmutador. El intervalo de ID de VLAN oscila entre 1 y 1001 [29].

- ✓ En el apartado de Dirección IP, se debe ingresar la dirección IP del conmutador.
- ✓ En el área de Máscara de subred, se debe seleccionar una máscara de subred del menú desplegable.

- ✓ En el campo de Puerta de enlace predeterminada, se debe ingresar la dirección IP del router predeterminado.
- ✓ En la sección de Contraseña del conmutador, se debe establecer una contraseña que contenga entre 1 y 25 caracteres alfanuméricos. La contraseña puede iniciar con un número, hacer distinción entre mayúsculas y minúsculas, y puede contener espacios intermedios, pero no al principio ni al final.
- ✓ En el campo de Confirmar contraseña del conmutador, se debe volver a ingresar la misma contraseña para confirmarla.

2.2.13 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES

Existen diferentes tipos de protocolos que son usados en las redes industriales automatizadas, por ejemplo: PROFIBUS, PROFINET, Wireless-Hart™, entre ellos Fieldbus que se utiliza para sistema de comunicación bidireccional y serial que puede ayudar en conectar equipos monitoreo y control, como son los controladores, sensores, motores y actuadores. En la jerarquía de red, Fieldbus asume el papel de gestionar una red LAN conformada por instrumentos y herramientas usando los controles del sistema y aplicaciones de automatización [31].

- **PROFIBUS:** Es un estándar de red industrial, que agrega una importante aplicación en los sistemas y procesos automatizados, En el año 2000, comenzó aplicar este modelo IEC 61158, que se clasifica en 7 componentes, denominados 61158-1 a 61158-6, donde se encuentran las características según el estándar OSI.

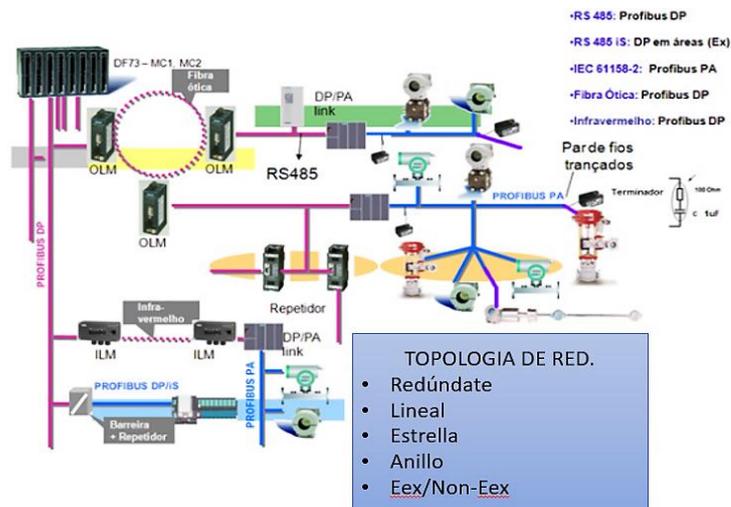


Figura 7. Red de PROFIBUS [32].

Además, existen tres versiones de PROFIBUS, PROFIBUS DP, PROFIBUS FMS y el PROFIBUS PA.

- **PROFIBUS DP:** Es una alternativa para el alto rendimiento y velocidad. Fue optimizado por la necesidad de mejorar el sistema comunicación entre un proceso de automatización y un periférico descentralizado, es perfecto para el sistema de control, donde resalta la sección de datos de entrada y salida. Además, puede reemplazar los sistemas tradicionales de 4 a 20 mA [33], en la figura 8 se muestra la configuración. En la siguiente tabla 8 se detalla las características y ventajas.

Tabla 8. Características de PROFIBUS DP.

Características y Ventajas PROFIBUS DP	
Configuración y gestión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Posee su propio software para diseñar, configurar y monitorear su red PROFIBUS. ✓ Tiene un software de comunicación PROFIBUS DTM y herramienta para dispositivos en la industria, para PROFIBUS DP-V1 Maestro, para relacionar entre diferentes contenedores de software FDT estándar.
Certificación industrial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Certificado por Schneider Electric. ✓ Certificado por la organización de comercio de PROFIBUS
Referencial y confiable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El módulo Siemens ASIC Step E con microprocesador Infineon. ✓ Compatible con datos extendidos, indicadores de advertencia y confirmaciones de procesos, telegramas múltiple y difusión.

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [33].

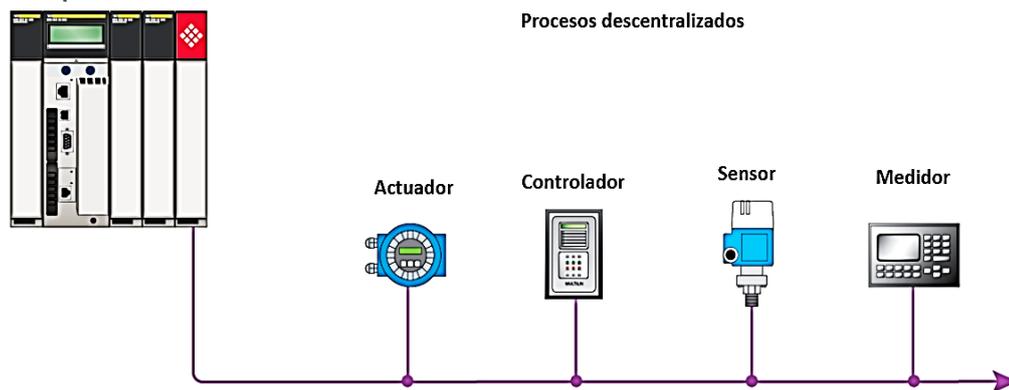


Figura 8.Configuración PROFIBUS DP [32].

- **PROFIBUS PA:** La solución alternativa de PROFIBUS de las demandas de industriales, hay conexiones de un proceso de automatización y un control de sistemas con tecnología de campo, por ejemplo: convertidores, transmisores de presión, sensores de temperaturas, sensor posicionador, entre otros, y se puede utilizar para reemplazar el estándar de 4 a 20 mA [34]. Las características de esta solución se observan en la tabla 9.

Tabla 9. Datos importantes de PROFIBUS PA.

Características importantes de PROFIBUS PA	
Datos de Transmisión	Sincronizado por Bit, código maestro.
Tasa de Transmisión	31.25 kbits/s, modo activo.
Topologías	Estrella, árbol o híbridos.
Distancia máxima sin repetidor.	1900 metros cable tipo A.
Capacidad de repetidores	Máximo hasta 4 repetidores

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [33].

Topología del PROFIBUS PA más comunes en las industrias automatizadas son dos como se muestra en la figura 9 y 10.

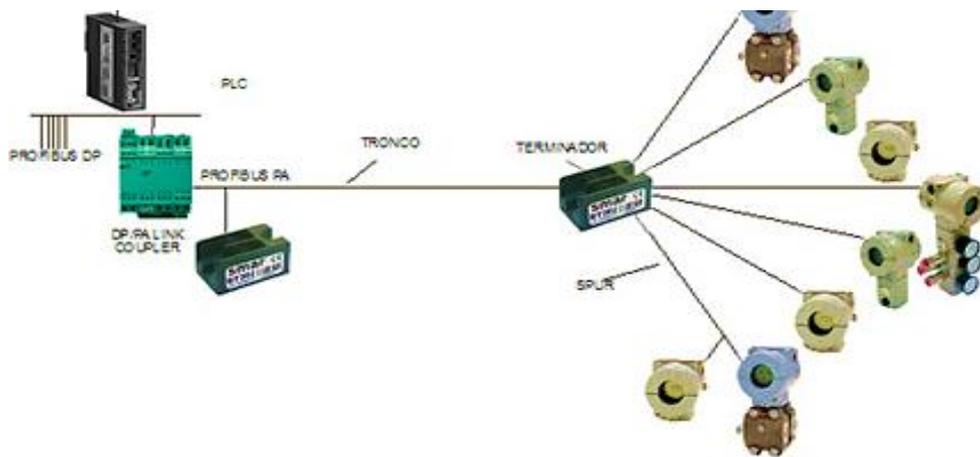


Figura 9 .Topología en árbol o estrella [34].

Esta solución envía datos confiables, también se realiza prueba de fallas, equipos de diagnóstico, alta precisión en las medidas, controles discretos a alta rapidez, aplicaciones en cualquier segmento, etc.



Figura 10.Topología en abarramiento [34].

- **PROFIBUS FMS:** Se una solución de comunicación universal, que ayuda al enlace entre los sistemas de automatización, así como el cambio de datos entre diferentes tecnologías [35].

Posee tres cualidades fundamentales.

- ✓ Tareas de comunicación en tiempo de ciclo de bus menos de 100milisegundos.
- ✓ Flexibilidad a procesos automatizados y control de los otros modelos PA/DP.

- ✓ Alto rango de aplicaciones industriales a nivel celular.

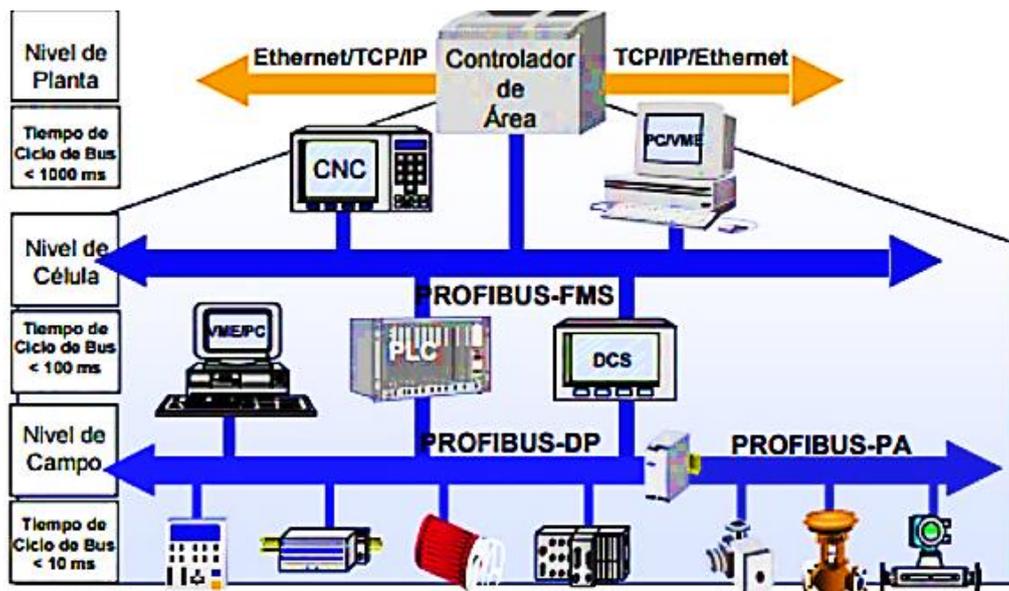


Figura 11 conexión de PROFIBUS FMS/PA/DP [33]

- **PROFINET:** Se considera el verdadero bus en tiempo real en la conexión a ethernet a diferencia de las versiones de PROFIBUS. Años antes del modelo PROFINET ya existía una red muy similar que se denominaba Ethernet Industrial. Prácticamente PROFINET se una variante de Ethernet Industrial. Esta red industrial se puede describir como PROFINET como el estándar público al Ethernet Industrial de la asociación PROFIBUS internacional, según la norma La Comisión Electrotécnica Internacional [36].

Tabla 10. Tipos de comunicación PROFINET

TIPOS DE COMUNICACIÓN PROFINET		
TCP/IP	parametrización, transmisiones de vídeo y audio.	Transferencia de datos a sistemas TI.
Tiempo Real no sincronizada	tiempos de retardo en el rango de 1 a 10 ms.	aplicaciones típicas de E/S.
Tiempo Real sincronizada	una sincronización de alta precisión.	ciclo en rangos de fracciones de milisegundos.

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [36].

PROFINET tiene varias clases de componentes definidos por su funcionalidad en los

diferentes procesos de la comunicación industrial como control, supervisor y derivación de topología de red.

Tabla 11. Topología de red PROFINET

TOPOLOGÍA DE RED PROFINET		
Tipo	ventajas	desventajas
Lineal	Reduce costo por conexión No requiere de conmutadores	El sistema depende del nodo. Limitaciones de búsqueda
Estrella /Árbol	No depende de un solo nodo Múltiple direccionamiento	Depende del conmutador Mayor costo de conexión
Anillo	Redundancia de equipos. Comunicación independiente	Compatibilidad de dispositivo Mayor costo y configuración

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [36].

2.2.14 ARQUITECTURA DE VPN MEJORADO O MVPN

Esta arquitectura ofrece seguridad al usuario con técnicas de encriptación de direcciones IP, para evitar problemas de seguridad informática, pasa por un filtro a través del servidor ISP. Además, ofrece acceso remoto mediante interfaz para el usuario, encaminando los datos de forma segura, esto permite enlazar dispositivo de manera privada, se clasifica en dos principales VPN de sitio a sitio y VPN de acceso remoto como se observa en la figura 12.

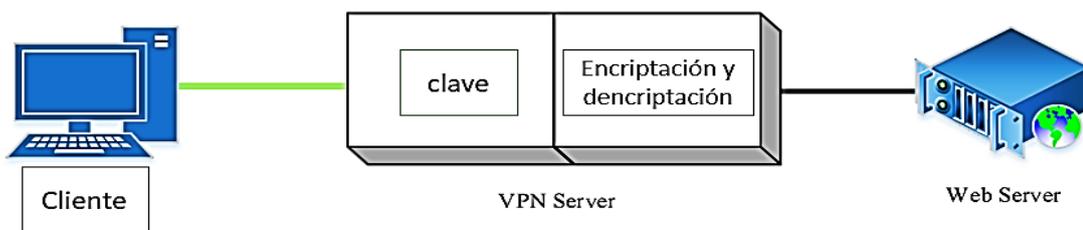


Figura 12. Arquitectura VPN tradicional [37].

Actualmente se lo utiliza para ocultar el tráfico de Internet, acceder a contenido bloqueado o restringido, las VPN detallan canales de la conexión a Internet de todos

los clientes de tráfico a través de datos encriptados al servidor VPN, pero no brindan anonimato o protección de la privacidad. Las VPN solo redireccionan a todos los usuarios de internet [37].

El MVPN se aplica y despliega con principio en el Kit de proceso del plano de datos que contiene de bibliotecas para acelerar los paquetes de trabajo de procesamiento que se ejecutan en una gran variedad de arquitecturas de CPU.

La arquitectura VPN tradicional y la arquitectura MVPN tienen una diferencia en desacopla la función de información de cifrado y descifrado sea redundante [38]. El tráfico se reenvía a varios nodos para el cifrado y descifrado como se observa en la figura 13.

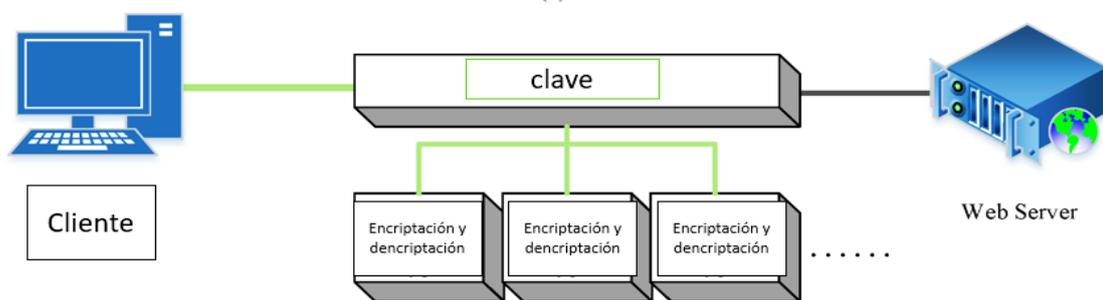


Figura 13.Arquitectura MVPN [38].

Por motivo a que los nodos no interrumpen el proceso entre sí, los atacantes deben controlar más del 50% de los nodos simultáneamente para tener éxito si desean enviar paquetes falsificados al usuario a través del túnel de cifrado.

El MVPN no altera el protocolo VPN y mantiene el proceso si alterar los paquetes y el protocolo de comunicación originales, por lo tanto, es transparente para el usuario VPN [38].

2.2.15 COMPUTACIÓN COGNITIVA

La computación cognitiva se emplea inteligencia artificial y aprendizaje automático, por lo que son el eje principal, mientras los dispositivos tradicionales deben programar los proceso mediante instrucciones por personas para ejecutar tareas específicas.

Los sistemas cognitivos tienen la capacidad de aprender de las interacciones con los datos y los patrones de funcionamiento, siendo capaces, de programarse a sí mismos para llevar a realzar tareas más eficientes adaptándose a las personas o procesos [39], en la figura 14 se observa los niveles de jerarquía.

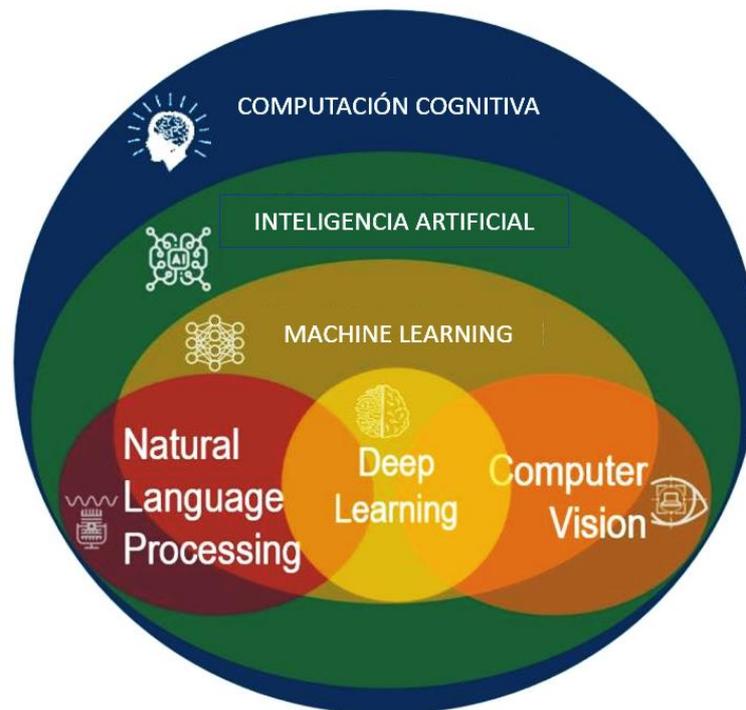


Figura 14.Jerarquía De Sistemas Cognitivos [39] .

- **MACHINE LEARNING:** El aprendizaje automático tiene como objetivo recopilar información para luego aplicar estos datos y ejecutar tareas específicas sin la necesidad de ser programadas explícitamente por una persona. Esta técnica se fundamenta en el diseño de modelos que analizar los datos y predicciones cuando se actualizan los nuevos datos disponibles. Deep Learning puede verse como una mejora Machine Learning que utiliza una arquitectura de múltiples etapas denominadas Red Neural Artificial, en la figura 15 está el entrenamiento de Machine Learning.

Los algoritmos de Deep Learning necesita menos participación de las personas porque las funcionalidades se obtienen de forma automática. Sin embargo, un aspecto importante con respecto a otras técnicas de Machine Learning es que Deep Learning requiere Big Data para funcionar correctamente [40].

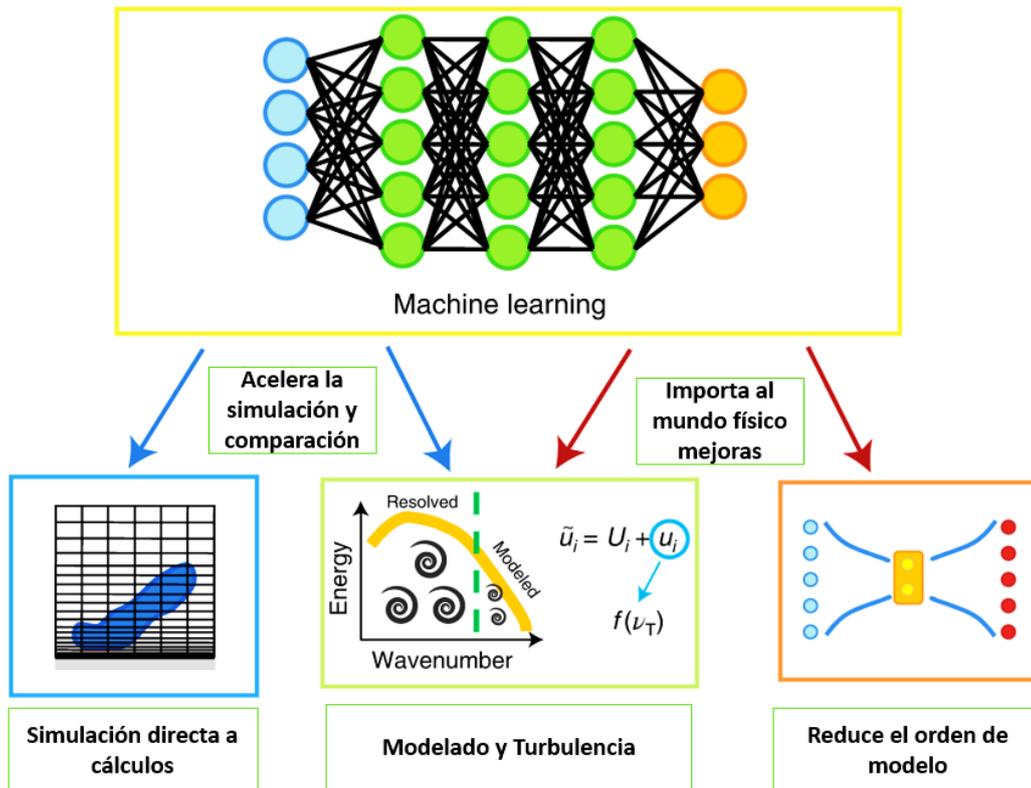


Figura 15 Características De Machine Learning Aplicado [40].

Los procesos que se aplican para ejecutar este método de recolección de datos son:

Recolectar los datos: Una API o una base de datos.

Preprocesamiento de los datos: Informaciones disponibles para alimentar el algoritmo de aprendizaje.

Explore los datos: Análisis previo para mejorar los valores y reconocimiento de patrón para la construcción del modelo.

Entrena el algoritmo: Se alimentan con la información procesada en las fases anteriores.

Evaluar el algoritmo: Pruebas de datos y entrenamiento previo a través del algoritmo.

- **VISIÓN ARTIFICIAL:** La visión artificial permite obtener información valiosa del entorno mediante imágenes que es capaz de analizar por medio de matrices o reconocimiento.

Este método en la industria permite identificar objetos según la base de datos, esto ayuda en la distribución de la cadena de producción por los datos que

recepta y trasmite, en la figura 31 se aprecia el nivel de operación para el reconocimiento de patrones. Además, ayuda a las máquinas a procesar imágenes y emulando a la identificación de objetos, pero con funciones muy diferentes, esta enlazado al entrenamiento de la Inteligencia Artificial [41].

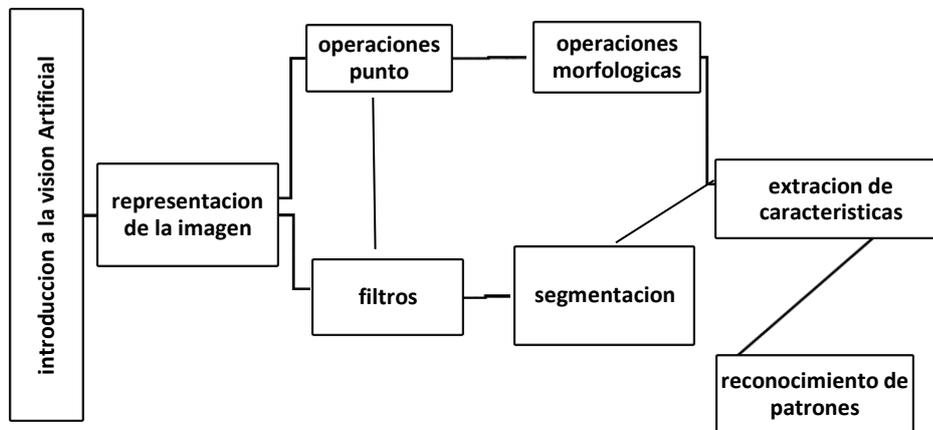


Figura 16 Proceso De Visión Artificial [41].

- **YOLO V4:** La red YOLOv4 emplea CSPDarkNet-53 como su columna vertebral para extraer características de las imágenes de entrada. Esta columna vertebral consiste en cinco módulos de bloques residuales, cuyas salidas de mapas de características se fusionan en el cuello de la red YOLOv4 [42].

En el cuello de la red YOLOv4, se encuentra el módulo SPP, que concatena las salidas de agrupación máxima del mapa de características de baja resolución para extraer características representativas utilizando diferentes tamaños de núcleo de agrupación. Esta concatenación aumenta el campo receptivo de las características y mejora la detección de objetos pequeños. Los mapas de características resultantes se fusionan con los de alta resolución mediante el módulo PAN, que utiliza operaciones de muestreo ascendente y descendente. El módulo PAN genera mapas de características agregados para las predicciones. YOLOv4 cuenta con tres cabezales de detección, cada uno basado en YOLOv3, que calculan las predicciones finales en mapas de diferentes tamaños [43].

DIAGRAMA DE FLUJO DEL RECONOCIMIENTO DE OBJETOS YOLOV4:

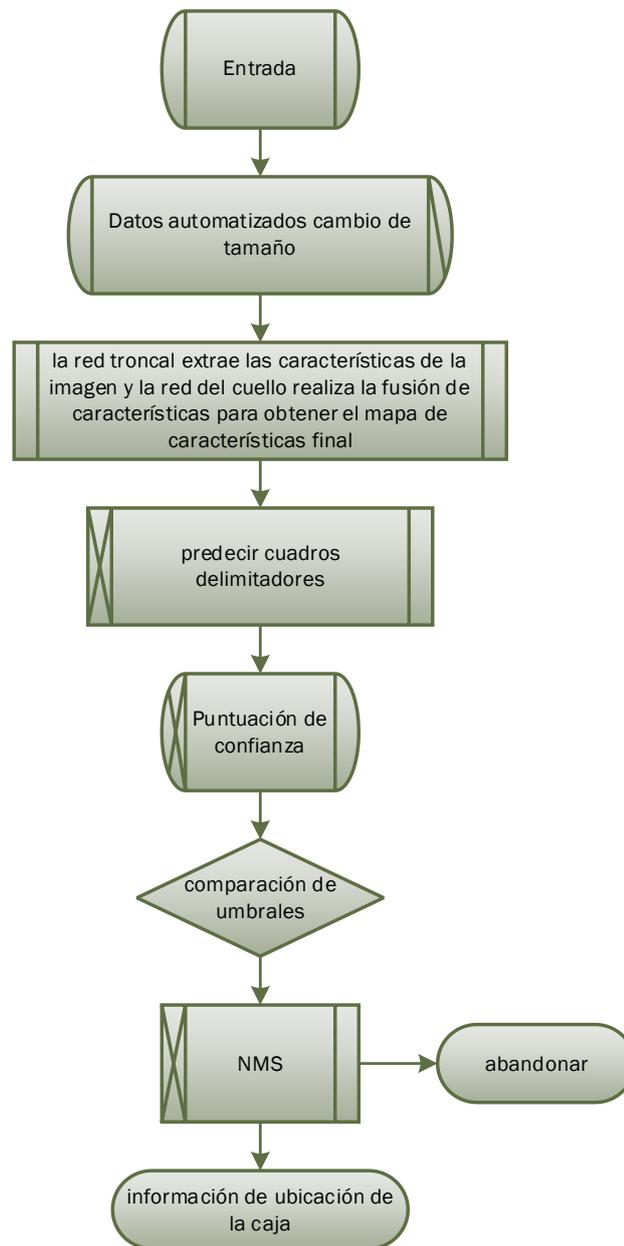


Figura 17.Diagrama de flujo YOLOv4 [44]

Por otro lado, la versión liviana de YOLOv4, conocida como Small YOLOv4, utiliza una red piramidal de funciones como cuello y tiene dos cabezales de detección YOLOv3.

Sus salidas generan mapas de tamaño reducido para las predicciones, en la figura 32 se delata el proceso de detección de objetos de forma breve.

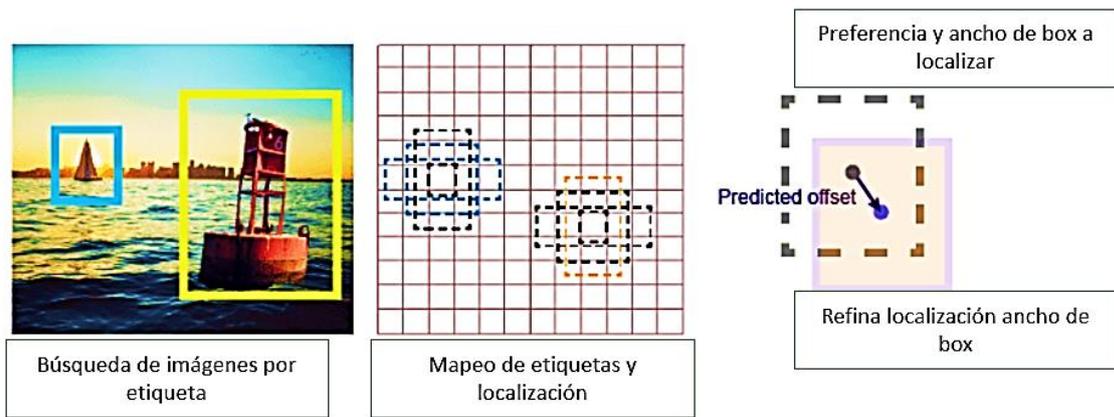


Figura 18 .YoloV4 [41].

MARCO YOLOV4 PANET:

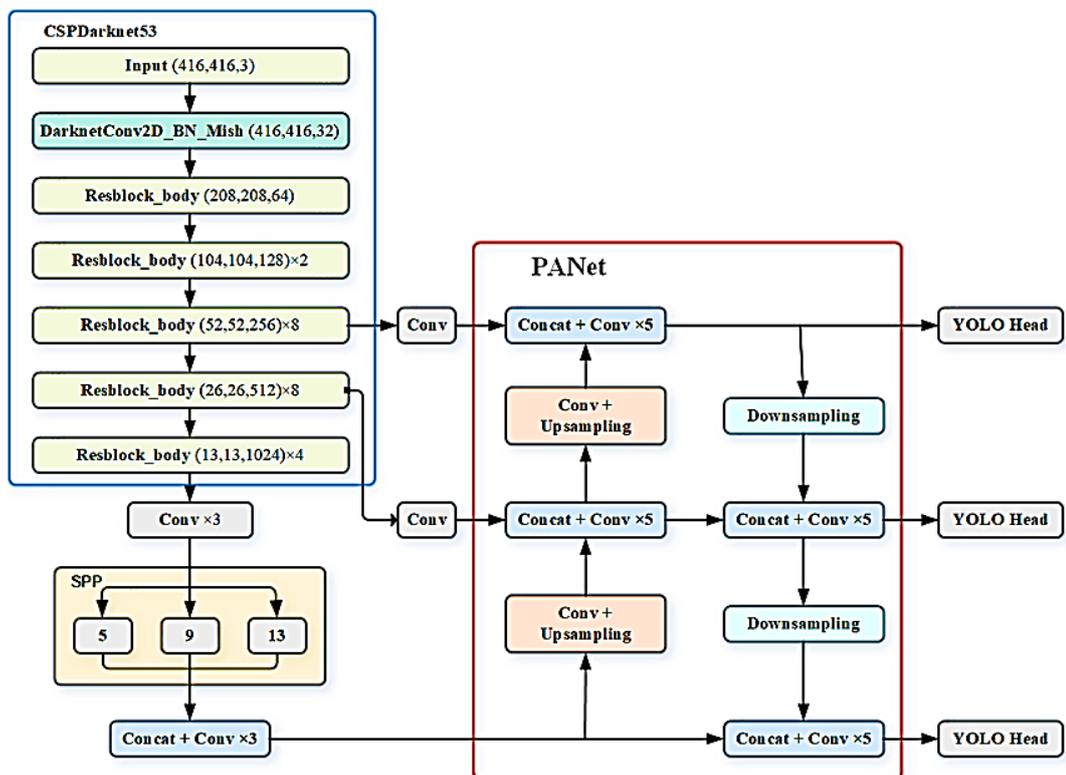


Figura 19. Estructura de Mapeo PANet [44].

2.2.16 EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROLADOR INDUSTRIAL PARA AUTOMATIZAR CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLES

En entornos industriales, los Controladores Lógicos Programables (PLC) son ampliamente utilizados para automatizar procesos y ejecutar operaciones en sistemas. Estos dispositivos son fundamentales para optimizar el funcionamiento de las máquinas, ya que permiten la automatización de tareas de manera eficiente. Además de su función principal, los PLC también realizan operaciones de autodiagnóstico para supervisar el estado del sistema y pueden enviar o recibir señales digitales o analógicas. Además, los PLC son capaces de registrar datos en la salida, lo que proporciona información valiosa para el monitoreo y la mejora continua de los procesos industriales. [45].

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) pueden programarse utilizando varios lenguajes, lo que brinda flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades específicas de cada aplicación. Estos dispositivos se comunican a través de una interfaz que facilita la configuración y la programación. Su estructura electrónica se basa en microprocesadores, lo que les permite llevar a cabo tareas de control automático y supervisión de sistemas industriales de diversas formas y niveles de complejidad.

Una de las principales ventajas de los PLC es su capacidad de reprogramación, lo que permite ajustar y modificar el sistema según sea necesario sin requerir cambios físicos en la configuración. Además, la posibilidad de verificar la ejecución del programa desde una computadora facilita el proceso de depuración y optimización del sistema, eliminando la necesidad de realizar conexiones complejas para realizar pruebas y diagnósticos. Esta capacidad de programación remota agiliza el desarrollo y la implementación de sistemas automatizados, lo que resulta en una mayor eficiencia y productividad en entornos industriales. [46].

S7-1200 PLC SIEMENS

El controlador S7-1200 proporciona la versatilidad y la potencia requeridas para supervisar una amplia variedad de dispositivos y cumplir con tus necesidades de automatización. Con un diseño compacto y una configuración flexible, este controlador es capaz de adaptarse a diferentes entornos y aplicaciones de manera eficiente. Su conjunto de instrucciones poderoso lo convierte en una solución ideal para controlar una diversidad de procesos y sistemas con precisión y fiabilidad. [47].

La unidad de procesamiento central (CPU) del controlador S7-1200 combina varios componentes esenciales en una carcasa compacta, incluyendo un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, conectividad PROFINET y control de movimiento de alta velocidad. Además, cuenta con entradas analógicas incorporadas. Una vez que se carga el programa en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para supervisar y controlar los dispositivos en la aplicación.

La CPU monitorea constantemente las entradas y ajusta los estados de salida según la lógica programada. Esta lógica puede incluir operaciones booleanas, conteo, temporización, cálculos matemáticos complejos y comunicaciones con otros dispositivos inteligentes.

Adicionalmente, la CPU está equipada con un puerto PROFINET que permite la comunicación a través de una red PROFINET, lo que facilita la integración del controlador en entornos industriales. Además, existen módulos adicionales disponibles para expandir aún más las capacidades de la CPU, lo que brinda flexibilidad y adaptabilidad para satisfacer una amplia variedad de requisitos de automatización. Las características físicas del PLC SIEMENS S7-1200:

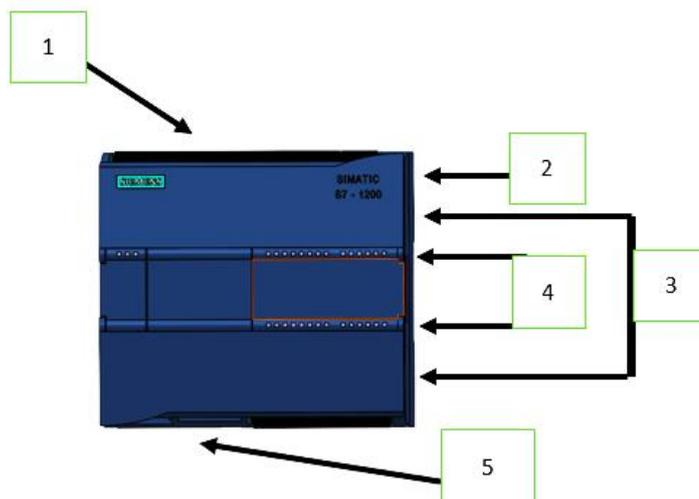


Figura 20.Partes De PLC Básico [39].

1. Conector de Amperaje.
2. Entrada para Memoria de tarjeta.
3. Conectores para el cableado de cliente.
4. Indicador de estado para las Entradas y Salidas integradas.
5. Puente PROFINET.

Tabla 12. Datos destacados de PLC s7-1200

Datos técnicos	CPU 1211C DC/DC
Rango de voltaje	20.4VDC-28.8VDC
Frecuencia	47-63Hz
Entrada de corriente	300mA/24VDC
Operación de corriente	12A /28.8VDC
Tiempo en ejecución	10ms – 24VDC
Salida de corriente	300mA
Relés operación	2A
Resistencia ohm	0.2ohm

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [47].

BREAKER EASY9

Son componentes esenciales para garantizar la seguridad en sistemas eléctricos de potencia. Su función principal es desconectar la diferencia de potencial durante tareas de mantenimiento o revisión, lo que ayuda a prevenir accidentes y garantiza la integridad del sistema eléctrico.

Estos dispositivos, que operan como elementos electromecánicos, desempeñan un papel crucial al asegurar la alimentación del sistema eléctrico y funcionar como el interruptor principal en situaciones de emergencia.

Además de su función de desconexión de potencial, los Breakers Easy9 son vitales para el control de la intensidad en el sistema eléctrico. Su capacidad para interrumpir el flujo de corriente en caso de sobrecarga o cortocircuito contribuye significativamente a prevenir daños en equipos y a mantener la estabilidad de la red eléctrica [48].

Tabla 13.Datos Destacados De Breaker Easy9

Gama	Easy9
Numero de polos protegidos	3
Corriente nominal	63 A
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Poder de corte	220V CA 50/60 Hz 400V CA 50/60 Hz

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [48].

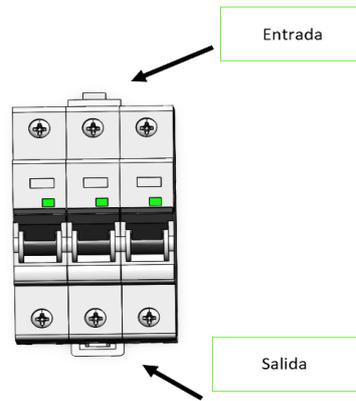


Figura 21 .Esquema Básico De Breaker Seleccionador [48].

DISYUNTOR O INTERRUPTORES DE CAJA MOLDEADA 3VA2

Los interruptores de caja moldeada 3VA2 están disponibles en una variedad de configuraciones, desde 3 hasta 4 polos, y ofrecen un amplio rango de operación que va desde 16 A hasta 1000 A, dependiendo de su tamaño. Por otro lado, los interruptores de caja moldeada 3VA1 se destacan por cumplir con todas las funciones necesarias para garantizar una protección efectiva de la línea eléctrica [47].

Entre las características principales de los interruptores de caja moldeada 3VA1 se encuentran:

- ✓ Diseño compacto que facilita su integración en diferentes tipos de paneles eléctricos.
- ✓ Disponibilidad en versiones de 1 a 4 polos, dependiendo del tamaño y la aplicación específica.
- ✓ Capacidad interruptora que varía desde 16 kA hasta 70 kA a 415 V, dependiendo de la configuración de 3 o 4 polos.
- ✓ Opciones de montaje fijo y versión extraíble, adaptándose a las necesidades de instalación.
- ✓ Utilización de unidades de disparo termomagnéticas para una respuesta precisa y eficaz frente a sobrecargas y cortocircuitos.
- ✓ Adecuados para su uso en aplicaciones tanto en corriente alterna (CA) como en corriente continua (CD), lo que aumenta su versatilidad.
- ✓ Tolerancia de temperatura de hasta +50 °C sin pérdida de rendimiento, lo que garantiza su funcionamiento en entornos adversos.

- ✓ Accesorios modulares que se integran fácilmente, ofreciendo diversas funciones adicionales como señalización, bloqueo, entre otros.
- ✓ Plataforma uniforme de accesorios compatible con todos los interruptores de caja moldeada 3VA1, lo que simplifica el proceso de instalación y mantenimiento.

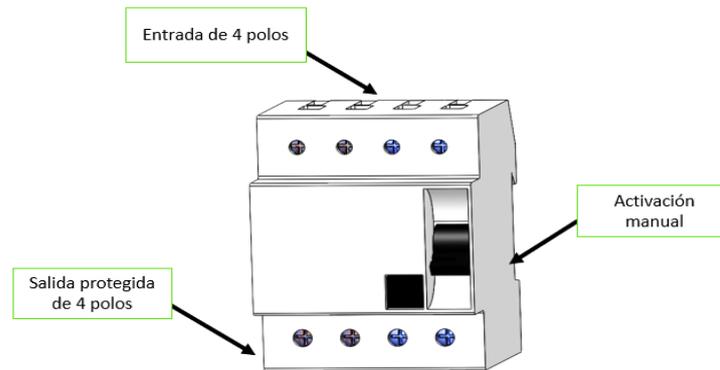


Figura 22 Esquema Básico De Disyuntor [47].

Tabla 14. Datos importantes de Disyuntor.

Protección de líneas	630 Amp
Seccionador	4
Aplicaciones en CD	240VAC
Numero de polos	3-4
Corriente asignada	400-630 Amp
Tensión asignada de operación	690 Amp Max
Capacidad de ruptura	380 -415V [KA]
Disparo térmico	Fija/ regulable
Disparo magnético	Fija/ regulable

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [47].

CONTACTOR DE POTENCIA

Un contactor de potencia es un dispositivo electromagnético que permite el paso de corriente en el sistema eléctrico y de potencia. Al igual que los interruptores, los contactores tienen dos fases de interrupción, lo que significa que pueden cortar la corriente en dos puntos diferentes del circuito para mayor seguridad en la figura 16 se muestra las entradas y salidas. Cuando el contactor está desactivado, su estado de operación es abierto, lo que significa que interrumpe el flujo de corriente y corta la conexión eléctrica. Además, al igual que los interruptores, los contactores pueden funcionar en diferentes variantes, como bipolares, tripolares o tetrapolares, lo que permite adaptarse a las necesidades específicas del sistema eléctrico y de potencia. [49].

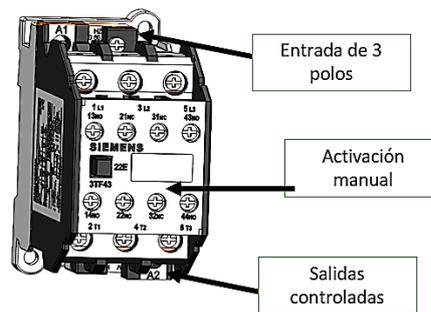


Figura 23. Esquema Básico De Contactor De Potencia [49].

Tabla 15. Datos importantes contactor de potencia

Tamaño de contactor	S3
Ampliación del producto	Interruptor auxiliar
Perdidas de valor de intensidad	Estado Caliente 19.8W Estado por polo 6.6W
Tensión máxima	690V
Temperatura de funcionamiento	-25 + 60° C
Vida útil	10 millones de ciclos de activación
Intensidad de empleo	130 A
Potencia de empleo	400V / 22KW

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [42].

BORNERO INDUSTRIAL LÍNEA BTWK / BTWY

Es una herramienta esencial que facilita la conexión de los periféricos de entrada y salida del panel eléctrico. Su función principal radica en establecer las conexiones necesarias entre los elementos industriales y el panel central, en la figura 24 se observa sus polos.

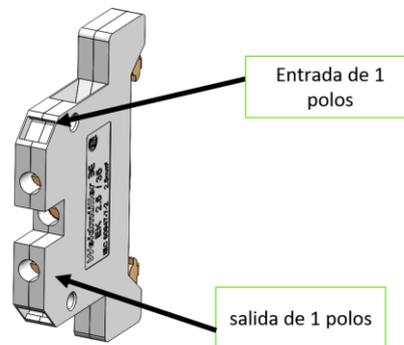


Figura 24 .Borneros Básicos En La Industria [50].

En otras palabras, actúa como un punto de conexión centralizado que permite la integración ordenada y eficiente de todos los componentes del sistema industrial. Esto incluye dispositivos de entrada, como sensores y interruptores, así como dispositivos de salida, como actuadores y dispositivos de control. El bornero industrial juega un papel crucial en la creación de un sistema eléctrico robusto y confiable, al proporcionar una plataforma organizada y segura para la conexión de los diversos elementos del panel eléctrico [50].

Tabla 16. Datos importantes contactor de potencia

MODELO	TENSIÓN / CORRIENTE
BTWY 2.5	750V /24 A
BTWY 2.5P	600V/20 A
BTWY 2.5S	600V/20 A

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [50].

RELÉ DE POTENCIA MINIATURIZADO LY

El relé de potencia miniaturizado LY es un dispositivo electromecánico que proporciona protección al sistema eléctrico central. Su función principal es resguardar de manera confiable los motores y equipos de potencia en caso de que ocurra una variación de tensión no permitida, en la figura 18 se visualiza sus entradas. Este relé de sobrecarga térmico es capaz de detectar y responder a condiciones de sobrecarga eléctrica, previniendo así daños a los equipos y garantizando un funcionamiento seguro y confiable del sistema [51].

Tabla 17. Datos importantes contactor de potencia

Tensión nominal	Corriente nominal 50Hz/60Hz	Resistencia de bobina
CA 6V	386mA/330mA	5ohm
CA 12V	199mA/170mA	20ohm
CA 24V	93.6mA/80mA	78ohm
CA 50V	46,8mA/40mA	350ohm
100/110V	22.5mA/19mA	1.6kohm
200/220V	11.5mA/9.8mA	6.7kohm
CD 6V	240mA	25ohm
CD 12V	120mA	100ohm
CD 24V	69mA	350ohm
CD 48V	30mA	1.6kohm
100/110V	15/15,9mA	6.9kohm

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [51].

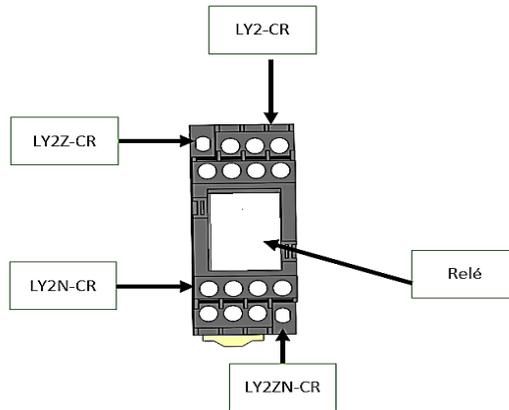


Figura 25 Esquema De Relé Térmico De Sobrecarga [43].

BORNERO PORTA-FUSIBLE BTWM

El bornero porta-fusible BTWM es una solución segura y confiable para tus necesidades de conexión eléctrica. Con un diseño versátil, este terminal de tornillo de 2 puntos de 5 mm proporciona un soporte eficaz para tus fusibles, permitiéndote proteger tus circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos.

Con una tensión de servicio nominal de 600 V según CSA/cURus y 500 V de acuerdo con EN/IEC 60947-7-1, así como una corriente nominal de 6,3 A según EN/IEC 60947-7-1, 6,3 A según CSA y 12 A cURus, este terminal ofrece un rendimiento seguro y consistente en una variedad de aplicaciones. Su superficie tratada en negro y su montaje mediante clip con conexión lateral para fusibles de 5 x 20 mm garantizan una instalación sencilla y segura, en la figura 19 se aprecia su forma similar al bornero. Además, puede ser conectado y desconectado fácilmente mediante un destornillador.

El bornero porta-fusible BTWM es compatible con una amplia gama de armarios, incluyendo Prisma G, Prisma P, Pragma, Prisma PH, Prisma Pack, Spacial, Kaedra y TeSys. Se comercializa en paquetes de 50 unidades para mayor conveniencia [52].

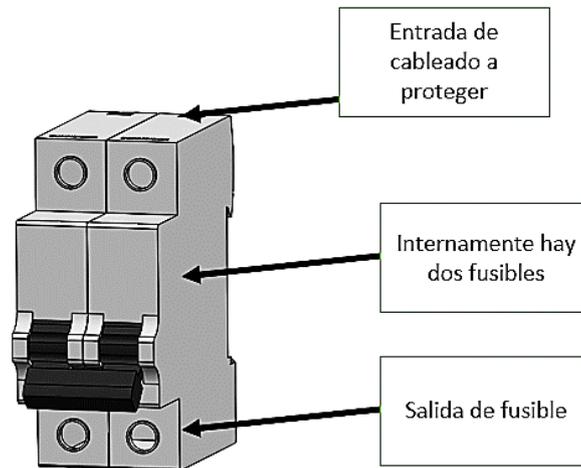


Figura 26 Bornero porta -fusible [51].

Tabla 18.Datos importantes bornero prota-fusible

modelo	Tensión/ corriente
BTWM 2.5 A	750V/16 A
BTWM-S	500V/10 A
BTWM SLD	750V/30 A
BTWM I	500V/10 A

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [51].

VARIADOR DE FRECUENCIAS

El variador de frecuencias Delta es una herramienta que permite regular la velocidad de los motores para que la intensidad eléctrica se ajuste a la frecuencia necesaria para su funcionamiento en un proceso específico.

Una de las principales ventajas del uso de variadores de frecuencia es la reducción significativa del consumo energético, que puede oscilar entre un 25% y un 75% de ahorro en comparación con sistemas de velocidad fija, en la figura 27 se visualiza sus partes.

Este ahorro no solo tiene beneficios económicos, sino también operacionales y ambientales, al reducir la huella de carbono y los costos de operación asociados al consumo de energía eléctrica. [53].

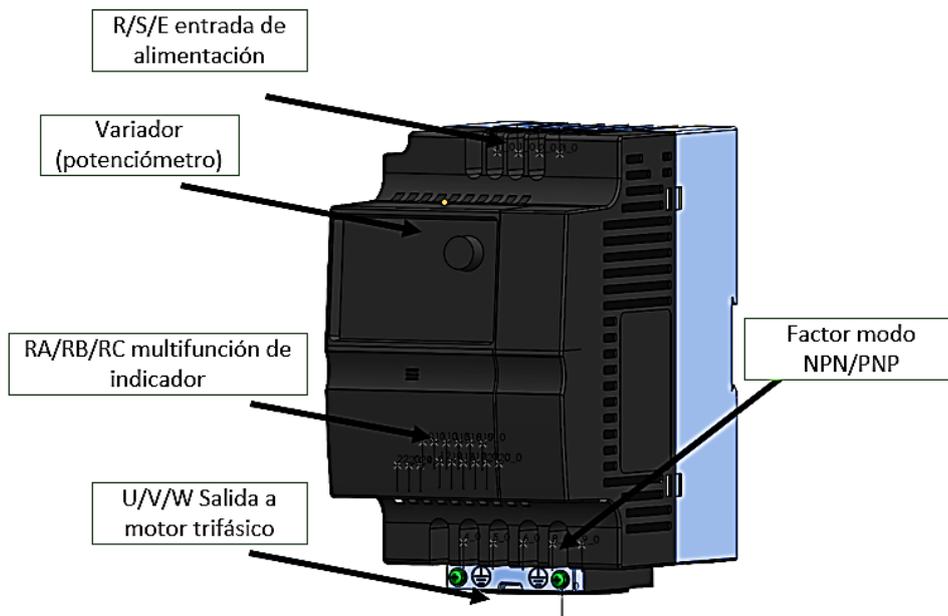


Figura 27. Variador De Frecuencia PWM [53].

Tabla 19. Datos importantes variador de frecuencia.

Voltaje Clase	460V
Motor salido KW	4/7/15/22/37
Motor Salida hp	0.4/0.75/1.5/2.2/3.7
Capacitancia en salida KVA	1.2/2.0/3.3/4.4/6.8
Corriente de salida A	1.5/2.5/4.2/5.5/8.2
Frecuencia variable	1Hz-600Hz
Corriente de operación A	1.8/3.2/4.3/7.1/9
Tolerancia de voltaje	342-528V

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [53].

RELÉ MSR127RTP

El relé MSR127RTP ofrece la flexibilidad de tener la opción de restablecimiento automático o manual. En los modelos que cuentan con esta función, el restablecimiento puede realizarse mediante un puente o agregando un interruptor normalmente abierto al lazo de monitoreo, convirtiéndolo así en un restablecimiento manual no monitoreado, en la figura 28 se observa los indicadores. Para los modelos con restablecimiento manual monitoreado, se realiza una revisión del circuito de monitoreo de salida para asegurar su correcto funcionamiento. [54].

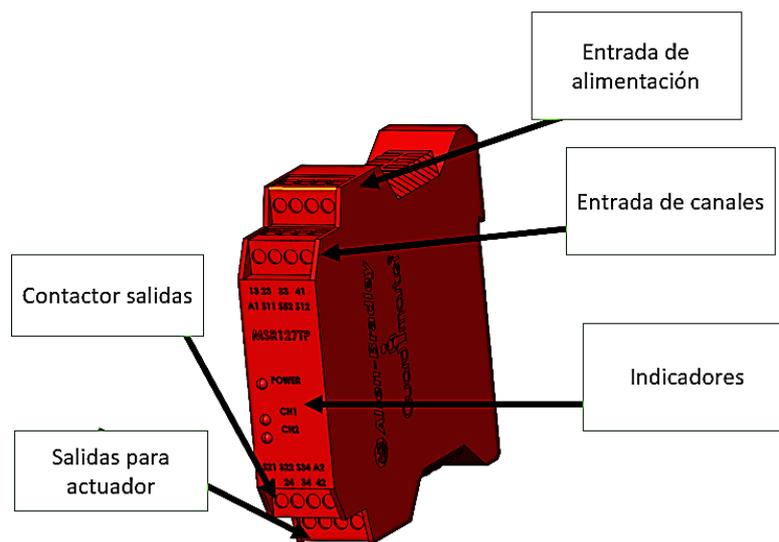


Figura 28 Relé MSR127RTP [54].

Tabla 20. Datos importantes relé

Tensión de operación	24V AC/DC, 115V AC, 230V AC
Consumo	2W
Resistencia máxima	110 ohm
Salidas	3.N.O -1 N.C auxiliar
salida para actuador	5 A /250V AC 3 A/24V DC
Activación de switch	10mA /10V

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [54].

PANEL SIMATIC HMI

Ofrece una solución eficiente y versátil para implementar interfaces hombre-máquina directamente en la ubicación de las máquinas. Estos paneles están diseñados para una amplia variedad de aplicaciones y sectores industriales, lo que los hace extremadamente versátiles. Al integrarse perfectamente con SIMATIC WinCC en el TIA Portal, los usuarios pueden aprovechar al máximo su funcionalidad y beneficios. Esta integración simplifica el proceso de ingeniería, lo que resulta en ahorros significativos de tiempo, dinero y esfuerzo [55].

Con su diseño robusto y compacto, los paneles SIMATIC HMI son la elección ideal para entornos industriales exigentes. Gracias a su grado de protección IP65/NEMA 4, ofrecen una alta resistencia al polvo, agua y otros elementos, mientras que su compatibilidad electromagnética y resistencia a vibraciones garantizan un rendimiento confiable incluso en condiciones adversas. Su tamaño compacto los hace perfectos para espacios reducidos, y para aplicaciones que requieren una protección total, están disponibles dispositivos con protección completa IP65/NEMA 4 para instalaciones en estructuras separadas.

Los Mobile Panels, con su caja robusta y resistente a los golpes, son especialmente adecuados para entornos industriales. Su diseño ergonómico y peso ligero los hacen fáciles y cómodos de manejar, lo que los convierte en una opción conveniente para aplicaciones móviles o en ubicaciones donde se requiera movilidad.

SIMATIC WinCC (TIA Portal) proporciona una herramienta de configuración integral para todos los paneles SIMATIC HMI, así como para sistemas basados en PC. Esto permite una configuración simple y eficiente sin la necesidad de conocimientos de programación especializados en la figura 29 se observa las entradas ethernet. Las configuraciones pueden reutilizarse fácilmente dentro de la misma familia de productos, y los Key Panels solo requieren configuración, sin necesidad de programación adicional, lo que simplifica aún más el proceso de implementación y mantenimiento [55].

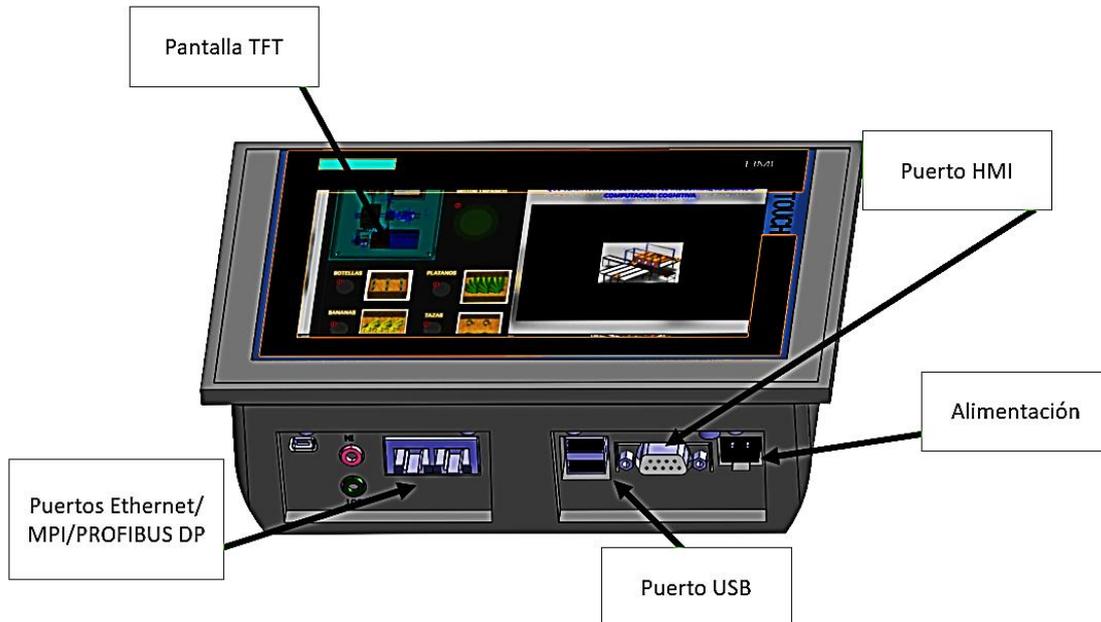


Figura 29. Panel SIMATIC HMI [55].

Tabla 21. SMATIC HMI

Voltaje de operación	24V
Rango mínimo en sistemas	19.2V
Rango máximo en sistema	28.8V
Consumo de corriente	0.5 A
Potencia de consumo	12W
Memoria de datos usable	12Mbyte

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [55].

BATERÍA UB12750

La batería UB12750 es una batería de 24 voltios del Grupo 24 con una capacidad de 75 Ah. Estas baterías son del tipo de vidrio absorbido de alta calidad (AGM) de 12 voltios, diseñadas para proporcionar una fuente confiable de energía para una variedad de aplicaciones, incluidas sillas de ruedas eléctricas. Fabricada por UPG (Universal Power Group) en instalaciones de última generación, la batería UB12750-45821 es conocida por su calidad y rendimiento [56].

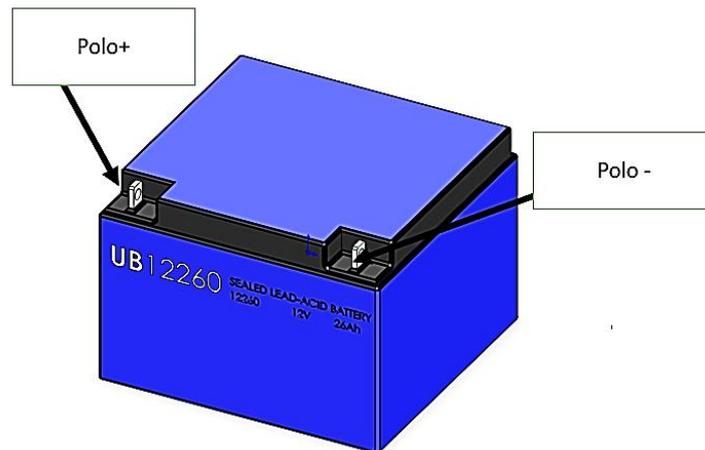


Figura 30.Batería UB12750 [56].

Tabla 22.Batería UB12750 datos eléctricos.

Voltaje DC	24V
Capacidad 20horas	26 Ah
Capacidad 10 horas	24.18 Ah
Capacidad 5 horas	22.10 Ah
Capacidad 1 hora	15.60 Ah
resistencia	14m Ohm
Vida útil	12 meses

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [56].

TABLERO ELÉCTRICO

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos juegan un papel crucial al ser componentes esenciales para su funcionamiento seguro y eficiente. Estos tableros son estructuras que alojan una variedad de dispositivos, como interruptores, fusibles, relés, contactores y otros elementos de control y protección.

Los dispositivos de seguridad, como los interruptores automáticos o disyuntores, se encuentran dentro de los tableros eléctricos y se utilizan para proteger la instalación contra sobrecargas, cortocircuitos y otros problemas eléctricos.

Estos dispositivos se activan automáticamente cuando detectan una anomalía en el flujo de corriente, interrumpiendo el suministro eléctrico y evitando daños mayores.

Además de los dispositivos de seguridad, los tableros eléctricos también albergan elementos de control que regulan el funcionamiento de la instalación en la figura 31 se observa las partes del tablero.

Estos pueden incluir temporizadores, controladores de velocidad, arrancadores de motores, entre otros. Estos elementos permiten controlar y gestionar el flujo de energía eléctrica de manera eficiente, así como automatizar procesos dentro de la instalación [57].

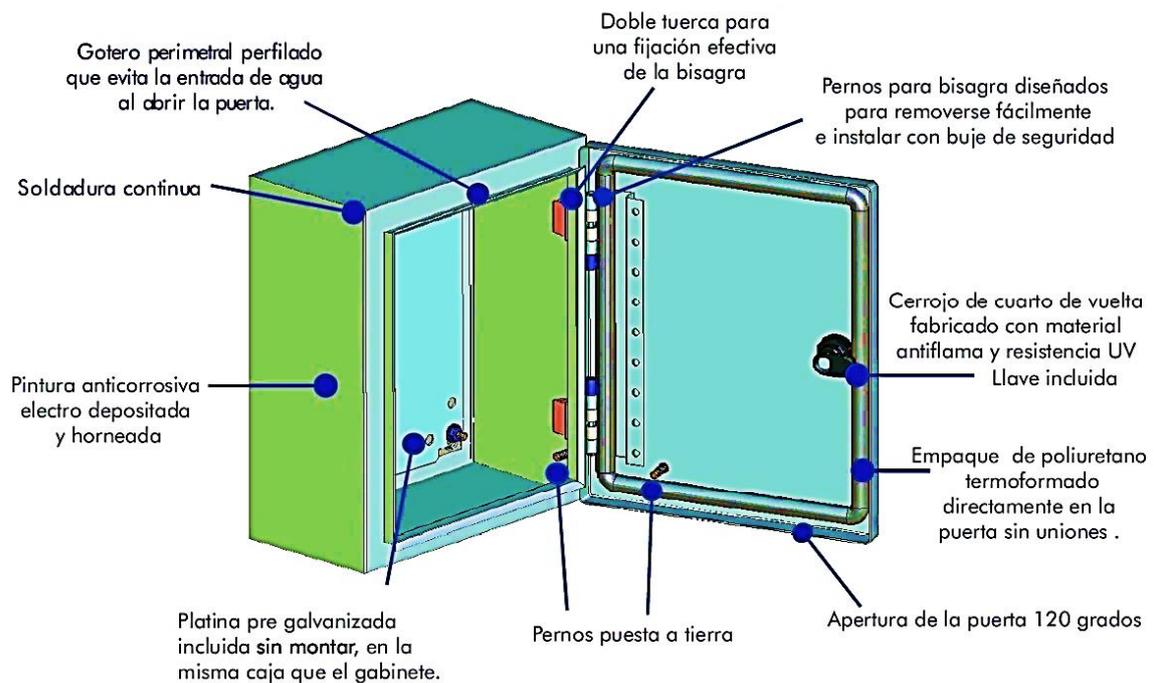


Figura 31 Tablero eléctrico y partes [57].

MOTOR DE INDUCCIÓN REDUCTOR

Hay tres modelos de motores de inducción que posee diferentes capacidades para abastecer las necesidades industriales y empresas, en la figura 32 se observa las partes.

- ✓ El motor de arranque por resistencia.
- ✓ Un motor de arranque por capacitor.
- ✓ Motorreductor o motor monofásico con caja reductora.

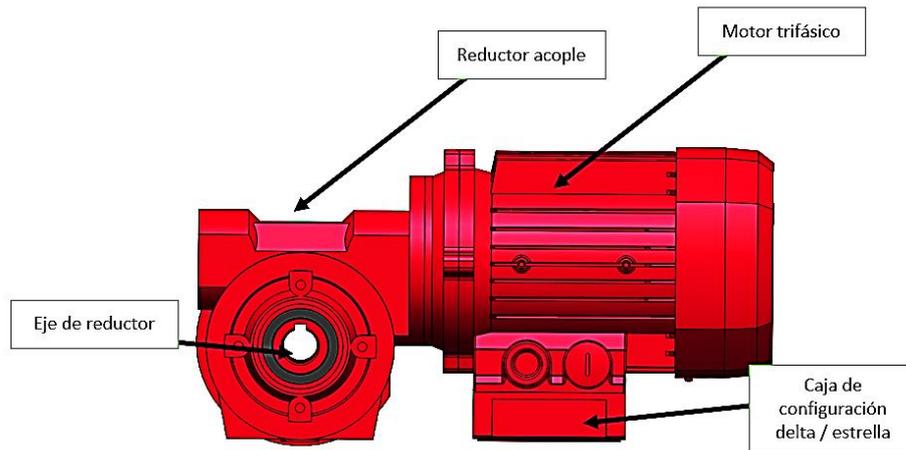


Figura 32 Partes De Motor Reductor [58].

Los motores de inducción son una opción eficiente para procesos continuos, como los sistemas de transporte, debido a su capacidad para funcionar de manera constante y fiable durante largos períodos de tiempo. Estos motores se clasifican en una serie de alta potencia y están disponibles en una amplia variedad de diseños, incluyendo ejes paralelos y en ángulo. Esta diversidad de diseños permite adaptarse a diferentes aplicaciones y requisitos de espacio.

Tabla 23. Datos de motor reductor.

Frecuencia	50Hz
Potencia Asignada	0.18KW
Velocidad Asignada	1350 1/min
Par Asignado	1.3 Nm
Corriente Asignada	1.01 A
Corriente De Operación	3A
Factor De Potencia	0.76/0.70/0.59
Rendimiento %	58.3/56.8/52.3

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [58].

Los motores de inducción también ofrecen una eficiencia mejorada cuando se combinan con engranajes helicoidales, lo que resulta en una transmisión más suave y silenciosa de la potencia. Además, su salida de torque puede variar según la versión del motor, lo que proporciona flexibilidad para adaptarse a diferentes necesidades de carga y velocidad en un sistema de transporte [58].

2.2.17 ELEMENTOS Y MODELOS 3D PARA LA SIMULACIÓN INDUSTRIAL

CINTAS TRANSPORTADORA DE RODILLOS

Las cintas transportadoras han ayudado en optimizar los procesos industriales, hoy en día existen diferentes cintas transportadoras según la necesidad de la empresa, en la figura 26 se aprecia con detalle las partes de la cinta. Desde la llegada de la Revolución Industrial se producen a gran escala, estas cintas transportadoras permiten aplicar la metodología de trabajo serial o continuo, para clasificación y almacenaje automatizando a todos los procesos de productos o ensamblaje, por lo general la cinta transportadora más común se compone por motor reductor, banda, base y rodillo, esto puede variar con las nuevas técnicas y dispositivos como sensores, anclaje y número de rodillos dinámicos [59].

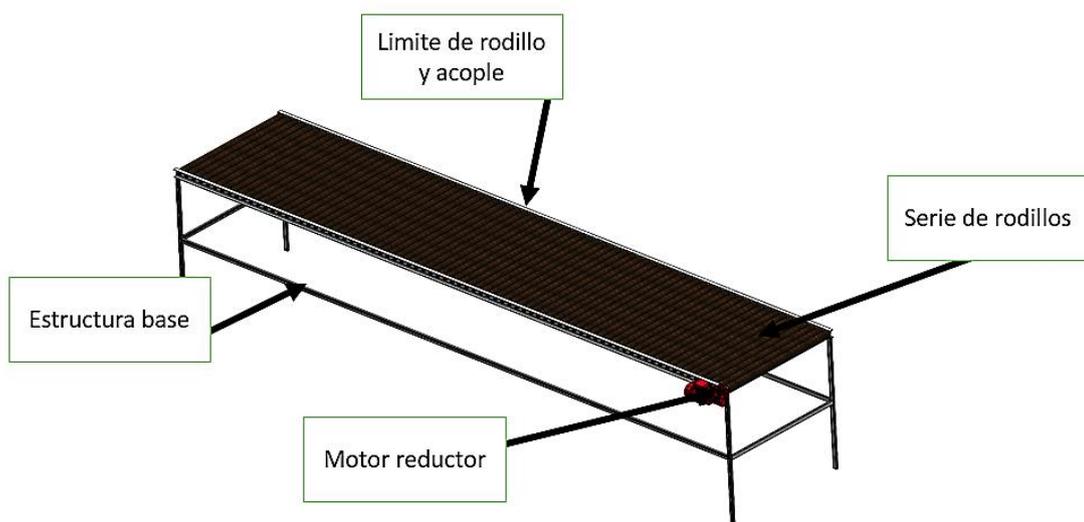


Figura 33 Partes Principales De Cinta Transportadora diseño del autor.

ACTUADORES NEUMÁTICOS

Los cilindros neumáticos o actuadores neumáticos, están ajustados para transformar la energía del aire comprimido en una fuerza lineal en aplicaciones en el sector industrial, estos se pueden catalogar por su compresión, desplazamiento, movimiento y fuerza neumática [60].

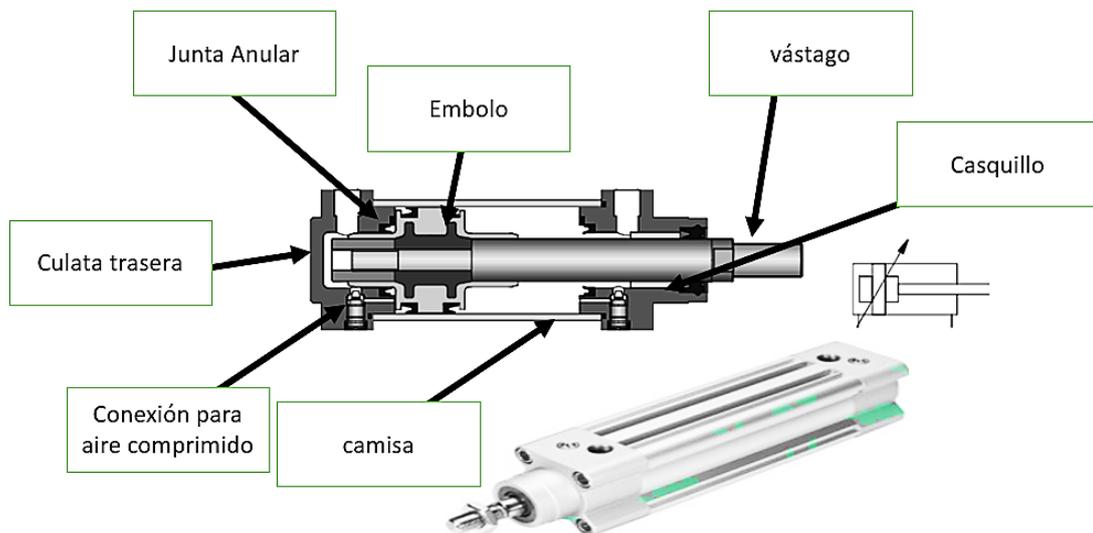


Figura 34. Partes De Un Actuador Neumático [60].

CÁMARAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

Forge se basa en una plataforma de cámara completamente nueva, diseñada para respaldar una variedad de funciones y sensores, lo que facilita la construcción rápida de sistemas sólidos y potentes.

Esta plataforma ofrece flexibilidad en las velocidades de enlace y tiene la capacidad de superar el rendimiento de 5 GigE, lo que permite un control preciso sobre la transferencia de datos al host.

Dirigido principalmente a los fabricantes de equipos originales (OEM), forge proporciona características diseñadas para simplificar la integración en sistemas existentes. Ofrece una ruta de actualización fluida desde los sistemas 1 gige, lo que permite a los usuarios aprovechar al máximo las capacidades de alta velocidad de la plataforma, en la figura 35 se observa su forma similar al de un convertidor de fibra.

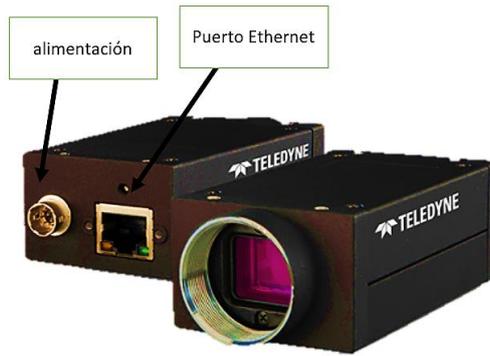


Figura 35 Cámara IP [61].

Además, Forge es compatible con una selección de paquetes de software, incluyendo SDK y GigE Visión, lo que facilita su integración en una variedad de entornos de desarrollo de software y sistemas de visión por computadora [61].

Tabla 24.Datos Cámara IP

Resolución	24480x2048
Megapíxeles	5
Velocidad de fotogramas máximo	122
Tipo de sensor	CMOS
Modelo de sensor	Sony IMX547
Interfaz de datos	Gigabit Ethernet 5Gbps/2.5Gbps/1Gbps
Sincronización	Activador de software, activado por hardware, comando de acción PTP
Memoria intermedia de imágenes	500MB
Fuente de alimentación	12 V

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [61].

2.3 MARCO TEÓRICO

En esta sección se muestra información relacionada con el proyecto de titulación, como artículos científicos, informes, publicaciones, proyectos, documentos técnicos e investigativos y tesis enfocadas al área industria IoT y procesos de aprendizaje automático, a continuación, se detalla un resumen de la propuesta del diseño.

En el año 2022, en la Universidad Península de Santa Elena, se presentó un artículo científico titulado “Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas” en la revista científica y tecnológica UPSE. Este artículo, que sirvió de base para el presente trabajo de titulación, abordó un diseño industrial 4.0 simulado mediante el software Factory I/O, con el esquema eléctrico y el tablero de control desarrollados en SolidWorks Electrical. Programación Ladder y la creación de la interfaz de control para los procesos automatizados se realizaron utilizando un PLC virtual incorporado en el software CODESYS 3.5. Este software también incluye herramientas que permiten enlazar variables a dispositivos IoT, facilitando la intercomunicación de datos con servidores web o plataformas como AnyViz, que se especializa en el monitoreo y control remoto de procesos industriales [3].

El trabajo actual eleva este concepto al siguiente nivel, entrando en la industria 5.0. Mientras el artículo anterior se enfocaba en una solución de industria 4.0, la investigación presente expande esta base integrando tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia, el ahorro energético y la respuesta en tiempo real en los procesos de clasificación de productos.

En la Revista Avances en Fabricas Sostenibles y Digitalización: Fabricación, Tecnológica y Sistemas de Medición, en el año 2023 se publicó un artículo llamado “Aprendizaje automático en la fabricación hacia la Industria 4.0: de 'Por ahora' a 'Cuatro conocimientos””, este trabajo se enfoca en la tecnología Machine Learning en la industria 4.0, para la producción y resolver varias tareas con diferentes dificultades y rendimientos. Además, aplica métodos no supervisados, supervisados, semi- supervisados y de refuerzo, este trabajo analiza las posibles direcciones que puede encaminar la industria [12].

En la Revista ScienceDirect, Procedía Informática, en el año 2023 se publicó un artículo llamado “Industria 4.0 vs Industria 5.0 coexistencia, transición o híbrido”, este trabajo estudia a la nueva industria y la compatibilidad con las nuevas tecnologías emergentes en el ámbito de maquina a hombre, Además, de la sostenibilidad y el cuidado medio ambiental, reduciendo el costo de operación y energía en los procesos industriales [8].

En la Revista International Journal of Advances in Engineering and Management, en el año 2022, se publicó un artículo llamado “Modelo basado en Industrial IoT (IIoT) para identificar objetos defectuosos mediante SolidWorks”, que presenta la detección por visión artificial, con técnicas de procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones para la automatización industrial, esto permite mejorar la calidad de trabajo. Además, el estudio, la visión artificial y el aprendizaje automático, permite detectar de forma inteligente con tecnología IIOT donde se descartan los productos defectuosos en la industria, esto ayuda a reducir costos y tiempo [62].

En la Revista Avances en Fabricas Sostenibles y Digitalización: Fabricación, Tecnológica y Sistemas de Medición, en el año 2023 se publicó un artículo científico, llamado “Detección Automática de Corrosión en Naves Industriales de Gran Escala Basada en Inteligencia Artificial y Vehículos Aéreos No Tripulados”, que propone una novedosa metodología de visión artificial con IA para detectar automáticamente el problema de la corrosión en los techados de las industriales, el método que propone se puede incorporar computación cognitiva para mejorar el rendimiento de las tareas de revisión. Con la ayuda de una base de datos de imágenes se realizó el entrenamiento supervisado. Los resultados en los valores de métricas se aproximaron al 65,1% para la detección del área delimitador. Además, en cuanto a las métricas de clasificación, fueron con un promedio del 85,8%, respectivamente. La metodología realizada demostró ser increíblemente valiosa para dirigir a los operadores en la toma de decisiones en condiciones [63].

En la Revista IEEE Xplore Journal of Automatic Sinical, en el año 2023 se publicó un artículo científico, llamado “Chatea con ChatGPT sobre Industria 5.0: aprendizaje y toma de decisiones para industrias inteligentes”, en una nueva era de IA algorítmica a la donde las tareas interactivas entre lo físico y lo virtual, la importancia en la incorporación de métodos que generen un impacto benéfico en el desarrollo industrial, especialmente en el monitoreo y la automatización para la empresas y la producción inteligente [64].

CAPITULO III

3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA

Raspberry Pi 4 Modelo B: Un dispositivo compacto y versátil, diseñado principalmente con fines educativos, pero con capacidades que lo hacen ideal para tareas de control y procesamiento en tiempo real. Equipado con un procesador de cuatro núcleos y soporte para salida 4K, se utilizará como dispositivo IoT para la conectividad con la plataforma AnyViz.

CODESYS 3.5 V: Software especializado en el control industrial, que facilita la programación y automatización de procesos en diversas aplicaciones. Este software permite la integración de variables en la nube mediante librerías compatibles con diferentes versiones de Raspberry Pi.

MATLAB: Herramienta poderosa para cálculos numéricos, análisis matemático, simulaciones y procesamiento de datos. En este proyecto, se utilizarán complementos de MathWorks, como YoloV4 y módulos de visión computacional, para mejorar las capacidades de análisis.

SolidWorks: Software líder en diseño y simulación 3D, esencial para la creación de modelos, análisis estructurales y simulaciones dinámicas. Su uso permite desarrollar prototipos y productos en ingeniería con simulaciones que se acercan a la realidad.

3.1.2 COMPONENTE FÍSICO

El Raspberry Pi 4 Modelo B es una computadora compacta y asequible, con procesador de cuatro núcleos a 1.5 GHz, GPU compatible con 4k, opciones de RAM de hasta 8GB, Wi-Fi dual, Bluetooth 5.0, Ethernet Gigabit, y puertos USB 3.0.

A continuación de detallar más información:

RASPBERRY PI 4 MODELO B

Esta pequeña computadora compacta ha sido diseñada con fines educativos, dirigida a aquellos que no disponen de los recursos para adquirir hardware informático costoso, pero que aun así desean aprender. Su rendimiento se asemeja al de los sistemas de PC básicos que utilizan la arquitectura x86 [65].

Las especificaciones del Raspberry Pi 4 son las siguientes:

- ✓ **Procesador:** Cuenta con un procesador de cuatro núcleos de 64 bits con Cortex-A72 (ARM v8), que funciona a una frecuencia de 1,5 GHz.
- ✓ **GPU:** Incluye una GPU Broadcom BCM2711 VC6, capaz de manejar dos pantallas 4k a 30 Hz y también compatible con decodificación H.265 a 4k a 60 Hz. Dispone de dos puertos micro HDMI.
- ✓ **Memoria RAM:** Está disponible en opciones de RAM LPDDR-4 de 2GB, 4GB y 8GB.
- ✓ **Conectividad:** Ofrece conectividad Wi-Fi de doble banda 2,4/5,0 GHz, Bluetooth 5.0, puerto Gigabit Ethernet, 2 puertos USB 3.0 y 2 puertos USB 2.0.
- ✓ **Alimentación:** Incorpora un puerto de entrada de alimentación USB tipo C y es compatible con la capacidad POE a través de un POE HAT independiente (complemento).
- ✓ **GPIO:** Presenta un encabezado GPIO estándar de 40 pines, compatible con versiones anteriores, en la figura 36 se observa las partes físicas del dispositivo.

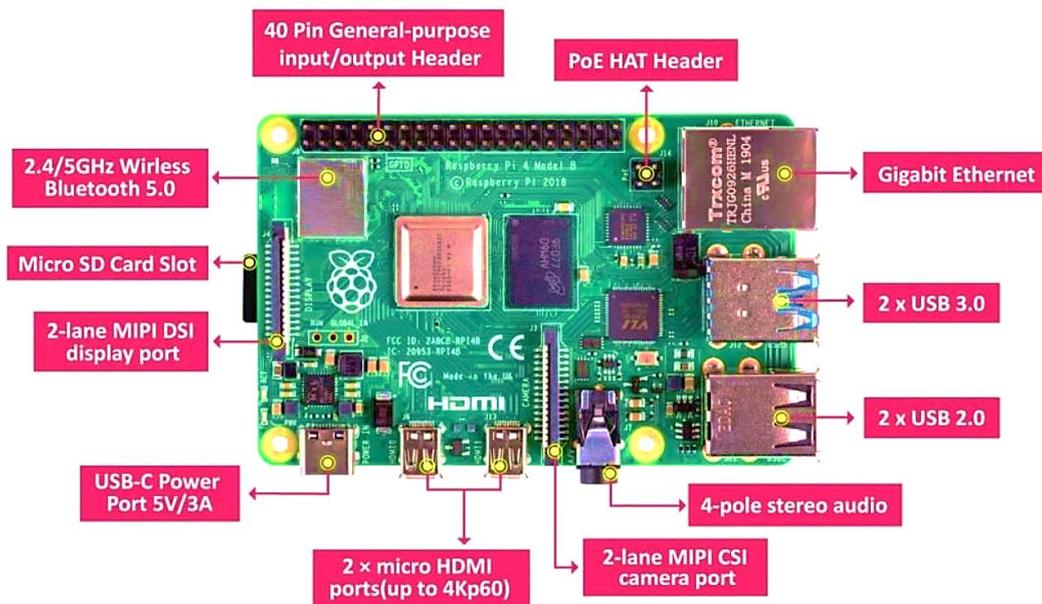


Figura 36 Partes De Raspberry Pi [65].

Tabla 25 Datos De Raspberry Pi 4

Parámetros	máximos	mínimos
Voltaje de entrada Low	VSS_IO=3.3V	0.8V
Voltaje de entrada High	VDD_IO=3.3V	2V
Corriente entrada	---	10 μ A
Capacitancia	5pF	---
Voltaje de salida Low	---/-2mA	0.4V
Voltaje de salida High	0.4V/2mA	---
Corriente Low	7mA	---
Corriente High	7mA	---
resistencia	10kohm	73kohm

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [65].

3.1.3 COMPONENTES LÓGICOS

La propuesta de componentes lógicos abarca una selección de softwares esenciales para el desarrollo y control en diversos ámbitos. CODESYS 3.5 V ofrece un entorno versátil para la creación de procesos de control, especialmente en sistemas industriales, con soporte para múltiples lenguajes de programación y conectividad web. AnyViz Cloud es una plataforma que facilita el monitoreo y control remoto de plantas industriales, proporcionando herramientas avanzadas de ingeniería y seguridad en la comunicación de datos.

MATLAB se destaca por su capacidad en análisis de datos, cálculo numérico y desarrollo de algoritmos, siendo ampliamente utilizado en campos como la robótica, el procesamiento de señales y el Machine Learning. SOLIDWORKS ofrece soluciones integrales para el diseño, simulación y gestión de productos, incluyendo la integración avanzada de componentes eléctricos en modelos CAD 3D.

Por último, la aplicación de realidad aumentada EyeJackApp proporciona una experiencia única al combinar tecnología digital con arte tradicional, permitiendo la adquisición y disfrute de obras artísticas de una manera innovadora. Estos componentes lógicos cubren un amplio espectro de aplicaciones, desde la industria hasta el arte, facilitando el desarrollo y control en diversos campos.

A continuación, se detallará cada componente del proyecto:

SOFTWARE CODESYS 3.5 V

Esta herramienta permite desarrollar diversos procesos para controladores virtuales y físicos base el estándar de la comisión electrotécnica internacional, a continuación, en la tabla 11, se observa los lenguajes de programación del software.

Tabla 26. Lenguajes que maneja CODESYS 3.5V

Lenguajes de CODESYS 3.5V	
Lenguaje de programación	Estándar IEC 61131-3
Orden de instrucciones	IEC basado en texto
Escritura estructurada	IEC basado en texto
Gráfico de proceso secuencial	Librerías IEC
Diagrama de bloques	Librerías IEC
Gráfico de proceso continuas	Librerías IEC
Diagrama de Ladder	Liberia de procesos IEC

Nota: información detallada en el trabajo referenciado [66].

El elemento que integra el software CODESYS 3.5 3.5 permiten mejorar los procesos de control y monitoreo en sistemas industriales, Además de sistemas más robustos como robots industriales y visualización de operaciones mediante HMI interactivo, y conectividad a la red local mediante WEB Visualización y WEB Server, esto gracias a la conectividad de librerías IEC, se utiliza para crear interactivos. La información sobre los recursos se encuentra en la página oficial del programa donde se encuentra paquetes de diferentes librerías, y especialmente para controladores programados [66].

✓ **PLC_VISU_CONTROL**

Permite visualizar el formulario para la configuración y análisis de parámetros de movimiento de sistema, las coordenadas definidas por puntos de la dirección, el formulario contiene el contador calcular la distancia recorrida y otro contador de los ciclos.

✓ **PLC_VISU_PANEL**

Este panel se observa en todas las interfaces pantallas y funciona como el menú central.

✓ **PLC_VISU_POINTS**

Permite tener una vista superior giro y puntos móviles de vista.

✓ **PLC_VISU_TRENDS**

Permite la visualización gráfica de los intercambios de coordenadas en el tiempo real y velocidad.

✓ **PLC_VISU_VELOCITY**

Permite la visualizar de componentes y elementos para la configuración de parámetros y cambios de velocidad lineal.

✓ **PLC_VISU_VELOCITY_SET**

es una vista adicional de la especificación del elemento de velocidad lineal.

INTERACCIÓN WEB VISUALIZACIÓN CODESYS 3.5 V

El entorno CODESYS 3.5 ofrece la alternativa de establecer los formularios HMI creados por el usuario para mostrarlo a la WEB de la página HTML, esta herramienta detalla en formato XML a partir de los datos de visualización, como se muestra en la figura 37.

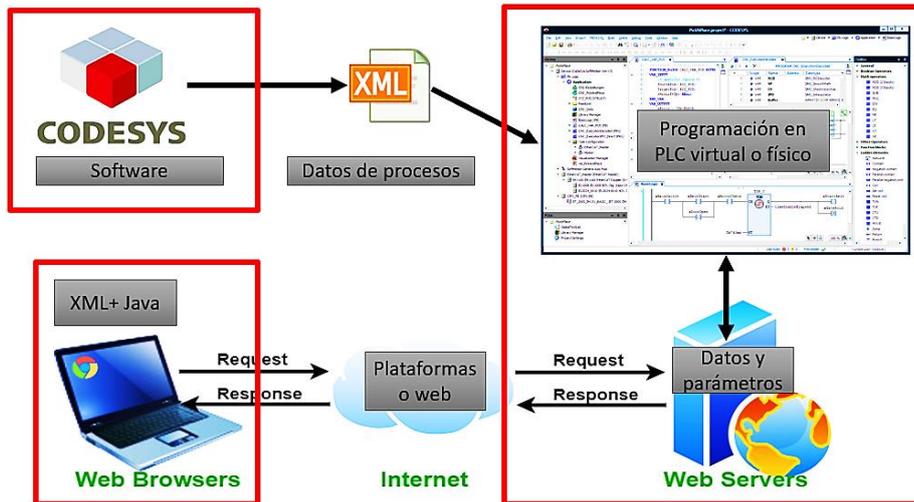


Figura 37 CODESYS 3.5 V Estructura De Web Visualización [67].

Se ejecuta como java-applet en el controlador la presentación de programa, el servidor web de datos en el controlador, actualiza e tiempo real los cambios constantes visualización en formato XML. Es presentada por TCP/IP en la web, con el host local de la red, los datos de visualización serán modificables y mostrados para realizar el control remoto como se observa en la figura 38.

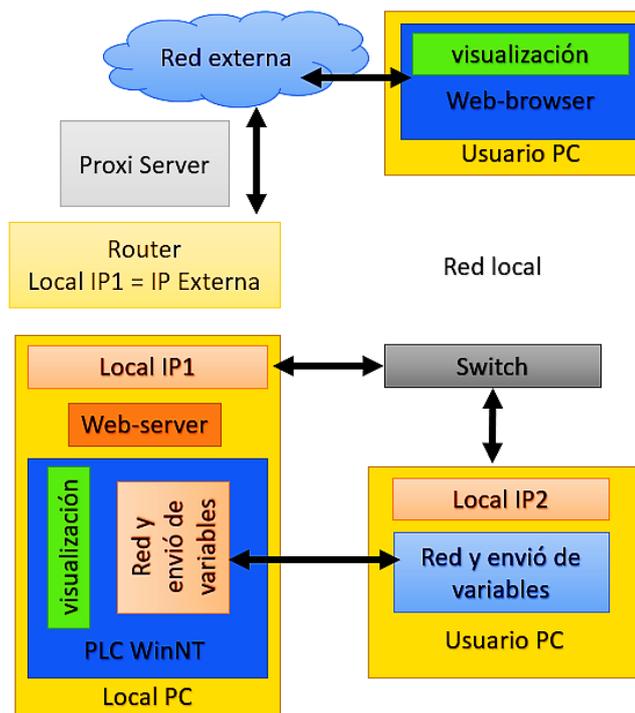


Figura 38 Estructura De Control Remoto Del PLC CODESYS 3.5 V [67].

El sistema estándar de CODESYS 3.5 3.5 SP PLC-WinNT tiene un rendimiento eficaz en dispositivos o hardware con dirección IP, de CODESYS 3.5 3.5 red y envío de variables, que es compatible con plataformas web. El router se utiliza como una solución para intercomunicar el PLC virtual o físico, aunque el servidor web es el enlace directo mediante el puerto de una IP definida [67]

PLATAFORMA ANYVIZ CLOUD

Esta herramienta cuenta con plataforma con entorno de programación de visualización gráfica. Además, cuenta con servidor web que utiliza bloque de programa, basadas en CODESYS 3.5V, Windows CE, Linux, adaptadores de OPC UA y protocolo MQTT [68], en la figura 39 se observa la compatibilidad de marcas y dispositivos.

- ✓ La interfaz de programación gráfica orientado en HTML, el servicio funciona en un navegador de Internet en un sitio web.
- ✓ AnyViz al poseer características de monitorear y control de plantas de forma remota, pose funciones de puertos de enlace de IoT y herramientas de ingeniería.
- ✓ AnyViz como protocolo de comunicación tiene la capacidad de cifrar datos de PLC y optimizado al proceso de inserción de datos, además, si la conexión a Internet se interrumpe, los datos se guardan temporalmente en el controlador.

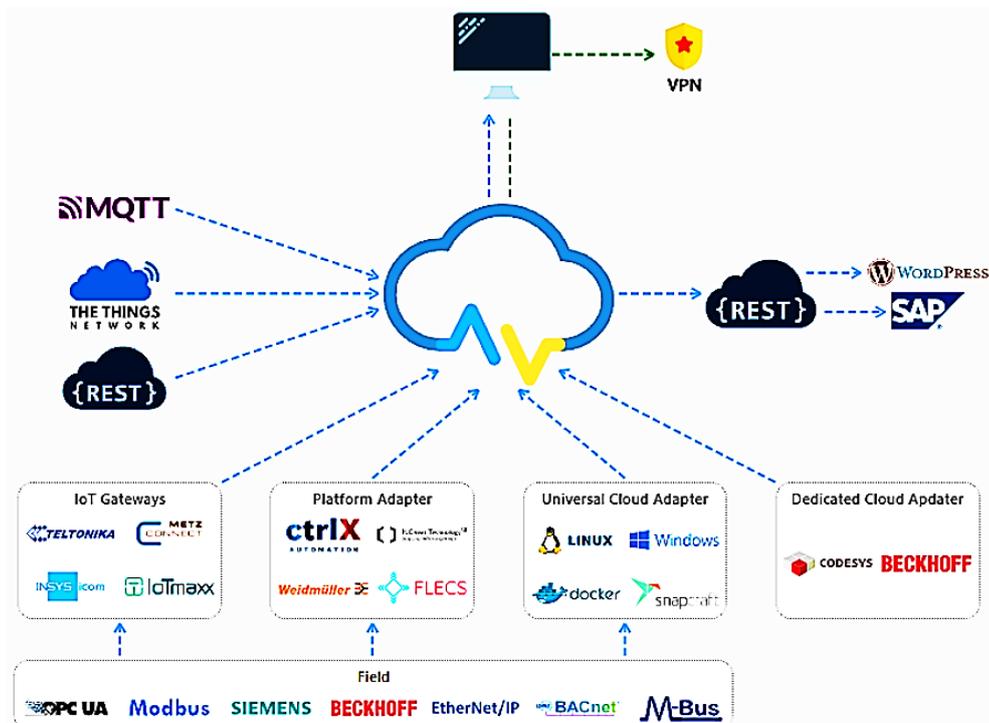


Figura 39 Compatibilidad AnyViz Con Otras Tecnologías Industriales [68].

HERRAMIENTA SPEEDTEST

Es una plataforma en línea diseñada para evaluar la velocidad de una conexión a internet. Proporciona detalles sobre la velocidad de descarga, la velocidad de carga y la latencia (tiempo de respuesta). Es ampliamente utilizada por usuarios y técnicos para comprobar el rendimiento y la calidad de su conexión [69].

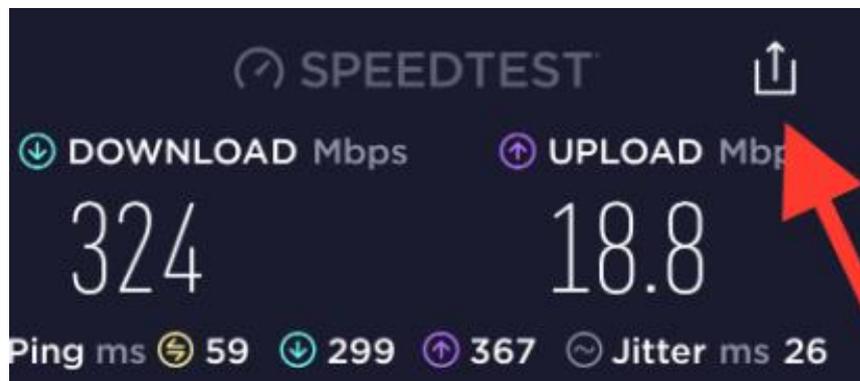


Figura 40. Herramienta SPEEDTEST [69].

SOFTWARE NEOTRACEPRO

Es una herramienta empleada para rastrear y analizar rutas de red (traceroute). Facilita a los usuarios el seguimiento del recorrido que realiza la información desde su computadora hasta un servidor en internet, ofreciendo detalles sobre cada nodo que atraviesa. Esto abarca datos como direcciones IP, nombres de dominio, ubicaciones geográficas y tiempos de respuesta [70].

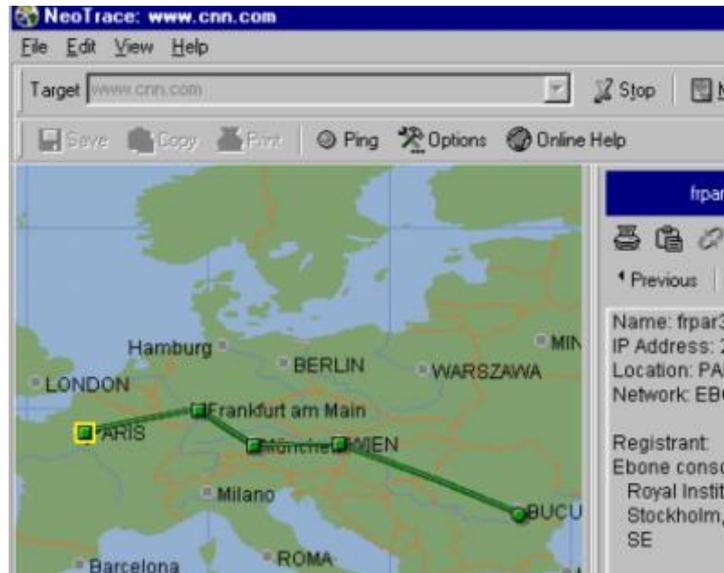


Figura 41. Interfaz de NEOTRACEPRO [70].

NeoTrace Pro es especialmente eficaz para diagnosticar problemas de conexión, detectar fallos en la red y evaluar su rendimiento. Además de su función principal de traceroute, NeoTrace Pro incluye una visualización gráfica de las rutas, lo que facilita la interpretación de los resultados.

SOFTWARE PINGPLOTTER 5

Es una herramienta de diagnóstico de redes que permite monitorizar y analizar el trayecto de los datos en una red (traceroute), así como medir la latencia (ping) y la pérdida de paquetes en cada nodo. La última versión de PingPlotter, PingPlotter 5, presenta mejoras funcionales y una interfaz más amigable. PingPlotter 5 facilita la identificación visual de problemas de conectividad, permitiendo detectar fallos en la red y evaluar su rendimiento. Es una herramienta útil tanto para usuarios individuales como para profesionales de TI que necesitan vigilar la estabilidad de la red, diagnosticar problemas intermitentes o supervisar el rendimiento de la red a lo largo del tiempo. Además, el software ofrece funciones adicionales, como monitoreo en

tiempo real, alertas personalizables y la opción de guardar y exportar datos para un análisis más profundo [71].

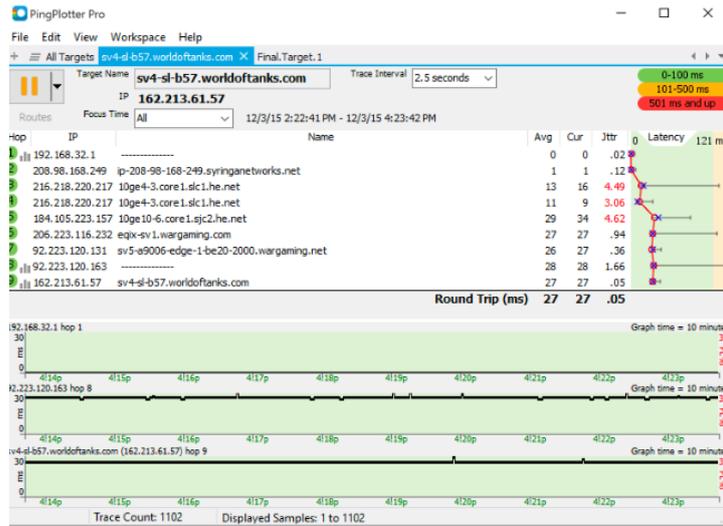


Figura 42. Herramienta PingPlotter Pro [71].

SOFTWARE WIRESHARK

Es una herramienta de análisis de redes ampliamente utilizada para capturar y revisar el tráfico de datos en una red. Permite a los usuarios examinar detalladamente los paquetes de información, facilitando la identificación y resolución de problemas de red, así como el análisis de protocolos y comunicaciones [72].

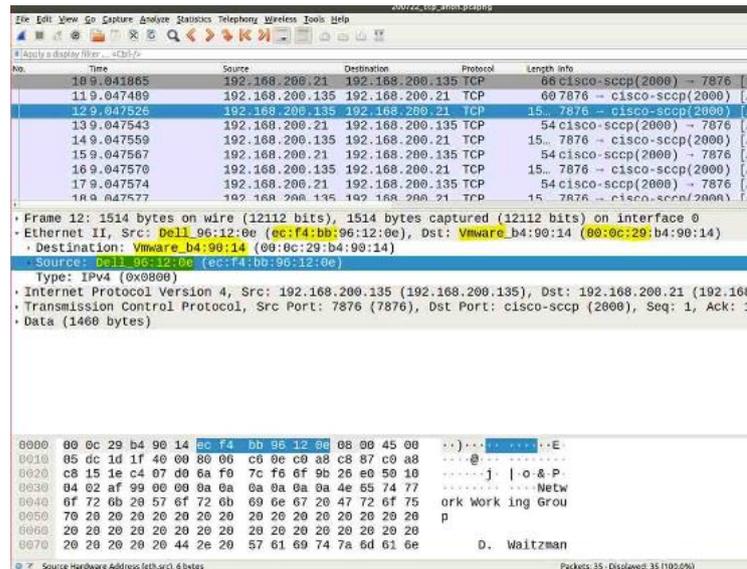


Figura 43. Wireshark interfaz [72].

Wireshark proporciona una interfaz gráfica que organiza la información de los paquetes capturados, incluyendo detalles como direcciones IP, puertos, protocolos y

el contenido de los paquetes. Es una herramienta especialmente valiosa para profesionales en redes y seguridad, permitiendo resolver problemas, identificar anomalías y analizar el tráfico de la red.

HERRAMIENTA SHODAN

Es una plataforma de búsqueda especializada en explorar dispositivos conectados a internet. A diferencia de los motores de búsqueda convencionales que indexan páginas web, Shodan se enfoca en descubrir y catalogar dispositivos de red, como cámaras IP, routers, servidores y otros dispositivos de IoT [73].

Shodan recoge información sobre estos dispositivos a través de escaneos de internet, obteniendo detalles como direcciones IP, puertos abiertos, servicios activos y banners de servicio. Esto permite a los usuarios buscar dispositivos específicos o realizar análisis sobre la seguridad y la exposición de estos dispositivos en la red global.

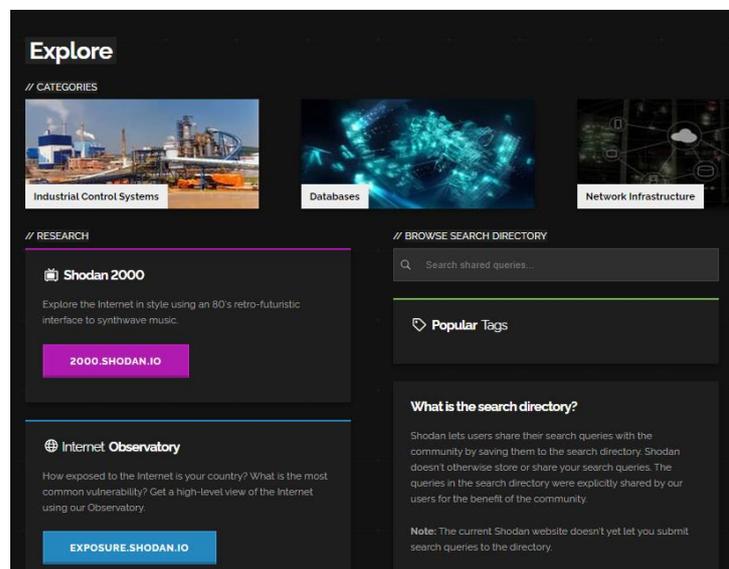


Figura 44. Buscador Shodan [73].

SOFTWARE MATLAB

Se trata de un programa diseñado para programación y cálculo numérico, ampliamente utilizado por científicos y analistas de datos en el desarrollo de algoritmos y modelos. Este programa cuenta con complementos proporcionados por MathWorks y comunidades, como las toolboxes, las cuales están debidamente documentadas. Además, incluye App interactivas que permiten visualizar cómo funcionan los algoritmos con los datos proporcionados.

Una de las características destacadas es su capacidad de escalabilidad, lo que permite ejecutar el programa en clusters, GPUs y nubes con cambios mínimos en el código, un ejemplo está en la figura 37 donde se muestra datos reales. Esto ofrece la ventaja de ahorrar tiempo en la escritura de código para el manejo de big data y técnicas de gestión de datos fuera de memoria [74].

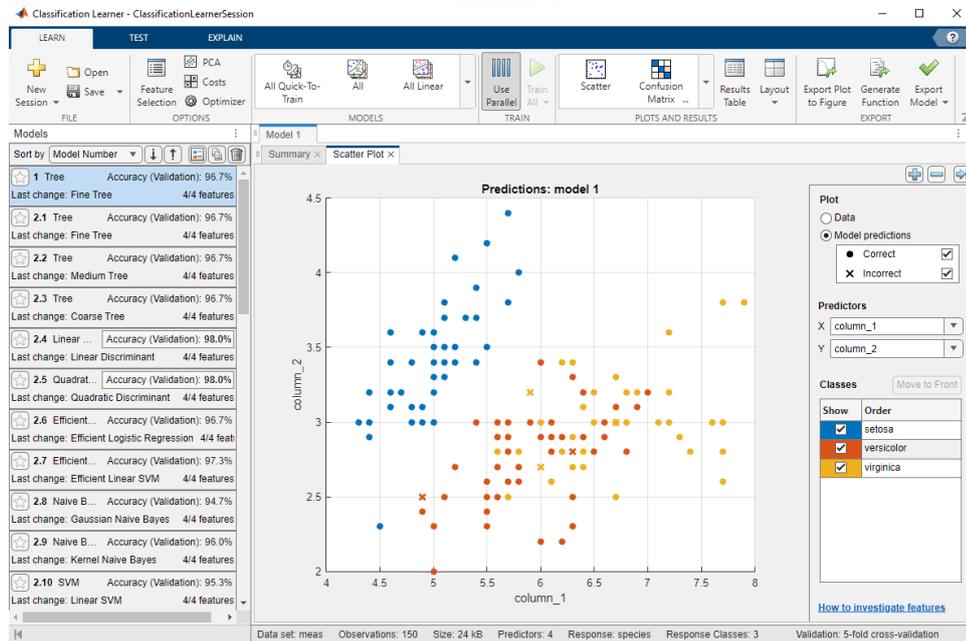


Figura 45 Interfaz de Matlab [74].

Las presentaciones que posee son:

- ✓ Análisis de datos
- ✓ Graficas
- ✓ Programación
- ✓ Creación de apps
- ✓ Uso de Matlab con otros lenguajes de programación
- ✓ Hardware
- ✓ Calculo paralelo
- ✓ despliegue en escritorio y web
- ✓ Calculo en la nube

Se utiliza este software para:

- ✓ Sistemas de control
- ✓ Machine Learning

- ✓ Procesamiento de señales
- ✓ Deep Learning
- ✓ Mantenimiento predictivo
- ✓ Prueba y medición
- ✓ Procesamiento de imágenes y visión artificial
- ✓ Robótica
- ✓ Comunicaciones inalámbricas
- ✓ Sistemas integrados

SOFTWARE SOLIDWORKS

Es altamente especializada, ya que sus soluciones facilitan y agilizan este proceso, lo que conlleva ahorros significativos de tiempo y dinero, y fomenta la innovación en los productos.

A diferencia de muchas empresas donde el proceso de cadena de valor es secuencial, es decir, se completa una fase antes de iniciar la siguiente, las soluciones de SOLIDWORKS permiten llevar a cabo el proceso de manera simultánea en lugar de secuencialmente [75].

- ✓ Las soluciones de SOLIDWORKS se dividen en cinco líneas de productos distintas:
- ✓ Diseño para la creación de modelos y ensamblajes.
- ✓ Diseño para la fabricación componentes, que automatizan la generación de documentos de inspección y la documentación sin planos dos dimensiones.
- ✓ Simulación para evaluar y asegurar la calidad del diseño.
- ✓ Evaluar el impacto ambiental del diseño a lo largo de su ciclo de uso.
- ✓ Los datos en 3D para simplificar la creación, gestión y uso de contenido para la comunicación técnica, como se observa en la figura 46.
- ✓ Todas estas herramientas están respaldadas por SolidWorks PDM, que gestiona y controla de manera segura los datos mediante una fuente única de información de diseño real, una herramienta que administra los procesos y proyectos relacionados con el desarrollo del producto e integra en el proceso de diseño [75]

- ✓ Estas soluciones trabajan en conjunto para ayudar a las empresas a mejorar la fabricación de sus productos, permitiendo un proceso más rápido y económico.

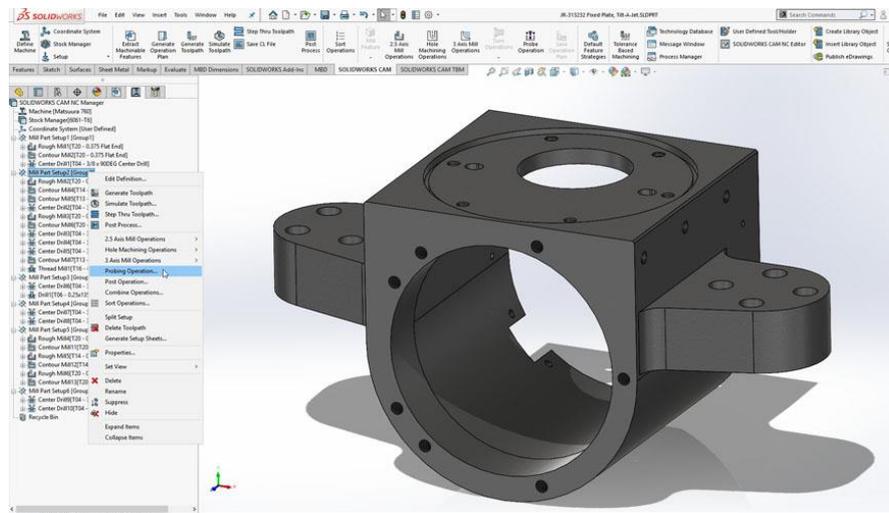


Figura 46 Interfaz de SolidWorks [75].

SOLIDWORKS ELECTRICAL 3D

Facilita la disposición de componentes eléctricos y aprovecha la tecnología de para conectar automáticamente los elementos de diseño eléctrico en un modelo tridimensional. La sincronización entre los esquemas en dos dimensiones y los modelos en tres dimensiones asegura que cualquier modificación realizada se actualice automáticamente en ambos [76].

Para abordar las exigencias de proyectos multidisciplinarios y equipos diversos, SOLIDWORKS ofrece un entorno de diseño que se sincroniza entre los equipos eléctricos y mecánicos. Además, es posible crear interconexiones eléctricas de elementos en tres dimensiones de manera sencilla mediante un sistema automatizado de creación de recorridos, tal como se observa en la figura 39 en, permitiendo la planificación y documentación de recorridos, así como la visualización de datos asociados, como la longitud de los cables y los mazos en el sistema [76].

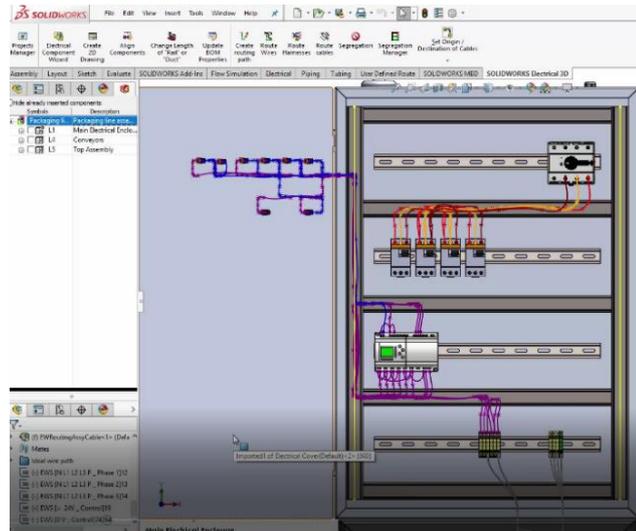


Figura 47 Interfaz de SOLIDWORKS ELECTRICAL [76].

REALIDAD AUMENTADA APP EYEJACK

EyeJackApp es una aplicación innovadora centrada en la realidad aumentada, que ofrece una amplia selección de libros de arte disponibles para su compra. Esta plataforma permite a los usuarios adquirir estos libros y luego disfrutar de experiencias únicas a través de la aplicación. Según sus desarrolladores, EyeJackApp se distingue en la distribución de arte utilizando tecnología de realidad aumentada, como se observa en la figura 40, incluso ofreciendo galerías como parte de su oferta. Aunque no es gratuita, esta aplicación está dirigida a verdaderos entusiastas del arte que deseen explorar nuevas formas de disfrutar y adquirir obras artísticas [77].

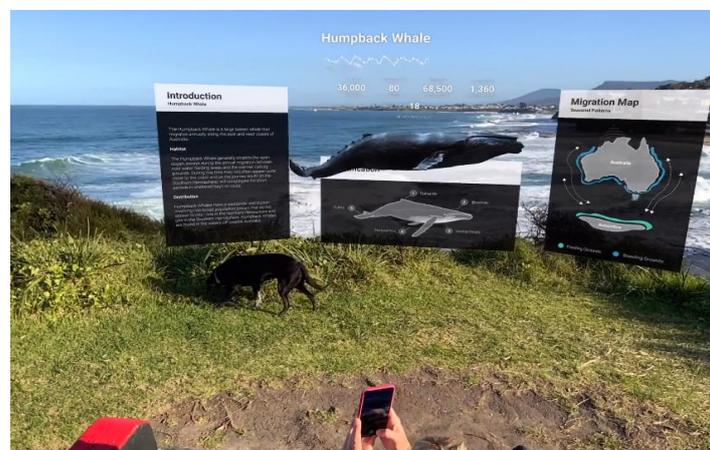


Figura 48 Realidad aumentada [77].

3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La sección describe detalladamente el proceso de diseño y configuración de un sistema industrial utilizando el software SolidWorks. Se abordan aspectos como el análisis de requisitos, diseño de componentes, ensamblaje de cinta transportadora, diseño de esquemas eléctricos y controles, configuración de software CODESYS, y algoritmos de detección de objetos.

Se diseñan componentes como la cinta transportadora, cilindros neumáticos, estructuras de soporte y cajas para clasificación. Se realiza una simulación en SolidWorks para verificar el funcionamiento del sistema y se ajustan parámetros para mejorar la eficiencia y precisión.

Luego, se crea un ensamblaje de cinta transportadora con rodillos y motor reductor. Se diseña una estructura de separadores y cilindros neumáticos para la clasificación de productos. Se desarrollan esquemas eléctricos en SolidWorks Electrical para controlar el sistema y se diseñan tableros eléctricos en 3D con realidad aumentada para facilitar la visualización y gestión de componentes.

Además, se configura el software CODESYS para la programación de PLC y se implementan algoritmos de detección de objetos utilizando YOLOv4 en MATLAB para identificar productos en la cinta transportadora.

Finalmente, se integra el sistema con AnyViz para la supervisión remota y se implementan funciones de control automatizado mediante la programación en Ladder.

El proceso abarca desde la conceptualización y diseño de componentes hasta la implementación y configuración de software para un sistema industrial completo.

3.2.1 DISEÑO DEL SISTEMA INDUSTRIAL EN SOLIDWORKS ANÁLISIS DE REQUISITOS

Esto incluye entender las funciones que debe cumplir, los parámetros de rendimiento, los requisitos de espacio y cualquier consideración de seguridad.

Primero se define el tipo de producto u objeto a clasificar según el tamaño y peso máximo de las cajas, la velocidad de la cinta transportadora, los tipos de productos a clasificar y los criterios de clasificación.

Producto a clasificar son;

- ✓ Caja de Botellas

- ✓ Caja de Microcontrolador
- ✓ Caja de Focos
- ✓ Caja de verdes
- ✓ Caja de banana
- ✓ Caja de tazas

Equipos y Herramientas de clasificación son:

- ✓ Cámara IP digital
- ✓ Cuatro cilindros neumáticos de doble efecto
- ✓ Cinta transportadora de rodillos
- ✓ Estructura de separadores
- ✓ Motor reductor

El Diseña la cinta transportadora con los rodillos y otros componentes necesarios, la cinta de longitud 5 metros y anchura de 1 m adecuadas para manipular las cajas.

El Diseña los cuatro cilindros neumáticos y sus soportes para que puedan mover las cajas en la cinta transportadora según sea necesario para la clasificación.

El Diseña la estructura de soporte para la cámara de visión, la ubicación y orientación adecuadas para capturar imágenes claras de las cajas en movimiento.

Simulación en SolidWorks para verificar el funcionamiento del sistema. Esto puede incluir simulaciones de movimiento para asegurarte de que las cajas se clasifiquen correctamente.

Prueba la funcionalidad del sistema de visión computacional utilizando modelos de cajas virtuales o prototipos físicos.

Ajusta los parámetros de los cilindros neumáticos y el sistema de visión para mejorar la eficiencia y la precisión de la clasificación.

ENSAMBLAJE DE CINTA TRANSPORTADORA

El ensamblaje servirá como el entorno principal, sus medidas son 5 metros de largo y 1 metro de ancho, material de platina y aluminio, como se observa en la figura 49.

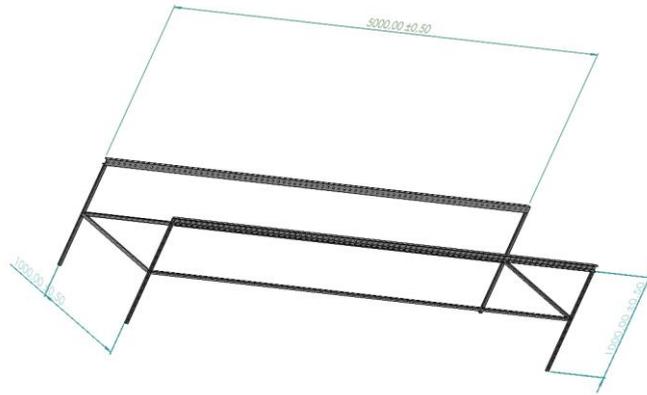


Figura 49.Estructura de cinta diseño de autor.

Los rodillos tienen 55cm de diámetro y 90cm de largo, se requieren 178 rodillos para cubrir la estructura de la figura anterior, el material es de caucho solido para amortiguar golpes, como se observa en la figura 50.



Figura 50 Rodillo diseño de autor.

El motor reductor se lo descargo de la librería de SolidWorks 3D de la marca ABB, para acoplar con el eje principal de la cinta transportadora, como se observa en la figura 51.

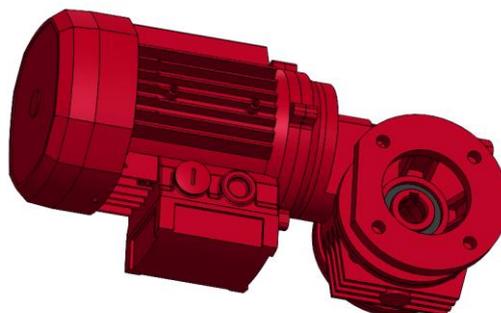


Figura 51 Motor Reductor [52].

Se ensambla los diseños para poder realizar el análisis de movimiento y verificar el funcionamiento de la cinta transportadora, para ello en las configuraciones de SolidWorks se ajusta los rodillos para que tenga una sincronización de movimiento y genere el efecto de correa, Además, se le diseño una velocidad de 500rpm a 1000rpm, como se muestra en la figura 52.

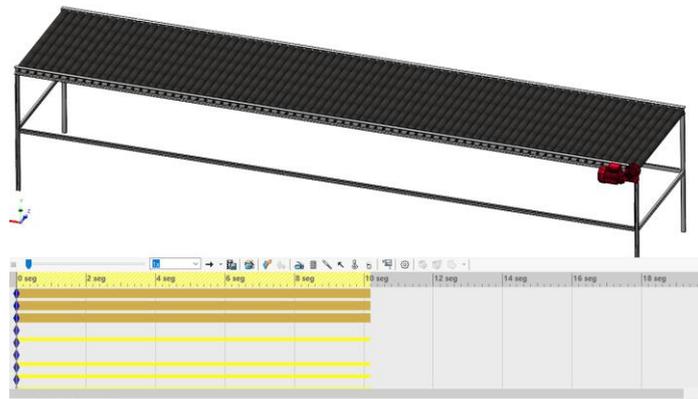


Figura 52 Ensamble de cinta.

En los resultados de movimiento se optimizo el agregando el valor de gravedad a los componentes, para simular un efecto realista, generando en los cálculos del programa valores de trayectoria y rotación considerando el tiempo de ejecución.

COMPONENTES PARA LA CLASIFICACIÓN

Modelado 3D de SolidWorks para diseñar los componentes que permiten la clasificación de los diferentes productos. Plataforma con longitud de 3 metros y 75 cm de ancho, de material de aluminio, con tubos cuadrados en los bordes para evitar que salga la caja fuera del separador, como se observa en la figura 53.

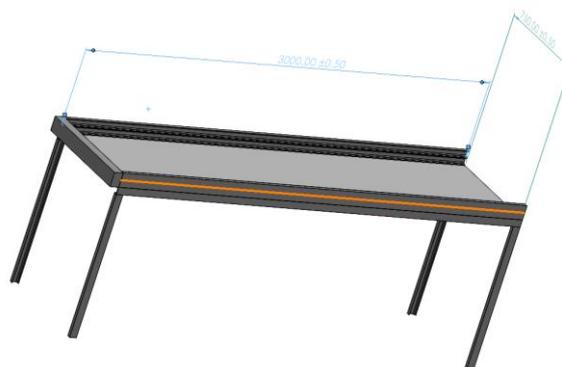


Figura 53 Separador de cajas diseño del autor.

Se descargo de la librería de SolidWorks 3D el cilindro neumático, y se modificó la longitud del vástago a 1.78 metros, además se diseñó una placa que estará soldada en la punta del vástago, con dimensiones 60x30 cm, que permitirá arrastra las cajas, como se observa en la figura 54.

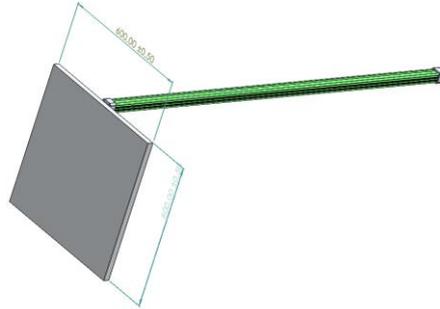


Figura 54 Cilindro neumático doble efecto diseño del autor.

Se ensambla los diseños y se agrega varios tubos cuadros, para hacer la estructura del sistema neumático y el soporte de la cámara IP, que se descargó de las librerías de modelos 3D, definiendo el ángulo de la cámara a 30 grados para que pueda captar todas las cajas a clasificar, Además un se descargó un compresor mediano americano amarillo, en la figura 55 está el ensamble completo.

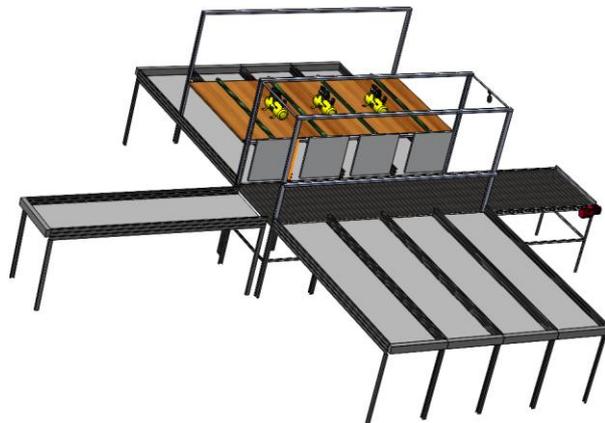


Figura 55 Ensamble completo diseño del autor.

El diseño quedo con nueve plataformas, una cinta transportadora, tres compresores, cuatro cilindros neumática, una cámara, un motor, se comprobó la relación de los componentes con las herramientas de SolidWorks.

MODELO DE CAJA PARA LOS PRODUCTOS A CLASIFICAR

El diseño de la caja es básico con dimensiones de 40cm de ancho y 49.8cm de largo, con una altura de 50 cm, el material es de madera ligera.

Se descargó los productos a clasificar de la librería 3D, en cada caja irán entre 6 a 9 productos (Arduino, Banana, Taza, Plátano, Focos, Botella), como se muestra a continuación en la figura 56.

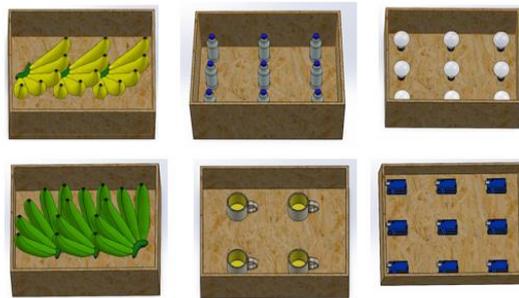


Figura 56. Cajas de productos diseño del autor.

En la caja de banana son tres piezas, en la caja de botellas son nueve, en la caja de focos son nueve, en la caja de plátano son tres piezas, en la caja de tazas son cuatro piezas, en la caja de Arduino son nueve.

3.2.2 SIMULACIONES Y ANÁLISIS DE SOLIDWORKS

Para verificar el rendimiento del sistema diseñado, se ensambla las cajas a la cinta principal, esto permitirá simular y analizar el comportamiento del diseño industrial, incluye análisis de movimiento con un tiempo definido de 10 segundos, en la figura 57 se observa las líneas de tiempo de tareas.

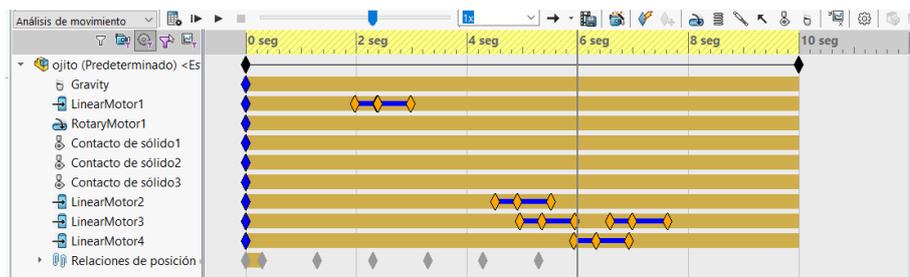


Figura 57 Análisis de movimiento SolidWorks.

Pero se debe programar las tareas de operación del sistema, con el Estudio de movimiento de SolidWorks, donde se define la activación de los actuadores mediante el comportamiento de la cámara, que funciona similar a un sensor de movimiento,

enviado señales de verdadero o falso, en la figura 58 se observa una línea roja que representa el área donde detecta la cámara.

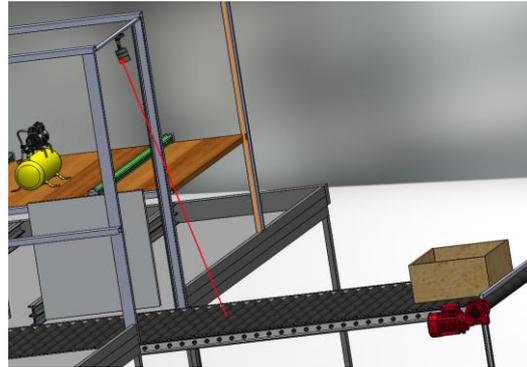


Figura 58 Estudio de movimiento de cajas.

Cada cilindro neumático tiene un tiempo de retraso, para interceptar las cajas, se realizó un sin número de pruebas para sincronizar la clasificación de cada producto, en la figura 59 esta una tabla de tareas de cada elemento de la simulación.

Tareas		Desencadenadores			Acciones					Hora	
Nombre	Descripción	Desencadenad	Condició	Hora/Retras	Operación	Acción	Valor	Duración	Perfil	Inicio	Fin
Tarea46		Tiempo		5.3s	Distancia	Desac				5.3s	5.3s
Tarea41		Tiempo		4.3s	Distancia	Desac				4.3s	4.3s
Tarea37		Tiempo		3.3s	Distancia	Desac				3.3s	3.3s
Tarea33		Tiempo		2.3s	Distancia	Desac				2.3s	2.3s
Tarea32		Tiempo		1.3s	Distancia	Desac				1.3s	1.3s
Tarea19		Tiempo		0.3s	Distancia	Desac				0.31s	0.31s
Tarea13		Tiempo		0s	(2)	Activa				0s	0s
Tarea15		Tiempo		0.2s	RotaryMot	Activa				0.2s	0.2s
Tarea16	botellas	Alerta	<Ninguna>		LinearMot	Activa				2.27s	2.27s
Tarea17	Tarea16	Inicio	<Ninguna>		LinearMot	Cambi	900m	0.4s		1.99s	2.39s
Tarea18	Tarea17	Fin de	<Ninguna>		LinearMot	Cambi	-900	0.6s		2.39s	2.99s
Tarea21	banana	Alerta	<Ninguna>		LinearMot	Activa				3.04s	3.04s
Tarea22	Tarea21	Inicio	1.48s retras		LinearMot	Cambi	900m	0.4s		4.52s	4.92s
Tarea23	Tarea22	Fin de	<Ninguna>		LinearMot	Cambi	-900	0.6s		4.92s	5.52s
Tarea34	focos	Alerta	<Ninguna>		LinearMot	Activa				3.96s	3.96s
Tarea35	Tarea34	Inicio	1s retraso		LinearMot	Cambi	900m	0.4s		4.96s	5.36s
Tarea36	Tarea35	Fin de	<Ninguna>		LinearMot	Cambi	-900	0.6s		5.36s	5.96s
Tarea38	lata	Alerta	<Ninguna>		LinearMot	Activa				5.23s	5.23s
Tarea39	Tarea38	Inicio	1s retraso		LinearMot	Cambi	900m	0.4s		5.94s	6.34s
Tarea40	Tarea39	Fin de	<Ninguna>		LinearMot	Cambi	-900	0.6s		6.34s	6.94s
Tarea43	verdes	Alerta	<Ninguna>		LinearMot	Activa				6.04s	6.04s
Tarea44	Tarea43	Inicio	0.55s retras		LinearMot	Cambi	900m	0.4s		6.59s	6.99s
Tarea45	Tarea44	Fin de	<Ninguna>		LinearMot	Cambi	-900	0.65s		6.99s	7.64s

Figura 59 Tareas de simulación.

Se definieron el movimiento de los cilindros neumáticos como armónico, para que ejecute la velocidad de arrastre de las cajas, esto genera valores de translación en los cálculos del movimiento de los rodillos, como se observa en la figura 60.

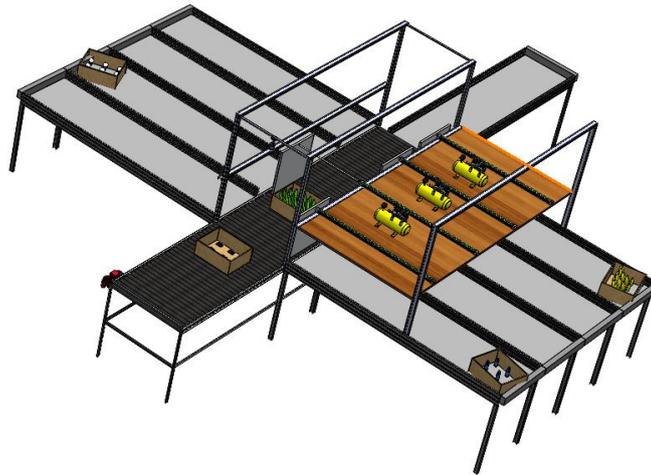


Figura 60. Clasificación de productos.

Estos datos se extraerán en formato XML, para aplicar modelos de machine Learning. Después de varias simulaciones se logró optimización el rendimiento, la eficiencia y la seguridad del sistema industrial, con un tiempo de clasificación de 9.56 segundos.

3.2.3 DISEÑO DE ESQUEMA ELÉCTRICO EN SOLIDWORK ELECTRICAL

En el esquema eléctrico se define las líneas de alimentación por colores que representa cables, el azul es neutro, el verde y amarillo como tierra, el marrón se lo define como fase, y cables de colores fijos se los considera corriente, ejemplo el rojo. En primer lugar tenemos el Breaker, que soporta hasta 63 Amperios de cuatro polos, después en la salida del dispositivo, se conecta a las entradas dos corrientes y una fase para obtener 220V en el Disyuntor termo-magnético, que tiene la capacidad de proteger el circuito en caso de sobrecarga, en la salida del disyuntor, se conectan a la entrada del contactor de potencia, esto permite tener un control en la tensión, por lo tanto está acompañado por un relé térmico que permite el arranque manual o remoto del sistema, después la salida del contactor de potencia se conecta a las entradas del variador de frecuencia tipo Delta, este dispositivo permite modificar la salida de corriente para que el motor trifásico pueda tener diferentes velocidades y frecuencias sea 50Hz o 60Hz, esto también depende de la configuración del motor, si se encuentra en estrella o delta. A continuación, figura 61 detallada.

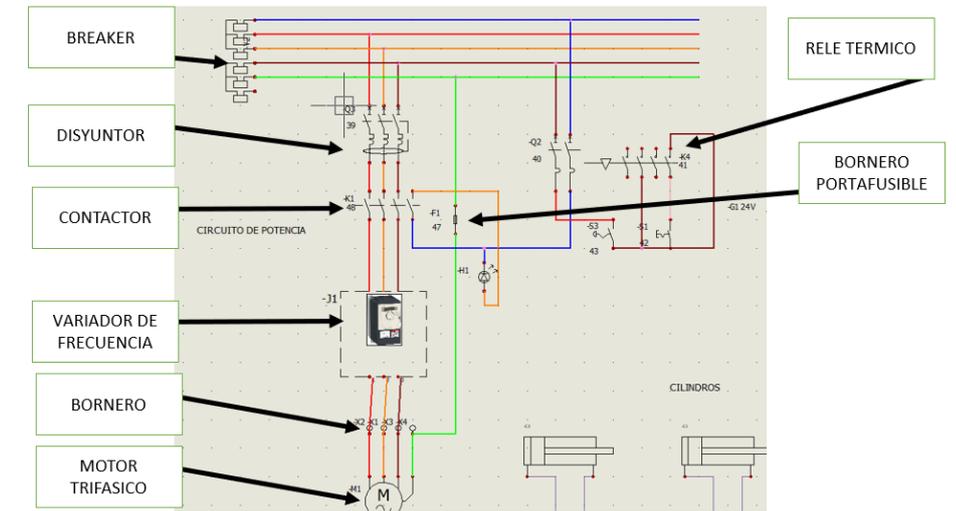


Figura 61 Esquema de potencia.

En el siguiente esquema es la representación de cuatro cilindros de doble efecto, trabajan de forma independiente con su propio circuito neumático, con compresores marca MC, con nanómetros para control de la presión de válvulas, estas se activan de acuerdo a la señal digital del PLC, en la figura 62 se observa los cuatro cilindros.

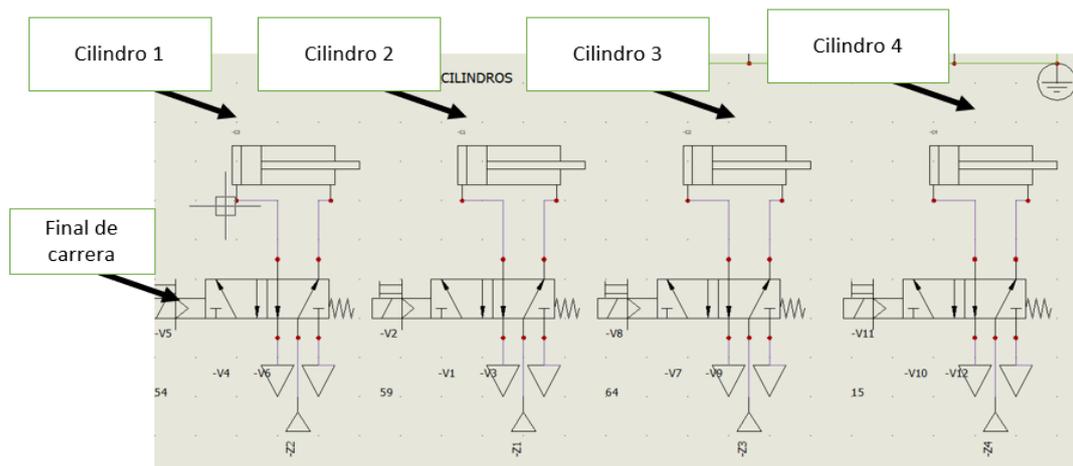


Figura 62 Esquema de cilindros de doble efecto.

ESQUEMA CONTROL ELÉCTRICO

En este esquema se encuentra conectados en paralelo cada control de los cilindros neumáticos, en la parte izquierda el botón de arranque de motor trifásico, con respecto a los elementos de control, hay un instrumento que reduce este esquema llamado Relé MSR127RTP, que permite el control automático, mediante la programación en PLC, como se muestra en la figura 55.

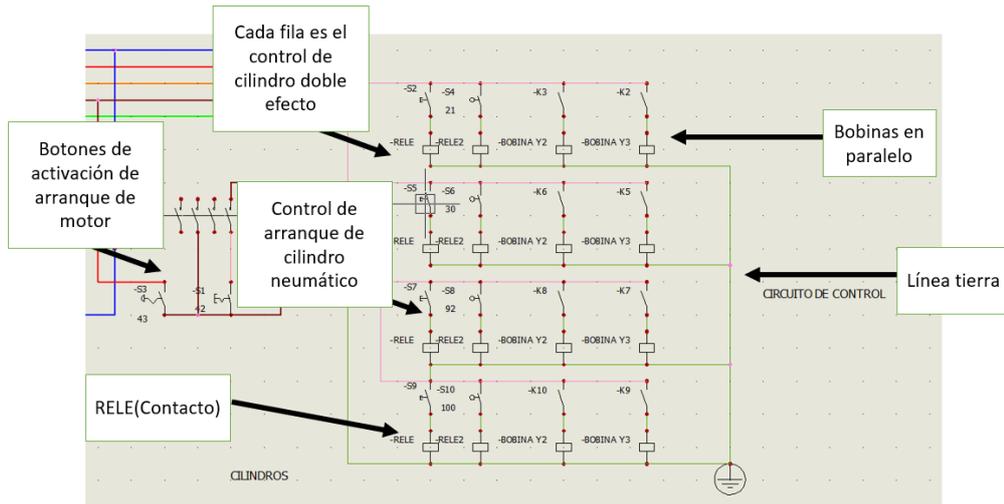


Figura 63. Esquema de control

MSR127RTP permite el control de actuadores cada relé maneja dos entradas, que permite configurar, dependiendo del voltaje y señal, en el tablero de control sería cuatro relés, en la figura 56 se observa el esquema del relé.

ESQUEMA INTERNO DE RELÉ MSR127RTP.

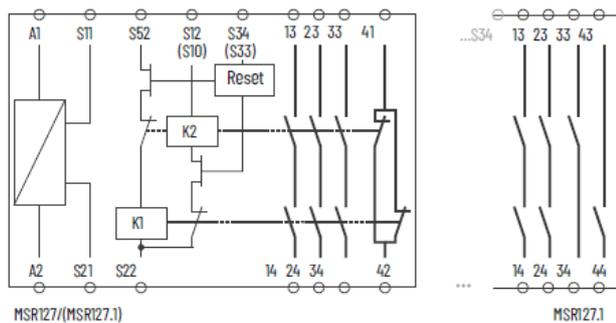


Figura 64 Esquema de remplazo para control de cilindros.

SINÓPTICO DE CABLEADO DE DISPOSITIVOS AL PLC

En este esquema es la representación de conexión de todos los eleómetros eléctricos y de control, a continuación, se describe cada una de las etapas del sistema, como se muestra en la figura 65.

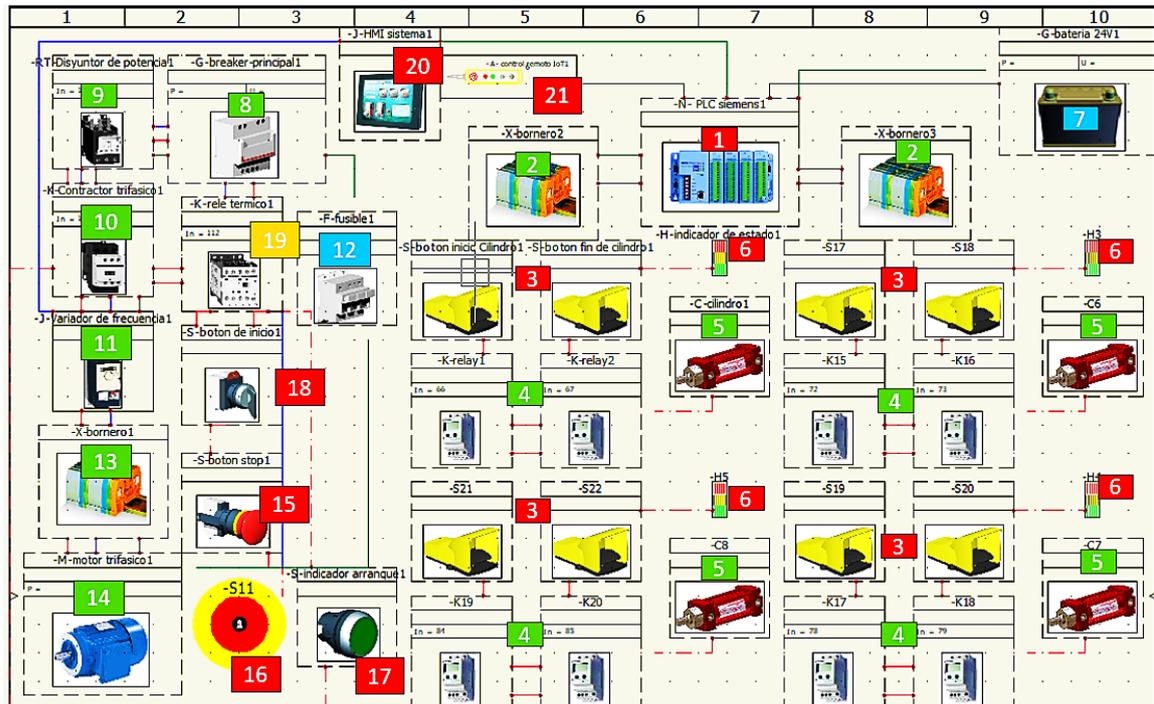


Figura 65 Sinóptico de eléctrico y control.

Datos para comprender el esquema Sinóptico:

- ✓ Las etiquetas de color rojo representan la comunicación digital.
- ✓ Las etiquetas de color verde representan la conectividad eléctrica.
- ✓ La etiqueta de color celeste representa dispositivos de protección y energía.
- ✓ La etiqueta de color amarillo representa comunicación digital y eléctrica.

Leyenda:

Tabla 27.Datos de leyenda.

1	PLC	8	Breaker	15	Botón Stop
2	Bornero	9	Disyuntor	16	Botón Emergencia
3	Botón Actuador	10	Contactador de potencia	17	Indicador Arranque
4	RELE-MSR127RTP	11	Variador de frecuencia	18	Botón de Arranque
5	Cilindros	12	Bornero porta-fusible	19	Relé térmico
6	Indicadores	13	Bornero	20	HMI
7	Batería	14	Motor trifásico	21	Raspberry Pi 4

Descripción: la primera Etapa tenemos definido al PLC con el número 1, este está conectado con el HMI que es el número 20 y el dispositivo IoT (Raspberry pi) que es el número 21, utilizan cable Ethernet, con protocolo de comunicación bidireccional (Profibus), estos dispositivos se alimentan con la batería de 24V que se identifica con el número 7, en la primera etapa tenemos el circuito de control de los actuadores que están representados por el número 3 y 6, y el circuito de potencia son representados por el 4 y 5. En la segunda etapa están conectados en serie los dispositivos 8,9,10,11,13,14 que representa al motor trifásico, el variador de frecuencia en sus entradas está conectado con el relé térmico, que es número 19, que este hace puente con la salida del indicador de arranque que representa el número 17, la señal de este indicador está enlazado con el botón de arranque número 18 y 15 que es el botón stop, con respecto al botón de emergencia se conecta en paralelo con el botón de arranque y al PLC.

3.2.4 DISEÑO DE TABLERO ELÉCTRICO 3D CON REALIDAD AUMENTADA

Mediante el software SolidWorks Electrical, se ensambló los dispositivos y elementos de los esquemas de control y eléctrico, el tablero tiene una altura de 1.7 metros y 60 cm de ancho, en la puerta del tablero se ubica los indicadores y botones

del sistema, los demás elementos se encuentran dentro por rieles que sostienen los componentes, figura 66 se observa el modelo 3D.

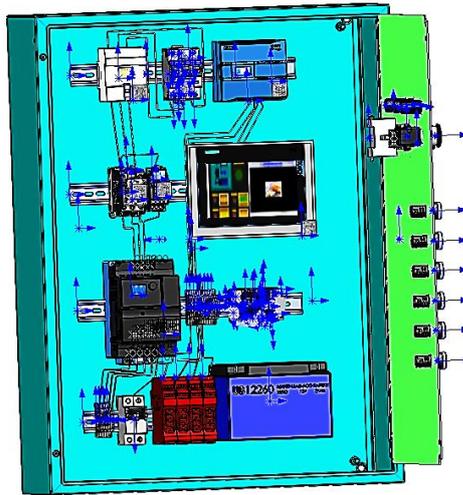


Figura 66 Tablero eléctrico 3D

Se utilizo el programa App EYES de Realidad Aumentada, para visualizar la ficha técnica de los dispositivos y componentes del tablero de eléctrico, esto ayuda al operador en identificar datos importantes del sistema, como se observa en la figura 67.

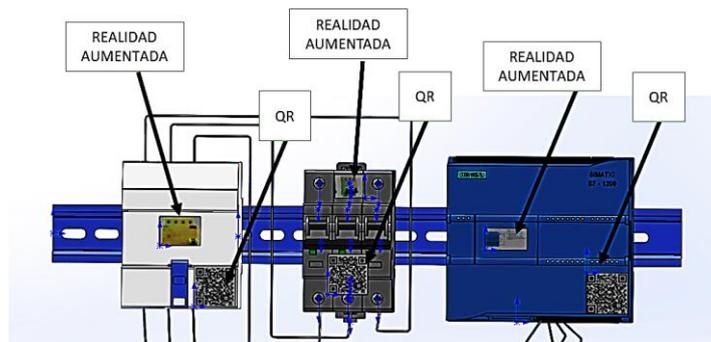


Figura 67 QR y etiquetas para realidad aumentada.

En cada dispositivo tiene su código QR y una etiqueta que permite proyectar la información por medio de la aplicación, los datos que muestra son voltajes de operación, corrientes de salida, entre otros datos relevantes, como se observa en la figura 60.

Your Artworks

You have 0 of 100 artwork Views this month on the Free Plan.

Sort by date created ▾

One View is counted every time someone plays your AR animation.

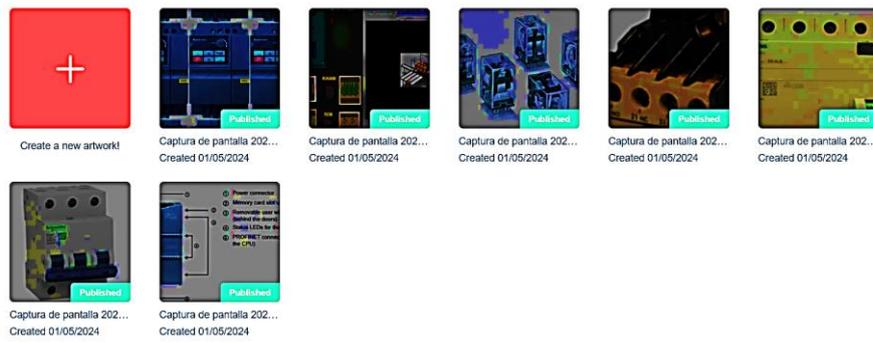


Figura 68 Aplicación EyeJackApp.

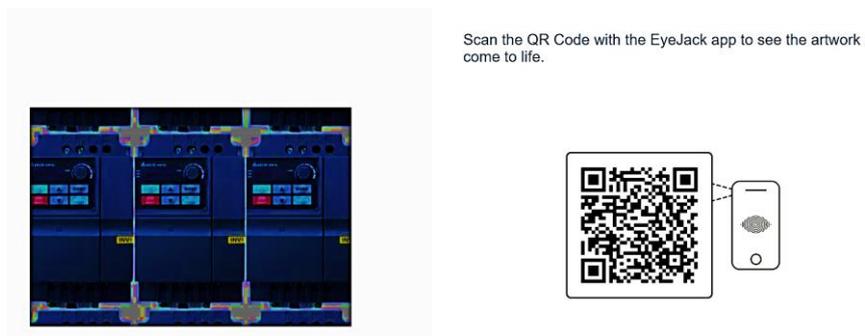


Figura 69.Código QR donde se almacena la ficha técnica del variador de frecuencia.



Figura 70.Código QR donde se almacena la ficha técnica del disyuntor.

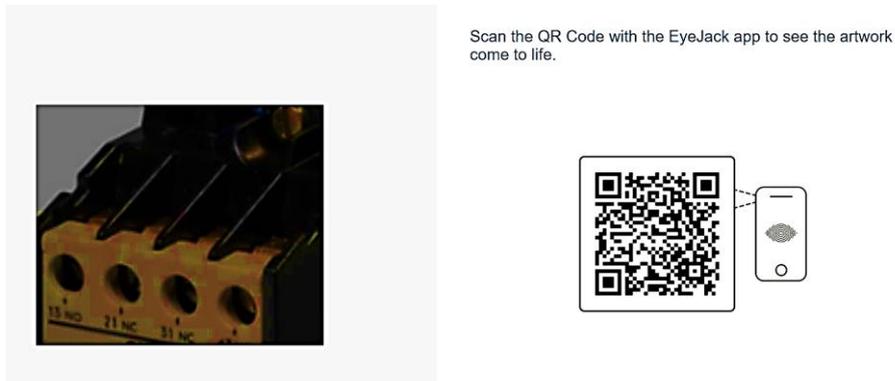


Figura 71. Código QR donde se almacena la ficha técnica de contactor térmico.



Figura 72. Código QR donde se almacena la ficha técnica del interruptor termomagnético.

3.2.5 CONFIGURACIONES DE SOFTWARE CODESYS 3.5 V

Antes de realizar la programación escalera en CODESYS 3.5V, se debe realizar la instalación de librerías que permitan instalar módulo de comunicación a AnyViz y PLC virtual.

Se descarga desde la página oficial de CODESYS 3.5V la librería de AnyViz Cloud Adapter 1,7,7,3 GmbH, y se agrega en la biblioteca de CODESYS 3.5V, se actualiza las librerías en administración de biblioteca, y se agrega en archivo CmpOPCUAServer, poder compartir las variables a otros dispositivos, como el Raspberry pi 4.

Después se descarga el Driver para microprocesador Raspberry pi 4, que se encuentra en la página oficial de CODESYS 3.5V, en la figura 73 se logra ver las librerías que requiere el programa.

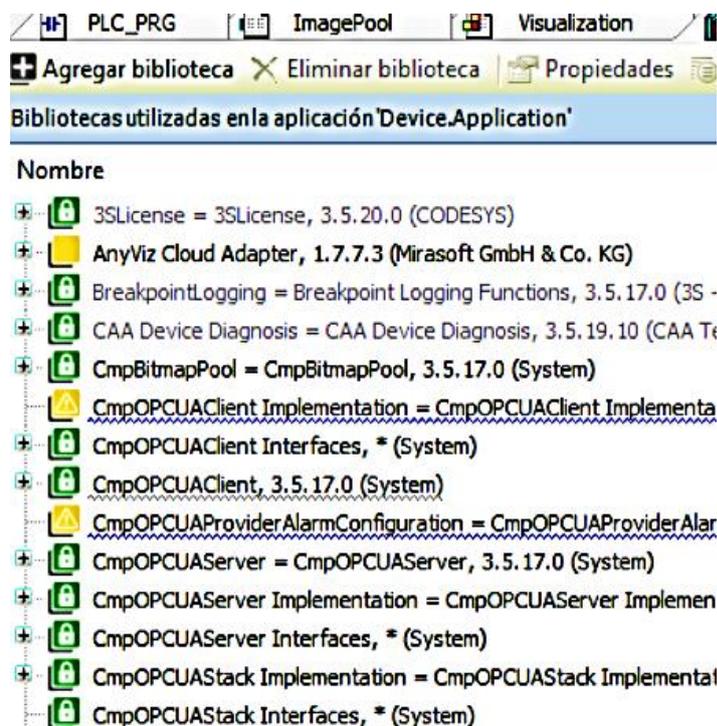


Figura 73 Librería CODESYS

Después se debe ingresar por VNC a la interfaz de Raspberry y habilitar SSH, para configurar el usuario y clave, y identificar la IP del dispositivo que es 192.168.0.26, con Gateway 192.168.0.1, una vez realizado esto, en barra de herramientas de CODESYS 3.5V se actualiza el driver de microprocesador, ingresa los datos y la versión del driver 4.11.0.0 raspberry y la IP del dispositivo y se ejecuta el proceso para enlazar el programa con las librerías, en la figura 74 se observa la ventana de configuración.

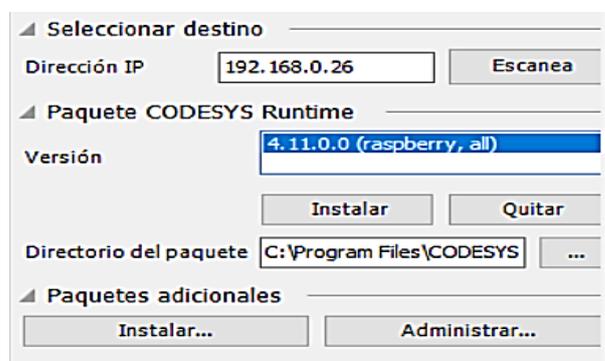


Figura 74 Configuración Raspberry pi 4

Una vez realizado esto se debe verificar la comunicación en la opción del drive, se deberá conectar por Gateway la laptop y el microprocesador (simulando un PLC virtual), debe examinar la red y en configuraciones se debe seleccionar el dispositivo

ingresado usuario (pi) y clave (raspberry), y verificar el puerto que sea 1217, automáticamente genera un código (0003) que permite compartir datos utilizando OPC UA, en la figura 75 se observa la comunicación de Raspberry y la laptop.

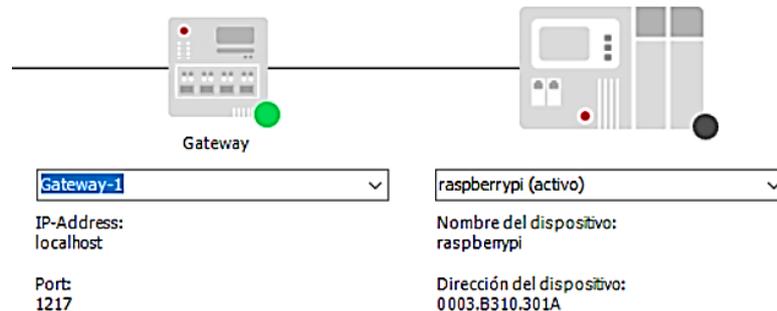


Figura 75 Configuración PLC virtual

3.2.6 PROGRAMACIÓN EN CODESYS Y INTERFAZ HMI

Se procede a la programación Escalera, en el archivo PLC_PRG, se define las variables de estado del motor y cilindros neumática, Además de indicadores de objetos que emulan la detección de la cámara IP, en la figura 76 se observa las variables del sistema.

```

1  PROGRAM PLC_PRG
2  VAR
3
4      boton_inicio: BOOL;
5      motor_cinta: BOOL;
6      boton_Emergencia: BOOL;
7      boton_stop: BOOL;
8      camara1: BOOL;
9      TON_0: TON;
10     camara2: BOOL;
11     TON_1: TON;
12     TON_2: TON;
13     camara3: BOOL;
14     TON_3: TON;
15     camara4: BOOL;
16     TON_4: TON;
17     camara5: BOOL;
18     TON_5: TON;
19     camara6: BOOL;
20     cilindro1: BOOL;
21     TOF_0: TOF;
22     TOF_1: TOF;
23     cilindro2: BOOL;
24     TOF_2: TOF;
25     cilindro3: BOOL;
26     TOF_3: TOF;
27     cilindro4: BOOL;
28     TOF_4: TOF;
29     cloud: AnyVizClient;
30 END_VAR

```

Figura 76 Variables de lenguaje Ladder

Se realiza la configuración de bobina y contacto en cada línea de código y módulos de tiempo para cada caja de producto a clasificar, aplicando a la lógica del diseño de SolidWorks del análisis de movimiento. Se agregan seis TON que genera atrasos de activación, simulando la secuencia de productos que detecta la Cámara IP, Además, de los botones de paro, marcha y emergencia, en la figura 77 se observa la programación.

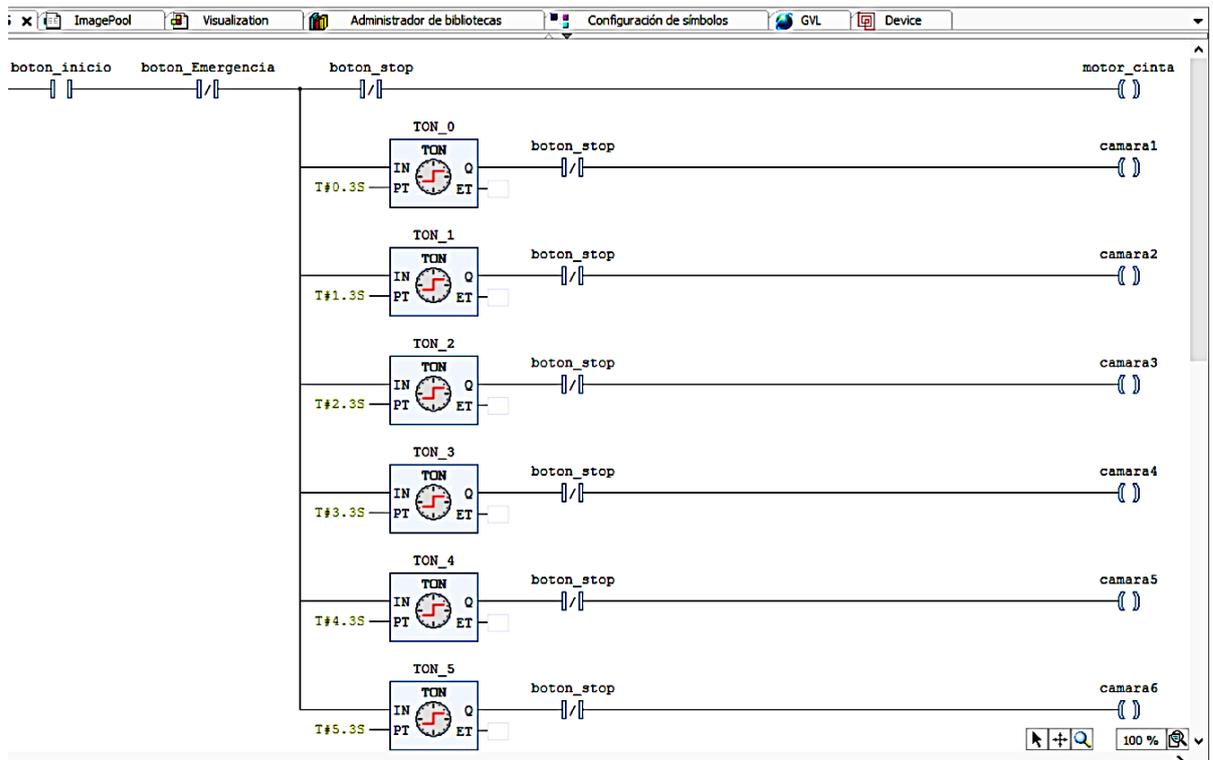


Figura 77 Lenguaje Ladder TON

Una vez detectado los productos se activará los cilindros de doble efecto, agregando un TOF, simulando el efecto de clasificación, los valores de tiempo son obtenidos del diseño y simulación de SolidWorks de la tabla de estudio de movimiento, se observa los TOP en la figura 78.



Figura 78 Lenguaje Ladder TOF

Por último, se agrega el módulo de AnyViz para el envío de variables a tiempo real tipo booleano, con el código de ID (3997) del proyecto y la clave de activación (1111), en la figura 79 se observa el módulo de AnyViz.

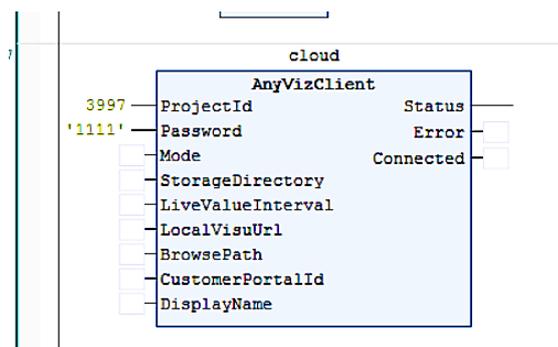


Figura 79 Módulo de AnyViz

HMI VISUALIZACIÓN CODESYS 3.5V

Una vez ya realizado el programa en Ladder, se procede hacer la interfaz, agregado en la lista de elementos las variables de indicadores y botones, cada variable genera un ID único y coordenadas donde se las orienta en pantalla, en la figura 80 se observa las variables globales.

Tipo	X	Y	Ancho	Altura	ID	Nombre	Derech...	Orden ...
■ #..	221	21	1245	1034	5	GenElemInst_5		0
■ #..	271	43	1159	136	7	GenElemInst_7		1
● #..	278	68	93	102	8	GenElemInst_8		2
● #..	392	67	95	120	9	GenElemInst_9		3
● #..	718	67	120	94	10	GenElemInst_10		4
● #..	830	66	97	102	11	GenElemInst_11		5
● #..	1168	66	96	102	12	GenElemInst_12		6
● #..	1282	68	95	94	13	GenElemInst_13		7
● #..	1027	290	105	90	14	GenElemInst_14		8
● #..	234	275	105	90	16	GenElemInst_15		9
● #..	234	586	105	90	18	GenElemInst_16		10
● #..	628	586	105	90	20	GenElemInst_17		11
● #..	621	283	105	90	22	GenElemInst_18		12
● #..	1019	586	105	90	24	GenElemInst_19		13
● #..	271	920	70	70	25	GenElemInst_20		14
● #..	639	916	70	70	27	GenElemInst_21		15
● #..	1015	908	70	70	29	GenElemInst_22		16
● #..	1343	908	70	70	31	GenElemInst_23		17
● #..	329	213	288	315	34	GenElemInst_26		18
● #..	718	205	305	288	36	GenElemInst_27		19
● #..	1116	197	312	333	38	GenElemInst_28		20
● #..	329	515	299	308	40	GenElemInst_29		21
● #..	718	515	301	304	42	GenElemInst_30		22
● #..	1107	519	321	433	44	GenElemInst_31		23

Figura 80. Variables globales para visualización

Se agrega los botones de control e indicadores en la interfaz tipo booleano, y seis intercambiadores de imágenes que se activara según la programación den Ladder, la figura 81 muestra la interfaz.

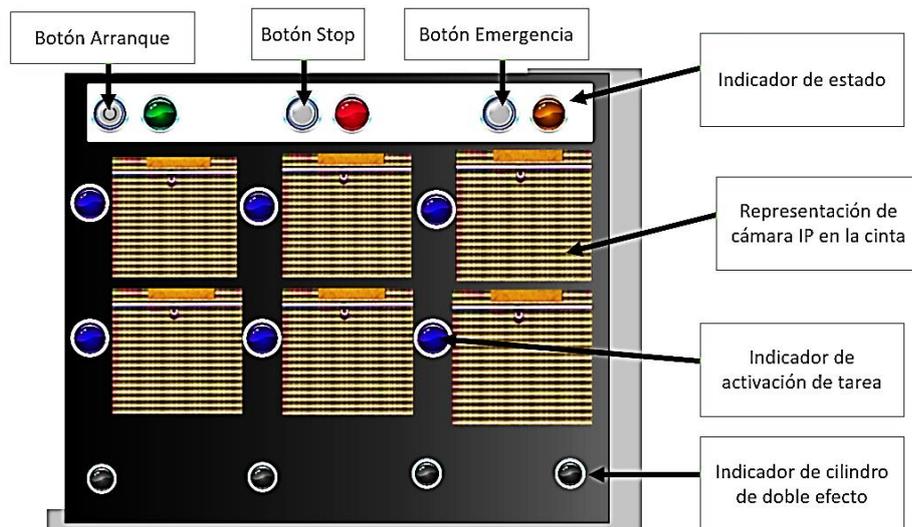


Figura 81 Interfaz de usuario de CODESYS.

3.2.7 CONFIGURACION DE CLOUD ANYVIZ

Dentro de la cuenta de AnyViz se crea un nuevo proyecto y el código ID que genera se lo agrega al módulo del lenguaje Ladder, y se inicia sección en CODESYS 3.5 V, el dispositivo Raspberry pi 4 hace la tarea del envío de variables así surge comunicación IoT bidireccional con la plataforma, en la figura 82 se visualiza la interfaz de usuario.



Figura 82 Interfaz de usuario de AnyViz

Se crea la interfaz de visualización agregando como máximo diez variables, que son botones e indicadores del sistema remoto, cada dato booleano se etiqueta según la función a cumplir.



Figura 83. Variables que entrelazan a software CODESYS3.5

En las configuraciones de seguridad se puede agregar más usuarios y definirlos como Administrador o solo espectador, para ello se debe ingresar al registro un correo electrónico y revisar la confirmación en bandeja de entrada para poder ingresar, se observa en la figura 71 las configuraciones y usuarios del sistema.

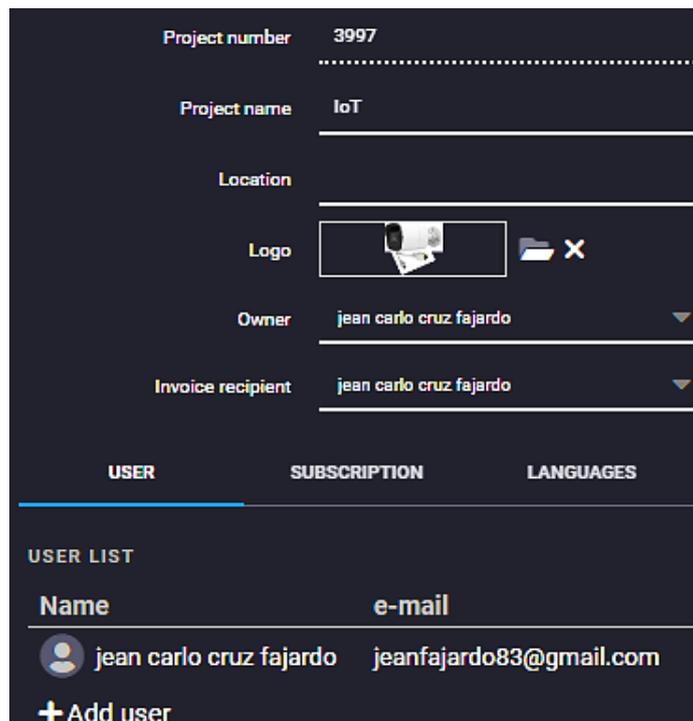


Figura 84 Configuración y seguridad

Los protocolos que utiliza la plataforma son, OPC UA, MODBUS, SIEMENS BECKHOFF, ETHERNET/IP, BACNET Y AUTOBUS M.

La plataforma permite visualizar en mapa los dispositivos conectados al Software, en este caso el dispositivo IoT (Raspberry pi 4) está conectado en la red de mi vivienda ubicada en provincia de Santa Elena, y el PLC_TEST Virtual en la provincia de Los Ríos.

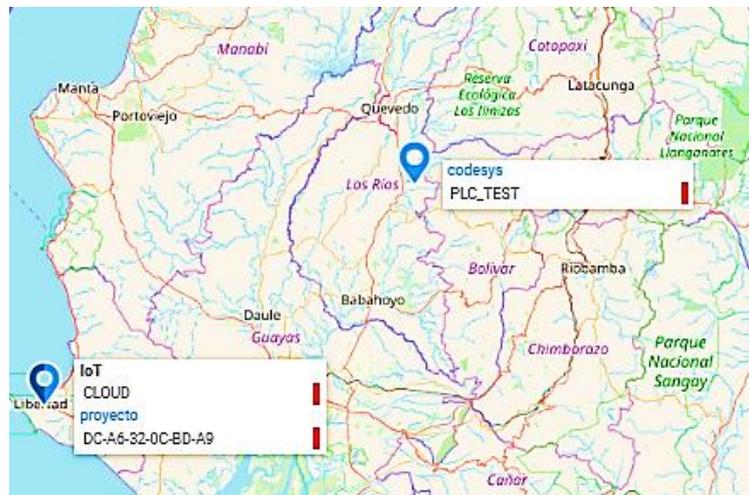


Figura 85. Mapa de Dispositivos conectados con el software CODESYS3.5

Además, cuenta con seguridad centralizada en registrar la actividad en la plataforma como se observa en la figura a continuación.



Figura 86. Registro de actividad en la plataforma AnyViz

3.2.8 ALGORITMO DE YOLOV4 DETECCIÓN DE OBJETO

Se especifican las propiedades y características del algoritmo que se empleará para reproducir el video MP4, el cual muestra la clasificación de productos en la simulación de SolidWorks, con etiquetas para cada producto.

El código que ejecuto en MATLAB define una clase denominada YOLOv4AutomationAlgorithm, que es un algoritmo de automatización personalizado destinado a ser utilizado en las aplicaciones Video Labeler o Ground Truth Labeler de MATLAB.

Propiedades Constantes:

- ✓ Name: Nombre del algoritmo.
- ✓ Description: Breve descripción del algoritmo.
- ✓ User Directions: Instrucciones paso a paso para utilizar el algoritmo desde la interfaz de usuario de la aplicación.

Propiedades:

- ✓ Modelo: Modelo utilizado para la detección de objetos.
- ✓ Threshold: Umbral para el puntaje.
- ✓ Etiquetas: etiquetas (superclases).
- ✓ Etiquetas IDs: IDs correspondientes a las etiquetas.
- ✓ Mapeo: Diccionario que mapea IDs de etiquetas.
- ✓ Define etiquetas: Verifica es válida para el algoritmo.
- ✓ Verificación: Verifica si el algoritmo está listo.
- ✓ Herramientas de diálogo: configurar las opciones del algoritmo.
- ✓ inicializa: Cargando el modelo y creando un diccionario de mapeo de IDs.
- ✓ run: Procesa un fotograma el modelo YOLOv4 y devuelve las etiquetas automáticas.

El algoritmo emplea el modelo YOLOv4 preentrenado para identificar objetos en cada fotograma de la secuencia de video y proporciona etiquetas automáticas detectadas, las cuales pueden ser revisadas y modificadas por el usuario si es necesario. Este código realiza de forma automática la detección de objetos en la herramienta de visión computacional, donde se ingresó los seis productos (Botella, banana, taza, verde, foco, Arduino).

3.2.9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA COGNITIVO

La aplicación de los modelos de machine Learning y visión computacional y datos de la simulación del sistema industrial, crean el concepto de computación cognitiva, para mejorar el sistema de forma inteligente e innovadora, a continuación, el diagrama de flujo.

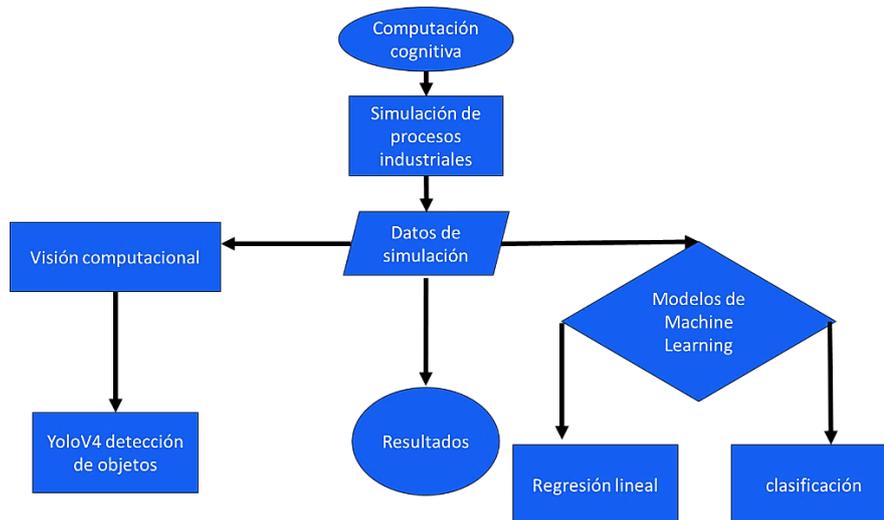


Figura 86. diagrama de flujo de computación cognitiva por autor.

3.3 FACTIBILIDAD DE PROPUESTA

El estudio de factibilidad para el diseño propuesto del sistema de clasificación de cajas de productos utilizando una cinta transportadora, cilindros neumáticos y una cámara con visión computacional en SolidWorks demuestra que es factible técnicamente. Esto se debe a que se cuenta con la capacidad y experiencia necesarias para diseñar e integrar los componentes requeridos, teniendo en cuenta los diversos aspectos técnicos, de hardware, software, espacio, seguridad y costos asociados al proyecto. Además, se realizarán pruebas exhaustivas para validar el diseño antes de su implementación.

3.3.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

El diseño propuesto del sistema para clasificar cajas de productos utilizando una cinta transportadora, cilindros neumáticos y una cámara con visión computacional en SolidWorks es factible técnicamente, ya que tengo la capacidad y experiencia para diseñar e integrar los componentes necesarios, considerando los requisitos de hardware, software, espacio, seguridad y costos, además de realizar pruebas para validar el diseño.

3.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

El costo puede variar, por las versiones y complementos, los costos de licencia son importantes ya que permiten el correcto funcionamiento de librerías y herramientas avanzadas.

Tabla 28.costo de Software y herramientas virtuales

Costo de Software y herramientas virtuales				
Material	Descripción	cantidad	Precio	Costo final
Licencia Matlab	versión 2024 Ra- complementos Toolbox	1	\$980,00	\$980,00
Licencia AnyViz	numero de dispositivos-variables	1	\$99,90	\$99,90
Licencia SolidWorks	versión PRO- complementos	1	\$710,00	\$710,00
Licencia CODESYS 3,5	librerías- complementos	1	\$550,00	\$550,00
EyeJackAPP	almacenamiento de imágenes	2	\$5,99	\$11,98
Shodan	Herramientas y filtros	1	\$49,00	\$49,00
Packet tracer	software libre-gratuito	1	\$0,00	\$0,00
Wireshark	software libre-gratuito	1	\$0,00	\$0,00
Neotracer	software libre-gratuito	1	\$0,00	\$0,00
PingPlotter5	software libre-gratuito	1	\$0,00	\$0,00
Raspi-imagen	Sistema Operativo Linux	1	\$0,00	\$0,00
Total		12	\$ 2.394,89	\$2.400,88

La tabla presenta el costo de diversos elementos de comunicación de red, incluyendo un router Cisco, un switch Catalyst, una laptop Dell Core i9, un Raspberry Pi, un PLC Siemens, una cámara IP, cable de red UTP, capuchas y conectores RJ45. Cada artículo incluye su descripción, cantidad, precio unitario y costo final, en la tabla siguiente.

Tabla 29.Costo de elementos de comunicación de la Red

Costo de elementos de comunicación de la Red				
Material	Descripción	cantidad	Precio	Costo final
Router 2911	Cisco, banda dual , estandar 802.11ac	1	\$100,87	\$100,87
Switch Catalyst 2960-s	Cisco, conexiones y módulos	1	\$251,92	\$251,92
laptop Dell Core i9	RAM 16, 1T Disco, tarjeta grafica Pro	1	\$800,00	\$800,00
Raspberry pi	Versión 4, RAM 4, 64G, protector	1	\$95,00	\$95,00
PLC Siemens	S7-1200PLC versión B	1	\$280,80	\$280,80
Cámara IP	VISIÓN ARTIFICIAL FORGE 5 GIGE	1	\$ 1.125,00	\$1.125,00
Cable de red	UTP CAT 6E - trensado bobina	1	\$214,99	\$214,99
Capucha	Ethernet versión	10	\$1,00	\$10,00
Conector rj45	Ethernet versión	10	\$1,25	\$12,50
PANEL SIMATIC HMI	pantalla HMI	1	\$276,14	\$276,14
total		28	\$ 3.146,97	\$3.167,22

La tabla detalla el costo de varios elementos necesarios para un circuito de potencia. Los materiales incluyen un motor reductor, cilindros de doble efecto, compresores, interruptores, relés, un variador de frecuencias, entre otros componentes eléctricos.

Tabla 30.Costo De Elementos De Circuito De Potencia

Costo De Elementos De Circuito De Potencia				
Material	Descripción	Cantidad	Precio	Costo Final
Motor Reductor	Marca Ab	1	\$185,00	\$185,00
Cilindros	Doble Efecto	4	\$101,85	\$407,40
Compresor	Ab	4	\$110,00	\$440,00
Breaker	Tipo Easy9	2	\$20,00	\$40,00
Disyuntor	Interruptores Caja Moldeada 3va2	1	\$65,00	\$65,00
Contactador De Potencia	Abb	1	\$ 25,60	\$25,60
Bornero Industrial	Línea Btwk / Btwy	14	\$98,22	\$1.375,08
Relé De Potencia	Miniaturizado Ly	1	\$29,90	\$29,90
Bornero Porta-Fusible	Btwm	1	\$12,50	\$12,50
Variador De Frecuencias	Delta	1	\$750,00	\$750,00
Relé	Msr127rtp	4	\$335,00	\$1.340,00
Batería	Ub12750	1	\$175,00	\$175,00
Total		35	\$ 1.908,07	\$4.845,48

La tabla detalla los costos asociados con los elementos de un circuito de control. Incluye componentes como focos indicadores de diferentes colores, botones para el control del motor reductor, fusibles, relés, cables y conectores.

Tabla 31.costo de elementos de circuito de control

Costo de elementos de circuito de control				
Material	Descripción	cantidad	Precio	Costo final
foco verde	indicador encendido	1	\$12,00	\$12,00
foco rojo	indicador stop	1	\$7,09	\$7,09
foco amarillo	indicador emergencia	1	\$6,60	\$6,60
foco gris	indicador operación de actuadores	4	\$5,13	\$20,52
foco azul	indicador actividad de la cámara	1	\$7,09	\$7,09
botón verde	arranque del motor reductor	1	\$6,00	\$6,00
botón rojo	pare del motor reductor	1	\$7,00	\$7,00
botón amarillo	pare del motor reductor & actuadores	1	\$7,00	\$7,00
fusible	protección de indicadores	1	\$1,25	\$ 1,25
relé	activación de indicadores	3	\$20,00	\$60,00
cable	45Ur calibre 12 bobina azul/rojo/verde	3	\$52,42	\$157,26
conectores	terminal de alimentación/S	40	\$0,25	\$10,00
total		58	\$131,83	\$301,81

La tabla de costo de la estructura del diseño detalla los materiales necesarios para construir una estructura mecánica y eléctrica, incluyendo elementos como tambores, rodillos, pernos, tuercas, engranajes, planchas de acero y madera, rulemanes, y componentes eléctricos como un tablero y tuberías.

- Cada material está descrito con su función específica, cantidad requerida, precio unitario y costo total.
- El costo total de los materiales es de \$8.480,87 para un total de 1,033 piezas.
- Es crucial para entender el presupuesto necesario para ensamblar la estructura completa de un proyecto de ingeniería, considerando tanto los elementos mecánicos como los eléctricos.

Tabla 32.Costo De Estructura Del Diseño

Costo De Estructura Del Diseño				
Material	Descripción	Cantidad	Precio	Costo Final
Tambor	Pieza Principal De Rotación	1	\$145,00	\$145,00
Rodillos	1 M De Longitud Y 0,08 M De Diámetro	174	\$19,96	\$3.473,04
Pernos	Anclaje	40	\$0,50	\$20,00
Tuercas	8 Mm Tipo Hexagonal	40	\$0,80	\$32,00
Correas Perforadas	Tipo U De 6 Metros De Acero	28	\$17,50	\$490,00
Ángulos De Platino	Tipo T De 6 Metros	14	\$12,30	\$172,20
Rectángulos Acero	2 Mm X4mmx2mm De 4 Metros	8	\$14,70	\$117,60
Rulemanes	Rodamiento Para Rodillos	348	\$7,50	\$2.610,00
Plancha De Acero Inoxidable	2mm De Grosor, Longitud De 4m Y 1m A	8	\$21,20	\$169,60
Plancha De Madera	1,22m X 2,44m Con De 1cm De Grosor	4	\$10,52	\$42,08
Engranajes	0,5mm De 8 Dientes	348	\$1,80	\$ 626,40
Cauchos Rectangulares	2 Mm X4mmx2mm	11	\$0,60	\$ 6,60
Tablero Eléctrico	Gabinete Marca Abb Adaptable 1,7mx1 M	1	\$273,67	\$273,67
Tuberías Eléctricas	Conducto De Cables Plastigama 4m	4	\$6,77	\$27,08
Maguera Para Neumática	Reforzado Aire Comprimido 15m 3/8in	4	\$68,90	\$275,60
Total		1033	\$601,72	\$8.480,87

El costo del diseño abarca los principales componentes y herramientas necesarias para un proyecto de ingeniería. Los costos se dividen en cinco categorías: Software y Herramientas (\$2.400,88), Comunicación de la Red (\$3.167,22), Circuito de Potencia (\$4.845,48), Circuito de Control (\$301,81), y Estructura (\$8.480,87).

Tabla 33.Costos Del Diseño

Costos Del Diseño	
Software Y Herramientas	\$2.400,88
Comunicación De La Red	\$3.167,22
Circuito De Potencia	\$4.845,48
Circuito De Control	\$301,81
Estructura	\$8.480,87
Total	\$19.196,26

El total de todos estos elementos es \$19.196,26, lo que refleja el presupuesto completo necesario para desarrollar del diseño.

CAPITULO IV

4.1 RESULTADOS

4.1.1 COMUNICACIÓN DE EQUIPOS DE RED

En el programa Cisco Packet Tracer se comprueba la conexión de la red de los dispositivos que trabajaran en el sistema clasificador de productos, mediante el servidor a la Cloud AnyViz, se conectara el dispositivo IoT para realizar el control remoto de los procesos, en la siguiente figura, se muestra la representación de comunicación de los equipos del proyecto, tal como se muestra en la figura 87.

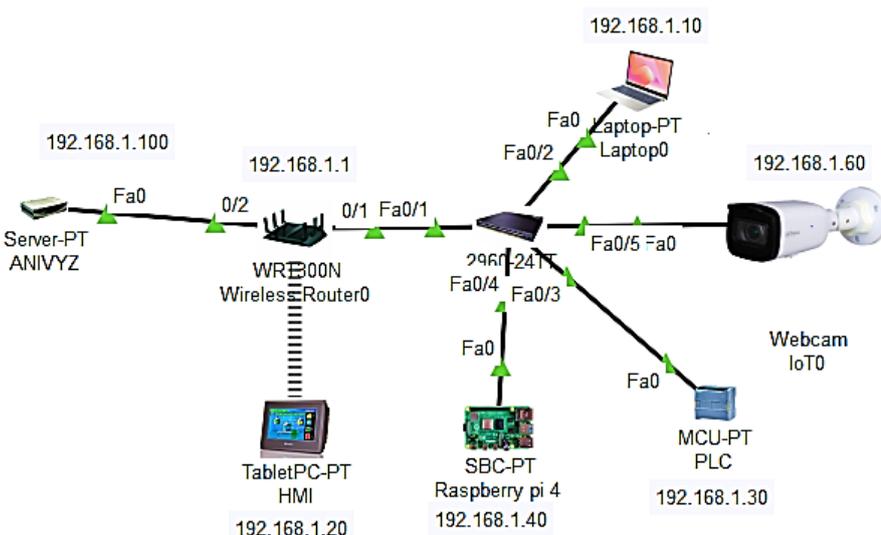


Figura 87 Red industrial 5.0 diseño de autor.

Tabla de enrutamiento de los dispositivos

Tabla 34.Enrutamiento de red

Servidor AnyViz	IP 192.168.1.100
Gateway	IP 192.168.1.1
HMI	IP 192.168.1.20
Raspberry pi 4	IP 192.168.1.40
PLC	IP 192.168.1.30
Cámara IP	IP 192.168.1.60
Laptop	IP 192.168.1.10

CONFIGURACIÓN SERVER-PT ANYVIZ

En Global Settings se define la dirección IPv4 de Gateway como estática 192.168.1.1, se habilita el servicio DHCP (Protocolo de configuración dinámica de host) en la interfaz FastEthernet0, declaro con una nueva dirección IP al servidor 192.168.1.100 con mascara 255.255.255.0, con un número máximo de veinte usuarios que puedan interactuar en la red.

Se habilita el servicio TFTP (Protocolo Trivial de Transferencia de Archivos):

TFTP	
Service	<input checked="" type="radio"/> On
	File
asa842-k8.bin	
asa923-k8.bin	
c1841-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin	
c1841-ipbase-mz.123-14.T7.bin	
c1841-ipbasek9-mz.124-12.bin	
c1900-universalk9-mz.SPA.155-3.M4a.bin	
c2600-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin	
c2600-i-mz.122-28.bin	
c2600-ipbasek9-mz.124-8.bin	
c2800nm-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin	
c2800nm-advipservicesk9-mz.151-4.M4.bin	
c2800nm-ipbase-mz.123-14.T7.bin	
c2800nm-ipbasek9-mz.124-8.bin	

Figura 88.Protocolo Trivial de Transferencia de Archivos

Se habilita el servicio IoT, y se registra como usuario “Jean Carlo Cruz” y contraseña “admin12345”, para poder acceder al servidor.

CONFIGURACIÓN ROUTER CISCO

En la interfaz del router se habilita la configuración DHCP, en la sección LAN se define IPv4 192.168.1.1 con mascara de red 255.255.255.0, en la sección Wireless se escoge la banda de frecuencia de 2.4GHz con una cobertura de rango de 250 metros. En el apartado de autenticación se habilita WPA2-PSK (formato de cifrado estándar avanzado de cifrado) AES, tiene un cifrado más complejo.

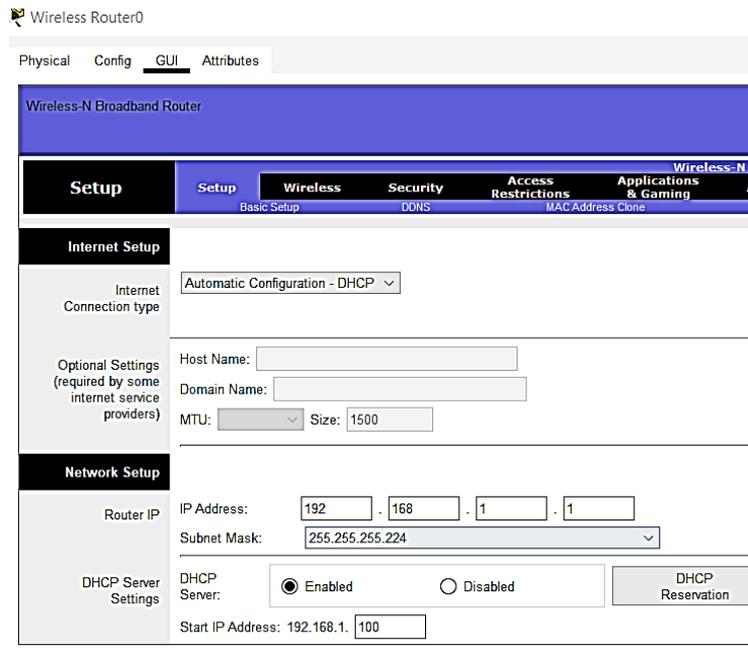


Figura 89.Configuración Router Cisco

CONFIGURACIÓN HMI INALÁMBRICO

En la interfaz se habilita Wireless0 ingresando las credenciales de la red, con la configuración IP 192.168.1.20 estática con mascara de red 255.255.255.0, el SSID (identificador de red) se ingresa el nombre de “industria5.0” y la clave de acceso es “admin12345”.

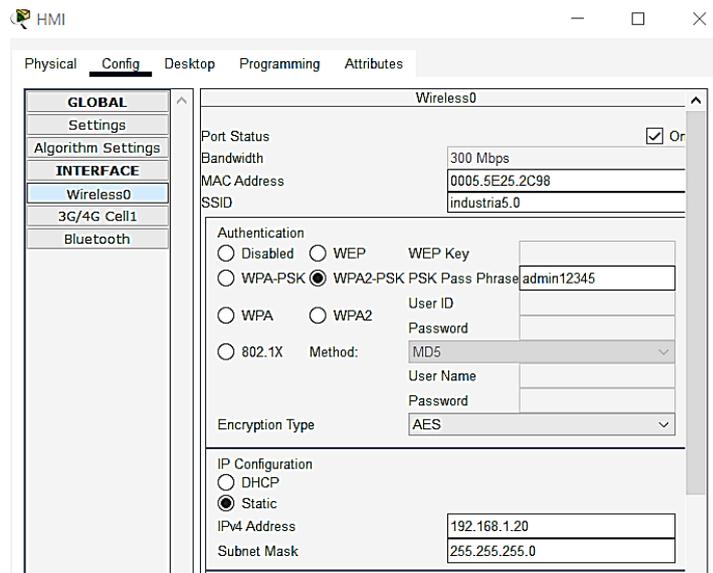
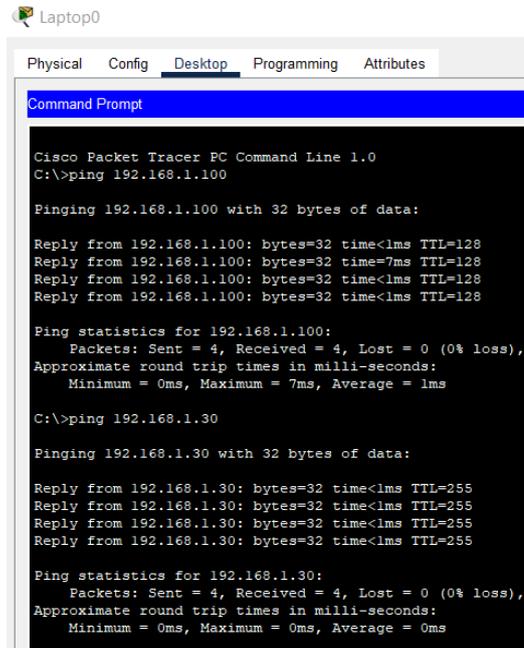


Figura 90.Configuración HMI

Una vez configurado todos se conectan todos los dispositivos al Switch0 (laptop, cámara IP, Raspberry pi 4, PLC por cable menos el HMI que estará conectado de

forma inalámbrica). Para verificar que la red funcione se procede a enviar paquetes en las distintas direcciones IP, por medio de consola se ingresa el comando Ping con la dirección IP. La laptop tiene buena comunicación sin pérdida de paquetes con el servidor Anyviz y el PLC como se observa en la siguiente figura 91.



```
Laptop0
Physical  Config  Desktop  Programming  Attributes
Command Prompt
Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.1.100

Pinging 192.168.1.100 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time=7ms TTL=128
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 7ms, Average = 1ms

C:\>ping 192.168.1.30

Pinging 192.168.1.30 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.30: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.30:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Figura 91.ping laptop.

El dispositivo Raspberry pi 4 realiza con éxito comunicación con el servidor y la pantalla HMI como se muestra en la siguiente figura 92.

```
Specifications Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Cisco Packet Tracer SBC Command Line 1.0
root@SBC: />ping 192.168.1.100

Pinging 192.168.1.100 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.1.100: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 8ms, Average = 2ms

root@SBC: />ping 192.168.1.20

Pinging 192.168.1.20 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.20: bytes=32 time=29ms TTL=128
Reply from 192.168.1.20: bytes=32 time=20ms TTL=128
Reply from 192.168.1.20: bytes=32 time=19ms TTL=128
Reply from 192.168.1.20: bytes=32 time=24ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 19ms, Maximum = 29ms, Average = 23ms

root@SBC: />
```

Figura 92.ping Raspberry pi 4

El dispositivo HMI realiza con éxito la comunicación de paquetes con el Raspberry pi 4 y la cámara IP, como se observa en la figura 93.

```
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.1.60

Pinging 192.168.1.60 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.60: bytes=32 time=31ms TTL=255
Reply from 192.168.1.60: bytes=32 time=13ms TTL=255
Reply from 192.168.1.60: bytes=32 time=10ms TTL=255
Reply from 192.168.1.60: bytes=32 time=22ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.60:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 10ms, Maximum = 31ms, Average = 20ms

C:\>ping 192.168.1.40

Pinging 192.168.1.40 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.40: bytes=32 time=26ms TTL=255
Reply from 192.168.1.40: bytes=32 time=23ms TTL=255
Reply from 192.168.1.40: bytes=32 time=25ms TTL=255
Reply from 192.168.1.40: bytes=32 time=18ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.40:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 18ms, Maximum = 26ms, Average = 23ms

C:\>
```

Figura 93.Ping HMI

Responde de forma correcta en consola, por lo tanto, se revisa en el navegador el registro de usuario “Jean Carlo Cruz” y clave “admin12345” para obtener acceso a las imágenes de la cámara IP, se observa en la figura 94 el registro del servidor.

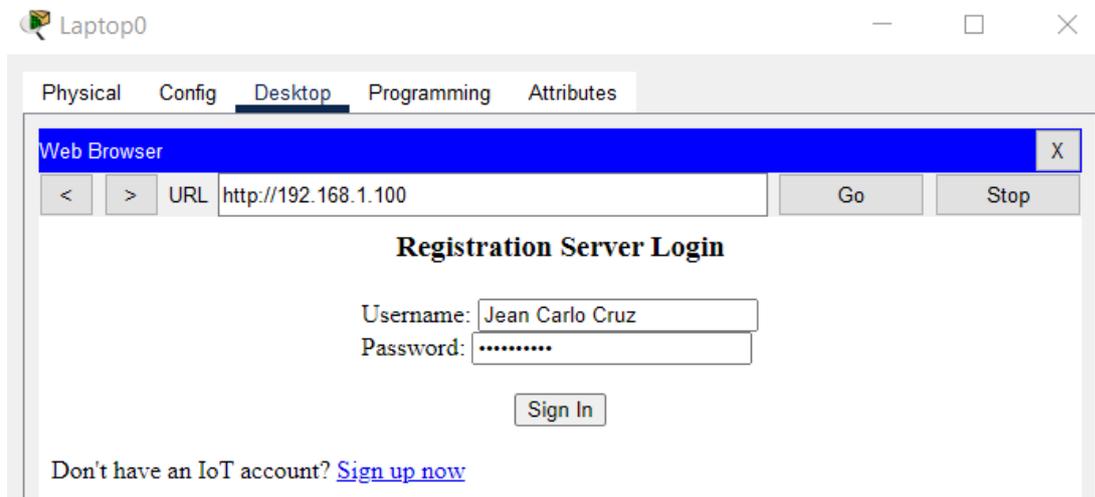


Figura 94.Registro de servidor

Una vez ingresando las credenciales, se podrá monitorear la cámara IP, ingresando al servidor 192.168.1.100, se observa el funcionamiento del sistema también en la pantalla HMI ingresando en IoT Monitor en la figura 95.

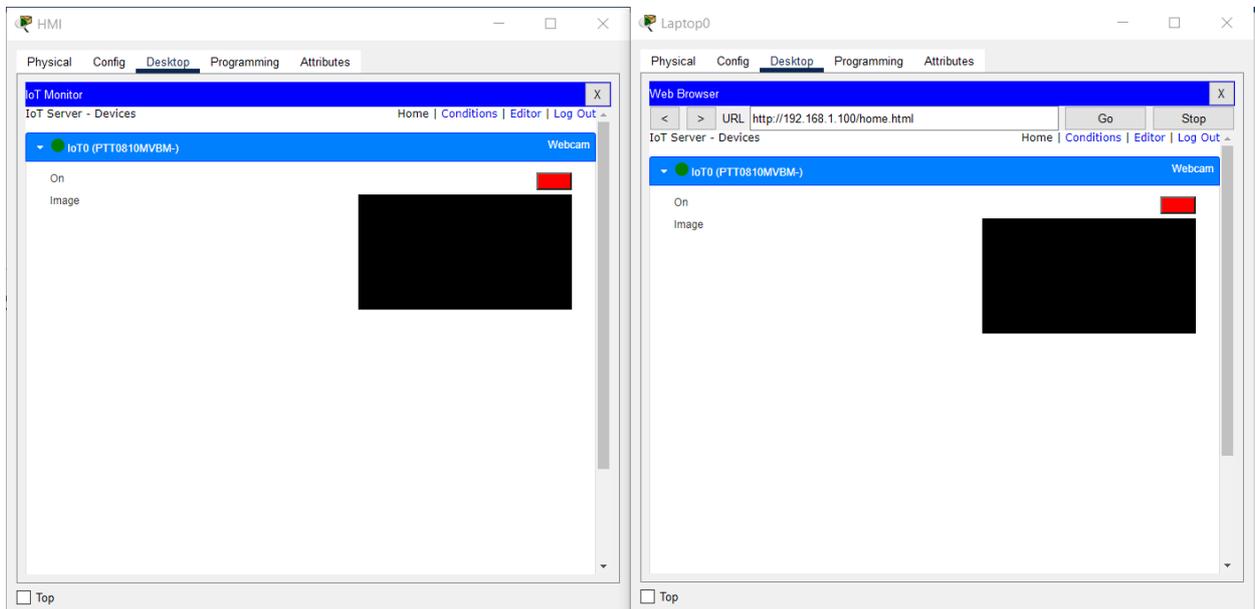


Figura 95.Interfaz de Cámara IP y pantalla HMI desactivado

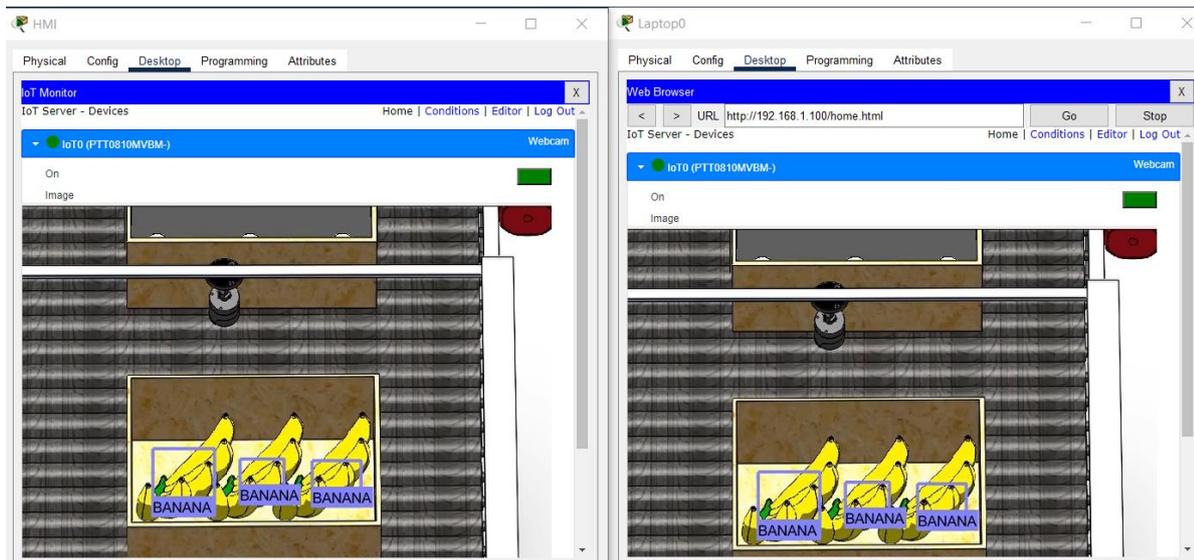


Figura 96. Interfaz de Cámara IP y pantalla HMI activado

4.1.2 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA RED

Se utilizó Speedtest para analizar la red. Esta herramienta mide la velocidad de descarga y subida de datos, así como la latencia en una red. Es compatible con todos los tipos de dispositivos y ofrece una visión precisa del rendimiento de la conexión a Internet.

Resultados Obtenidos:

- ✓ Velocidad de Descarga: 283.19 Mbps (Megabits por segundo). Esto indica la rapidez con la que los datos se descargan desde Internet hacia el dispositivo.
- ✓ Velocidad de Subida: 297.76 Mbps. Esto muestra la rapidez con la que los datos se envían desde el dispositivo hacia Internet.
- ✓ Latencia: 9 ms (milisegundos). La latencia mide el tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde el dispositivo hasta el servidor y viceversa. Una latencia baja indica una respuesta rápida en la red.

Los resultados muestran una velocidad de descarga y subida alta, lo que sugiere una conexión rápida y eficiente entre los dispositivos.

Una latencia de 9 ms es excelente y generalmente indica que no hay retrasos significativos en la comunicación de datos.

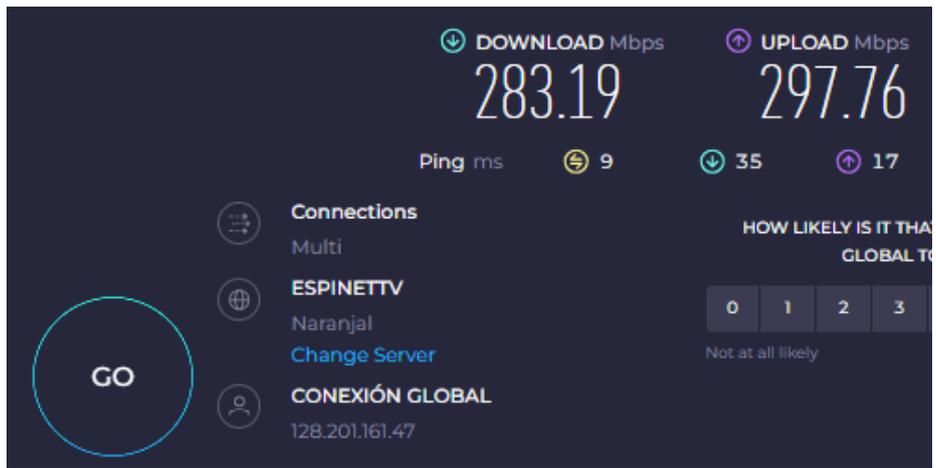


Figura 97.test de velocidad Speedtest

La evaluación realizada con Speedtest muestra que la red tiene un rendimiento excelente con una velocidad de descarga de 283.19 Mbps, una velocidad de subida de 297.76 Mbps, y una latencia baja de 9 ms. Estos resultados indican una conexión rápida y eficiente, adecuada para una comunicación efectiva entre dispositivos.

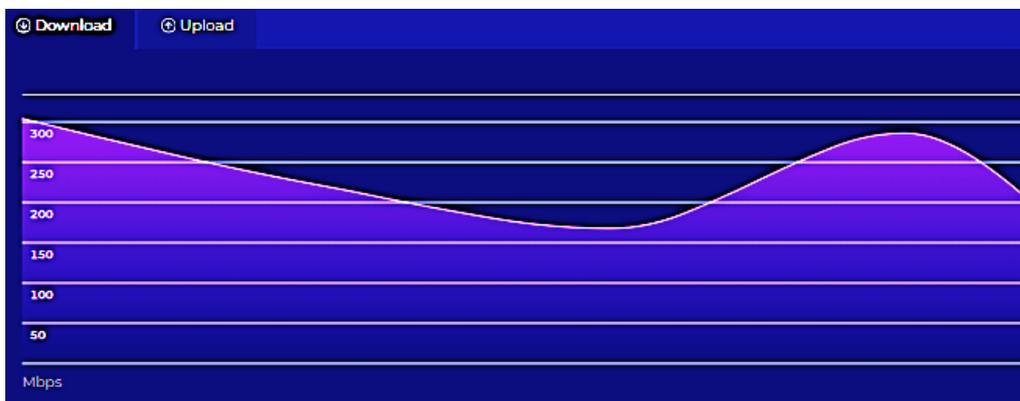


Figura 98.test de velocidad de descarga

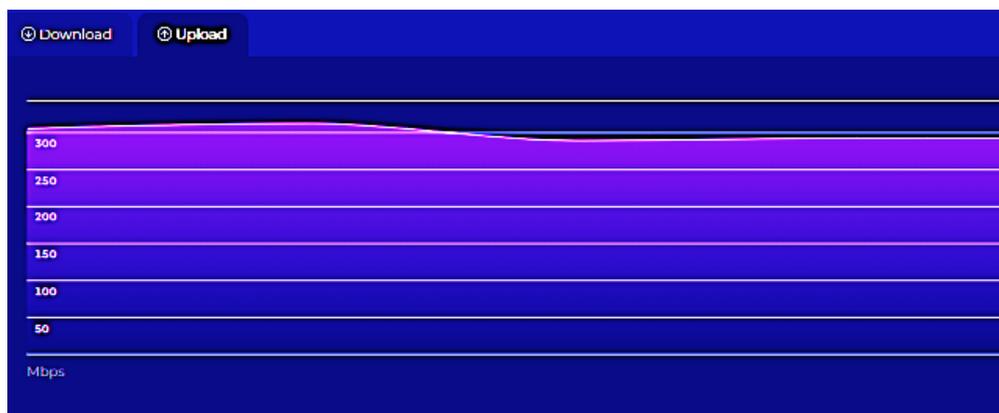


Figura 99.test de velocidad de subida

Rendimiento de Wifi de red local en un periodo de 60 segundos con la dirección IP 192.168.0.24 tecnología de estándar 802.11ac IEEE frecuencia de dual 2.4GHz y 5GHz.

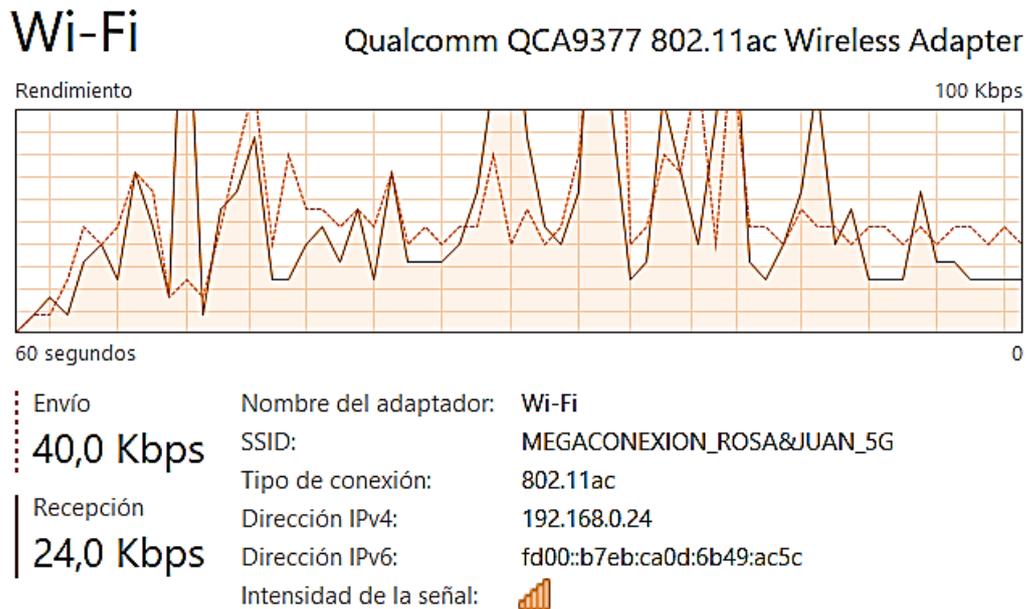


Figura 100.rendimiento de la red

En configuraciones avanzadas de la red, la Laptop se puede verificar las conexiones TCP (protocolo control de transmisión), en la primera columna se puede identificar los procesos de CODESYS.exe / GatewayService.exe / Chrome.exe , eso son los que se están ejecutando para la comunicación remota, desde el software CODESYS definido con la IP 192.168.0.24 se enlaza comunicación con el dispositivo Raspberry pi 4 con la dirección IP 192.168.0.23, mientras GatewayService.exe esta en IPv4 de bucle invertido, direccionando a la plataforma AnyViz. Durante el proceso no existe perdida de paquetes.

Conexiones TCP							
Filtrados por chrome.exe, chrome.exe, CODESYS.exe, GatewayService.exe							
Proceso	PID	Dirección local	Puert...	Dirección remota	Puert...	Pérdida de paquetes (...)	Latencia (ms)
chrome.exe	18244	192.168.0.24	51018	52.174.100.142	443	0	172
GatewayService.e...	5040	IPv4 de bucle invertido	1217	IPv4 de bucle invertido	52565	0	0
CODESYS.exe	18468	IPv4 de bucle invertido	52565	IPv4 de bucle invertido	1217	0	0
CODESYS.exe	18468	IPv4 de bucle invertido	52457	IPv4 de bucle invertido	4965	0	0
GatewayService.e...	5040	IPv4 de bucle invertido	49737	IPv4 de bucle invertido	4966	0	0
CODESYS.exe	18468	192.168.0.24	52496	192.168.0.23	22	-	-
CODESYS.exe	18468	192.168.0.24	52495	192.168.0.23	22	-	-
CODESYS.exe	18468	IPv4 de bucle invertido	52431	IPv4 de bucle invertido	22350	-	-
chrome.exe	18244	192.168.0.24	50406	173.194.212.188	5228	-	-
GatewayService.e...	5040	IPv4 de bucle invertido	49736	IPv4 de bucle invertido	4965	-	-
GatewayService.e...	5040	IPv4 de bucle invertido	4966	IPv4 de bucle invertido	49737	0	-
CODESYS.exe	18468	IPv4 de bucle invertido	4965	IPv4 de bucle invertido	52457	0	-
GatewayService.e...	5040	IPv4 de bucle invertido	4965	IPv4 de bucle invertido	49736	-	-

Figura 101. Conexiones TCP

En procesos con actividad de red, se observa que CODESYS.exe tiene un Tx 4.623 B/s y una Rx de 1.946 B/s con un total de 6.569 B/s en solo un proceso, ignorando el proceso del navegador. En la sección de Filtrados en nueve procesos interactúan el envío y recepción de B/s.

Procesos con actividad de red				
<input checked="" type="checkbox"/> Proceso	PID	Envío (B/s)	Recepción (B...	Total (B/s)
<input checked="" type="checkbox"/> CODESYS.exe	18468	4.623	1.946	6.569
<input checked="" type="checkbox"/> chrome.exe	18244	730	963	1.693
<input checked="" type="checkbox"/> chrome.exe	3168	38	54	92
<input type="checkbox"/> msedgewebvi...	14140	221	58	279
<input type="checkbox"/> SWVisualize.B...	10156	31	31	61
<input type="checkbox"/> nimdnsRespo...	6644	0	33	33
<input type="checkbox"/> System	4	26	0	26
<input type="checkbox"/> hasplms.exe	5320	11	11	22
<input type="checkbox"/> lmgrd.exe	8600	4	4	7
<input type="checkbox"/> ...	8703	4	4	7

Actividad de red	
■ E/S de red: 175824 bps	■ 0% de uso de red

Filtrados por chrome.exe, chrome.exe, CODESYS.exe, GatewayService.exe					
Proceso	PID	Dirección	Envío (B/s)	Recepción (B...	Total (B/s)
CODESYS.exe	18468	DESKTOP-IENPOOA	4.623	1.946	6.569
GatewayService.e...	5040	DESKTOP-IENPOOA	1.938	4.616	6.554
GatewayService.e...	5040	192.168.0.23	5.070	0	5.070
GatewayService.e...	5040	192.168.0.24	0	2.519	2.519
chrome.exe	18244	192.168.0.24	0	651	651
chrome.exe	18244	172.217.30.195	110	307	417
chrome.exe	18244	52.174.100.142	85	151	236
chrome.exe	18244	server-13-227-26-1...	174	56	230
chrome.exe	18244	bog02s17-in-f14.1e1...	211	0	211

Figura 102. Procesos de actividad de la red

En los puertos de escucha tenemos el protocolo TCP y UDP (protocolo de datagrama de usuario), el estado de firewall está permitido, el tipo de puerto llamados puertos registrados desde 1024 hasta el 49151 son asignados para aplicaciones para servidores como MySQL. El último proceso tenemos un puerto 64862 que pertenece a puertos dinámicos o privados, es decir que ese puerto es de la plataforma Anyviz.

Puertos de escucha					
Filtrados por chrome.exe, chrome.exe, CODESYS.exe, GatewayService.exe					
Proceso	PID	Dirección	Puerto	Protocolo	Estado del firewall
GatewayService.e...	5040	IPv4 sin especificar	1217	TCP	Permitido, no restringido
GatewayService.e...	5040	192.168.0.24	1743	UDP	Permitido, no restringido
GatewayService.e...	5040	169.254.203.43	1743	UDP	Permitido, no restringido
chrome.exe	3168	IPv6 sin especificar	5353	UDP	Permitido, restringido
chrome.exe	3168	IPv4 sin especificar	5353	UDP	Permitido, no restringido
chrome.exe	18244	IPv4 sin especificar	64862	UDP	No se permite, no restringido

Figura 103. Puertos de Escucha

Para el siguiente de la ruta de datos remotos de la plataforma AnyViz se utilizó la herramienta NeotracePro, permite seguir la ruta de enlace hasta su destino.

Se ingreso la dirección de la plataforma portal.anyviz.io, en el primer milisegundo se encamino los datos por el router principal IP 192.168.0.1 y al repetidor 192.168.100.1, continuo hasta la dirección del proveedor de internet IP 10.2.14.1 continuando hasta IP 10.84.253.5 que pertenece a la extensión de la empresa conexión global, a partir del IP 172.16.141.9 hasta el IP 172.18.50.219 estas IP son de servidores de Windows, hasta llegar al portal AnyViz, con un tasa de menos de 177 milisegundos tarda los datos en llegar.

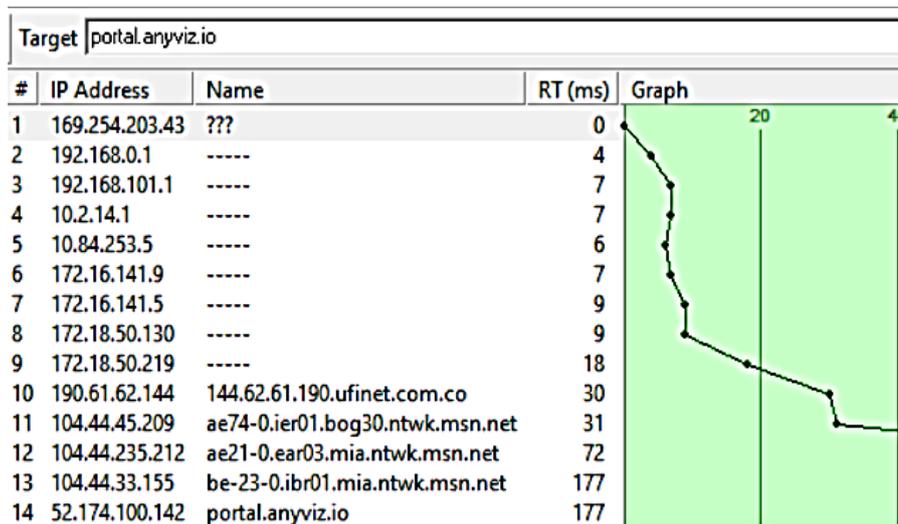


Figura 104. ruta de datos al portal.anyviz.io

En total realiza 14 enlaces para comunicar remotamente, 3 de ellas son puntos que tiene IP dinámicas que frecuentemente cambian sus direcciones.

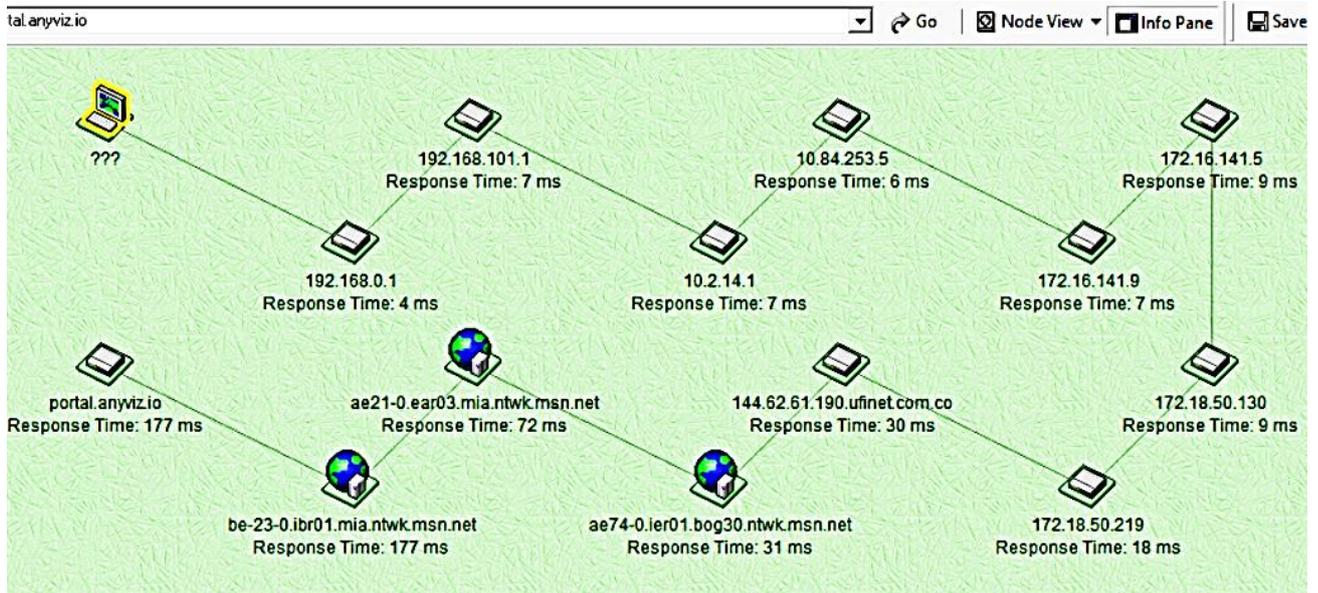


Figura 105. Nodos de red de área amplia (WAN)

Se utilizó SHODAN para verificar la seguridad de la plataforma al rastrear y recopilar información sobre un dispositivo con la dirección IP 172.18.50.130, siguiendo principios responsables y legales.

La herramienta facilita la identificación de configuraciones y vulnerabilidades en dispositivos y servicios conectados a la red.

```
39.108.236.206
Aliyun Computing
Co., LTD
China, Shenzhen
Microsoft RPC Endpoint Mapper
d95afe78-36d5-4259-822e-2c84da1ddb0d
version: v1.0
protocol: [MS-RSP]: Remote Shutdown Protocol
provider: wininit.exe
ncacn_ip_tcp: 172.18.50.130:49152
ncalrpc: WindowsShutdown
ncacn_np: \\1Z83ay8uunfj9Z\PIPE\InitShutdown
ncalrpc: MMsgKRpc849598
```

Figura 106.Motor de búsqueda de SHODAN

Principios Éticos: El uso de SHODAN se realiza siguiendo principios éticos, lo que implica que la herramienta se emplea de manera responsable y legal con el propósito de verificar la seguridad de la plataforma, evitando actividades malintencionadas.

Dirección IP Específica: Se ingresó la dirección IP 172.18.50.130 en SHODAN. Esta IP es estática, es decir, asignada permanentemente a un dispositivo o servidor específico.

El objetivo es obtener información sobre el dispositivo o servicio asociado a esta dirección IP para evaluar su seguridad.

```
135 / TCP

Microsoft RPC Endpoint Mapper

Microsoft RPC Endpoint Mapper

d95afc78-a6d5-4259-822e-2c84da1ddb8d
  version: v1.0
  protocol: [MS-RSP]: Remote Shutdown Protocol
  provider: wininit.exe
  ncacn_ip_tcp: 172.18.50.130:49152
  ncalrpc: WindowsShutdown
  ncacn_np: \\i283ay8uumfaj92\PIPE\InitShutdown
  ncalrpc: WMsgKRpc049598

76f226c3-ec14-4325-8a99-6a46348418af
  version: v1.0
  provider: winlogon.exe
  ncalrpc: WindowsShutdown
  ncacn_np: \\i283ay8uumfaj92\PIPE\InitShutdown
  ncalrpc: WMsgKRpc049598
  ncalrpc: WMsgKRpc04A321
  ncalrpc: WMsgKRpc0167A392

9b888953-f195-4bf9-bdc8-4471971c58ed
  version: v1.0
  ncalrpc: LRPC-c6c3817d5493eb3f89
  ncacn_np: \\i283ay8uumfaj92\pipe\LSM_API_service
  ncalrpc: LSMapi
  ncalrpc: LRPC-b927371f2587815c8c
  ncalrpc: actkernel
  ncalrpc: umpo
```

Figura 107.información de servidor 172.18.50.130

Al ingresar la dirección IP en el motor de búsqueda de SHODAN, tenemos información del lugar que se encuentra el dispositivo (China-Shenzhen), el software que utiliza es Microsoft RPC Endpoint Mapper versión V1.0, tiene el protocolo [MS-RSP] (protocolo de escritorio remoto).

El administrador del servicio opera con Windows server 2012 R2, posee la certificación SSL (es un protocolo de seguridad “Secure Sockets Layer”) por lo tanto el uso del servidor está enfocado en HTTPS (protocolo de transferencia de

hipertexto), Correos electrónicos y VPN (redes privadas entre el cliente y servidor), en otras palabras, cumple con la funcionalidad y confianza para no temer en la pérdida de información.

```
Remote Desktop Protocol

Remote Desktop Protocol
\x03\x00\x00\x13\x0e\xd8\x00\x00\x124\x00\x02\x0f\x00\x00\x02\x00\x00\x00
Remote Desktop Protocol NTLM Info:
  OS: Windows 8.1/Windows Server 2012 R2
  OS Build: 6.3.9600
  Target Name: iZ83ay0uumfnj9Z
  NetBIOS Domain Name: iZ83ay0uumfnj9Z
  NetBIOS Computer Name: iZ83ay0uumfnj9Z
  DNS Domain Name: iZ83ay0uumfnj9Z
  FQDN: iZ83ay0uumfnj9Z

SSL Certificate

Certificate:
  Data:
    Version: 3 (0x2)
    Serial Number:
      4b:b7:c6:41:11:80:40:a5:4d:0e:dd:5e:26:f9:0f:57
    Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption
    Issuer: CN-iZ83ay0uumfnj9Z
    Validity
      Not Before: Mar 20 15:59:58 2024 GMT
      Not After : Sep 19 15:59:58 2024 GMT
    Subject: CN-iZ83ay0uumfnj9Z
    Subject Public Key Info:
      Public Key Algorithm: rsaEncryption
      Public-Key: (2048 bit)
```

Figura 108.Datos de Consola de SHODAN

Para verificar el tiempo de respuesta de los dispositivos y la latencia se utilizo la herraminta PingPlotter5.

La direccion IP 192.168.0.23 corresponde al dispositivo IoT, se analizo la señal del dispositivo durante 5 minutos de funcionamiento y la grafica demuestra que tiene vamos promedio de menos de 10 milisegundos de latencia dentro de la red local.



Figura 109.Señal de dispositivo IoT

Se analizaron las señales provenientes tanto del router principal como del repetidor en la red local. El dispositivo IoT estaba conectado y operando el software CODESYS.

La herramienta utilizada generó gráficas que mostraban las direcciones IP de los servidores y los puntos de enlace de comunicación en la red. A pesar de que se generaron varias gráficas, el análisis se enfocó únicamente en las gráficas de la red LAN.

El tiempo de respuesta medido para el router principal fue de 4 milisegundos, mientras que para el repetidor fue de 6 milisegundos.

Estos tiempos de respuesta dentro de la red local son relativamente bajos, indicando una buena conectividad y rapidez en la comunicación entre dispositivos dentro de la LAN.

Además de los dispositivos locales, se midió el tiempo de respuesta hacia dos servidores externos: Servidor con IP 172.18.50.130: Se registró un tiempo de respuesta de 70 milisegundos. Portal anyviz.io: El tiempo de respuesta fue de 177 milisegundos.

Estos tiempos de respuesta indican el tiempo que tarda en establecerse la conexión desde la red local hacia estos servidores externos.

Los tiempos de respuesta obtenidos confirman que el enlace de datos fue exitoso, es decir, que la comunicación entre los dispositivos locales y los servidores externos se realizó de manera efectiva.

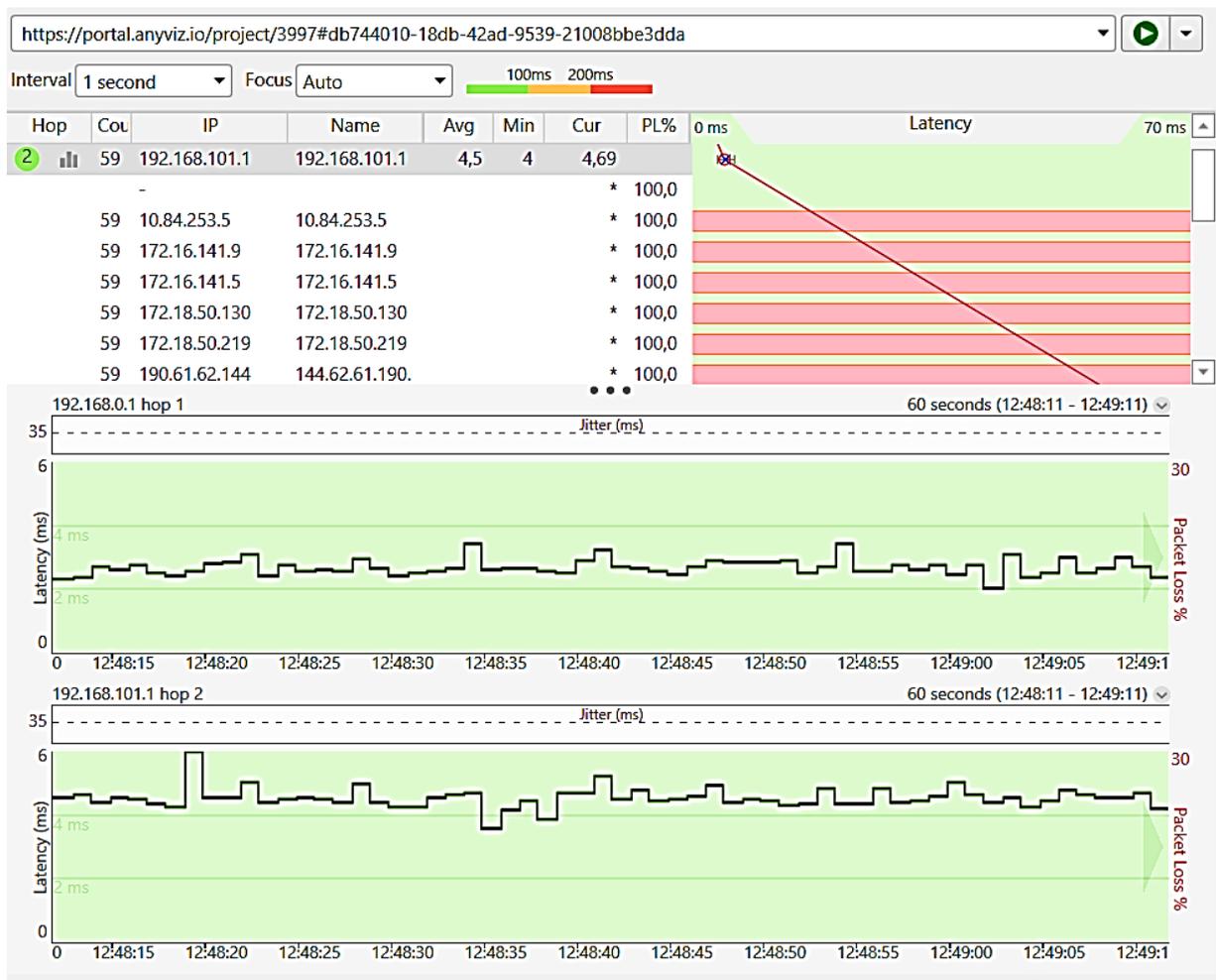


Figura 110.latencia de router principal y repetidor

Red local utilizando PingPlotter 5, con enfoque en medir los tiempos de respuesta entre el router principal, el repetidor, y servidores externos, mientras se operaba un dispositivo IoT a través del software CODESYS.

Los resultados mostraron tiempos de respuesta bajos dentro de la LAN (4 ms para el router principal y 6 ms para el repetidor), y tiempos más altos al conectarse con servidores externos (70 ms y 177 ms). Estos resultados confirman que el enlace de datos fue exitoso, indicando una conectividad sólida tanto dentro de la red local como hacia servidores externos.

Se utilizó Wireshark es una herramienta que se emplea para capturar y analizar el tráfico de red en tiempo real. Una de sus principales ventajas es su capacidad para depurar, lo cual facilita la identificación de problemas en la red local, como el rendimiento y el análisis de protocolos de comunicación.

En el análisis se capturaron 76,852 paquetes. Esta cantidad considerable de datos permite realizar un análisis profundo sobre la calidad y fiabilidad del tráfico en la red.

En el segundo paquete capturado, se identifica una solicitud de permiso de acceso al router mediante el protocolo ICMPv6.

El ICMPv6 (Internet Control Message Protocol for IPv6) es un protocolo crucial para la gestión y diagnóstico de redes que utilizan IPv6.

Este protocolo permite enviar mensajes de error relacionados con el envío o recepción de paquetes, lo que es esencial para la detección de problemas en la red, como errores en la transmisión de datos o problemas en la configuración de la red.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	EzvizSoftwar_1c:cf:...	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.10? (ARP Probe)
2	0.026721	fe80::5ee9:31ff:fe5...	ff02::1	ICMPv6	118	Router Advertisement from 5c:e9:31:57:0f:6c
3	0.042261	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	126	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=84
4	0.045135	TPLink_57:0f:6c	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.25? Tell 192.168.0.1
5	0.046020	192.168.0.23	192.168.0.24	UDP	138	encore(1740) → cinegrfx-lm(1743) Len=96
6	0.086737	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	126	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=84
7	0.090345	192.168.0.23	192.168.0.24	UDP	134	encore(1740) → cinegrfx-lm(1743) Len=92
8	0.091790	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	550	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=508
9	0.091907	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	374	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=332


```

Frame 2: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface \Device\NPF_{4FC382B4-...}
Ethernet II, Src: TPLink_57:0f:6c (5c:e9:31:57:0f:6c), Dst: IPv6mcast_01 (33:33:00:00:00:01)
  Destination: IPv6mcast_01 (33:33:00:00:00:01)
  Source: TPLink_57:0f:6c (5c:e9:31:57:0f:6c)
  Type: IPv6 (0x86dd)
Internet Protocol Version 6, Src: fe80::5ee9:31ff:fe57:f6c (fe80::5ee9:31ff:fe57:f6c), Dst: ff02::1 (ff02::1)
  0110 .... = Version: 6
  .... 0000 0000 .... = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
  .... 0111 0100 0100 1011 1101 = Flow Label: 0x744bd
  Payload Length: 64
  Next Header: ICMPv6 (58)
  Hop Limit: 255
  Source Address: fe80::5ee9:31ff:fe57:f6c (fe80::5ee9:31ff:fe57:f6c)
  Destination Address: ff02::1 (ff02::1)
  [Source SLAAC MAC: TPLink_57:0f:6c (5c:e9:31:57:0f:6c)]
Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0xb287 [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Cur hop limit: 64
  Flags: 0x40, Other configuration, Prf (Default Router Preference): Medium
  Router lifetime (s): 0
  Reachable time (ms): 0
  Retrans timer (ms): 0
  ICMPv6 Option (Prefix information : fd00::/64)
  ICMPv6 Option (MTU : 1500)
  ICMPv6 Option (Source link-layer address : 5c:e9:31:57:0f:6c)
  
```

Figura 111. Captura de tráfico de la red local

ANÁLISIS POR CAPAS DEL MODELO OSI

Capa Física (Frame2):

Frame2 representa la capa física del modelo OSI. Esta capa está encargada de la transmisión de bits a través del medio físico.

Se menciona que, en este caso, la transmisión de datos es de 944 bits y se incluyen detalles sobre la interfaz y puerto utilizados.

Capa de Enlace de Datos (Ethernet II):

La siguiente línea, Ethernet II, corresponde a la capa de enlace de datos.

Se identifica que el dispositivo de red es un router TPlink con una dirección MAC de 57:0f:6c.

Se menciona que esta configuración es típica para un diseño de red en malla.

La dirección MAC completa 5c:e9:31:57:0f:6c es utilizada como la máscara en la red.

Capa de Red (IPv6):

La capa de red está representada por el protocolo de Internet versión 6 (IPv6).

Esta capa se encarga del enrutamiento de los datos a través de la red.

Se menciona que existe un repetidor con las mismas características que el router principal, lo que crea un efecto cascado al enviar datos a otros dispositivos en la red.

Destino (Figura IP 192.168.0.23):

Se hace referencia a una figura que muestra la dirección IP 192.168.0.23, que pertenece a un dispositivo IoT.

En la capa física, los datos transmitidos son de 1008 bits.

En la capa de enlace de datos, se identifica el dispositivo como RaspberryPiT_0c:bd:a9.

LG bit: Indica que se está utilizando para la solicitud de configuración automática.

IG bit: Indica el estado de función, y en este caso, se refiere a una transmisión unicast (la transmisión se envía a una única dirección IP específica, en este caso, 192.168.0.24, donde se encuentra el software CODESYS).

Capa de Red (Protocolo UDP):

En la capa de red, se observa que el protocolo UDP (User Datagram Protocol) está habilitado.

La longitud del paquete es de 20 bytes y el tiempo de línea es de 118 ms.

Capa de Transporte:

En la capa de transporte, se muestran los puertos utilizados: puerto 1743 y puerto 1740.

Estos puertos son relevantes para la comunicación entre los dispositivos en la red.

Capa de Sesión:

Finalmente, en la capa de sesión, se indica que la longitud de los datos es de 84 bytes.

Etiqueta "cinegrfx-lm":

Se menciona que "cinegrfx-lm" hace referencia a un tipo de datos que incluye gráficos, visualizaciones, elementos interactivos (como botones y variables), o contenido multimedia. Esta etiqueta parece estar identificando un tipo específico de tráfico de red asociado con contenido visual o interactivo.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	EzvizSoftwar_1c:cf:...	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.10? (ARP Probe)
2	0.026721	fe80::5ee9:31ff:fe5...	ff02::1	ICMPv6	118	Router Advertisement from 5c:e9:31:57:0f:6c
3	0.042261	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	126	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=84
4	0.045135	TPLink_57:0f:6c	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.25? Tell 192.168.0.1
5	0.046020	192.168.0.23	192.168.0.24	UDP	138	encore(1740) → cinegrfx-lm(1743) Len=96
6	0.086737	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	126	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=84
7	0.090345	192.168.0.23	192.168.0.24	UDP	134	encore(1740) → cinegrfx-lm(1743) Len=92
8	0.091790	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	550	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=508
9	0.091907	192.168.0.24	192.168.0.23	UDP	374	cinegrfx-lm(1743) → encore(1740) Len=332

▶ Frame 3: 126 bytes on wire (1008 bits), 126 bytes captured (1008 bits) on interface \Device\NPF_{4FC382E...}	0000	dc a6 32 00
▼ Ethernet II, Src: de:a2:d3:0e:78:0e (de:a2:d3:0e:78:0e), Dst: RaspberryPiT_0c:bd:a9 (dc:a6:32:0c:bd:a9)	0010	00 70 5c 60
Destination: RaspberryPiT_0c:bd:a9 (dc:a6:32:0c:bd:a9)	0020	00 17 06 00
Address: RaspberryPiT_0c:bd:a9 (dc:a6:32:0c:bd:a9)	0030	00 17 03 00
...0... = LG bit: Globally unique address (factory default)	0040	72 f0 91 00
...0... = IG bit: Individual address (unicast)	0050	32 a6 55 00
▼ Source: de:a2:d3:0e:78:0e (de:a2:d3:0e:78:0e)	0060	00 00 00 00
Address: de:a2:d3:0e:78:0e (de:a2:d3:0e:78:0e)	0070	00 00 00 00
...1... = LG bit: Locally administered address (this is NOT the factory default)		
...0... = IG bit: Individual address (unicast)		
Type: IPv4 (0x0800)		
▼ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.24 (192.168.0.24), Dst: 192.168.0.23 (192.168.0.23)		
0100 = Version: 4		
... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)		
▶ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)		
Total Length: 112		
Identification: 0x5c6a (23658)		
▶ 000. = Flags: 0x0		
...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0		
Time to Live: 128		
Protocol: UDP (17)		
Header Checksum: 0x5c93 [validation disabled]		
[Header checksum status: Unverified]		
Source Address: 192.168.0.24 (192.168.0.24)		
Destination Address: 192.168.0.23 (192.168.0.23)		
▶ User Datagram Protocol, Src Port: cinegrfx-lm (1743), Dst Port: encore (1740)		
▼ Data (84 bytes)		
Data: c56b40400031001703180003cb2b0000018188697c7772f091be0100f45601002c000000ea1932a655cd10000400040		
[Length: 84]		

Figura 112.datos de destino Raspberry pi 4

- **Gráfico de entrada y salida:** Se menciona una figura que muestra un gráfico generado por Wireshark. Este gráfico representa el tráfico de red en términos de entrada y salida de datos a través de la red Wi-Fi.
El gráfico permite visualizar los picos de actividad en la red, que son momentos en los que hay un aumento significativo en la transmisión o recepción de datos.
- **Identificación de Picos de Actividad:** Los picos de actividad son momentos en los que la red experimenta un aumento en el tráfico, lo que puede indicar un uso intensivo de la red o posibles problemas de rendimiento.
Monitorear estos picos permite a los administradores de red evaluar el rendimiento en tiempo real y detectar posibles cuellos de botella, sobrecargas o anomalías.
- **Aplicación de Auditorías de Paquetes:** Wireshark permite realizar auditorías de paquetes transmitidos o recibidos. Esto significa que se puede analizar el contenido de los paquetes de datos para detectar patrones inusuales, tráfico no autorizado, o problemas específicos en la red. Este tipo de auditoría es crucial para mantener la seguridad y eficiencia de la red.
- **Escala del Eje Y:** En el gráfico, el eje Y representa el promedio de picos de paquetes transmitidos o recibidos.

El rango de estos picos se menciona como un promedio que va desde 125 paquetes (en los picos más altos) hasta 50 paquetes (en los mínimos). Esta información ayuda a entender el nivel de actividad de la red y a establecer parámetros para identificar qué niveles de tráfico son normales y cuándo podría haber un problema.

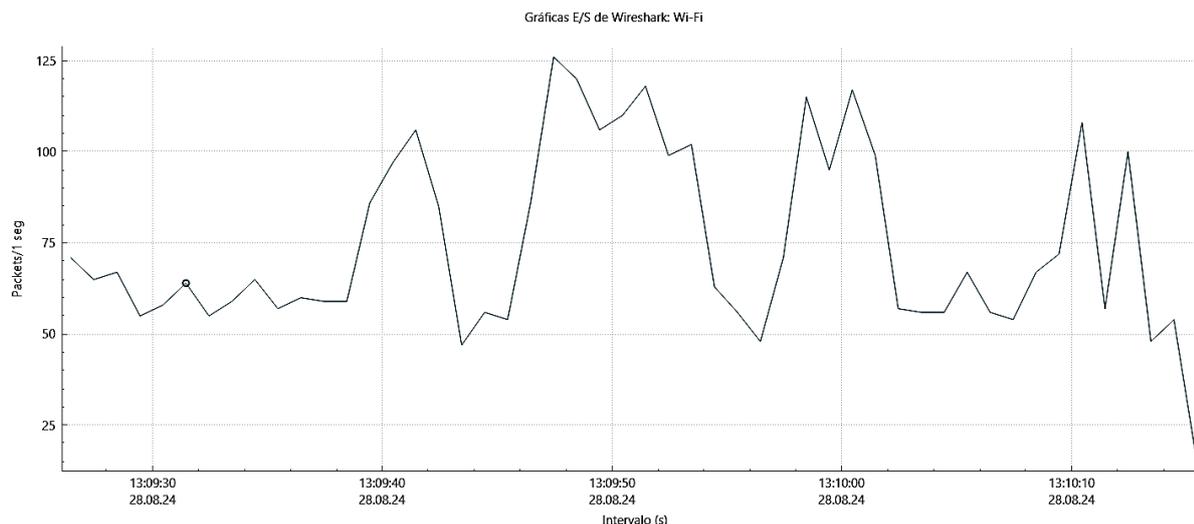


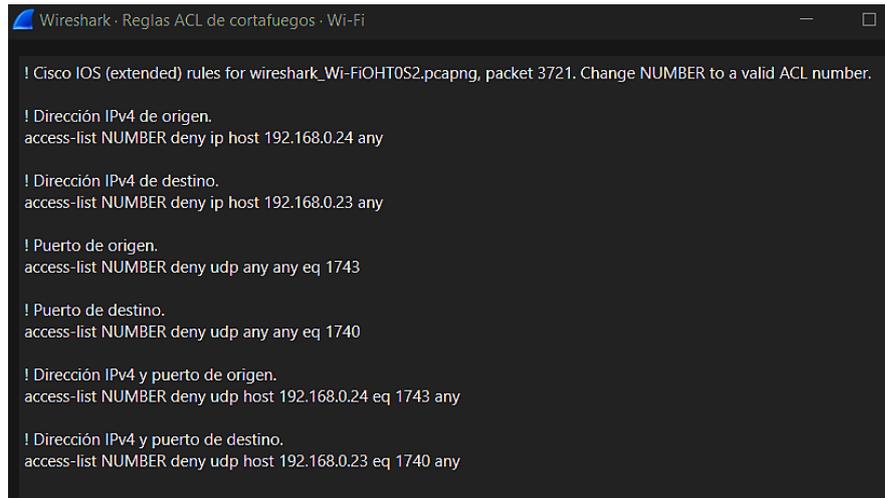
Figura 113. Grafico de E/S de Wireshark Wi-Fi

- **Regla de ACL Configurada:** Se configuró una regla de ACL en un firewall que filtra y permite el tráfico solo desde las direcciones IP 192.168.0.23 y 192.168.0.24. Esto significa que solo estas dos direcciones IP están autorizadas para comunicarse en la red.
- **Comunicación con CODESYS y Dispositivo IoT:** IP 192.168.0.23 y IP 192.168.0.24 se utilizan para establecer la comunicación con el software CODESYS y un dispositivo IoT.
- **CODESYS:** Como es un software de desarrollo y control para automatización industrial, probablemente se está utilizando para interactuar con dispositivos en la red.
- **Dispositivo IoT:** Esto podría ser cualquier dispositivo conectado a la red que se comunica con CODESYS, como un sensor, actuador, o cualquier otro dispositivo inteligente.
- **Formato Cisco:** La configuración del ACL se hizo en un dispositivo que utiliza el formato Cisco (es decir, un router o un firewall de Cisco).

Se menciona que esta configuración puede ser observada en una figura (no incluida aquí), que muestra la información sobre las dos direcciones IP, la lista de acceso (ACL) y el puerto de enlace.

- **Pruebas y Validación:** Una vez configurada la regla de ACL, se pueden realizar pruebas y validaciones en la red para asegurarse de que solo las IP 192.168.0.23 y 192.168.0.24 puedan comunicarse con el software CODESYS

y el dispositivo IoT. Esto es esencial para confirmar que el firewall está filtrando el tráfico correctamente según la política de seguridad definida.



```
Wireshark - Reglas ACL de cortafuegos - Wi-Fi
! Cisco IOS (extended) rules for wireshark_Wi-FIOHT0S2.pcapng, packet 3721. Change NUMBER to a valid ACL number.
! Dirección IPv4 de origen.
access-list NUMBER deny ip host 192.168.0.24 any
! Dirección IPv4 de destino.
access-list NUMBER deny ip host 192.168.0.23 any
! Puerto de origen.
access-list NUMBER deny udp any any eq 1743
! Puerto de destino.
access-list NUMBER deny udp any any eq 1740
! Dirección IPv4 y puerto de origen.
access-list NUMBER deny udp host 192.168.0.24 eq 1743 any
! Dirección IPv4 y puerto de destino.
access-list NUMBER deny udp host 192.168.0.23 eq 1740 any
```

Figura 114.Formato Cisco contrafuegos

- **Prueba con Tracert a AnyViz:** Se realiza una prueba utilizando la herramienta tracert (o traceroute) para rastrear la ruta hacia la dirección IP [40.74.58.131], que pertenece a la plataforma AnyViz.
- **Resultado de la Prueba:** Aunque tracert muestra algunos saltos e IPs intermedias (que ya habían sido obtenidas en pruebas anteriores), no se recibe una respuesta de retorno para los paquetes enviados, lo que impide completar la traza.
- **Credenciales SSL y Protocolos Activos:** El servidor de destino tiene activadas ciertas credenciales SSL y protocolos de seguridad.
- **Filtro de ICMP en Firewalls:** Estos protocolos también incluyen un filtro de ICMP en los firewalls del servidor, lo que bloquea o filtra las respuestas a los paquetes ICMP enviados por tracert.
- **Tiempo de Vida (TTL) Corto:** Los paquetes enviados tienen un tiempo de vida corto, lo que significa que expiran antes de alcanzar el siguiente salto en la ruta, haciendo que el host aparezca como inaccesible.
- **Análisis con SHODAN:** El análisis en SHODAN (una herramienta que escanea y mapea dispositivos y servidores en Internet) confirmó que el servidor tiene estas medidas de seguridad activas.
- **Excepción con CODESYS:** Sin embargo, cuando se ejecutan datos en el software CODESYS, el servidor envía y retorna datos correctamente. Esto

sugiere que el servidor tiene medidas de seguridad que permiten ciertos tipos de tráfico (como el generado por CODESYS), mientras que otros tipos (como ICMP) son filtrados.

```
C:\Users\jean>tracert www.anyviz.io

Traza a la dirección www.anyviz.io [40.74.58.131]
sobre un máximo de 30 saltos:

  1  2 ms    2 ms    2 ms  192.168.0.1
  2  4 ms    4 ms    4 ms  192.168.101.1
  3  6 ms    *        *    10.2.14.1
  4  6 ms    *        *    10.84.253.5
  5  7 ms    *        *    172.16.141.9
  6  6 ms    *        *    172.16.141.5
  7  8 ms    *        *    172.18.50.130
  8  16 ms   *        *    172.18.50.219
  9  28 ms   *        *    144.62.61.190.ufinet.com.co [190.61.62.144]
 10 29 ms   *        *    208.115.128.45
 11 69 ms   *        *    ae21-0.ear03.mia.ntwk.msn.net [104.44.235.212]
 12 174 ms  *        *    be-24-0.ibr02.mia.ntwk.msn.net [104.44.33.167]
 13 *       175 ms  *        *    be-1-0.ibr01.mia.ntwk.msn.net [104.44.19.255]
 14 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 15 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 16 174 ms  *        *        *    be-2-0.ibr01.atl30.ntwk.msn.net [104.44.7.145]
 17 *       *        *        *    be-6-0.ibr01.bn6.ntwk.msn.net [104.44.17.230]
 18 175 ms  *        *        *    be-10-0.ibr03.bl20.ntwk.msn.net [104.44.30.119]
 19 174 ms  *        *        *    be-8-0.ibr01.nyc30.ntwk.msn.net [104.44.19.195]
 20 175 ms  *        *        *    be-10-0.ibr01.lon22.ntwk.msn.net [104.44.18.153]
 21 173 ms  *        *        *    be-15-0.ibr01.ams30.ntwk.msn.net [104.44.31.1]
 22 173 ms  *        *        *    ae104-0.icr03.ams30.ntwk.msn.net [104.44.23.197]
 23 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 24 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 25 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 26 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 27 *       *        *        *    Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
 28 40.74.58.131 informes: Host de destino inaccesible.

Traza completa.

C:\Users\jean>
```

Figura 115.Envío de paquetes a la plataforma AnyViz

4.1.3 BASE DE DATOS DE PRODUCTOS A CLASIFICAR OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN DE SOLIDWORKS

Los archivos XML generados en SolidWorks y exportados a Simulink pueden ser utilizados para machine learning, para realizar esto se instala un complemento llamado “simscape Multibody” que permite la compatibilidad de los dos software (Matlab y SolidWorks), para obtener los datos relacionados a la simulación y diseño, se configura el sistema habilitando el complemento en las opciones de SolidWorks, y verificando la versión del software que es del 2022, se ejecuta la exportación en la opción de archivos y se define el destino, generando una carpeta con todos los modelos del diseño industrial y dos archivos formato xml, que representa la tabla de cálculos de análisis de movimiento.

- **La variable ns1: centro_de_masa:** Se refiere a la posición del centro de masa del cuerpo rígido. Esta posición se define en un sistema de coordenadas tridimensionales (X, Y, Z) y se utiliza para determinar cómo se distribuye la masa y cómo el cuerpo se comportará bajo fuerzas y torques.

La posición del centro de masa es crucial para simular el comportamiento físico de un cuerpo rígido, ya que:

- **Equilibrio y Estabilidad:** Determina cómo se comportará el cuerpo al aplicar fuerzas y torques.
- **Dinámica:** Influye en el cálculo de momentos de inercia y el movimiento rotacional del cuerpo.
- **Colisiones:** Afecta cómo se producen las colisiones y las interacciones con otros cuerpos en el sistema.

$$r_{CM} = \frac{1}{M} \int_V r \rho(r) dV$$

Ecuación 2. Centro De Masa [79]

r_{CM} = es el vector de posición del centro de masa

M = es la masa total del cuerpo

r = es el vector de posición de un elemento de masa dentro del cuerpo.

$\rho(r)$ = es la densidad de masa en el punto r .

dV = es el diferencial de volumen.

name59	type60	ns1:Mass	ns1:CenterOfMass
1054			
1055			
1056			
1057	4 Oz Liquid Sugar Model C.SLDPRT	SolidWorks Part	0,105511018 1.8848151114983468e-08 0.052989192405364663 2.9986794104547605e-10
1058	Air Compressor .SLDPRT	SolidWorks Part	17,36488585 0.00018625302595486463 0.039128030893454645 0.012409225129916296
1059	Banana.SLDPRT	SolidWorks Part	1,468947552 -0.079398183368005359 0.060516316227269634 -0.072143054256394334
1060	CAM-HD-B7-TUR-01.SLDPRT	SolidWorks Part	0,221213579 2.6778718284374581e-07 0.00017407877924699176 0.030636017236659159
1061	CAM-HD-B7-TUR-02.SLDPRT	SolidWorks Part	0,006381498 -3.2691128211241168e-09 -0.0021689079884198233 0.015684289127198357
1062	CAM-HD-B7-TUR-03.SLDPRT	SolidWorks Part	0,070648984 -5.0061793851715447e-10 0.0004604332728993219 0.011262708602027985
1063	CAM-HD-B7-TUR-T01.SLDPRT	SolidWorks Part	0,000661788 -1.2260955832576147e-12 1.2069463625303209e-12 -0.0064584680359975541
1064	CAM-HD-B7-TUR-T02.SLDPRT	SolidWorks Part	0,000318727 -2.5458035435554305e-12 2.5060433741153372e-12 -0.00049383094246612793
1065	Gearmotor VF-F 1-60 P63 B14 5,0 B3 de 0,18kW.sldprt	SolidWorks Part	2,718932993 -0.001308740604479413 -0.015673062659182477 -0.054487687387706804
1066	Pieza1.SLDPRT	SolidWorks Part	0,969114304 -0.75000000000000011 -0.0090866567740411561 0.029999999999999999
1067	Pieza10.SLDPRT	SolidWorks Part	0,416054729 0.010000000000000002 -0.0096128043723876198 0.50993423809894767
1068	Pieza2.SLDPRT	SolidWorks Part	2,067443848 -1.6000000000000003 -0.0090866567740411561 0.029999999999999995
1069	Pieza3.SLDPRT	SolidWorks Part	0,235 -0.46999999999999997 0.0049999999999999429 0.012500000000000001
1070	Taza Breaking Bad.SLDPRT	SolidWorks Part	0,119286477 0.0057413833255051464 0.037539354600002628 -2.0154020338399265e-10
1071	User Library-Cilindro32x700_cuerpo.SLDPRT	SolidWorks Part	1,028619815 -0.017125606708240523 0.055815994265232698 0.79999999999999993
1072	User Library-Cilindro32x700_culo.SLDPRT	SolidWorks Part	0,065085769 -0.00024920349011184123 -7.9931381321659664e-05 -0.5800322214157303
1073	User Library-Cilindro32x700_tapa del.SLDPRT	SolidWorks Part	0,069321309 -0.00017567933031197231 4.324876614797473e-05 -0.01140379979544681
1074	User Library-Cilindro32x700_tuerca.SLDPRT	SolidWorks Part	0,000809332 -9.2916356835514393e-13 3.2130764041223683e-12 8.9081367761617585e-14
1075	User Library-Cilindro32x700_vastago.SLDPRT	SolidWorks Part	9,225728899 0.021879808802017522 -0.26430197641385333 1.4516582858332561
1076	VERDE.SLDPRT	SolidWorks Part	1,468947552 -0.079398183368005359 0.060516316227269634 -0.072143054256394334
1077	arduino.SLDPRT	SolidWorks Part	0,011542492 0.0021137107000027385 0.003278270323358456 -0.0020616736252195718
1078	base horizontal 1.SLDPRT	SolidWorks Part	9,684017016 3.0004012005112317 -0.16347535764358684 0.49999999999999944
1079	caja50.SLDPRT	SolidWorks Part	5,6976 -0.24517602663697527 -0.13749620893007583 0.20754176451019163
1080	foco bombillo.SLDPRT	SolidWorks Part	0,0143919 1.1335057305191732e-06 0.039294657641611608 -1.6976830321701379e-06
1081	mesa cilindro.SLDPRT	SolidWorks Part	128 0.80000000000000027 -1.6000000000000001 0.012500000000000001
1082	rodillo1.SLDPRT	SolidWorks Part	3,004625222 -5.3245338884738308e-08 -5.4519017995943001e-09 -6.5079278647037745e-06
1083	salida.SLDPRT	SolidWorks Part	49,76511779 0.40000000000000019 0.032851071220658307 -1.6101322443031354

Figura 120.Datos de Centro de Masa

Un dato adicional el movimiento del motor es constante de 800rpm de una frecuencia de 50Hz, Coeficiente de fricción predeterminado en software 0.02 y eficiencia del sistema 0.8, la longitud de la cinta es 15 metros, ángulo de inclinación es 0° grados, la masa de componentes varían según el producto, pero ninguno supera los 20kg.

Por lo tanto, la velocidad lineal se calcula con la siguiente ecuación, donde D es el diámetro del tambor:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60s}$$

Ecuación 3.Ecuación de Velocidad Periférica o Lineal

$$v = \frac{\pi(0.3m)(800rpm)}{60} = 12.57m/s$$

Ecuación 4.Resultado de Datos

La velocidad de la cinta es de 12.57m/s, es ideal para la clasificación de los productos. Con estos datos se puede calcular la fuerza requerida para el diseño.

$$F = Q * g * f$$

Ecuación 5. Fuerza en sistemas de pesaje

La fricción, establecida en los elementos de la simulación, está definida en 0.02, en la sección de análisis de movimiento. Con la ecuación anterior el cálculo del sistema de pesaje es 3.92N

$$F = 20kg \left(\frac{9.8m}{s^2} \right) (0.02) = 3.92N$$

Ecuación 6.Resultado de Datos

Con estos datos podemos calcular la potencia requerida para el diseño

$$P = \frac{F * v}{\eta}$$

Ecuación 7.Potencia en sistemas eléctricos [80]

El resultado al remplazar los datos, genera una potencia de 61.1W óptima para el funcionamiento de los equipos.

$$P = \frac{3.92N * 12.57m/s}{0.8} = 61.1W$$

Ecuación 8. Resultado de potencia eléctrica del sistema.

En este caso, un motor de al menos 100 W (0.1 kW) sería adecuado para el diseño de la simulación.

4.1.4 DATOS ORGANIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE MODELO DE MACHINE LEARNING COORDENADAS (X; Y; Z) TRANSLACIÓN, ROTACIÓN, CENTRO DE MASA, INERCIA.

Se organiza y filtra los datos en las columnas cada variable del archivo XML, estos valores son obtenidos por la matriz de rotación de los ejes (X; Y; Z)

Matriz rotacional alrededor del eje x (ángulo θ_x):

$$R_x \theta_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta_x) & -\text{sen}(\theta_x) \\ 0 & \text{sen}(\theta_x) & \cos(\theta_x) \end{bmatrix}$$

Ecuación 9. Matriz Rotacional eje X [81]

Matriz rotacional alrededor del eje y (ángulo θ_y):

$$R_y \theta_y = \begin{bmatrix} \cos(\theta_y) & 0 & \text{sen}(\theta_y) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen}(\theta_y) & 0 & \cos(\theta_y) \end{bmatrix}$$

Ecuación 10. Matriz rotacional eje Y [81]

Matriz rotacional alrededor del eje z (ángulo θ_z):

$$R_z \theta_z = \begin{bmatrix} \cos(\theta_z) & -\text{sen}(\theta_z) & 0 \\ \text{sen}(\theta_z) & \cos(\theta_z) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 11. Matriz Rotacional eje Z [81]

Para la translación se aplica la matriz de transformación Homogénea

Esto es especialmente útil en aplicaciones como gráficos por computadora y robótica.

Donde el vector (t) la nueva posición del punto $\hat{P}=(p+t)$.

$$T = \begin{bmatrix} R_{x,y,z} & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 12. Matriz de Transformación Homogénea [82]

En la siguiente figura se muestra los resultados de los cálculos del software SolidWorks, procesado por la herramienta de análisis de movimiento.

Predicción del Comportamiento Dinámico: para predecir cómo se comportará un sistema bajo ciertas condiciones, se entrena un modelo para predecir parámetros como el desplazamiento, la orientación o la estabilidad basándose en los datos de entrada.

Optimización del Diseño: Para optimizar el diseño de componentes, ajustando parámetros como la posición del centro de masa para mejorar el rendimiento o la estabilidad.

Clasificación de Estados o Condiciones: existen dos tipos diferentes de estados operativos o condiciones (estado activo o desactivado) bajo las cuales los datos de rotación, translación y centro de masa son recolectados.

Reconocimiento de Patrones: Para identificar patrones o comportamientos recurrentes en datos de rotación y translación se indican características específicas del sistema o del objeto.

Recolección y Preprocesamiento: Asegúrate de que tus datos estén bien recolectados y preprocesados. Esto incluye la normalización de valores y la eliminación de datos faltantes.

SELECTION		IMPORTED DATA		UNIMPORTABLE CELLS							IMPORT
Range:	B2:K44	Output Type:	Table	<input type="checkbox"/> Replace	unimportable cells with	NaN					<input checked="" type="checkbox"/> Import Selection
Variable Names Row:	1	Text Options									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
basededatosorganizado											
VarName1	etiquetas	rotacionX	rotacionY	rotacionZ	translacionX	translacionY	translacionZ	centroDeM...	centroDeM...	centroDeM...	
Text	Categorical	Text	Categoric...	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Categorical	
4	caja de foc...	-3.4715e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0620	4.5362	6.2374	1.1335e-08	0.0393	1.-1.697683...	
5	caja de foc...	-3.4615e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0520	4.5362	6.2374	1.1335e-09	0.0393	1.-1.697683...	
6	caja de foc...	-3.4515e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0420	4.5362	6.2374	1.1335e-10	0.0393	1.-1.697683...	
7	caja de foc...	-3.4415e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0320	4.5362	6.2374	1.1335e-11	0.0393	1.-1.697683...	
8	caja de foc...	-3.4215e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0220	4.5362	6.2374	1.1335e-12	0.0393	1.-1.697683...	
9	caja de foc...	-3.4115e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0120	4.5362	6.2374	1.1335e-13	0.0393	1.-1.697683...	
10	caja de foc...	-3.4015e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0020	4.5362	6.2374	1.1335e-14	0.0393	1.-1.697683...	
11	caja de foc...	-3.4915e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5362	6.2374	1.1335e-15	0.0393	1.-1.697683...	
12	caja de ard...	-3.4915e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
13	caja de ard...	-3.4815e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
14	caja de ard...	-3.4715e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0720	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
15	caja de ard...	-3.4615e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0620	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
16	caja de ard...	-3.4515e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0520	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
17	caja de ard...	-3.4415e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0420	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
18	caja de ard...	-3.4215e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0320	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
19	caja de ard...	-3.4115e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0220	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
20	caja de ard...	-3.4015e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0120	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
21	caja de ard...	-3.4915e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0020	4.5608	6.2318	0.0021	0.0033	-0.0021	
22	PLATANO	1.0474e-14	0 1 0 1 0 -1 ...	1.0474e-14	-1.0820	4.5962	6.2313	-0.0794	0.0605	-0.0721	
23	PLATANO	1.0474e-14	0 1 0 1 0 -1 ...	1.0474e-14	-1.0820	4.5962	6.2313	-0.0794	0.0605	-0.0721	
24	PLATANO	1.0474e-14	0 1 0 1 0 -1 ...	1.0474e-14	-1.0820	4.5962	6.2313	-0.0794	0.0605	-0.0721	
25	PLATANO	1.0474e-14	0 1 0 1 0 -1 ...	1.0474e-14	-1.0820	4.5962	6.2313	-0.0794	0.0605	-0.0721	
26	caja de ban...	-3.4915e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5071	6.2251	-0.0794	0.0605	-0.0721	
27	caja de ban...	-3.4915e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5071	6.2251	-0.0794	0.0605	-0.0721	
28	caja de ban...	-3.4815e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5071	6.2251	-0.0794	0.0605	-0.0721	
29	caja de ban...	-3.4715e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.5071	6.2251	-0.0794	0.0605	-0.0721	
30	caja de tazas	-3.4615e-15	0 1 0 1 0 -1 ...	-3.4915e-15	-2.0820	4.6392	6.2400	0.0057	0.0375	-2.0154e-10	

Figura 122.almacenamiento de datos en Matlab

Exploración y Análisis: Se utiliza técnicas de visualización para entender mejor los datos y explorar posibles correlaciones entre las variables. Usando técnicas de validación cruzada y métricas de evaluación para determinar el rendimiento del modelo. Entrenamiento y Ajuste: Entrenar el modelo con los datos de entrenamiento, y ajuste de hiperparámetros del modelo para mejorar su rendimiento.

Models		
Sort by	Model Number	
☆	1 Tree	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Fine Tree	9/9 features
☆	2.1 Tree	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Fine Tree	9/9 features
☆	2.2 Tree	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Medium Tree	9/9 features
☆	2.3 Tree	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Coarse Tree	9/9 features
☆	2.4 Efficient Logistic Regression	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Efficient Logistic Regression	9/9 features
☆	2.5 Efficient Linear SVM	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Efficient Linear SVM	9/9 features
★	2.6 Naive Bayes	Accuracy (Validation): 100.0%
	Last change: Gaussian Naive Bayes	9/9 features
★	2.7 Naive Bayes	Accuracy (Validation): 100.0%
	Last change: Kernel Naive Bayes	9/9 features
☆	2.8 SVM	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Linear SVM	9/9 features
☆	2.9 SVM	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Quadratic SVM	9/9 features
☆	2.10 SVM	Accuracy (Validation): 71.8%
	Last change: Cubic SVM	9/9 features
☆	2.11 SVM	Accuracy (Validation): 38.5%
	Last change: Fine Gaussian SVM	9/9 features

Figura 123. Modelos de Clasificación

El hecho de que solo 6 modelos hayan alcanzado una validación del 100%, mientras que los demás solo lograron un 71,8%, por ende, los 6 modelos están más adaptados a las variables de SolidWorks, los modelos son (GAUSSIAN NAIVE BAYES, KERNEL NAIVE BAYES, FINE KNN, BAGGED TREES, WEIGHTED KNN) estos algoritmos se definen a continuación.

Naive Bayes: es un algoritmo basado en el teorema de Bayes, que utiliza la probabilidad condicional para hacer predicciones.

Distribución Gaussiana: Gaussian Naive Bayes supone que los valores de cada característica siguen una distribución normal.

K-Nearest Neighbors es un algoritmo de aprendizaje supervisado que se utiliza tanto para problemas de clasificación como de regresión.

Models		
Sort by	Favorites	↓ ↑
★ 2.6 Naive Bayes	Accuracy (Validation): 100.0%	
Last change: Gaussian Naive Bayes		9/9 features
★ 2.7 Naive Bayes	Accuracy (Validation): 100.0%	
Last change: Kernel Naive Bayes		9/9 features
★ 2.14 KNN	Accuracy (Validation): 100.0%	
Last change: Fine KNN		9/9 features
★ 2.17 KNN	Accuracy (Validation): 100.0%	
Last change: Weighted KNN		9/9 features
★ 2.19 Ensemble	Accuracy (Validation): 100.0%	
Last change: Bagged Trees		9/9 features

Figura 124. Modelos exitosos de clasificación

Es posible que esos 6 modelos estén sobre ajustando los datos de entrenamiento, lo que significa que funcionan muy bien con esos datos específicos, pero podrían no generalizar bien a datos nuevos o no vistos.

Los modelos que solo alcanzaron el 71,8% podrían no ser lo suficientemente complejos o adecuados para capturar las características importantes en los datos.

La diferencia en los porcentajes de validación puede indicar una alta variabilidad en la calidad de los modelos probados. Los modelos con un 100% pueden haber sido optimizados de manera más efectiva, mientras que los del 71,8% podrían requerir ajustes adicionales, como optimización de hiperparámetros o cambios en la estructura del modelo.

Modelo Gaussian Naive Bayes

En la gráfica de predicción se identifican la trayectoria de cada producto en eje x, demostrando la que productos presenta cambios en la simulación, en este caso presenta actividad la caja de focos, pacas botellas.

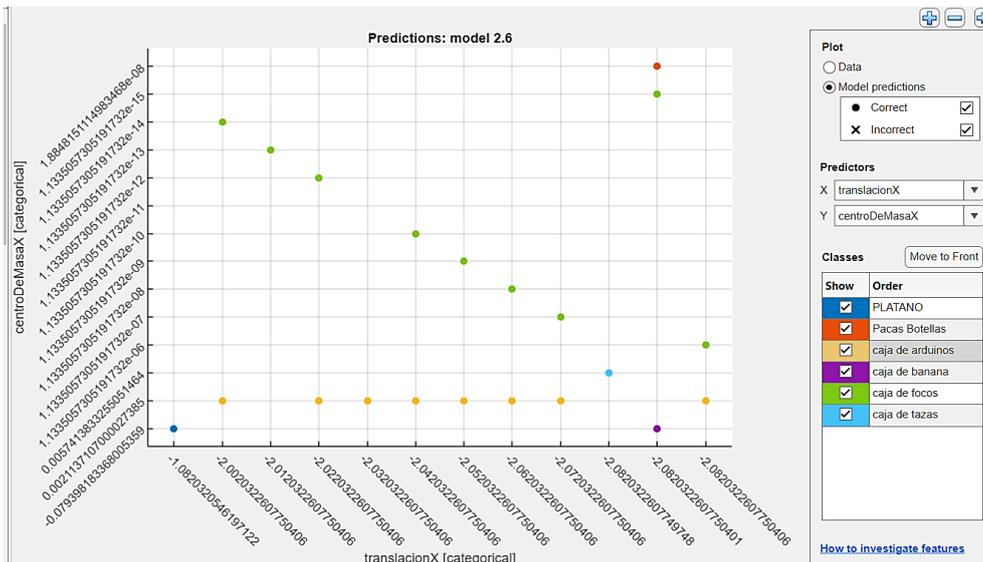


Figura 125.Modelo 2.6

La matriz de confusión permite el análisis de la calidad de un modelo de clasificación. En la figura muestra una tabla que permite evaluar el rendimiento del modelo al comparar las predicciones del modelo con los resultados oficiales.

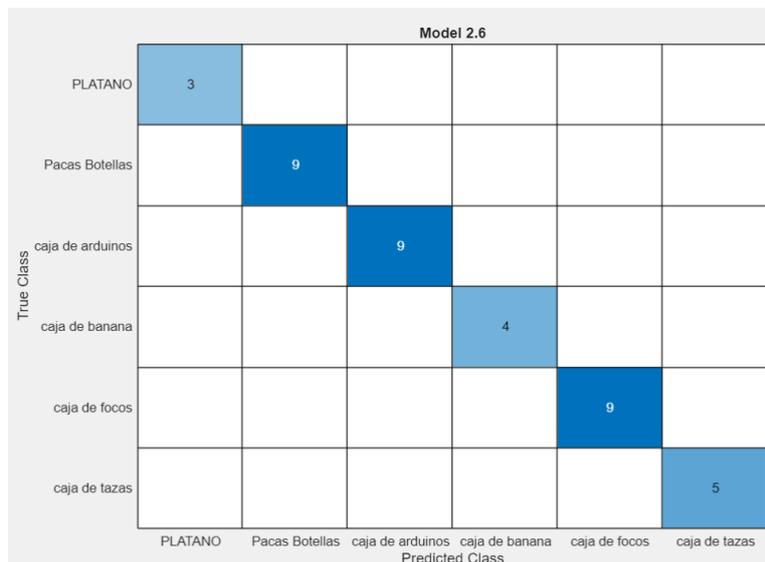


Figura 126.Número de observaciones

PLATANO: El modelo predijo correctamente 3 observaciones como PLATANO.

Pacas Botellas: El modelo clasificó correctamente 9 observaciones como Pacas Botellas.

Caja de Arduino: El modelo predijo correctamente 9 observaciones como caja de Arduino.

Caja de banana: El modelo clasificó correctamente 4 observaciones como caja de banana.

Caja de focos: El modelo clasificó correctamente 9 observaciones como caja de focos.

Caja de tazas: El modelo clasificó correctamente 5 observaciones como caja de tazas.

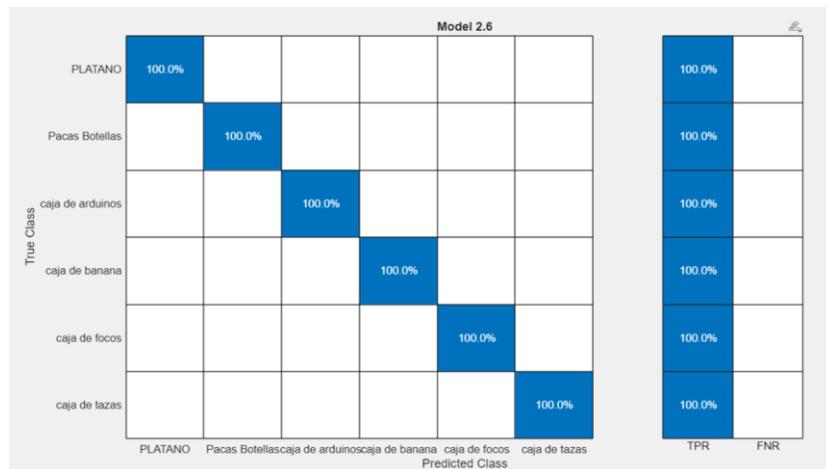


Figura 127. Clase Predicción

Clase Positiva Real TPR /FN

Diagonal Principal: Todos los valores en la diagonal principal son 100%, lo que indica que el modelo ha clasificado correctamente todas las instancias de cada clase. Esto sugiere un rendimiento perfecto en la clasificación. Cada fila representa la clase verdadera, mientras que cada columna representa la clase predicha. Por ejemplo, todas las instancias de "Pacas Botellas" fueron correctamente clasificadas como "Pacas Botellas".

TPR (True Positive Rate): También conocido como sensibilidad, es del 100% para todas las clases, lo que significa que el modelo no ha fallado en identificar ninguna instancia positiva de cada clase.

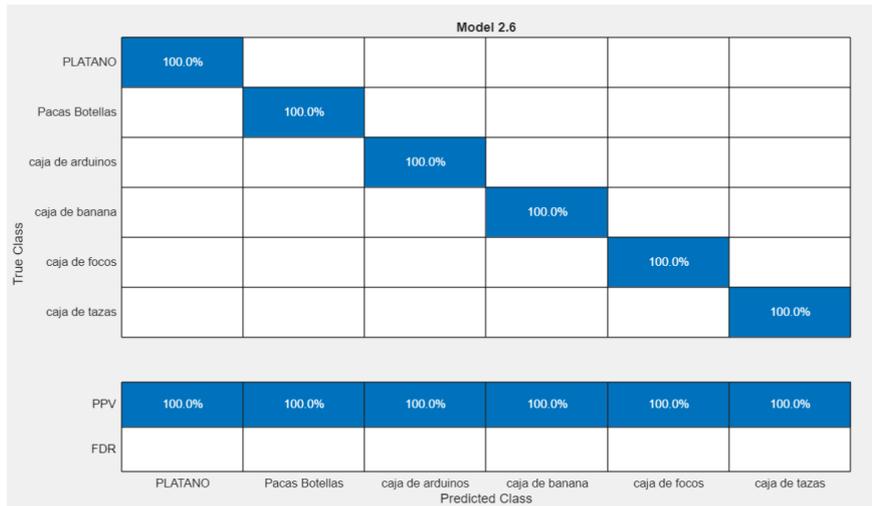


Figura 128.Clase predicción PPV

Clase Negativa Real FPR/TN

FNR (False Negative Rate): Es del 0% para todas las clases, indicando que no hay falsos negativos, es decir, el modelo no ha dejado de clasificar ninguna instancia positiva.

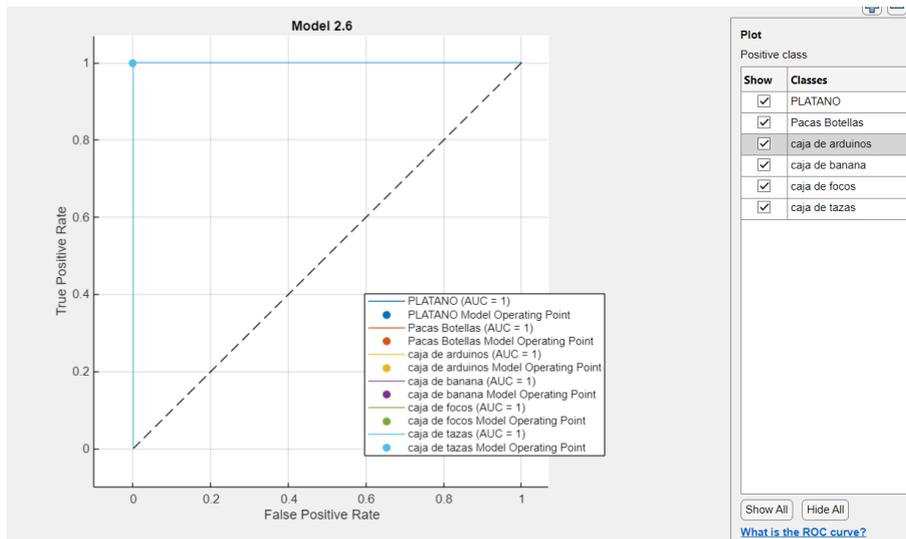


Figura 129.Parámetro AUC

El AUC (Area Under the Curve) para todas las clases indicadas (PLATANO, Pacas Botellas, caja de Arduino, caja de Banana, caja de Focos, caja de Tazas) es igual a 1.

Un AUC de 1 significa que el modelo tiene un rendimiento perfecto para estas clases. Es decir, es capaz de distinguir perfectamente entre la clase positiva y la negativa sin cometer errores.

Los puntos que ves sobre la curva ROC son los puntos operativos del modelo para cada clase específica. Dado que todos los puntos están en la esquina superior izquierda (donde $TPR = 1$ y $FPR = 0$), indica un rendimiento perfecto, sin falsos positivos ni falsos negativos para todas las clases.

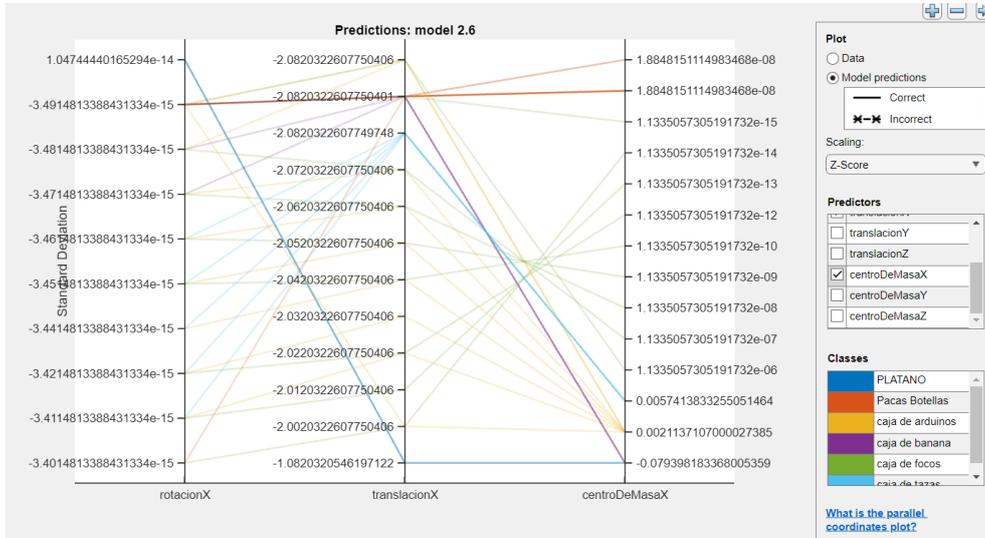


Figura 130. Predicción de las tres variables, rotación, translación y centro de masa

Este gráfico te ayuda a ver cómo las distintas variables (como la rotación y el centro de masa) contribuyen a la predicción de cada clase. También puede mostrarte si hay patrones claros o correlaciones entre estas variables que el modelo está usando para clasificar correctamente las observaciones.

Dado que todas las predicciones son correctas, el gráfico refuerza la idea de que el modelo tiene un buen rendimiento. Es posible que existan correlaciones claras y bien definidas entre las variables predictoras y las clases, lo que facilita la clasificación precisa.

Modelo Kernel Naive Bayes

Es una variación que utiliza una función de kernel para manejar la no linealidad y las interacciones entre características, proporcionando una forma más flexible de modelar la distribución de datos.

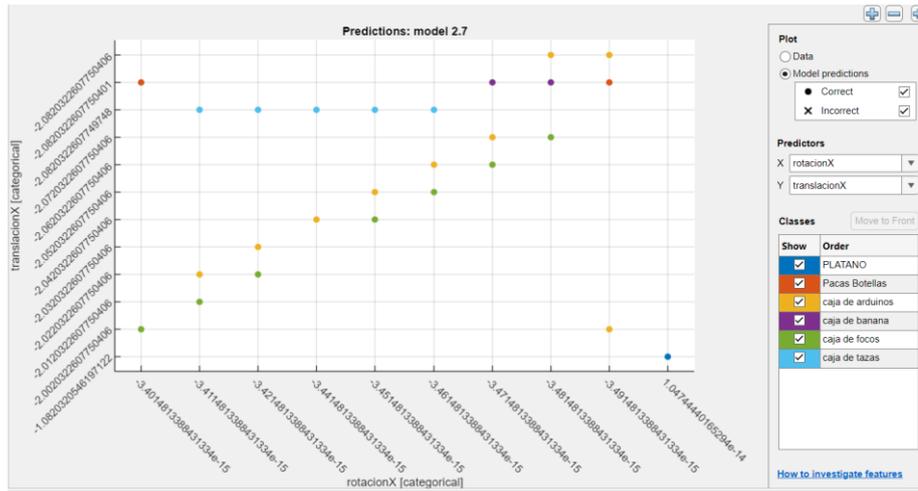


Figura 131.Modelo 2.7

Cada punto en el gráfico representa una predicción del modelo para una clase específica.

Los puntos están codificados por colores, cada uno correspondiente a una clase:

- PLATANO: Representado por un punto azul.
- Pacas Botellas: Representado por un punto naranja.
- caja de arduino: Representado por un punto verde.
- caja de banana: Representado por un punto amarillo.
- caja de focos: Representado por un punto negro.
- caja de tazas: Representado por un punto morado.

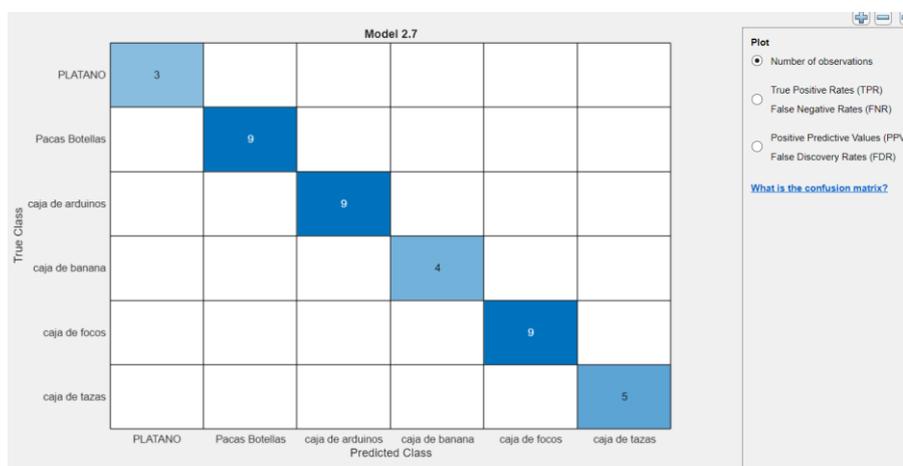


Figura 132.predicción clase

Filas (True Class): Representan las clases verdaderas (reales).

Columnas (Predicted Class): Representan las clases predichas por el modelo.

Diagonal Principal:

- "PLATANO": 3
- "Pacas Botellas": 9
- "caja de arduino": 9
- "caja de banana": 4
- "caja de focos": 9
- "caja de tazas": 5

Estos valores indican el número de instancias correctamente clasificadas para cada clase.

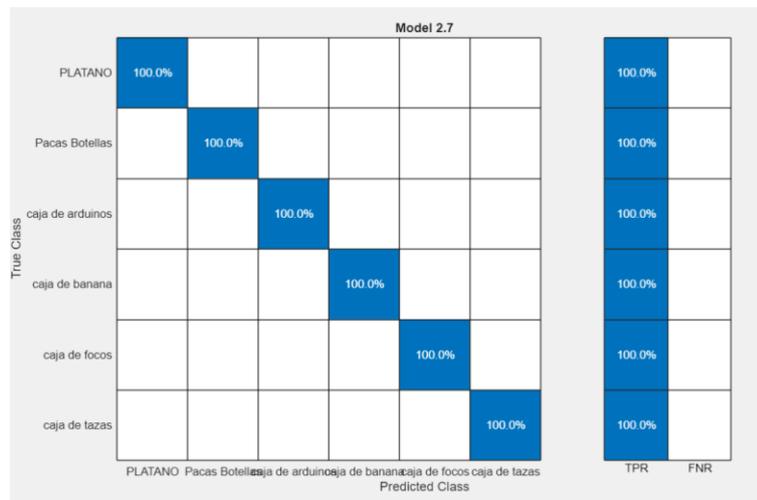


Figura 133.Resultados TPR

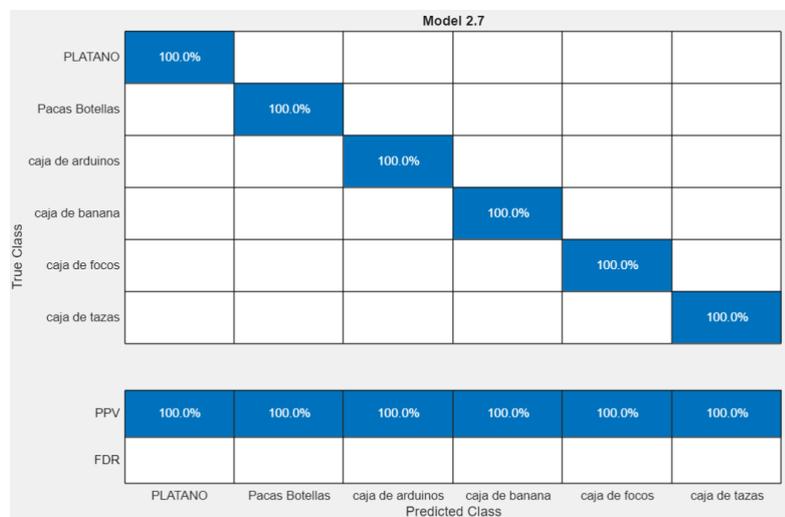


Figura 134.Resultado PPV

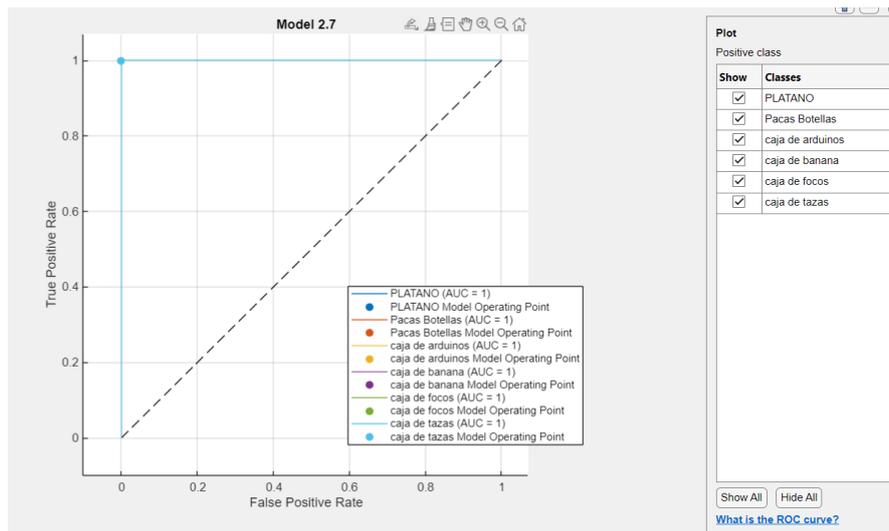


Figura 135.Parámetro AUC del modelo 2.7

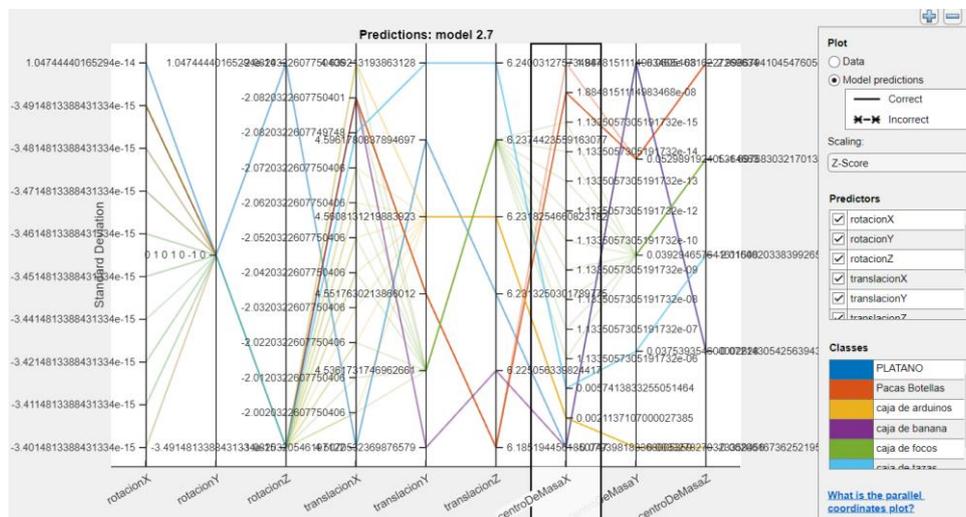


Figura 136.predicción de todas las variables

Colores de las Líneas: Cada línea representa una instancia de predicción y está codificada por colores según la clase:

- PLATANO: Azul
- Pacas Botellas: Naranja
- caja de Arduino: Verde
- caja de banana: Amarillo
- caja de focos: Negro

- caja de tazas: Morado

A la derecha, hay opciones para seleccionar entre visualizar los datos originales o las predicciones del modelo, así como para distinguir entre predicciones correctas e incorrectas.

También se puede ajustar la escala a "Z-Score" para normalizar los datos.

Modelo Fine KNN

Es una técnica de aprendizaje automático utilizada para clasificación.

Clasificación: Para clasificar una nueva instancia, el modelo encuentra los k vecinos más cercanos en el conjunto de datos de entrenamiento y asigna la clase más frecuente entre esos vecinos.

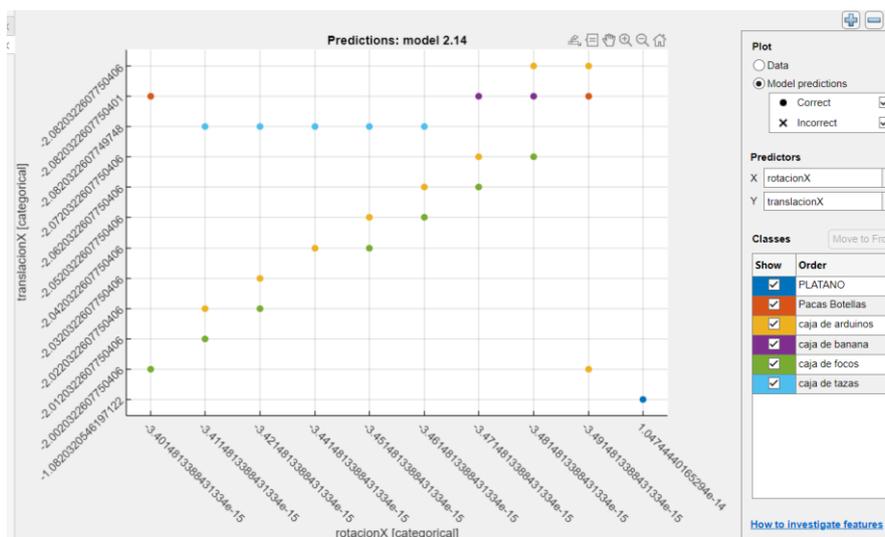


Figura 137. Modelo 2.14

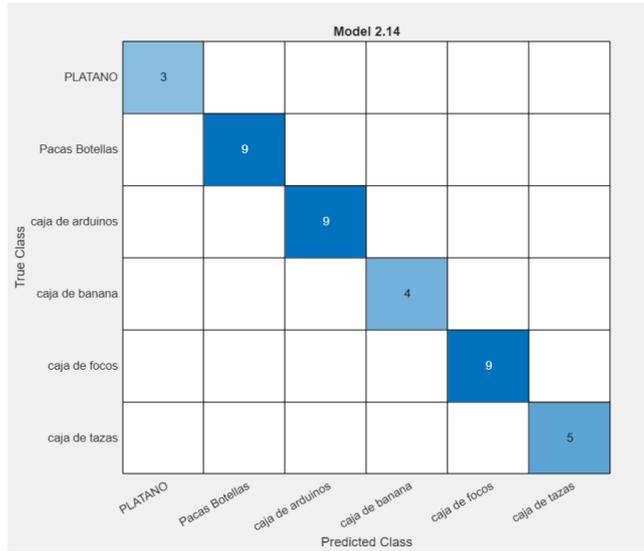


Figura 137.predicción de observaciones

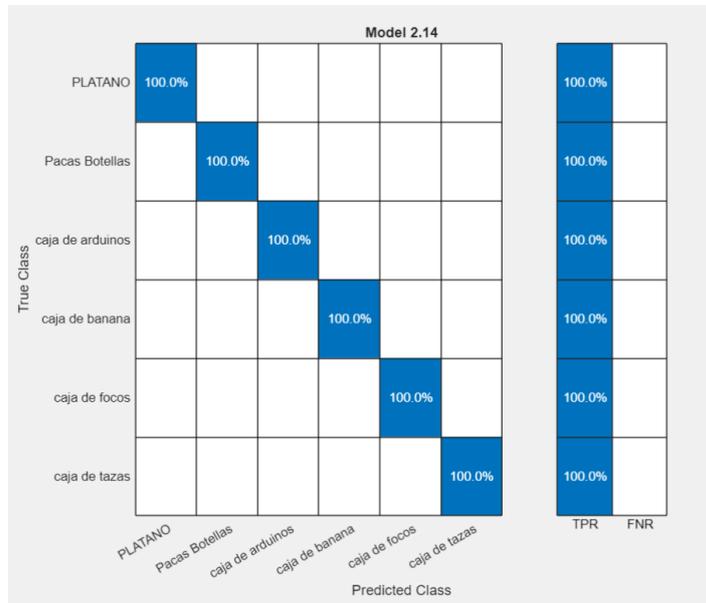


Figura 138.predicción clase TPR

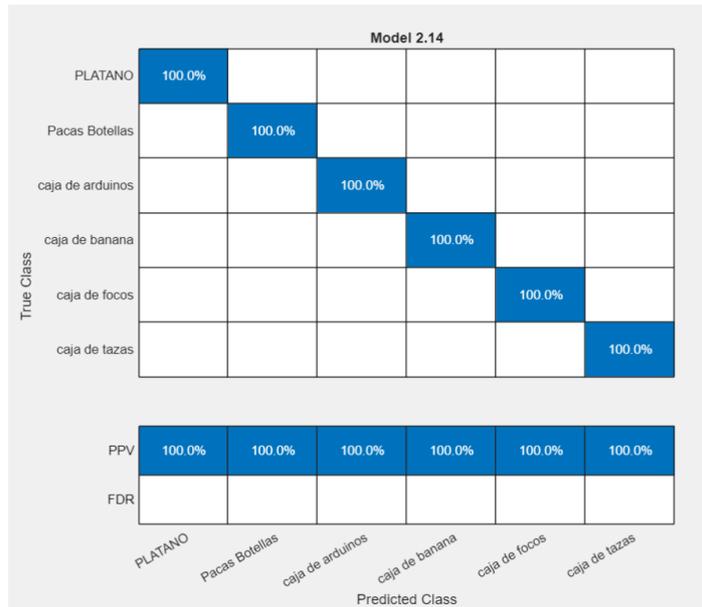


Figura 139. Predicción clase PPV

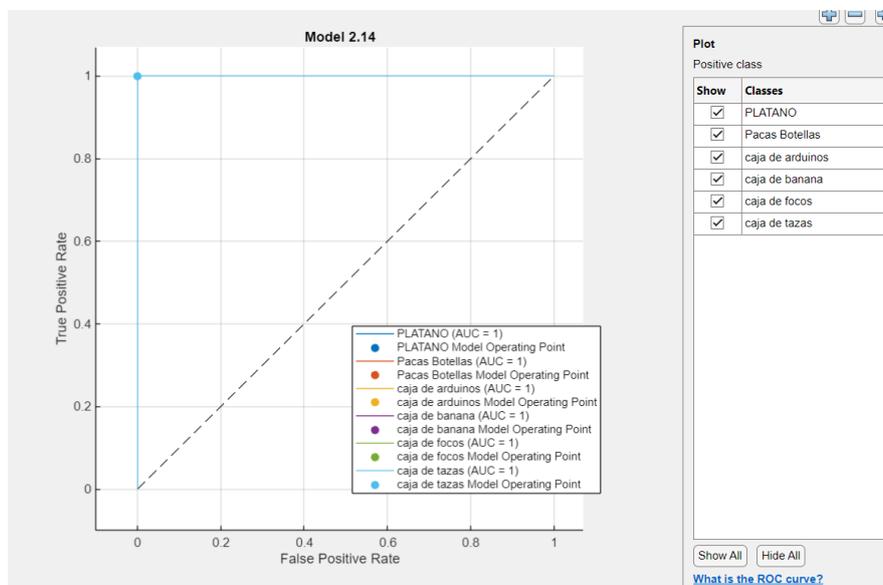


Figura 140. Parámetros AUC modelo2.14

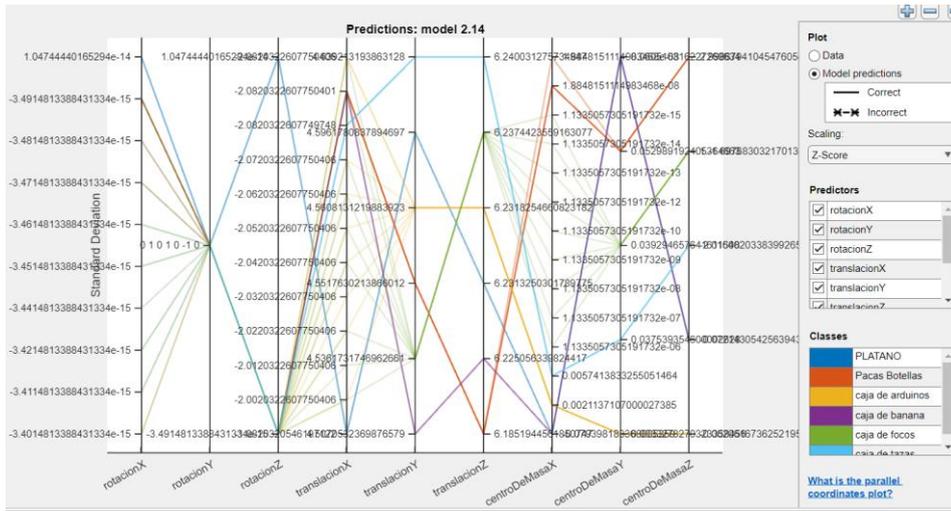


Figura 141. Predicción de todas las variables

Modelo Weighted KNN

es una variante del algoritmo KNN que mejora la precisión al asignar pesos a los vecinos según su distancia. En lugar de simplemente contar los votos de los vecinos más cercanos (en el caso de la clasificación) o promediar sus valores (en el caso de la regresión), Weighted KNN ajusta la influencia de cada vecino basado en la distancia a la instancia que se está clasificando o prediciendo.

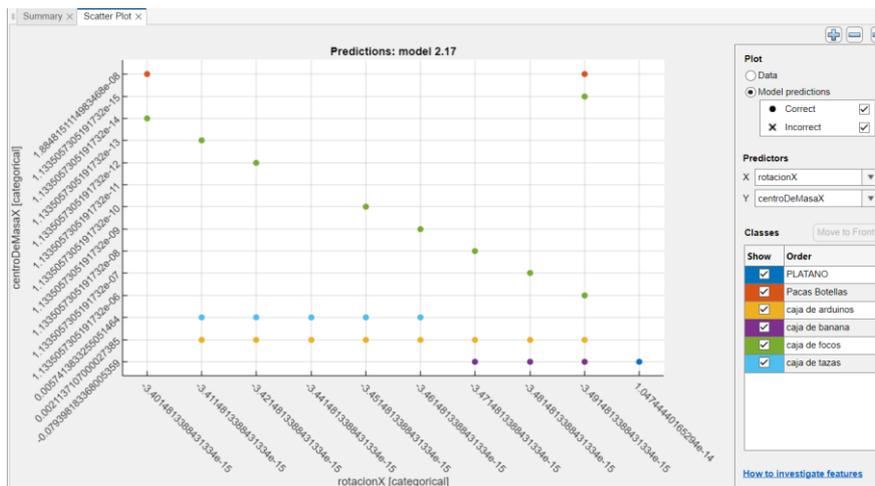


Figura 142. Modelo 2.17

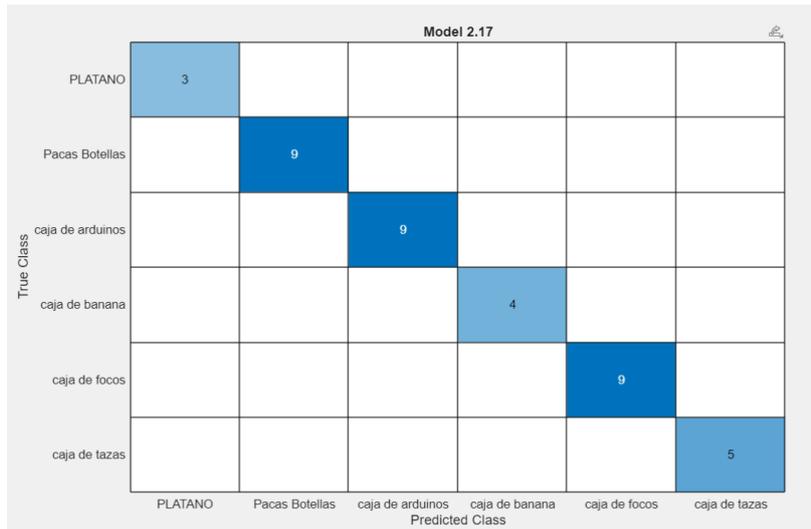


Figura 143.número de observaciones

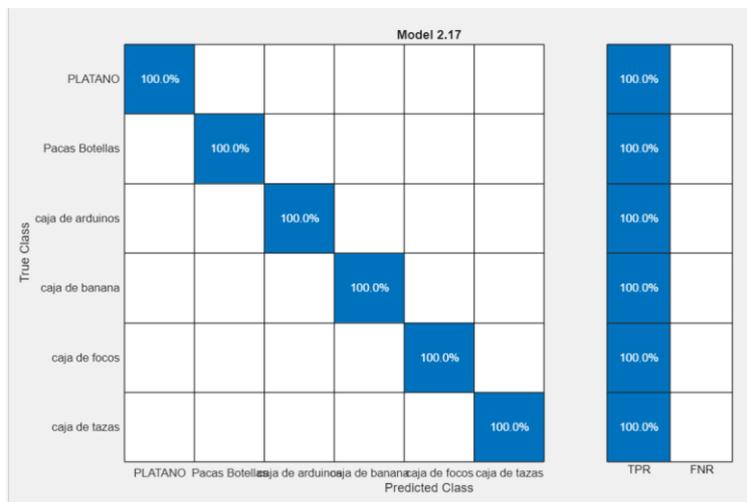


Figura 144.Predicción clase TPR

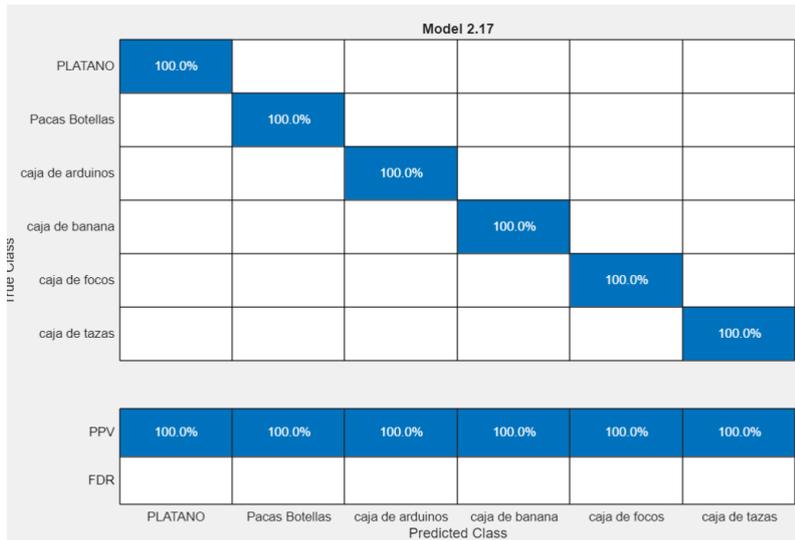


Figura 145. Predicción clase PPV

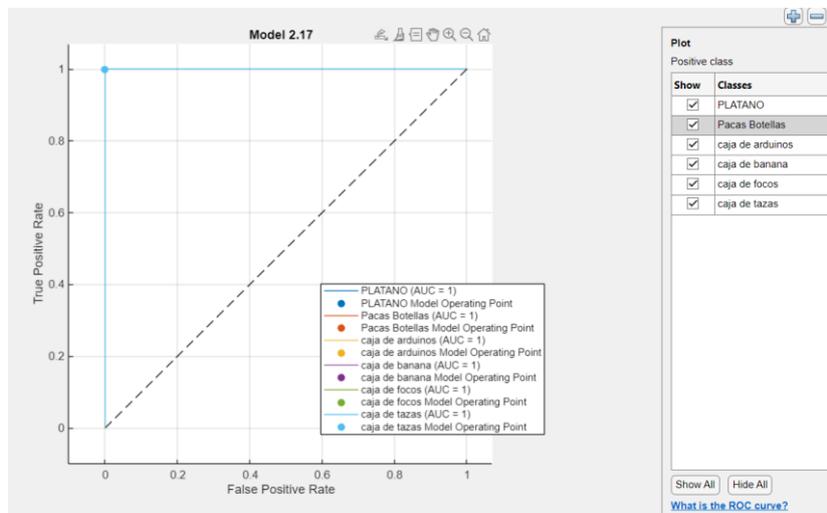


Figura 146. Parámetro AUC

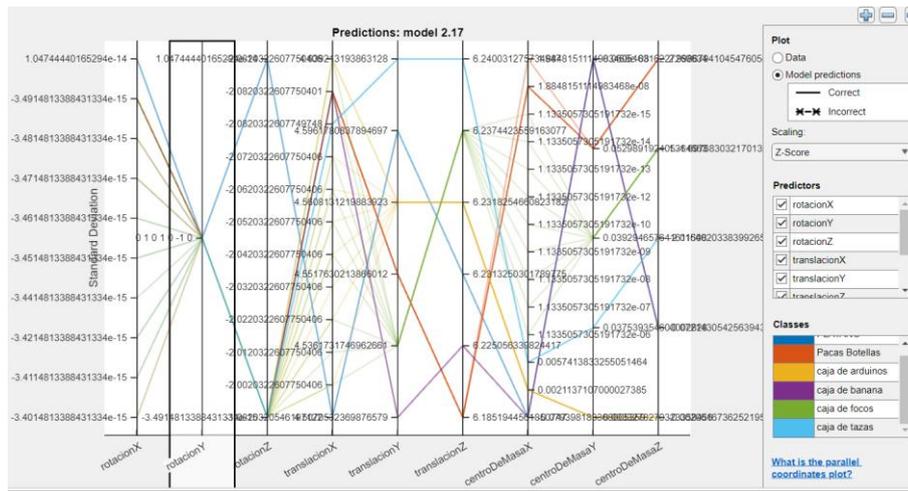


Figura 147. todas las predicciones de las variables

Modelo Bagged Trees

Es una técnica de ensamble que combina múltiples árboles de decisión para mejorar la precisión y reducir el sobreajuste. Bagging (Bootstrap Aggregating) utiliza un enfoque de muestreo con reemplazo para entrenar varios modelos y luego promedia o vota sus predicciones para obtener un resultado final más robusto.

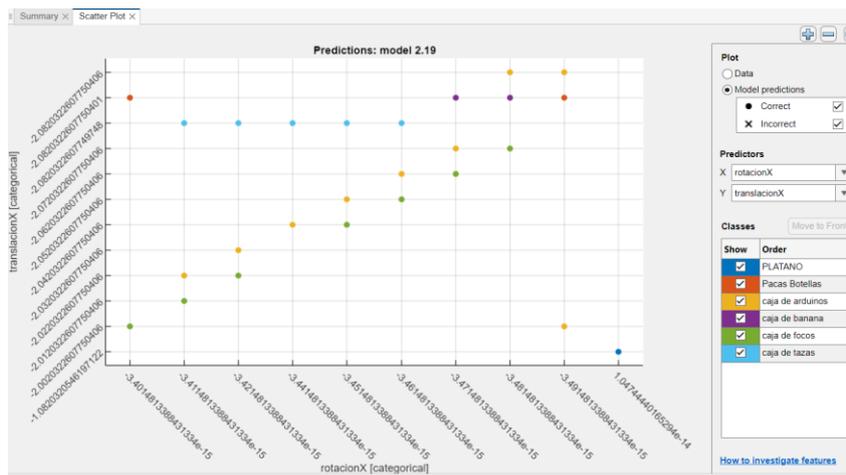


Figura 148. modelo 2.19

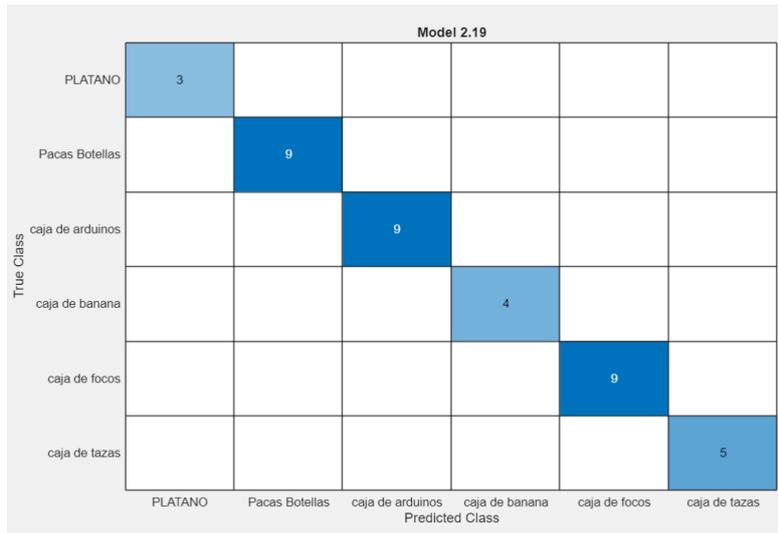


Figura 149. Número de observaciones

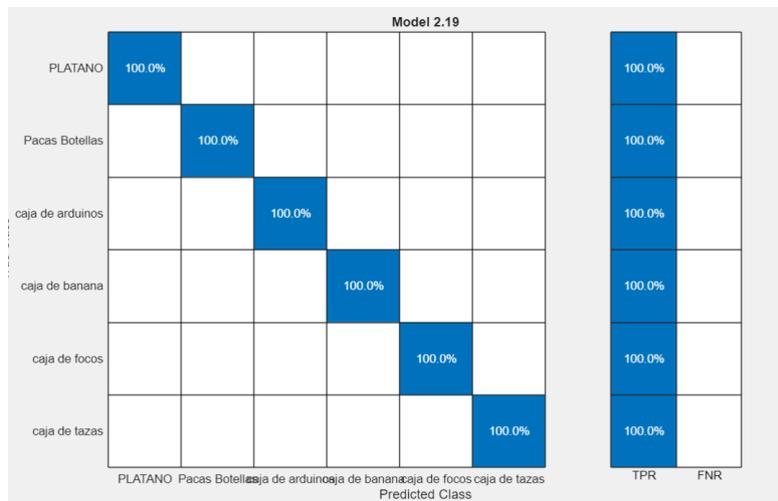


Figura 150. predicción clase TPR

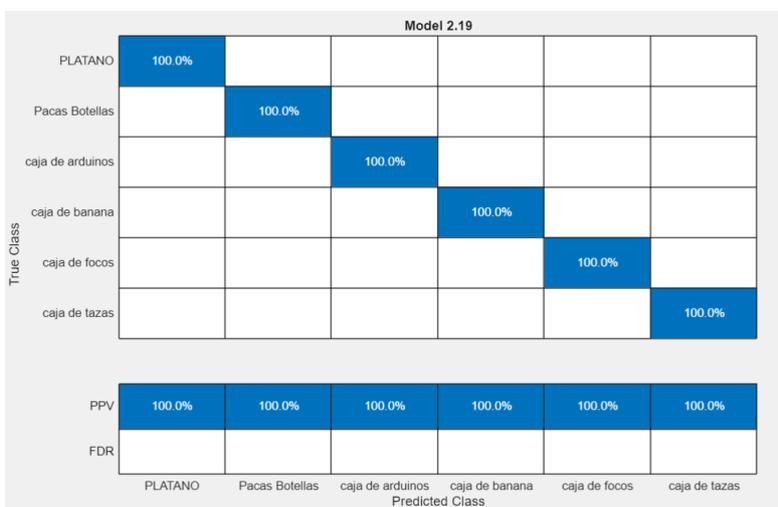


Figura 151. Predicción clase PPV

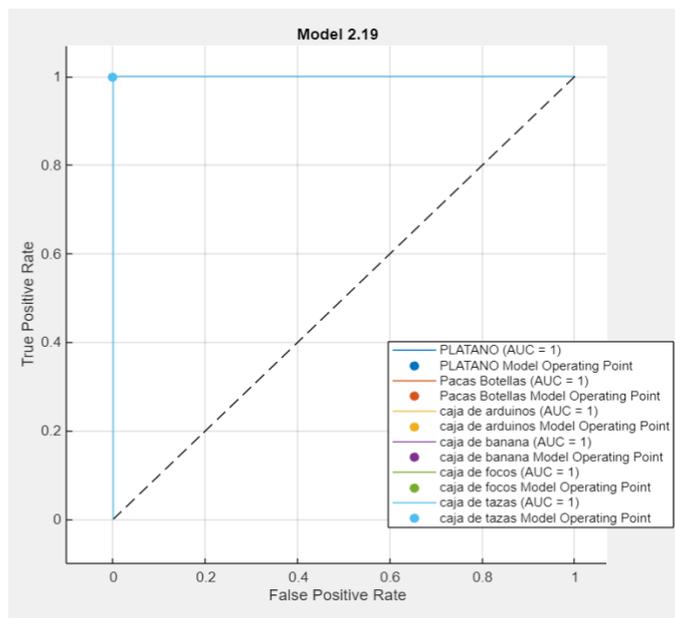


Figura 152. parámetro AUC

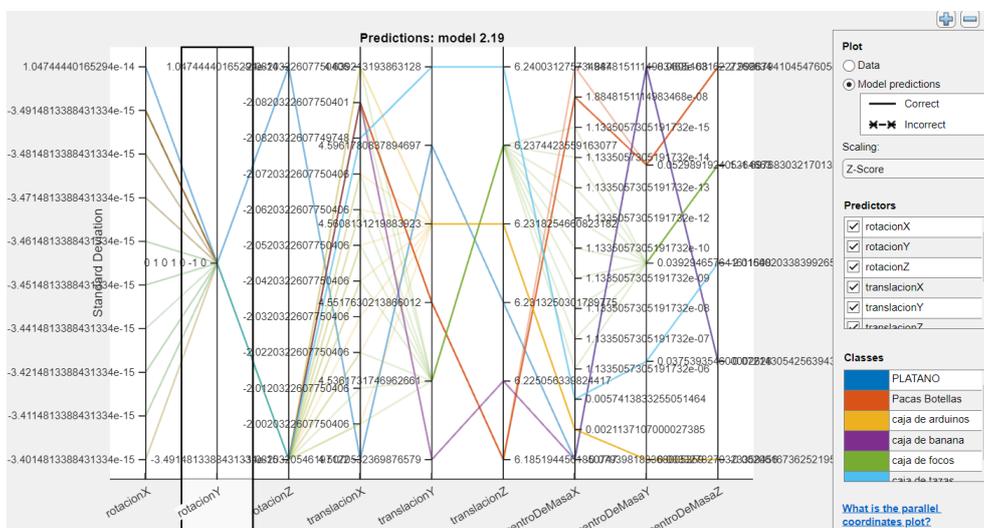


Figura 153. predicción de todas las variables

Modelo Subspace KNN

Es una variante del algoritmo KNN que se utiliza para manejar datos de alta dimensión y mejorar la precisión del modelo al reducir la influencia de características irrelevantes o ruidosas. A diferencia del KNN estándar, que utiliza todas las características para calcular las distancias, el Subspace KNN selecciona un subconjunto de características (subespacio) para cada consulta, lo que puede ayudar a mejorar el rendimiento en problemas de alta dimensión.

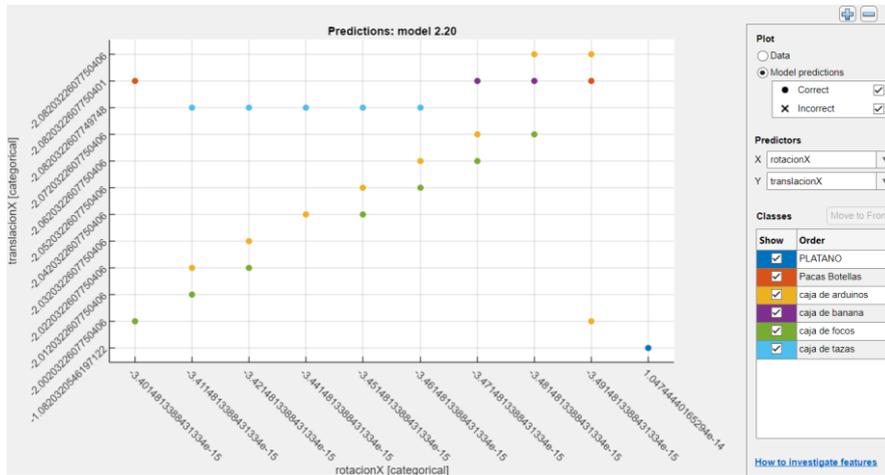


Figura 154.Modelo 2.20

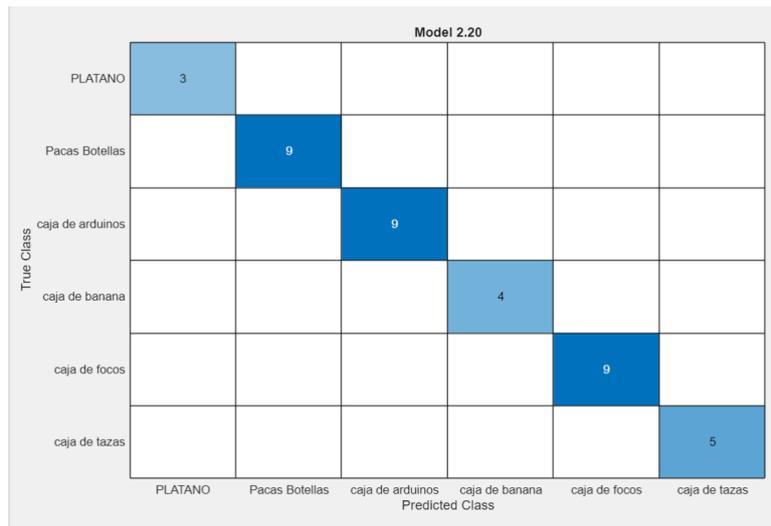


Figura 155.Numero de Observaciones

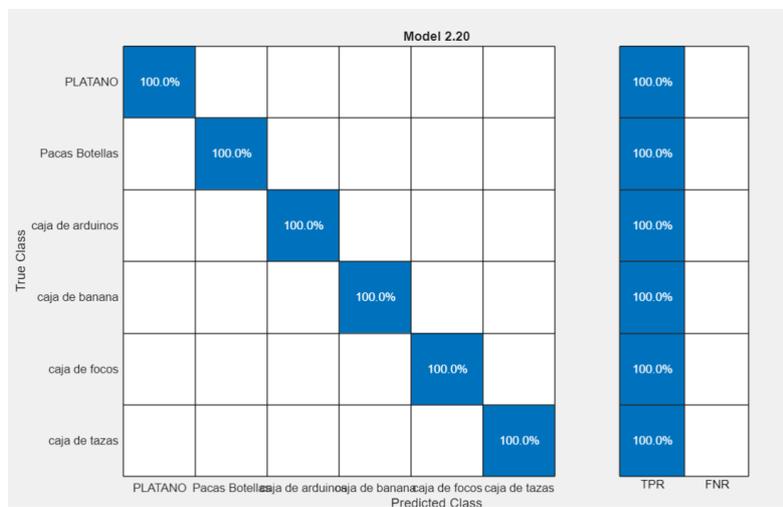


Figura 156.predicción clase TPR

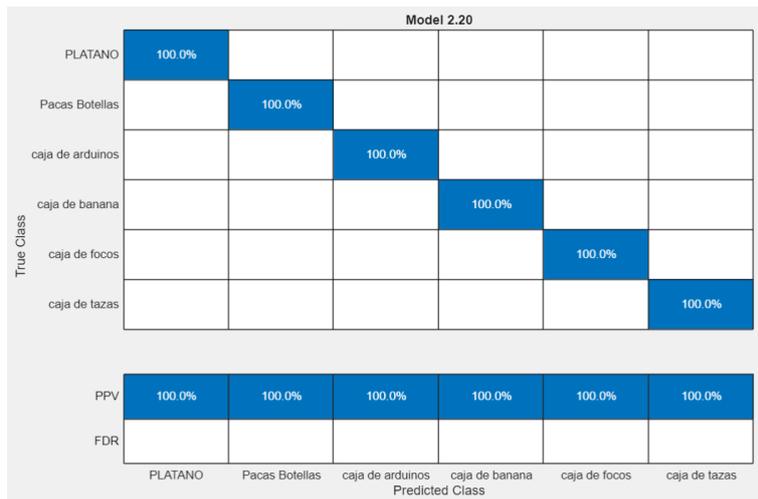


Figura 157.predicción clase PPV

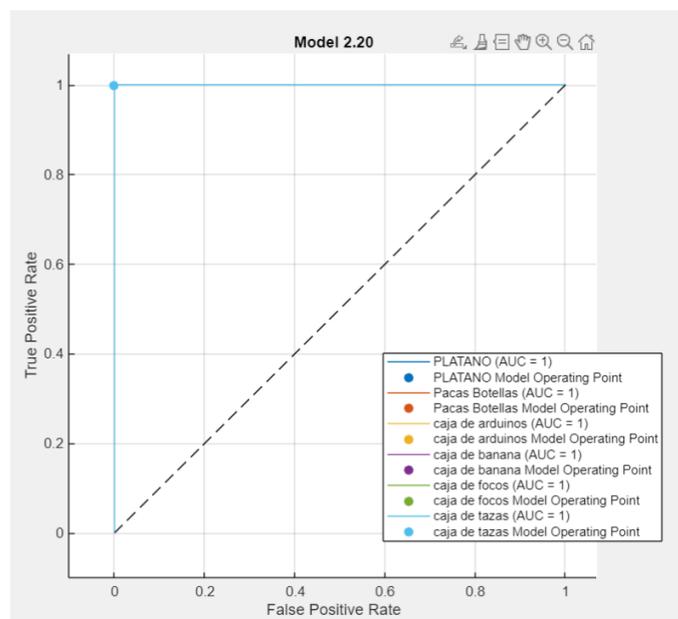


Figura 158.Parámetro AUC

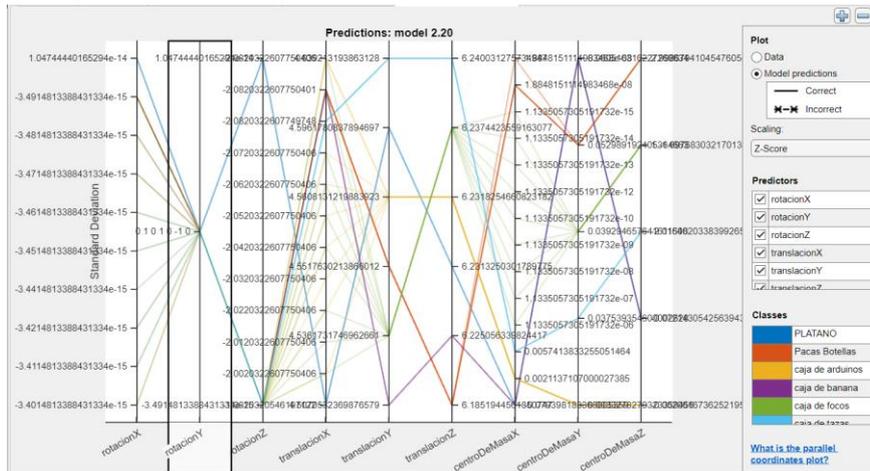


Figura 159.predicción de todas las variables

4.1.6 HERRAMIENTA DE MATLAB DE VISIÓN COMPUTACIONAL CON ALGORITMO YOLOV4

En MATLAB, la Computer Vision Toolbox junto con la Deep Learning Toolbox permite trabajar con el algoritmo YOLOv4 para la detección de objetos. Computer Vision Toolbox Deep Learning Toolbox Model for YOLOv4 Object Detection. Para carga un modelo YOLOv4 preentrenado utilizando el comando en consola `detector = yolov4ObjectDetector('csp-darknet53-coco');` basado en la arquitectura CSPDarknet53 y entrenado en el conjunto de datos COCO. Para realizar las primeras pruebas con el comando `model = yolov4ObjectDetector('csp-darknet53-coco');` se carga el modelo Yolov4, para realizar lectura de imagen o video la línea de código es `img = imread('imagen.jpg');` / `video = VideoReader('video.mp4');` para definir los bordes de los objetos a identificar se utiliza `[boxes, scores, labels] = detect(model, img);` `annotatedImage = insertObjectAnnotation(img, 'rectangle', boxes, labels);` y para presentar el resultado es `imshow(annotatedImage);` a continuación en la siguiente figura, se observa el preentrenamiento.



Figura 160.Preentrenamiento de Productos (Banana)

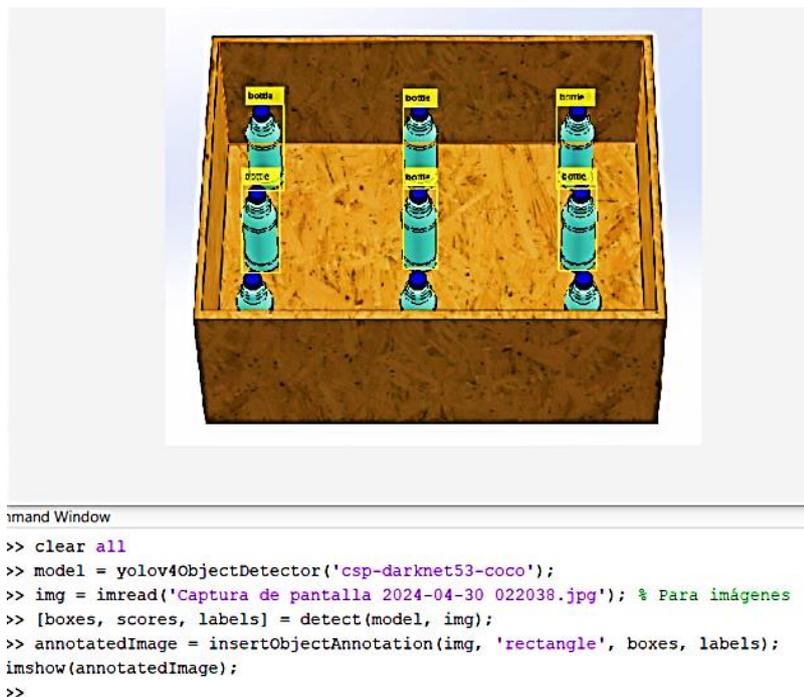


Figura 161.Preentrenamiento de productos (botellas)

En cambio, para el análisis de video se ejecuta la siguiente instrucción que se encuentra en la figura:

```

% Crear un objeto VideoWriter para guardar el video con anotaciones (opcional)
outputVideo = VideoWriter('output_industria.mp4', 'MPEG-4');
open(outputVideo);

% Procesar cada fotograma del video
while hasFrame(video)
    % Leer un fotograma
    frame = readFrame(video);

    % Detección de objetos usando YOLOv4
    [bboxes, scores, labels] = detect(detector, frame);

    % Anotar los objetos detectados en el fotograma
    annotatedFrame = insertObjectAnnotation(frame, 'rectangle', bboxes, labels);

    % Mostrar el fotograma anotado
    imshow(annotatedFrame);
    drawnow;

    % Escribir el fotograma anotado en el video de salida
    writeVideo(outputVideo, annotatedFrame);
end

% Cerrar el archivo de video de salida
close(outputVideo);

```

Figura 162.Comando Para análisis de Video de la simulación de SolidWorks

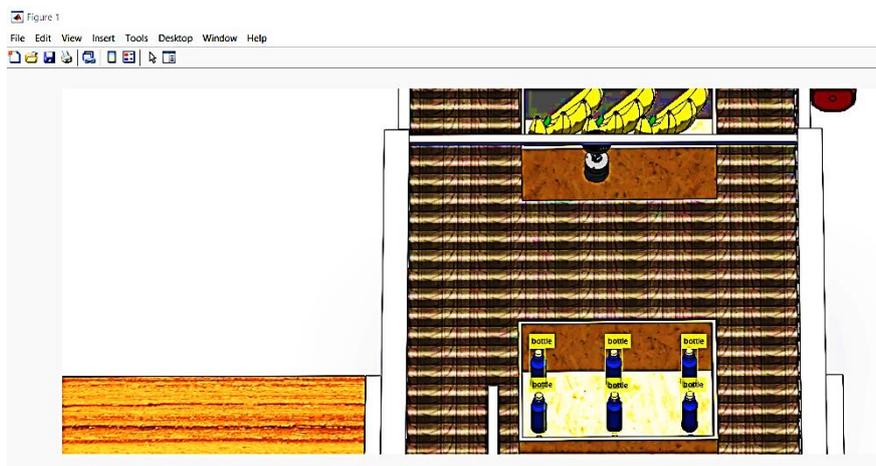


Figura 163.Detección de Botella

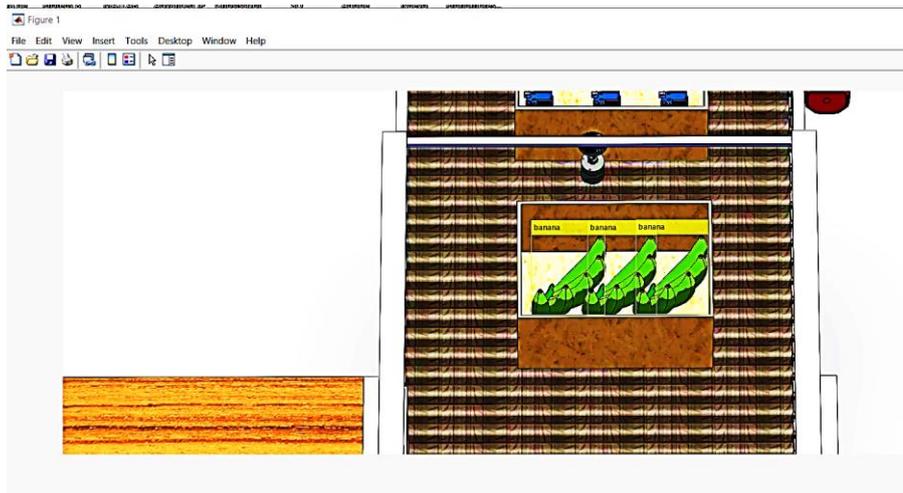


Figura 164. Detención de Plátano

Workspace	
Name ▲	Value
annotatedFra...	590x1636x3 uint8
bboxes	[]
detector	1x1 yolov4Object...
frame	590x1636x3 uint8
labels	0x1 categorical
model	1x1 yolov4Object...
outputVideo	1x1 VideoWriter
scores	[]
video	1x1 VideoReader

Figura 165. Mapeo y etiquetas

	1	2	3
	Layer	Parameter	Value
1	"conv_2"	"Weights"	4-D darray
2	"conv_2"	"Bias"	1x1x32 dlar...
3	"bn_2"	"Offset"	1x1x32 dlar...
4	"bn_2"	"Scale"	1x1x32 dlar...
5	"conv_3"	"Weights"	4-D darray
6	"conv_3"	"Bias"	1x1x64 dlar...
7	"bn_3"	"Offset"	1x1x64 dlar...
8	"bn_3"	"Scale"	1x1x64 dlar...
9	"conv_4"	"Weights"	4-D darray
10	"conv_4"	"Bias"	1x1x64 dlar...
11	"bn_4"	"Offset"	1x1x64 dlar...
12	"bn_4"	"Scale"	1x1x64 dlar...
13	"conv_6"	"Weights"	4-D darray
14	"conv_6"	"Bias"	1x1x64 dlar...
15	"bn_6"	"Offset"	1x1x64 dlar...
16	"bn_6"	"Scale"	1x1x64 dlar...
17	"conv_7"	"Weights"	4-D darray
18	"conv_7"	"Bias"	1x1x32 dlar...
19	"bn_7"	"Offset"	1x1x32 dlar...
20	"bn_7"	"Scale"	1x1x32 dlar...
21	"conv_8"	"Weights"	4-D darray
22	"conv_8"	"Bias"	1x1x64 dlar...
23	"bn_8"	"Offset"	1x1x64 dlar...
24	"bn_8"	"Scale"	1x1x64 dlar...
25	"conv_10"	"Weights"	4-D darray
26	"conv_10"	"Bias"	1x1x64 dlar...

Figura 166.Mapeo PANet en la red Neuronal

Este código permitirá aplicar YOLOv4 para la detección de objetos en videos, mostrando los resultados en pantalla o guardando un nuevo video con anotaciones. Si estás procesando videos largos o en tiempo real, la optimización y la configuración adecuada del entorno de ejecución (como GPU) pueden ser importantes para mantener un rendimiento adecuado.

Las herramientas de visión computacional incluyen una Apps llamada “video labeler” que permite etiquetar los objeto y agregar algoritmos para realizar

etiquetado. Se importo el video industria.mp4 del diseño realizado en SolidWorks, en esta herramienta, para implementar el algoritmo automatizado de Yolov4.

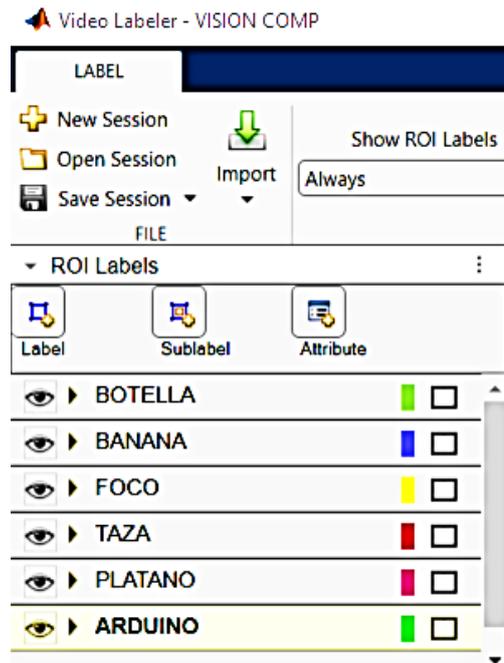


Figura 167.ventana de Video Labeler en Matlab

Panel de Etiquetas (ROI Labels): A la izquierda, hay una lista de etiquetas que incluyen "BOTELLA", "BANANA", "FOCO", "TAZA", "PLATANO" y "ARDUINO". Cada etiqueta tiene un color asociado, lo que sugiere que se pueden usar para identificar diferentes objetos en el video.

Opciones de Etiquetado: En la parte superior, hay opciones para crear nuevas sesiones, importar datos y automatizar el etiquetado, lo que sugiere que el software tiene capacidades avanzadas para facilitar el proceso de etiquetado.

Configuración de Algoritmos: También se observa una sección para configurar algoritmos de automatización, lo que indica que el software puede utilizar funciones personalizadas para ayudar en el etiquetado.

```

Editor - C:\Program Files\MATLAB\R2024a\toolbox\vision\vision\+vision\+labeler\YOLOv4AutomationAlgorithm.m
comandos.m x YOLOv4AutomationAlgorithm.m x +
3
'4 -----
'5 % Place your code here
'6 -----
'7 %
'8 Model
'9 Threshold = 0.3
'10 Labels = {'BOTELLA', 'BANANA', 'FOCO', 'TAZA', 'PLATANO', 'ARDUINO'};
'11 LabelIDs = {1, 2:9, 10:14, 15:24, 25:29, 30:39};
'12 Map
'13
'14 end
'15
'16 -----
'17 % Step 3: Define methods used for setting up the algorithm.
'18 methods
'19 % a) Use the checkLabelDefinition method to specify whether a label
'20 % definition is valid for the algorithm. This method is invoked
'21 % on each ROI and Scene label definition to determine whether it
'22 % is valid for the specified algorithm.
'23 %
'24 % For more help,
'25 % >> doc vision.Labeler.AutomationAlgorithm.checkLabelDefinition
'26 %
'27 function isValid = checkLabelDefinition(algObj, labelDef)
'28
'29     disp(['Executing checkLabelDefinition on label definition "' labelDef.Name "''])
'30

```

Figura 168. designación de etiquetas en algoritmo Yolov4

El código incluye comentarios que explican su propósito. Por ejemplo, se menciona que el modelo tiene un umbral (Threshold) de 0.3 y se definen las etiquetas (Labels) que incluyen "BOTELLA", "BANANA", "FOCO", "TAZA", "PLATANO" y "ARDUINO".

Se indica que en la sección de métodos (methods), se debe definir cómo se configurará el algoritmo. Se menciona el uso de un método llamado checkLabelDefinition, que verifica si una definición de etiqueta es válida para el algoritmo.

Función checkLabelDefinition: Se define una función llamada isValid, que utiliza el método checkLabelDefinition para comprobar la validez de una definición de etiqueta (labelDef) en relación con un objeto de algoritmo (algObj). Esto sugiere que el código está diseñado para trabajar con un algoritmo de detección de objetos, probablemente utilizando el modelo YOLO (You Only Look Once).

```

comandos.m x YOLOv4AutomationAlgorithm.m x +
i1 % >> doc vision.labeler.AutomationAlgorithm.initialize
i2 %
i3 function initialize(algObj, I, labelsToAutomate)
i4
i5     disp('Executing initialize')
i6     algObj.Model = yolov4ObjectDetector('csp-darknet53-coco');
i7     algObj.Map = containers.Map('KeyType', 'double', 'ValueType', 'char');
i8     for i = 1:length(algObj.LabelIDs)
i9         idx = algObj.LabelIDs{i};
i10        if ~isempty(idx)
i11            for j = 1:length(idx)
i12                algObj.Map(idx(j)) = algObj.Labels{i};
i13            end
i14        end
i15    end
i16 end
i17 % b) Specify the run method to process an image frame and execute
i18 % the algorithm. Algorithm execution begins at the first image
i19 % frame in the interval and is sequentially invoked till the
i20 % last image frame in the interval. Algorithm execution can
i21 % produce a set of labels which are to be returned in
i22 % autoLabels.
i23 %
i24 % For more help,
i25 % >> doc vision.labeler.AutomationAlgorithm.run
i26 %
i27 function autoLabels = run(algObj, I)

```

Figura 169.complemento Daknet53-coco y Mapeo

Se define una función llamada inicialice, que toma como parámetros algObj, I y labelsToAutomate. Esta función parece ser parte de un algoritmo de automatización para la detección de objetos.

Inicializa un objeto de detección de objetos (yolov4ObjectDetector) con un modelo específico (csp-darknet53-coco). Esto sugiere que el código está configurando un detector basado en el modelo YOLOv4.

Mapeo de Etiquetas: Se crea un mapa (containers.Map) que asocia tipos de datos a valores, lo que permite almacenar y acceder a las etiquetas de manera estructurada.

Bucle de Etiquetas: Hay un bucle que itera sobre los identificadores de etiquetas (LabelIDs). Si se encuentra un índice (idx) que no está vacío, se asignan las etiquetas correspondientes a un mapa.

Este fragmento es parte de un sistema de automatización para la detección de objetos, utilizando el modelo YOLOv4 para identificar y etiquetar objetos en imágenes.

```

%
function autoLabels = run(algObj, I)

disp(['Executing run on image frame at ' char(seconds(algObj.CurrentTime))])
[bboxes, scores, labels] = detect(algObj.Model, I);
validIdx = scores > algObj.Threshold;
bboxes = bboxes(validIdx, :);
labels = labels(validIdx);
autoLabels = struct('Name', cell(1, size(bboxes, 1)), ...
                  'Type', cell(1, size(bboxes, 1)), ...
                  'Position', zeros(size(bboxes)));
for i = 1:size(bboxes, 1)
    autoLabels(i).Name = algObj.Map(double(labels(i)));
    autoLabels(i).Type = labelType.Rectangle;
    autoLabels(i).Position = bboxes(i, :);
end
end

function terminate(algObj)

disp('Executing terminate')

```

Figura 170. identificación de la imagen y recuadros

Detección de Objetos: Llama a la función `detect` para obtener `boxes`, `scores` y `labels` de los objetos detectados en la imagen `I`. Se filtran los resultados para obtener solo aquellos que superan un umbral definido en `algObj.Threshold`.

Estructura de Etiquetas: Se crea una estructura llamada `autoLabels` que almacena información sobre los objetos detectados, incluyendo:

`Name`: Nombre de la etiqueta.

`Type`: Tipo de objeto (en este caso, se establece como `labelType.Rectangle`).

`Position`: Coordenadas de la caja delimitadora. Bucle de Asignación: Un bucle `for` itera sobre las cajas detectadas, asignando el nombre y la posición de cada objeto a la estructura `autoLabels`.

Este fragmento de código es parte de un sistema de detección de objetos que utiliza un modelo de aprendizaje automático. La función `run` se encarga de procesar una imagen y detectar objetos, mientras que la función `terminate` se utiliza para finalizar el proceso de detección. La estructura `autoLabels` se utiliza para almacenar y organizar la información sobre los objetos detectados.

4.1.5 CONFIGURACIÓN DE CONTROL REMOTO ANYVIZ Y CODESYS 3.5

V

Se activa el Gateway para activar el PLC virtual, para generar nuevas ID, como se observa en la figura solo utiliza la librería CmpOCP-UA y los complementos.

```
Info=0, pszInfo= OPC UA Server Started:
Info=0, pszInfo= Hostname: DESKTOP-IENPOOA, Port: 4840
Info=0, pszInfo= URL: opc.tcp://DESKTOP-IENPOOA:4840
Info=0, pszInfo= Loopbackadapter activated.
Info=0, pszInfo= All available networkadapters are used.
Info=0, pszInfo= Multithreading activated. 7 workers used.
Info=0, pszInfo= *****
pszInfo= Application [<app>Application</app>] started
Info= CODESYS Control ready
=0, pszInfo= Create asymmetric key in progress...
nfo= no runtime license - running in demo mode(~2 hours)
, Info=0, pszInfo= Visuinitialization starting.
, Info=0, pszInfo= Visuinitialization done.
fo=0, pszInfo= Initializing HTTPS with available certificates failed. Check the s
fo=0, pszInfo= HTTPS is not working with your configuration. See previous log ent
fo=0, pszInfo= *****
fo=0, pszInfo= Web Server
fo=0, pszInfo= Root directory : $PlcLogic$/$visu$
fo=0, pszInfo= Host : DESKTOP-IENPOOA
fo=0, pszInfo= HTTP port : 8080
fo=0, pszInfo= HTTPS port : 443
fo=0, pszInfo= Connection type : HTTP, HTTPS
fo=0, pszInfo= *****
fo=0, pszInfo= Create asymmetric key done!
```

Figura 171.Consola Gateway CODESYS

Se indica que el servidor ha comenzado a ejecutarse, mostrando un mensaje que menciona "OK, UK Server Started" y el puerto en el que está escuchando (puerto 8080).

Reconocimiento del dispositivo Raspberry pi 4 y laptop con puerto 1217, en la figura 88 aparecen también los PLC virtuales y el dispositivo IoT.

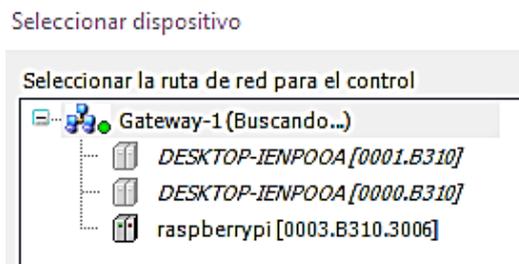


Figura 172.Dispositivos a conectar

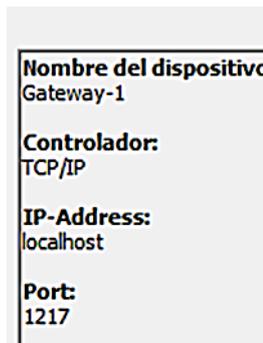


Figura 173.Activación de Raspberry pi comunicación.

Lista de Dispositivos: A la izquierda, hay un árbol de dispositivos en la red. Se muestra un dispositivo llamado "Gateway-1" y varios dispositivos conectados, incluyendo "DESKTOP-JENPODA" y "Raspberry-pi". Cada dispositivo tiene asociado un número IP, lo que indica su dirección en la red.

A la derecha, se presentan detalles del dispositivo seleccionado. Se muestra el nombre del dispositivo ("Gateway-1"), el controlador utilizado (TCP/IP), la dirección IP (localhost) y el puerto (1217). Ingreso de usuario (pi) y clave (Raspberry) del dispositivo IoT, en la figura 89 se observa una ventana que pide acceso con el tag del dispositivo que es 0003.8310.3006

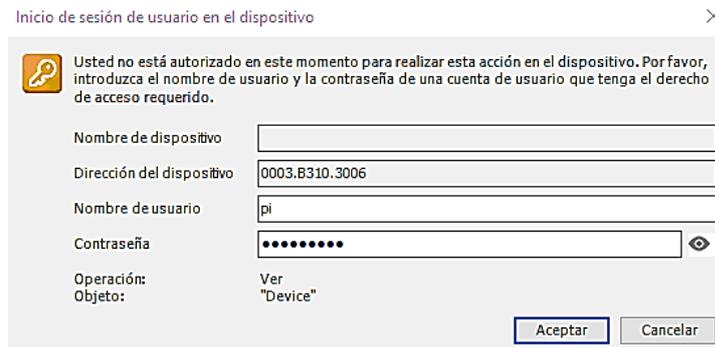


Figura 174.Ingreso de sección a dispositivo IoT

Campos de Entrada:

- ✓ Nombre del dispositivo: Un campo donde se muestra el nombre del dispositivo al que se intenta acceder.
- ✓ Dirección del dispositivo: Un campo que muestra la dirección del dispositivo, en este caso, "0003.B310.3006".

- ✓ Nombre de usuario: Un campo para ingresar el nombre de usuario, que en este caso está prellenado con "pi".
- ✓ Contraseña: Un campo para ingresar la contraseña, que se muestra como puntos para proteger la información.

Detalles de la Operación: Se menciona que la operación a realizar es "Ver" y el objeto es "Device", lo que sugiere que el usuario intenta acceder a información o configuraciones del dispositivo.

Se activa la comunicación bidireccional y a la plataforma AnyViz y genera un tipo de sistema de destino 4102. Como se observa en la figura 176.

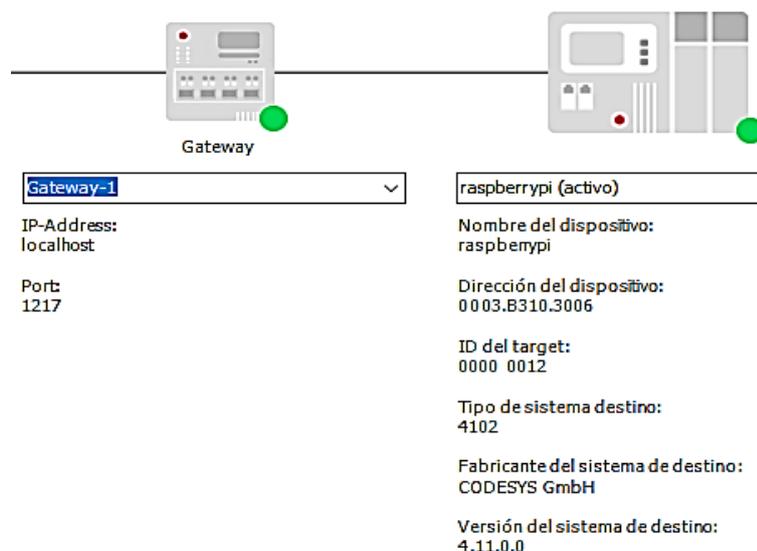


Figura 175. comunicación PLC virtual y dispositivo IoT

Detalles del Dispositivo Raspberry Pi:

- ✓ Nombre del dispositivo: "Raspberry-pi".
- ✓ Dirección del dispositivo: "0003.B310.3006", que es la dirección única del dispositivo en la red.
- ✓ ID del target: "0000 0121", que puede ser un identificador único para la comunicación.
- ✓ Tipo de sistema destino: "4102", que podría referirse a un tipo específico de sistema operativo o configuración.

- ✓ Fabricante: "CODESYS GmbH", indicando la empresa que fabricó el dispositivo.
- ✓ Versión del sistema de destino: "4.1.1.0", que muestra la versión del software o firmware que está ejecutando el dispositivo.

Se verifica el funcionamiento de visualización de CODESYS 3.5V, en la figura 177 se observa los indicadores.

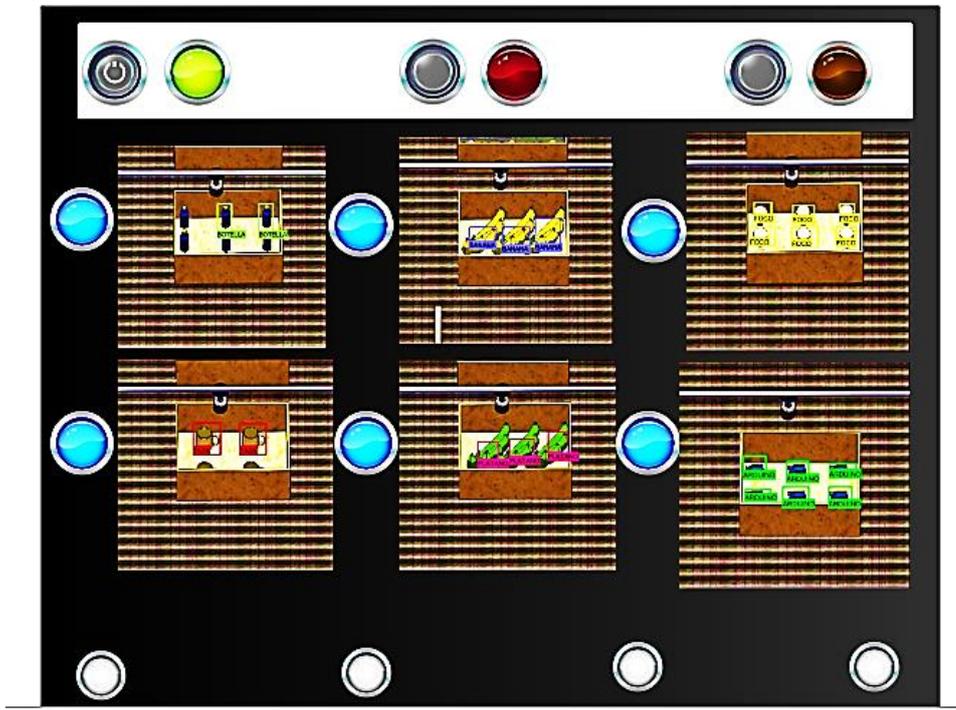


Figura 176.Funcionamiento de interfaz de visualización

Se presiona el botón de arranque e inicia el proceso y se logra observa la representación del sistema con los indicadores.

Al presionar el botón pare, se desactiva el motor y los actuadores del sistema el botón de emergencia se activa y detiene los indicadores, pero no sigue funcionando los indicadores.

Interfaz de AnyViz permite el control remoto, posee tres botones de marcha y 7 indicadores de operación, como se observa en la figura 178.

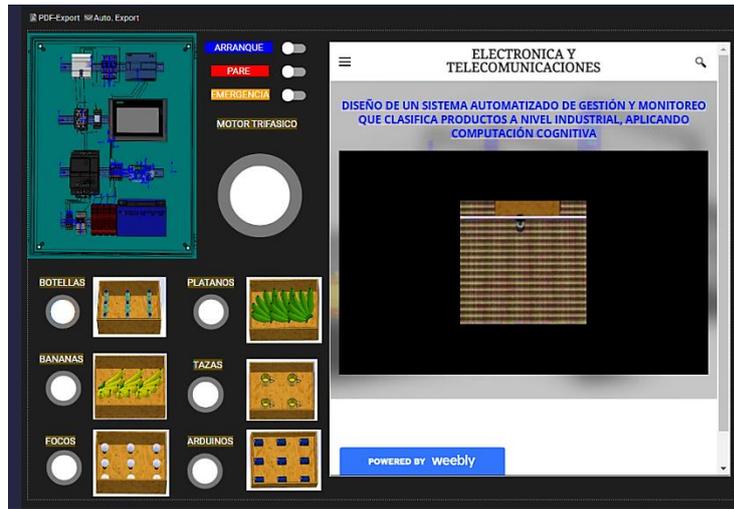


Figura 177.interfaz de control AnyViz

Al activar se enciende el indicador de arranque de color verde como se observa en la figura 179, Además los indicadores azules representan activación de cilindros.

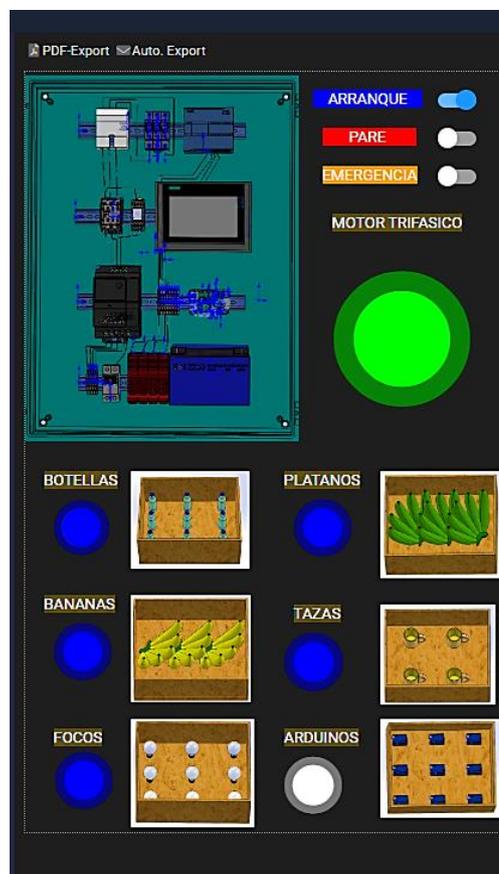


Figura 178.Funcionamiento remoto del sistema.

4.1.7 CUADRO COMPARATIVO CON LA INDUSTRIA 4.0 VS INDUSTRIA 5.0

Tabla 35. Tabla comparativa

Tipo	Industria 4.0	Industria 5.0
Descripción del sistema	Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas.	Diseño de un sistema automatizado de gestión y monitoreo que clasifica productos a nivel industrial, aplicando computación cognitiva.
Enfoque principal	Automatización de la clasificación mediante cintas transportadoras y sensores básicos.	Integración de inteligencia avanzada para optimizar la clasificación y gestionar el proceso de manera inteligente.
Tecnologías utilizadas	Cintas transportadoras, sensores de posición y velocidad, controladores programables.	Computación cognitiva, Visión Computacional, sistemas de monitoreo en tiempo real.
Personalización	Enfoque más estándar, con menos adaptabilidad a cambios en el tipo de cajas o productos.	Alta capacidad de adaptación, permitiendo la personalización en la clasificación de productos y la gestión dinámica de procesos.
Interacción humana	Menor interacción directa; el sistema es programado para funcionar de manera autónoma.	Mayor interacción, con posibilidad de ajustes y supervisión en tiempo real, además de colaboración con sistemas inteligentes.
Flexibilidad del sistema	Moderada; cambios en el proceso requieren ajustes físicos en el sistema.	Alta; el sistema se adapta y aprende de los datos, permitiendo ajustes y mejoras continuas sin necesidad de modificaciones físicas.
Eficiencia operativa	Optimización a través de la automatización de la clasificación.	Optimización a través de la inteligencia cognitiva que permite una gestión más eficiente y adaptable del proceso.
Ejemplos de	Clasificación de cajas en	Clasificación de productos con diversos

aplicaciones	centros de distribución o fábricas.	tipos y características, optimización en función de datos en tiempo real y tendencias.
--------------	-------------------------------------	--

Esta tabla comparativa destaca las diferencias clave entre la Industria 4.0 y 5.0, especialmente en el contexto de sistemas de clasificación industrial. La Industria 4.0 se enfoca en la automatización mediante el uso de cintas transportadoras, sensores básicos y controladores programables, como se describe en el artículo de la revista científica UPSE “Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas” [6]. Este enfoque busca optimizar la eficiencia operativa, pero presenta limitaciones en cuanto a la personalización y flexibilidad del sistema.

Por otro lado, la Industria 5.0 introduce un sistema más avanzado, que no solo automatiza el proceso, sino que también integra computación cognitiva y visión computacional para mejorar la gestión y monitoreo de la clasificación de productos. Este enfoque permite una mayor adaptabilidad, personalización y una colaboración más estrecha entre humanos y máquinas, logrando una eficiencia operativa optimizada mediante la inteligencia cognitiva. El proyecto de titulación aborda esta evolución hacia un sistema más inteligente y adaptable, representando un avance significativo en la tecnología de clasificación industrial.

Valor estadístico de Mejora del sistema: La clasificación de productos con sensores tarda en un tiempo de 30 segundos aproximadamente en el trabajo “Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas”. La clasificación de productos sin sensores y con una cámara IP tarda en un tiempo de 10 segundos aproximadamente en el trabajo “Diseño de un sistema automatizado de gestión y monitoreo que clasifica productos a nivel industrial, aplicando computación cognitiva”. Para calcular cuánto mejoró el sistema, usaremos la fórmula de mejora porcentual: Tiempo inicial=30s, Tiempo final =10s

$$\text{Mejora}\% = \left(\frac{\text{tiempo inicial} - \text{tiempo final}}{\text{tiempo inicial}} \right) \times 100$$

Ecuación 13. fórmula de reducción porcentual [83].

Entonces, el sistema mejoró un 66.67% en el tiempo de clasificación.

CONCLUSIONES

Este proyecto marca un avance significativo en la convergencia de tecnologías clave para el desarrollo de un sistema automatizado de clasificación de productos. Al integrar el diseño mecánico y eléctrico en SolidWorks, la visión computacional avanzada, el control de procesos mediante PLC y la conectividad IoT, se ha logrado un sistema integral que no solo aborda los desafíos de la automatización en entornos industriales, sino que también establece nuevos estándares en eficiencia y precisión. La implementación de una cinta transportadora junto con cuatro cilindros de doble efecto, diseñados y simulados en SolidWorks, ha proporcionado una infraestructura robusta y eficiente.

Este diseño asegura una manipulación precisa de los productos y optimiza el espacio y la configuración general del sistema. A diferencia de métodos anteriores de clasificación de productos basados en sensores, que tardaban hasta 30 segundos en clasificar, en este nuevo sistema se utiliza una cámara IP para visión computacional, reduciendo el tiempo de clasificación a 10 segundos, lo que representa una mejora del 66.67%.

Esta integración tecnológica también aumenta la precisión del proceso, alcanzando un 100% de exactitud en la clasificación mediante visión computacional y algoritmos de Machine Learning, donde cada modelo logró un puntaje AUC de 1, lo que refleja su excelente desempeño.

El uso de un PLC programado en lenguaje Ladder con CODESYS garantiza un control preciso y coordinado de todos los componentes del sistema, incluyendo los cilindros neumáticos y la cinta transportadora. La interfaz de usuario intuitiva facilita a los operadores la supervisión y control del sistema, con opciones de seguridad como botones de emergencia. La incorporación de tecnología IoT, mediante una Raspberry Pi y la plataforma AnyViz, permite el monitoreo y control del sistema desde cualquier ubicación con acceso a Internet, una característica esencial en entornos industriales modernos, donde la flexibilidad y la conectividad remota son cada vez más valoradas.

La velocidad de movimiento de los productos alcanza los 12.57 m/s, con una potencia de 61.1 W y una fuerza de 3.92 N, logrando tiempos de respuesta rápidos y precisos para la activación de los cilindros.

La integración de la realidad aumentada proporciona a los operadores información contextual directamente en su campo de visión, se facilita la precisión y rapidez en la toma de decisiones operativas, incrementando así la fiabilidad general del sistema.

RECOMENDACIONES

Es esencial realizar una planificación exhaustiva desde el inicio, definiendo objetivos claros, identificando recursos y estableciendo plazos de entrega. Esto asegura un desarrollo ordenado y eficiente del proyecto.

Es recomendable realizar una investigación profunda sobre las tecnologías involucradas en cada fase del proyecto. Esto permitirá la toma de decisiones informadas y la aplicación de las mejores prácticas en diseño y desarrollo.

Desarrollar y probar cada componente del sistema por separado antes de la integración total es crucial para identificar y resolver problemas técnicos con antelación, minimizando riesgos y asegurando una implementación exitosa.

Se deben realizar pruebas exhaustivas en cada etapa del proyecto, tanto en entornos de laboratorio como en simulaciones de producción, para garantizar que el sistema funcione de manera óptima bajo condiciones reales.

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del sistema para identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización, asegurando que el sistema se mantenga actualizado y eficiente en el tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. & S. P. S. Carro Suárez, «El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras.,» *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, vol. 10, n° 24, 2022.
- [2] F. R. A. M. Oswaldo Wilfrido Alvarez Vásquez, «Análisis de la Industria 4.0 como factor diferenciador del Sector Industrial del Ecuador,» *ciencia latina revista multidisciplinar*, vol. 5, n° 3, p. 3314, 2022.
- [3] J. C. J. L. D. V. G. & S. E. Cruz Fajardo, «Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas,» *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, vol. 9, n° 2, pp. 19-30, 2022.
- [4] Joyanes.L, *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial.*, Alpha Editorial., 2017.
- [5] A. V. S. K. K. I. V. R. L. S. G. y A. A. Sasikumar, «Mecanismo de confianza basado en blockchain para la Internet industrial de las cosas potenciada por gemelos digitales.,» *Sistemas informáticos de generación futura*, vol. 141, n° 1, pp. 16-27, 2023.
- [6] J. C. C. J. L. E. C. V. G. D. & S. E. J. Fajardo, «Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras para la clasificación de cajas,» *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 9, n° 2, pp. 19-30, 2022.
- [7] Y. X. G. y H. W. Wang, «Ocultación de datos reversible de alta capacidad en imágenes cifradas basada en el ordenamiento de valores de píxel y el cambio de histograma.,» *Sistemas expertos con aplicaciones*, vol. 211, n° 1, p. 118600, 2023.
- [8] M. T. V. B. V. y M. D. Golovianko, «Industria 4.0 vs. Industria 5.0: coexistencia, transición o híbrido.,» *Procedia Informática*, vol. 217, n° 1, pp. 102-113, 2023.
- [9] S. G. T. H. N. G. M. G. V. K. G. y W. C. Kumar, «Machine learning techniques in additive manufacturing: a state of the art review on design, processes and production control,» *Revista de fabricación inteligente*, vol. 34, n° 1, pp. 21-55, 2023.
- [10] P. M. D. O. M. A. O. M. A. C. & S. B. V. Osuna, «Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+ A en la revolución industrial 4.0.,» *Innovación Educativa*, vol. 19, n° 80, pp. 15-32, 2019.

- [11] S. C. J. y. H. T. Kapp, «Predicción del consumo de energía de edificios industriales con modelos estadísticos y de aprendizaje automático informados por parámetros físicos del sistema.,» *Revisiones de energía renovable y sostenible*, vol. 172, n° 1, p. 113045, 2023.
- [12] T. S. V. M. M. S. S. J. O. A. M. J. .. & C. M. Chen, «Aprendizaje automático en la fabricación hacia la Industria 4.0: de Por ahora a Cuatro conocimientos,» *Ciencias Aplicadas*, vol. 13, n° 3, p. 1903, 2023.
- [13] G. A. V.-G. M. S. & F.-V. G. E. Arcos-Naranjo, «Realidad aumentada como estrategia promocional de los productores de muebles de Huambalo-Ecuador.,» *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, vol. 10, n° 1, 2023.
- [14] A. V. T. & G. C. M. V. Tipan, «Industria 5.0, revisión del pasado y futuro de la producción y la industria.,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, n° 1, pp. 1059-1070, 2023.
- [15] A. V. T. & G. C. M. V. Tipan, «Industria 5.0, revisión del pasado y futuro de la producción y la industria.,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, n° 1, pp. 1059-1070, 2023.
- [16] C. P. Q. y L. M. de Alwis, «Automatización industrial.,» *IEEE*, vol. 16, n° 1, pp. 211-227, 2023.
- [17] M. J. Pico Aldas, Sistema de dosificación inteligente basado en el internet industrial de las cosas (IIOT) para los tanques de mezcla en la empresa Licoval SAS, Ambato: Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, 2023.
- [18] M. J. Pico Aldas, Sistema de dosificación inteligente basado en el internet industrial de las cosas (IIOT) para los tanques de mezcla en la empresa Licoval SAS, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones), 2023.
- [19] K. D. M. T. M. A. R. E. D. R. Ñ. & T. P. A. R. Rivera, «Control IIOT de un sistema automatizado para el montaje de dos cuerpos base-tapa-pasador mediante la pasarela Wecon V-Box.,» *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria*, vol. 5, n° 1, pp. 521-538, 2023.

- [20] E. I. 61499, DESARROLLO DE UNA ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES BASADOS EN LA INDUSTRIA 4.0 MEDIANTE LA INCURSIÓN DE LOS CONTENEDORES Y EL ESTÁNDAR IEC 61499, Ambato: FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL, 2023, p. 80.
- [21] Digikey, «Opciones de protocolo de la capa de aplicación para la funcionalidad M2M e IoT,» [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/es/articles/application-layer-protocol-options-for-m2m-and-iot-functionality>.
- [22] G. B. R. Lyu, «Modelado de bloques de funciones IEC 61499 basado en múltiples agentes para automatización inteligente distribuida,» *Automatización flexible y fabricación inteligente: el nexa humano-datos-tecnología.*, vol. 2, n° 1, pp. 395-407, 2022.
- [23] B. E. & V. V. Shinde, «An Opportunistic Coexistence Analysis of LTE and Wi-Fi in Unlicensed 5 GHz Frequency Band,» *Wireless Personal Communications*, vol. 130, n° 1, pp. 1-12, 2023.
- [24] R. B. Riofrio Vega, Estudio de factibilidad y diseño de un ISP inalámbrico (WISP) en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, para brindar el servicio de internet a las comunidades Tsáchilas El Poste y El Cóngoma., Quito: Quito : EPN, 2023., 2023.
- [25] B. V. Maya Mafla, Análisis de rendimiento de las tecnologías IEEE 802.11 AX E IEEE 802.15. 4 en la banda de frecuencia de 2.4 GHZ en un ambiente industrial textil controlado y su impacto para IIOT en dos escenarios, Ibarra. Ecuador: 0000040722, 2023.
- [26] J. L. Arias Solis, Sistema electrónico de monitoreo y control para la prevención de heladas en cultivos de mora, utilizando la Arquitectura IoT, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2023.
- [27] M. A. M. S. S. M. A. & A. N. C. Al-Shareeda, «Proposed security mechanism for preventing fake router advertisement attack in IPv6 link-local network. Indones.,» *J. Electr. Eng.*, vol. 29, n° 1, pp. 518-526, 2023.
- [28] Cisco, «CCNA,» 10 1 2023. [En línea]. Available: <https://ccnadesdecero.es/anatomia-arranque-del-router/>. [Último acceso: 20 4 2023].

- [29] cisco, «Switch Catalyst 2960-S,» 2012. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/hardware/quick/guide_stack/All_languages/2960S_gsg_esp.pdf.
- [30] «ccna,» 10 1 2024. [En línea]. Available: https://ccnadesdecero.es/configuracion-basica-de-switch/.
- [31] A. F. F. Adalberto Oliveira da Silva, «O PAPEL DA COMUNICAÇÃO REMOTA NAS ORGANIZAÇÕES INDUSTRIAIS,» *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação-REASE*, vol. 5, nº 2, p. 15, 2023.
- [32] K. G. Hdez, «Profibus,» Mecatronica, colombia, 2016.
- [33] «PROSOFT technology,» 2022. [En línea]. Available: https://mx.prosoft-technology.com/Productos/Schneider-Electric/Modulo-de-comunicacion-PROFIBUS-DP-Maestro-V1-para-Quantum. [Último acceso: 1 5 2023].
- [34] «SMAR Technology Comapy,» 2023. [En línea]. Available: https://www.smar.com/es/articulo-tecnico/como-dimensionar-la-cantidad-de-equipos-de-una-red-profibus-pa. [Último acceso: 2 5 2023].
- [35] U. P. d. C. Cartagena, «profibus pa/dp/fms,» ETS de Ingenieros Industriales, Cartagena, 2021.
- [36] A. K. M. H. C. & B. J. Meshram, «Self-learning Framework for PROFINET Industrial Operations Behaviour.,» *arXiv preprint arXiv*, vol. 23, nº 5, p. 17, 2023.
- [37] S. K. M. P. & N. P. Saeed Seraj, «MVDroid: an android malicious VPN detector using neural networks,» *Springer Link*, vol. 9, nº 1, p. 11, 2023.
- [38] F. C. é.-s. X. Zhengao, «MVPN: una arquitectura de defensa contra el secuestro de tráfico VPN basada en MTD,» vol. 12, nº 3, 2023.
- [39] X. S. C. Z. C. R. Y. R. G. P. J. & Á. H. M. de Jesus Rojas, «Metodología para un diseño instruccional basado en inteligencias múltiples e IA.,» *Research in Computing Science*, vol. 150, nº 11, pp. 233-244, 2021.
- [40] M. G. M. & n. Manuel Méndez, «Algoritmos de aprendizaje automático para pronosticar

la calidad del aire: una encuesta,» *SpringerLink*, vol. 5, n° 3, p. 36, 2023.

- [41] UNIR, «La visión artificial: una revolución en la Industria 4.0,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/vision-artificial/>. [Último acceso: 29 5 2023].
- [42] «MATHWORKS,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/help/vision/ug/getting-started-with-yolo-v4.html>.
- [43] «MATHWORKS,» [En línea]. Available: https://la.mathworks.com/help/vision/ref/yolov4objectdetector.html?s_tid=srchtitle_site_search_1_yolov4.
- [44] R. & Z. X. & Y. S. & L. Q. & Y. A. & L. D. Li, ABYOLOv4: improved YOLOv4 human object detection based on enhanced multi-scale feature fusion., *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2024.
- [45] F. L. O. L. F. Salazar, Sistema de control y monitorización del proceso de limpieza automática de gavetas plásticas empleadas en el sector alimenticio, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2023.
- [46] S. P. G. A. A. I. Cabrera Anda, Diseño de un prototipo de sistema de fermentación industrial para la empresa “Induacero Cía. Ltda”, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2023.
- [47] Siemens, «Siemens,» 2020. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf.
- [48] E. Components, «Electronic Components,» 14 1 2022. [En línea]. Available: <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/44881/interruptores-seccionadores/>. [Último acceso: 20 4 2023].
- [49] «FORMACIÓN PARA LA INDUSTRIA 4.0,» 2020. [En línea]. Available: <https://automatismoidustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/contactores/>. [Último acceso:

5 4 2023].

- [50] «Kraus Muller,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.krausmuller.com.br/es/para-que-sirve-la-regla-de-borne/>. [Último acceso: 25 4 2023].
- [51] ABB, «ABB,» 2019. [En línea]. Available: <https://new.abb.com/low-voltage/es/productos/control-y-proteccion-de-motores/contactores-tripolares-y-reles-de-sobrecarga/reles-termicos-de-sobrecarga>. [Último acceso: 20 4 2023].
- [52] «shneider electric,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/cl/es/product/NSYTRV42SF5/borne-de-conexi%C3%B3n-tornillo-portafusible-2-puntos-5mm-gris-/#:~:text=Descripci%C3%B3n&text=El%20borne%20de%20conexi%C3%B3n%20con,circuitos%20de%20sobrecargas%20y%20cortocircuitos..>
- [53] ABB, «ABB,» 2019. [En línea]. Available: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>. [Último acceso: 20 5 2023].
- [54] «Star automation,» [En línea]. Available: <https://www.starautomation.es/productos/relmsr127rp-tp-funcin-nica>.
- [55] «IPEMA Soluciones y servicios,» [En línea]. Available: <https://www.solucionesyservicios.biz/Controladores-SIMATIC/pantalla-hmi>.
- [56] «Buil wheelchair,» [En línea]. Available: https://buildmywheelchair.com/upg-universal-sealed-lead-acid-battery-agm-type--group-24-12v--75-amps/?gad_source=5&gclid=EAIaIQobChMI96zKhvP7hQMVKaFaBR1apwwQEAAAYASAAEgKrL_D_BwE.
- [57] «Inducom,» [En línea]. Available: <https://inducom.com.bo/que-es-un-gabinete-o-tablero-electrico/#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20generales%2C%20los%20tableros,una%20instalaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica%20funcione%20adecuadamente..>
- [58] Sogears, «Sogears,» 2017. [En línea]. Available: <https://es.sogears.com/Motores-bifasicos>. [Último acceso: 15 5 2023].
- [59] PROTEVAL, «PROTEVAL,» 2017. [En línea]. Available: <https://proteval.com/cintas->

transportadoras-usos-ventajas-y-tipos/. [Último acceso: 28 4 2023].

- [60] EMERSON, «EMERSON,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.emerson.com/es-es/automation/fluid-control-pneumatics/pneumatic-cylinders-and-actuators>. [Último acceso: 15 5 2023].
- [61] «TELEDYMR,» [En línea]. Available: <https://www.flir.es/products/forge-5gige/?vertical=machine%20vision&segment=iis>.
- [62] M. S. A. G. S. K. A. y. P. S. Kazi, «Modelo basado en Industrial Iot (Iiot) para identificar objetos defectuosos mediante Solidworks.,» *International Journal of Advances in Engineering and Management*, vol. 4, n° 5, 4 5 2022.
- [63] R. C. R. R. D. S. R. A. V. & D. A. Lemos, «Detección Automática de Corrosión en Naves Industriales de Gran Escala Basada en Inteligencia Artificial y Vehículos Aéreos No Tripulados,» vol. 13, n° 3, p. 1386, 2023.
- [64] F. Y. Y. J. W. X. L. J. & H. Q. L. Wang, «Chat with chatgpt on industry 5.0: Learning and decision-making for intelligent industries.,» *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 10, n° 4, pp. 831-834, 2023.
- [65] «Microprocesadores y microcontroladores,» [En línea]. Available: <http://bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL007282.pdf>.
- [66] I. K. O. D. M. K. correo, «Control remoto de movimiento no lineal para una máquina mecatrónica utilizando un controlador industrial compatible con CoDeSys,» *HRCAK*, vol. 24, n° 6, pp. 1661-1667, 2017.
- [67] J. R. Prada, Automatización de una planta de almacenaje y distribución de mercancías usando Factory I/O y Codesys, sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, 2018.
- [68] M. V. M. G. F. J. García Sánchez, Monitorización de parámetros eléctricos de un manipulador móvil, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2021.

- [69] Z. Davis, «speedtest.net,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.speedtest.net/>.
- [70] K. & D. C. Curran, «An investigation into contributing factors in Web page download delays.,» *In ICWI*, pp. (pp. 897-900)., 2004.
- [71] PINGMAN, «pingplotter,» Pingman Tools, LLC., 1998. [En línea]. Available: <https://www.pingplotter.com/>.
- [72] «wireshark,» © Wireshark Foundation, [En línea]. Available: <https://www.wireshark.org/>.
- [73] f. shodan, «shodan,» [En línea]. Available: <https://www.shodan.io/>.
- [74] «MATHWORKS,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/solutions.html#applications>.
- [75] «SolidWork,» [En línea]. Available: <https://www.solidworks.com/es>.
- [76] «solidWorks electrical,» [En línea]. Available: <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-electrical-3d#:~:text=SOLIDWORKS%20Electrical%203D%20le%20permite%20ubicar%20componentes%20el%C3%A9ctricos%20y%20usar,los%20cambios%20se%20actualizan%20autom%C3%A1ticamente..>
- [77] «EyeJackapp,» [En línea]. Available: <https://creator.eyejackapp.com/>.
- [78] M. J. R. E. N. R. S. A. J. T. V. J. F. H. Q. D. L. & R. L. V. M. Vargas, Métodos de rigidez y flexibilidad aplicado a pórticos de sección variable: Stiffness and flexibility methods applied to variable section frames., *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 2024.
- [79] G. Toscano, «Análisis de la dinámica del “Tippe Top Toy”,» *Universidad de Guanajuato*, 2018.
- [80] N. V. F. & C. D. R. Muñoz, «Análisis de los flujos de potencia de sistemas eléctricos y su interpretación física. Información tecnológica.,» 2012.
- [81] E. D. N. & D. L. T. F. A. V. Guerrero, «Desarrollo de un modelo matemático, cinemático y dinámico con la aplicación de software, para modificar el funcionamiento de un dron, para

que este realice monitoreo automático.,» 2020.

- [82] J. L. R. & F. A. R. (. Arias, «Modelamiento matemático de la cinemática directa e inversa de un robot manipulador de tres grados de libertad.,» 2021.
- [83] F. E. Meyers, «Estudios de tiempos y movimientos.,» de *Estudios de tiempos y movimientos.*, Pearson educación., 2000.
- [84] L. N. K. & H. T. Chen, «Review on stabilization/solidification methods and mechanism of heavy metals based on OPC-based binders,» *Journal of Environmental Management*, vol. 332, nº 1, p. 117362, 2023.
- [85] «HACKATRONICO,» [En línea]. Available: <https://hackatronic.com/raspberry-pi-4-specifications-pin-diagram-and-description/>.
- [86] «MATHWORKS,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/help/vision/ug/object-detection-using-yolov4-deep-learning.html>.

ANEXOS

Anexo 1 Comando de preentrenamiento

```
model = yolov4ObjectDetector('csp-darknet53-coco');
img = imread('Captura de pantalla 2024-04-30 021913.jpg'); % Para imágenes
img = imread('Captura de pantalla 2024-04-30 022038.jpg'); % Para imágenes
% 0 para video:
video = VideoReader('industria.mp4');
[boxes, scores, labels] = detect(model, img);
annotatedImage = insertObjectAnnotation(img, 'rectangle', boxes, labels);
imshow(annotatedImage);

% Crear un objeto VideoWriter para guardar el video con anotaciones (opcional)
outputVideo = VideoWriter('output_industria.mp4', 'MPEG-4');
open(outputVideo);

% Procesar cada fotograma del video
while hasFrame(video)
    % Leer un fotograma
    frame = readFrame(video);

    % Detección de objetos usando YOLOv4
    [bboxes, scores, labels] = detect(detector, frame);

    % Anotar los objetos detectados en el fotograma
    annotatedFrame = insertObjectAnnotation(frame, 'rectangle', bboxes, labels);

    % Mostrar el fotograma anotado
    imshow(annotatedFrame);
    drawnow;

    % Escribir el fotograma anotado en el video de salida
    writeVideo(outputVideo, annotatedFrame);
end
```

Anexo 2 algoritmo Yolov4 automatizado

```
classdef YOLOv4AutomationAlgorithm < vision.labeler.AutomationAlgorithm & vision.labeler.mixin.Temporal
    % Copyright 2017-2020 The MathWorks, Inc.

    %-----
    % Step 1: Define required properties describing the algorithm. This
    % includes Name, Description and UserDirections.
    properties(Constant)

        % Name: Give a name for your algorithm.
        Name = 'YOLOv4AutomationAlgorithm';

        % Description: Provide a one-line description for your algorithm.
        Description = 'YOLOv4AutomationAlgorithm';

        % UserDirections: Provide a set of directions that are displayed
        % when this algorithm is invoked. The directions
        % are to be provided as a cell array of character
        % vectors, with each element of the cell array
        % representing a step in the list of directions.
        UserDirections = {...
            'Automation algorithms are a way to automate manual labeling tasks.', ...
            'ROI Selection: Draw an ROI. In order to import previously labeled ROIs, select them pri', ...
            'Run: Press RUN to run the automation algorithm.', ...
            'Review and Modify: Review automated labels and modify/delete/add ROIs as necessary.', ...
            'Change Settings and Rerun: Adjust settings if results are not satisfactory and rerun.', ...
            'Accept/Cancel: Click Accept to save results or Cancel to discard them.'};
    end
end
```

```

end

%-----
% Step 2: Define properties to be used during the algorithm. These are
% user-defined properties that can be defined to manage algorithm
% execution.
properties

%-----
% Place your code here
%-----
%
Model
Threshold = 0.3
Labels = {'BOTELLA', 'BANANA', 'FOCO', 'TAZA', 'PLATANO', 'ARDUINO'};
LabelIDs = {1, 2:9, 10:14, 15:24, 25:29, 30:39};
Map

end

--
function initialize(algObj, I, labelsToAutomate)

    disp('Executing initialize')
    algObj.Model = yolov4ObjectDetector('csp-darknet53-coco');
    algObj.Map = containers.Map('KeyType', 'double', 'ValueType', 'char');
    for i = 1:length(algObj.LabelIDs)
        idx = algObj.LabelIDs{i};
        if ~isempty(idx)
            for j = 1:length(idx)
                algObj.Map(idx(j)) = algObj.Labels{i};
            end
        end
    end
end

end

function autoLabels = run(algObj, I)

disp(['Executing run on image frame at ' char(seconds(algObj.CurrentTime))])
[bboxes, scores, labels] = detect(algObj.Model, I);
validIdx = scores > algObj.Threshold;
bboxes = bboxes(validIdx, :);
labels = labels(validIdx);
autoLabels = struct('Name', cell(1, size(bboxes, 1)), ...
                    'Type', cell(1, size(bboxes, 1)), ...
                    'Position', zeros(size(bboxes)));
for i = 1:size(bboxes, 1)
    autoLabels(i).Name = algObj.Map(double(labels(i)));
    autoLabels(i).Type = labelType.Rectangle;
    autoLabels(i).Position = bboxes(i, :);
end
end

function terminate(algObj)

    disp('Executing terminate')

```

Anexo 3 ficha técnica de batería

Specification			
Nominal Voltage	12 volts		
Nominal Capacity	77° F (25° C)		
20-hr. (1.30A)	26 Ah		
10-hr. (2.42A)	24.18 Ah		
5-hr. (4.42A)	22.10 Ah		
1-hr. (15.60A)	15.60 Ah		
Approximate Weight	18.1 lbs (8.2 kgs)		
Internal Resistance (approx.)	14mΩ		
Shelf Life (% of normal capacity at 68° F (20° C))			
3 Months	6 Months	12 Months	
91%	83%	64%	
Temperature Dependency of Capacity (20 hour rate)			
104° F (40°C)	77° F (25°C)	32° F (0°C)	5° F (-15°C)
102%	100%	85%	65%
AGM Operational Temperature			
Charge	32°F to 104°F (0°C to 40°C)		
Discharge	5°F to 113°F (-15°C to 45°C)		
AGM Storage Temperature		5°F to 104°F (-15°C to 40°C)	



Due to continuous improvements to our products, product may vary slightly from depiction.

Charge Method (Constant Voltage)	
Cycle Use (Repeating Use)	
Initial Current	7.8 A or smaller
Control Voltage	14.6 - 14.8 V
Float Use	
Control Voltage	13.6 - 13.8 V

Anexo 4 ficha técnica de motor

Datos eléctricos:				Datos generales:	
Tensión asignada : (1) 230 VDI/400 VY, 50 Hz, 460 VY, 60 Hz				Tamaño constructivo : 063 M	
Frecuencia :	50 Hz	60 Hz	Forma constructiva de máquinas : (0) IM B3 / B6 B7 / B8 / V5, sin cubierta		
Potencia asignada :	0.18 kW	0.21 kW	Peso kg, sin accesorios : 4.10 kg		
Velocidad asignada :	1350 1/ min	1650 1/ min	Material de la carcasa : Aluminio		
Par asignado :	1.3 Nm	1.2 Nm	Grado de protección : IP55		
Corriente asignada (IE) :	VD VY 1.01 A 0.58 A	VY 0.59 A	Tipo de refrigeración, TEFC, : IC 411		
Corriente de :	3.0	3.1	Clase vibratoria : A (Standard)		
Par máximo/asignado :	1.9	2.0	Aislamiento : 155(F) a 130(B)		
Par de arranque/asignado :	1.9	2.0	Tipo de servicio : S1 - servicio permanente		
Rendimiento %	4/4 3/4 2/4 58.3% 56.8% 52.3%	4/4 3/4 2/4 58.3% 56.8% 52.3%	Sentido de giro : Bidireccional		
Factor de potencia :	0.76 0.70 0.59	0.77 0.71 0.59	Caja de bornes:		
Clase de eficiencia :	-/-	-/-	Material de la caja de bornes :		
Datos mecánicos:				Tipo : gk 030	
Nivel de presión sonora (LpFA) 50Hz/60Hz (carga) : 42 dB(A) 46 dB(A)				Rosca del tornillo de contacto :	
Momento de inercia : 0.00037 kg*m ²				Sección de conductor, máx. :	
Rodamiento LA : 6201 2ZC3				Diámetro de cable de... a... :	
Rodamiento LCA : 6201 2ZC3				Entrada de cable :	
				Pasacables :	

Anexo 5. ficha técnica de Botones

 <p>35U1103-6AA00-1AA0</p>	110 —	<p>Ámbar</p> <p>Rojo</p> <p>Amarillo</p> <p>Verde</p> <p>Azul</p> <p>Blanco</p> <p>Transparente</p>	<p>Ámbar</p> <p>Rojo</p> <p>Amarillo</p> <p>Verde</p> <p>Azul</p> <p>Blanco</p> <p>Blanco</p>	
 <p>35U1106-6AA50-1AA0</p>	230 —	<p>Ámbar</p> <p>Rojo</p> <p>Amarillo</p> <p>Verde</p> <p>Azul</p> <p>Blanco</p> <p>Transparente</p>	<p>Ámbar</p> <p>Rojo</p> <p>Amarillo</p> <p>Verde</p> <p>Azul</p> <p>Blanco</p> <p>Blanco</p>	
 <p>35U1100-1HB20-1CH0</p>	<p>Grirar para desenclavar 1</p>	<p>0 1</p> <p>0 1</p> <p>0 1</p> <p>0 2</p> <p>0 1</p> <p>1 1</p> <p>1 1</p> <p>1 1</p>	<p>NONE ⊕ 5</p> <p>EMERGENCY STOP ⊕ 5</p> <p>NOT-HALT ⊕ ▶</p> <p>EMERGENCY STOP ⊕ 5</p> <p>ARRET D'URGENCE ⊕ 5</p> <p>EMERGENCY STOP ⊕ 5</p> <p>NOT-HALT ⊕ ▶</p> <p>ARRET D'URGENCE ⊕ 5</p>	
 <p>35U1130-1BA20-1CA0</p>	<p>Con hongo rojo, 40 mm de diámetro, enclavamiento</p>	<p>Jalar para desenclavar 1</p>	<p>0 1</p> <p>1 1</p>	<p>5</p> <p>5</p>
 <p>35U1102-6AA30-1AA0</p>	24 24	<p>Rojo</p> <p>Amarillo</p> <p>Verde</p> <p>Azul</p> <p>Blanco</p> <p>Transparente</p>	<p>Rojo</p> <p>Amarillo</p> <p>Verde</p> <p>Azul</p> <p>Blanco</p> <p>Blanco</p>	

Anexo 6 ficha técnica de Disyuntor termomagnético


3RW30 1.


3RW30 2.


3RW30 3.


3RW30 4.

Temperatura ambiente 3RW 40 °C ⁽¹⁾			Temperatura ambiente 3RW 50 °C ⁽¹⁾			Tamaño	PE	Arranque normal (Clase 10)
Datos asignados de motores trifásicos			Datos asignados de motores trifásicos					
Corriente de empleo I_n	Potencia a tensión de empleo U_n		Corriente de empleo I_n	Potencia a tensión de empleo U_n			Referencia	
	230 V	400 V		200 V	230 V	460 V		
A	kW	kW	A	hp	hp	hp		
Tensión asignada de empleo U_n 200... 480 V⁽²⁾								
• Con bornes de tornillo o de resorte								
3,6	0,75	1,5	3	0,5	0,5	1,5	500	▶ 3RW3013-□BB□4
6,5	1,5	3	4,8	1	1	3	500	▶ 3RW3014-□BB□4
9	2,2	4	7,8	2	2	5	500	▶ 3RW3016-□BB□4
12,5	3	5,5	11	3	3	7,5	500	▶ 3RW3017-□BB□4
17,6	4	7,5	17	3	3	10	500	▶ 3RW3018-□BB□4
• Con bornes de tornillo o de resorte								
25	5,5	11	23	5	5	15	50	▶ 3RW3026-□BB□4
32	7,5	15	29	7,5	7,5	20	50	▶ 3RW3027-□BB□4
38	11	18,5	34	10	10	25	50	▶ 3RW3028-□BB□4
• Con bornes de tornillo o de resorte								
45	11	22	42	10	15	30	52	▶ 3RW3036-□BB□4
63	18,5	30	58	15	20	40	52	▶ 3RW3037-□BB□4
72	22	37	62	20	20	40	52	▶ 3RW3038-□BB□4
• Con bornes de tornillo o de resorte								
80	22	45	73	20	25	50	53	▶ 3RW3046-□BB□4
106	30	55	98	30	30	75	53	▶ 3RW3047-□BB□4
Complemento de la referencia para el tipo de conexión								
• Con bornes de tornillo								
• Con bornes de resorte ⁽³⁾								
Complemento de la referencia para tensión asignada de mando U_c								
• 24 V CA/CD								
• 110 ... 230 V CA/CD								

1

2

0

1

Anexo 7 Ficha técnica de Raspberry pi 4

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{IL}	Input low voltage ^a	VDD_IO = 3.3V	0	-	0.8	V
V_{IH}	Input high voltage ^a	VDD_IO = 3.3V	2.0	-	VDD_IO	V
I_{IL}	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	10	μA
C_{IN}	Input capacitance	-	-	5	-	pF
V_{OL}	Output low voltage ^b	VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA	-	-	0.4	V
V_{OH}	Output high voltage ^b	VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA	VDD_IO - 0.4	-	-	V
I_{OL}	Output low current ^c	VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V	7	-	-	mA
I_{OH}	Output high current ^c	VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V	7	-	-	mA
R_{PU}	Pullup resistor	-	18	47	73	kΩ
R_{PD}	Pulldown resistor	-	18	47	73	kΩ

^a Hysteresis enabled

^b Default drive strength (8mA)

^c Maximum drive strength (16mA)

Anexo 8 Ficha técnica de Variador de frecuencia

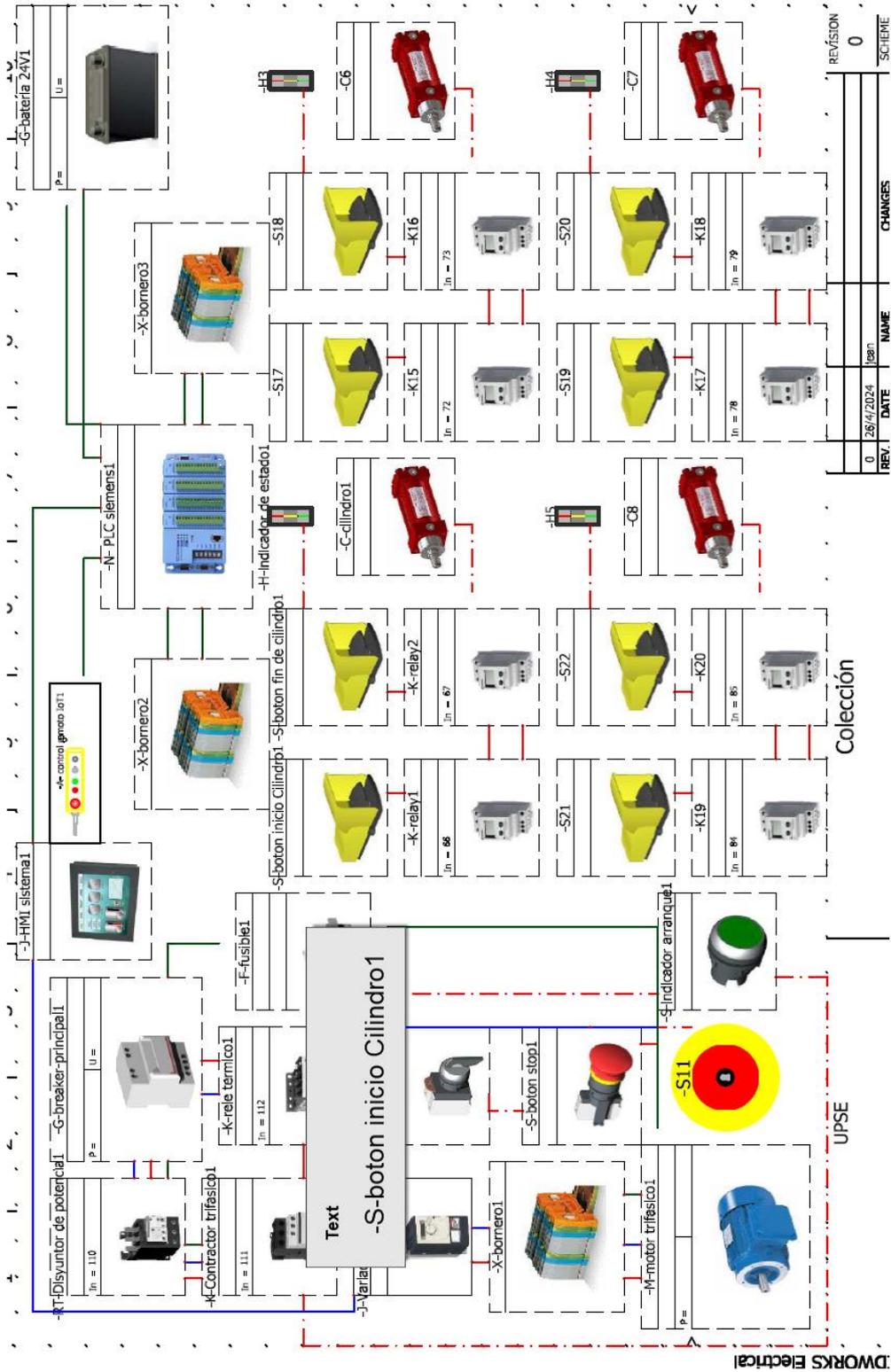
Specifications

Voltage Class		115V Class		
Model Number VFD-XXXEL		002	004	007
Max. Applicable Motor Output (kW)		0.2	0.4	0.75
Max. Applicable Motor Output (hp)		0.25	0.5	1.0
Output Rating	Rated Output Capacity (kVA)	0.6	1.0	1.6
	Rated Output Current (A)	1.6	2.5	4.2
	Maximum Output Voltage (V)	3-Phase Proportional to Twice the Input Voltage		
	Output Frequency (Hz)	0.1-600 Hz		
	Carrier Frequency (kHz)	2-12		
Input Rating	Rated Input Current (A)	6.4	9	18
	Rated Voltage/Frequency	Single phase, 100-120V, 50/60Hz		
	Voltage Tolerance	± 10%(90-132 V)		
	Frequency Tolerance	± 5%(47-63 Hz)		
Cooling Method		Natural Cooling		
Weight (kg)		1.1	1.1	1.4

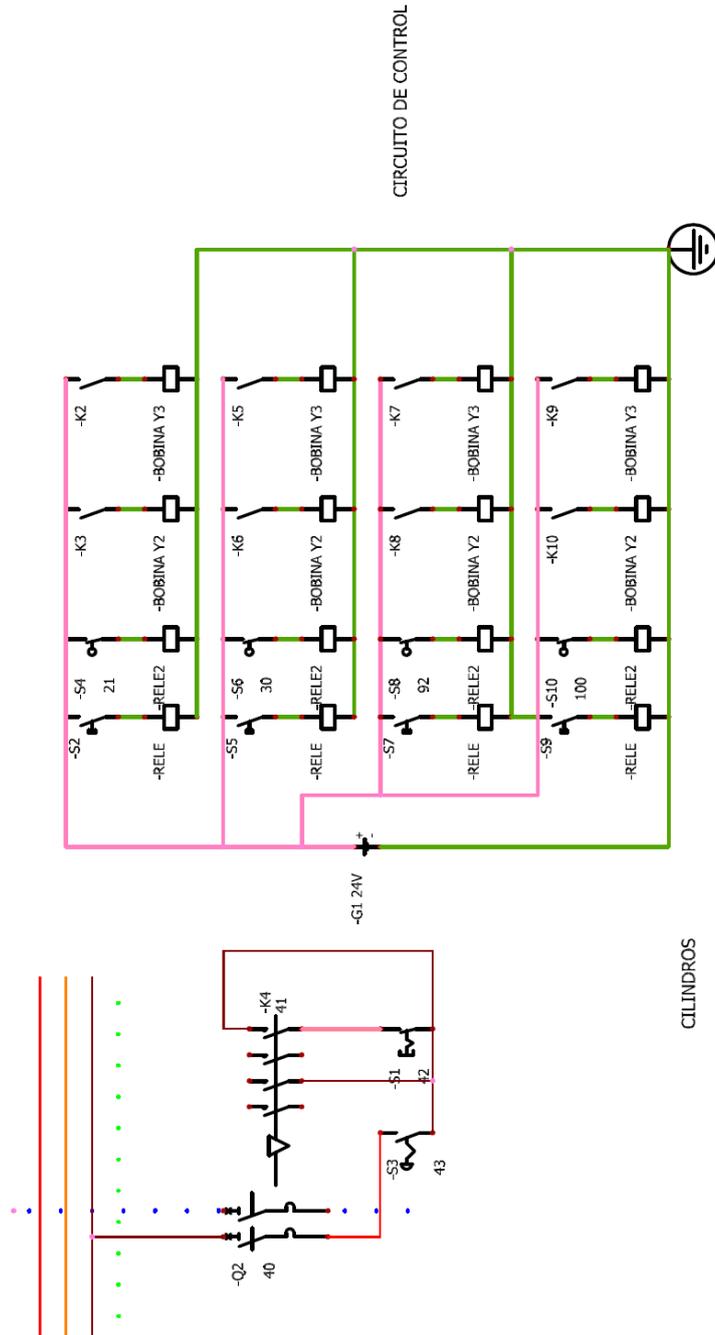
Voltage Class		230V Class						
Model Number VFD-XXXEL		002	004	007	015	022	037	
Max. Applicable Motor Output (kW)		0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	
Max. Applicable Motor Output (hp)		0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	
Output Rating	Rated Output Capacity (kVA)	0.6	1.0	1.6	2.9	4.2	6.5	
	Rated Output Current (A)	1.6	2.5	4.2	7.5	11.0	17	
	Maximum Output Voltage (V)	3-Phase Proportional to Input Voltage						
	Output Frequency (Hz)	0.1-600 Hz						
	Carrier Frequency (kHz)	2-12						
Input Rating	XXXE L21A	Rated Input Current (A)	4.9	6.5	9.5	15.7	24	--
		Rated Voltage/Frequency	1-phase, 200-240 V, 50/60Hz					
	XXXE L23A	Rated Input Current (A)	1.9	2.7	4.9	9	15	20.6
		Rated Voltage/Frequency	3-phase, 200-240V, 50/60Hz					
	Voltage Tolerance		± 10%(180-264 V)					
	Frequency Tolerance		± 5%(47-63 Hz)					
Cooling Method		Natural Cooling			Fan Cooling			
Weight (kg)		1.2	1.2	1.2	1.7	1.7	1.7	

Voltage Class		460V Class				
Model Number VFD-XXXEL		004	007	015	022	037
Max. Applicable Motor Output (kW)		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7
Max. Applicable Motor Output (hp)		0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
Output Rating	Rated Output Capacity (kVA)	1.2	2.0	3.3	4.4	6.8
	Rated Output Current (A)	1.5	2.5	4.2	5.5	8.2
	Maximum Output Voltage (V)	3-Phase Proportional to Input Voltage				
	Output Frequency (Hz)	0.1-600 Hz				
	Carrier Frequency (kHz)	2-12				
Input Rating	Rated Input Current (A)	1.8	3.2	4.3	7.1	9.0
	Rated Voltage/Frequency	3-phase, 380-480V, 50/60Hz				
	Voltage Tolerance	± 10%(342-528V)				
	Frequency Tolerance	± 5%(47-63Hz)				
Cooling Method		Natural Cooling			Fan Cooling	
Weight (kg)		1.2	1.2	1.2	1.7	1.7

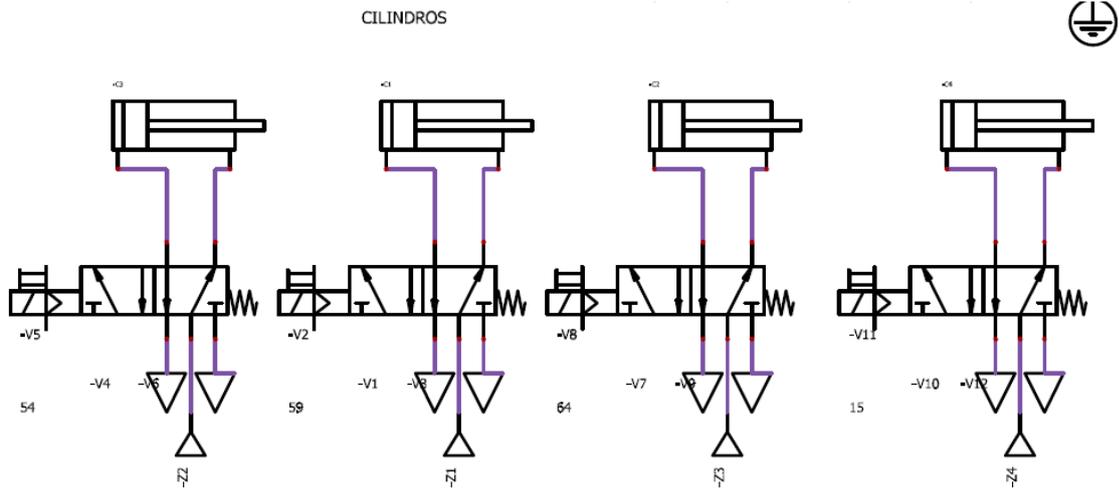
Anexo 9 Esquema de Conexiones



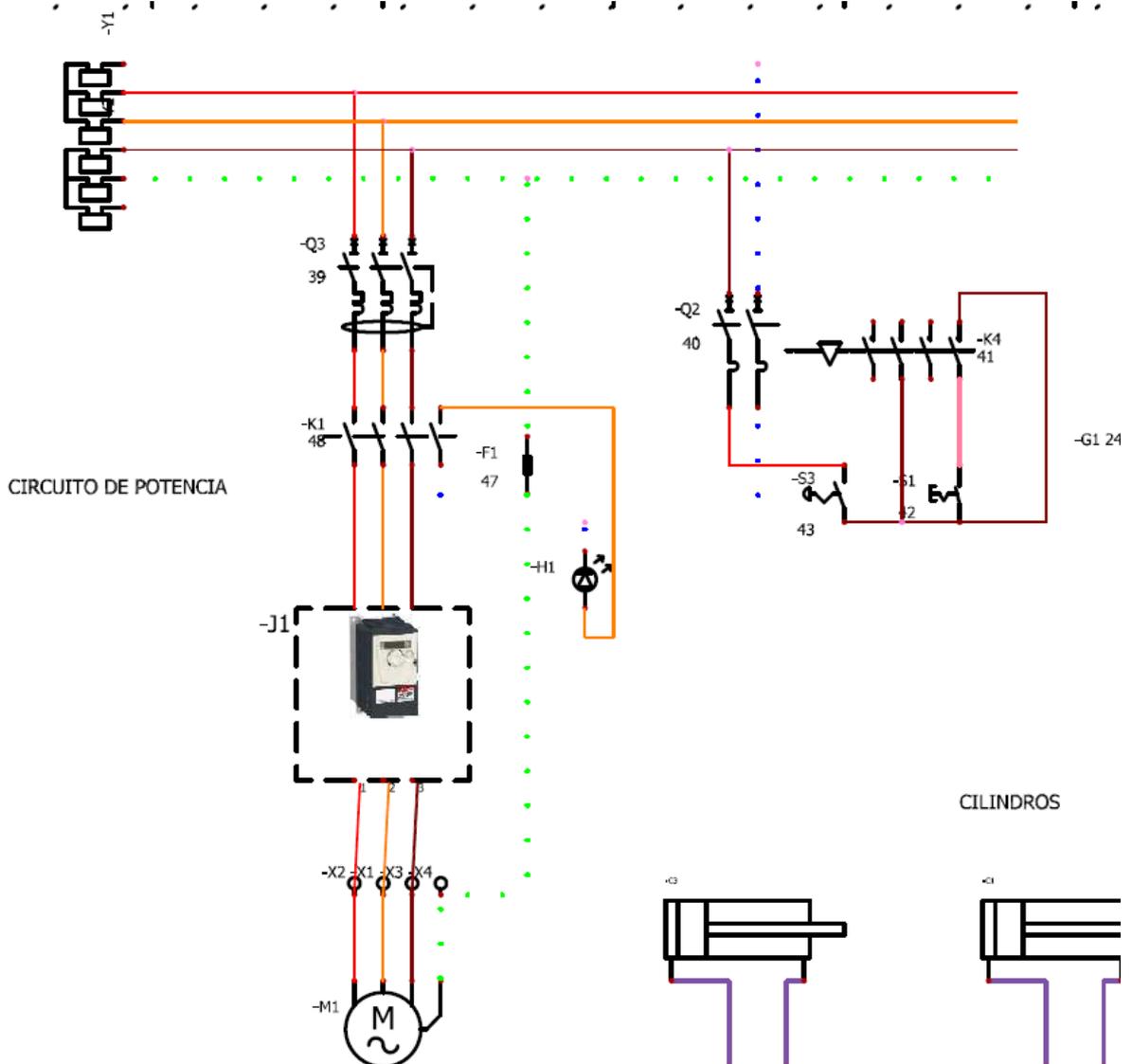
Anexo 10 Esquema de Control



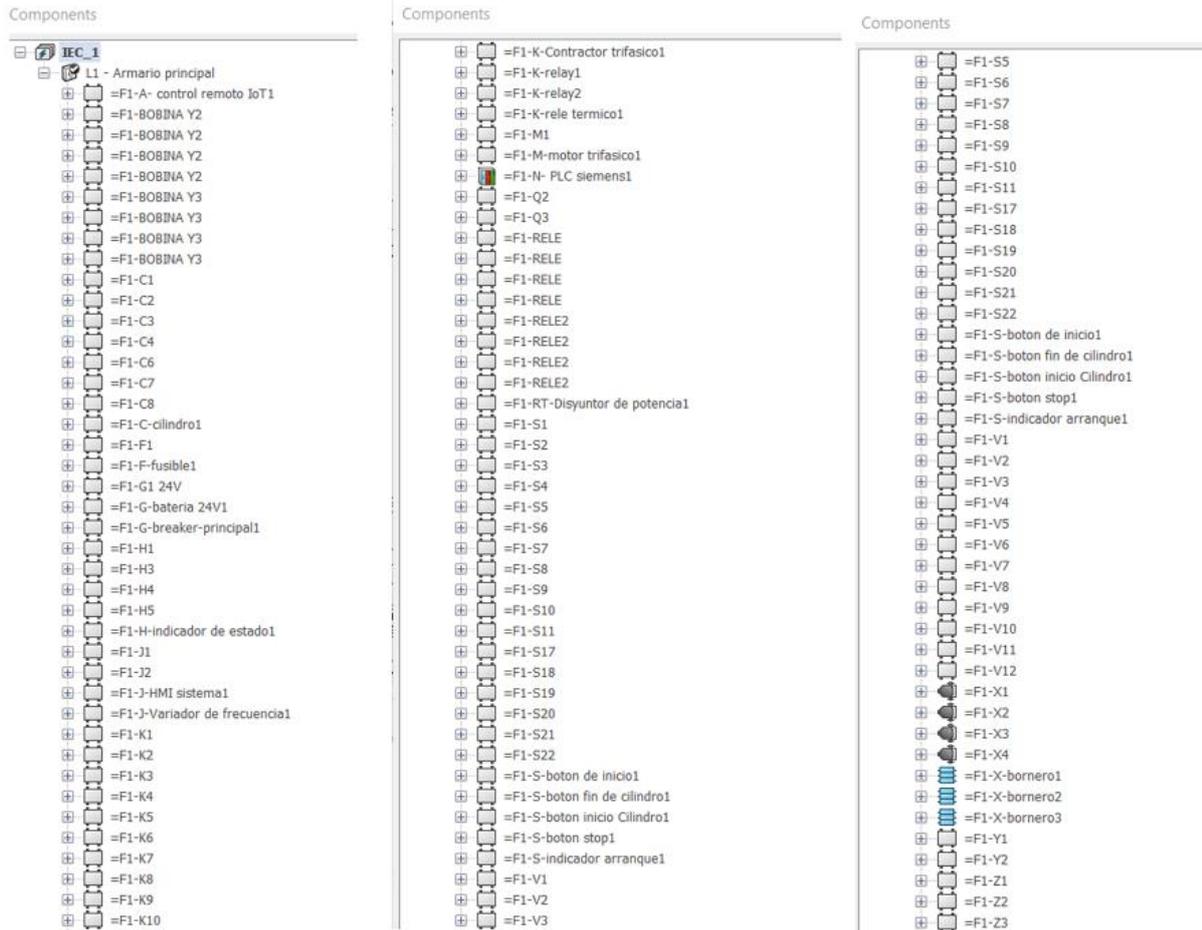
Anexo 11. Diagrama de cilindros doble efecto



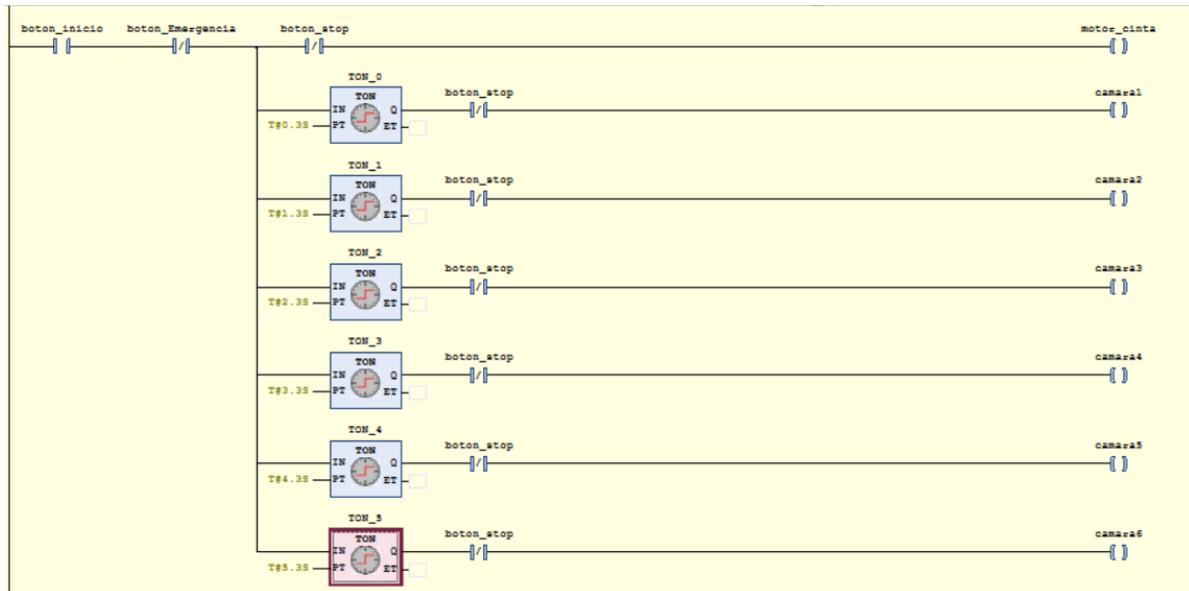
Anexo 12 Esquema de Circuito de potencia



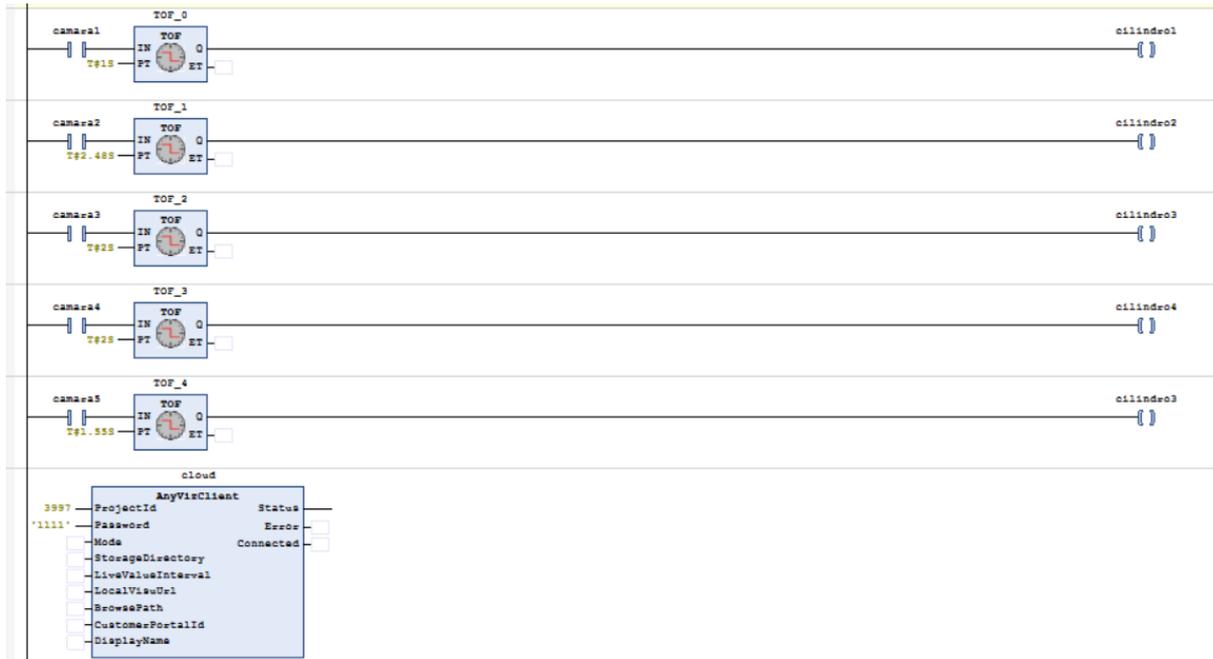
Anexo 13 Componentes de Gabinete o Tablero Eléctrico



Anexo 14 lenguaje esclera de control de cilindros



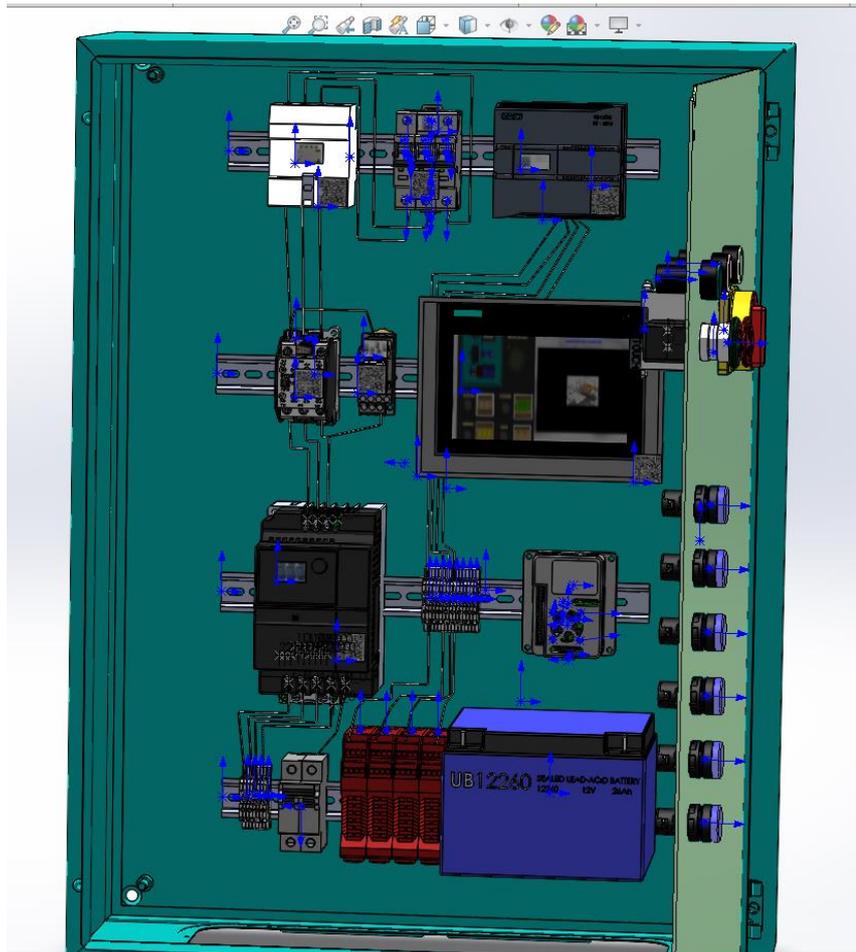
Anexo 15 lenguaje escalera control de indicadores y modulo AnyViz



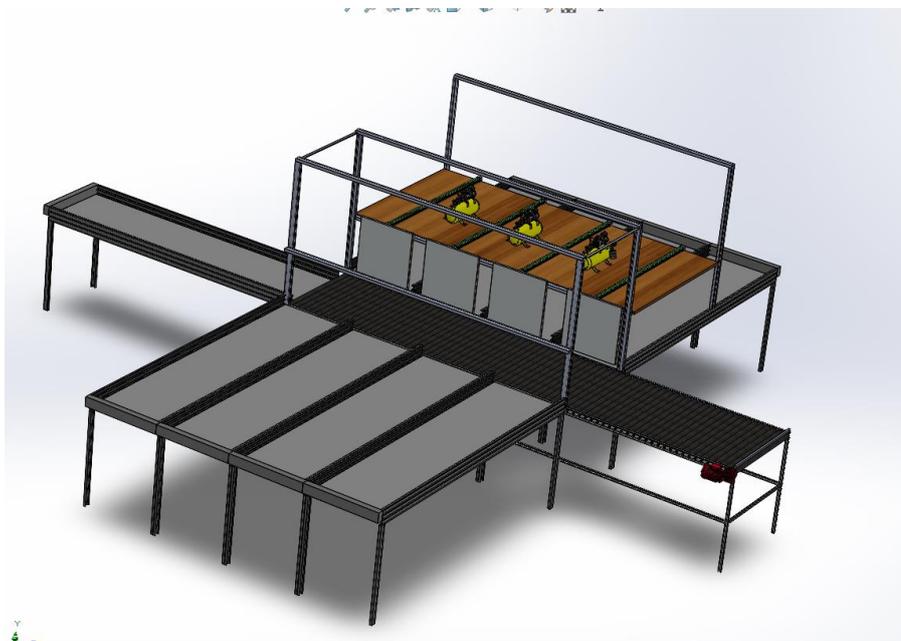
Anexo 16 Biblioteca de librerías instaladas en Codesys

Bibliotecas utilizadas en la aplicación 'Device.Application'		
Nombre	Espacio de nombres	Versión efectiva
3SLicense = 3SLicense, 3.5.20.0 (CODESYS)	_3S_LICENSE	3.5.20.0
AnyViz Cloud Adapter, 1.7.7.3 (Mirasoft GmbH & Co. KG)	AnyViz	1.7.7.3
BreakpointLogging = Breakpoint Logging Functions, 3.5.17.0 (3S - Smart Software Solutions GmbH)	BPLog	3.5.17.0
CAA Device Diagnosis = CAA Device Diagnosis, 3.5.19.10 (CAA Technical Workgroup)	DED	3.5.19.10
CmpBitmapPool = CmpBitmapPool, 3.5.17.0 (System)	CmpBitmapPool	3.5.17.0
CmpOPCUAClient Implementation = CmpOPCUAClient Implementation, 3.5.19.10 (System)	CmpOPCUAClient_Implementation	
CmpOPCUAClient Interfaces, * (System)	CmpOPCUAClient_Interfaces	3.5.17.0
CmpOPCUAClient, 3.5.17.0 (System)	CmpOPCUAClient	3.5.17.0
CmpOPCUAProviderAlarmConfiguration = CmpOPCUAProviderAlarmConfiguration, 3.5.19.50 (System)	CmpOPCUAProviderAlarmConfiguration	
CmpOPCUAServer = CmpOPCUAServer, 3.5.17.0 (System)	CmpOPCUAServer	3.5.17.0
CmpOPCUAServer Implementation = CmpOPCUAServer Implementation, 3.5.17.0 (System)	CmpOPCUAServer_Implementation	3.5.17.0
CmpOPCUAServer Interfaces, * (System)	CmpOPCUAServer_Interfaces	3.5.17.0
CmpOPCUAStack Implementation = CmpOPCUAStack Implementation, 3.5.18.0 (System)	CmpOPCUAStack_Implementation	3.5.18.0
CmpOPCUAStack Interfaces, * (System)	CmpOPCUAStack_Interfaces	3.5.17.0
CmpOPCUAStack, 3.5.17.0 (System)	CmpOPCUAStack	3.5.17.0
IecVarAccess = IecVarAccess, 4.5.0.0 (System)	IecVarAccessLibrary	4.5.0.0
IoDrvGPIO, 4.11.0.0 (CODESYS)	IoDrvGPIO	4.11.0.0
IoStandard = IoStandard, 3.5.17.0 (System)	IoStandard	3.5.17.0
OPC_UA_PubSub_SL = OPC UA PubSub SL, 1.1.0.0 (CODESYS)	UADP	1.1.0.0
SM3_Basic = SM3_Basic, 4.16.0.0 (CODESYS)	SM3_Basic	4.16.0.0
SM3_CNC = SM3_CNC, 4.16.0.0 (CODESYS)	SM3_CNC	4.16.0.0
SM3_Robotics = SM3_Robotics, 4.16.0.0 (CODESYS)	SM3_Robotics	4.16.0.0
SM3_Robotics_Visu = SM3_Robotics_Visu, 4.16.0.0 (CODESYS)	SM3_Robotics_Visu	4.16.0.0
SM3_Transformation = SM3_Transformation, 4.16.0.0 (CODESYS)	TRAFO	4.16.0.0
Standard = Standard, 3.5.18.0 (System)	Standard	3.5.18.0
System_VisuElem3DPath = VisuElem3DPath, 4.5.0.0 (System)	VisuElem3DPath	4.5.0.0
System_VisuElemCamDisplayer = VisuElemCamDisplayer, 4.5.0.0 (System)	VisuElemCamDisplayer	4.5.0.0
System_VisuElemMeter = VisuElemMeter, 4.5.0.0 (System)	VisuElemMeter	4.5.0.0
System_VisuElems = VisuElems, 4.5.0.0 (System)	VisuElems	4.5.0.0

Anexo 17 Diseño 3D de tablero eléctrico SolidWorks.



Anexo 18 Diseño de clasificación de productos SolidWorks



Anexo 19. Análisis de contenido del documento



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magíster

Correccion

4%
 Textos sospechosos


< 1% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas


3% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Correccion .pdf
ID del documento: 216625973426c8b21fc9f4243a345db821ee3ec
Tamaño del documento original: 6,7 MB

Depositante: LUIS ENRIQUE CHUQUIMARCA JIMENEZ
Fecha de depósito: 16/5/2024
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 16/5/2024

Número de palabras: 26.565
Número de caracteres: 204.829

Ubicación de las similitudes en el documento:


Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.uta.edu.ec Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Sistema de d... <small>https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789037751</small> 4 fuentes similares	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, red);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (67 palabras)
2	 repositorio.uta.edu.ec Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Sistema de c... <small>https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789038451</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, orange);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (51 palabras)
3	 repositorio.upse.edu.ec <small>https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4539/1/UPSE-TIN-2018-0001.pdf</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, yellow);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	 repositorio.uta.edu.ec <small>https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789037751/1/2184ec.pdf</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, orange);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (43 palabras)
5	 incyt.upse.edu.ec Diseño y simulación de un sistema de cintas transportadoras ... <small>https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/ictu/article/view/629</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, green);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario @incyt El documento proviene de otro grupo	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, purple);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
2	 repositorio.upse.edu.ec <small>https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6760/1/UPSE-RCT-2022-Vol.9-No.2-002.pdf</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, purple);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
3	 repositorio.uta.edu.ec Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Revisión sist... <small>https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789036885</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, purple);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
4	 incyt.upse.edu.ec Revista Científica y Tecnológica UPSE Volumen 9 N° 2, Edición... <small>https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/ictu/article/download/629/5793/inline=1</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, purple);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	 repositorio.uta.edu.ec <small>https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789038451/1/2255id.pdf</small>	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, gray, purple);"></div>	 Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1  <https://ccnadesdecero.es/anatomia>
- 2  <https://ccnadesdecero.es/configuracion-basica-de>
- 3  <https://www.disco.com/c/dam/en/us/td/docs>
- 4  <https://ms.prosoft-technology.com/>
- 5  <https://www.smar.com/es/articulo>



Este documento es propiedad de:
LUIS ENRIQUE CHUQUIMARCA JIMENEZ