



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

Propuesta de diseño de un sistema de control de velocidad y monitoreo de
temperatura y humedad para un tractor a escala con raspberry pi.

AUTOR:

Cubi González, Jason Gabriel

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

TUTOR:

M.Sc. Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar

Guayaquil, Ecuador

19 de septiembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Y AUTOMATIZACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por el Sr. **Cubi González, Jason Gabriel**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**.

TUTOR

M.SC Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar

DIRECTOR DE LA CARRERA

M.SC. BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO

Guayaquil, a los 19 días del mes de septiembre del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Y AUTOMATIZACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cubi González, Jason Gabriel

DECLARÓ QUE:

El Trabajo de Integración Curricular: **Propuesta de diseño de un sistema de control de velocidad y monitoreo de temperatura y humedad para un tractor a escala con raspberry pi**, previo a la obtención del Título de **Ingeniería Electrónica y Automatización**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, a los 19 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

Cubi González, Jason Gabriel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, Cubi González, Jason Gabriel

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: Propuesta de diseño de un sistema de control de velocidad y monitoreo de temperatura y humedad para un tractor a escala con raspberry pi cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

Cubi González, Jason Gabriel

REPORTE URKUND



Document Information

Analyzed document	Cubi González.docx (D143635140)
Submitted	9/5/2022 10:56:00 PM
Submitted by	
Submitter email	efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

Reporte Urkund del trabajo de titulación de Carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización denominado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD Y MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN TRACTOR A ESCALA CON RASPBERRY PI**, del estudiante **JASON GABRIEL CUBI GONZALEZ** se encuentra al 0% de coincidencias.

TUTOR

Respetablemente,

ING. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado el don de la vida y la sabiduría en toda mi vida académica. Así mismo quiero agradecer de todo corazón a mi esposa e hija y también a mis padres, quienes me han apoyado en todo momento y han sido fuente de inspiración para poder seguir creciendo en mi vida profesional y académica.

Agradezco también al M.Sc. Tomás Bastidas por la guía durante todo el proceso de elaboración de este trabajo de integración curricular y a todos quienes componen a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo ya que han sido parte indispensable de mi formación a lo largo de la carrera universitaria.

DEDICATORIA

Este trabajo de integración curricular se lo dedico en primera instancia a Dios por darme la sabiduría e inteligencia para poder culminar mi vida académica con éxito. Así mismo quiero dedicarle este trabajo a mi esposa Adriana y a mi hija Hanna quienes han sido mi fuente de inspiración y superación en los momentos más difíciles de mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Y AUTOMATIZACIÓN

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M.SC. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS

DECANO

M.SC. VELEZ TACURI, EFRAIN OLIVERIO

COORDINADOR DE ÁREA

M.SC. CORDOBA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO

OPONENTE

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO I.....	3
CONSIDERACIONES GENERALES	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Metodología.....	5
CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Estado del Arte de sistemas automatizados en maquinarias agrícolas.....	7
2.2 Raspberry Pi.....	11
2.2.1 Componentes del Raspberry Pi.....	12
2.2.2 Especificaciones de las mejores versiones de Raspberry pi.....	13
2.2.3 Software para usar Raspberry Pi.....	14
2.2.4 Raspberry pi aplicada a la automatización de maquinarias agrícolas.....	14
2.3 Otros sistemas Embebidos.....	15

2.3.1 Arduino.	15
2.3.2 LattePanda.....	17
2.3.3 BeagleBone Black (BBB)	19
2.3.4 Onion Omega 2+.....	20
2.3.5 Banana Pi M3.....	21
2.3 Python.	23
2.4 Módulos.	24
2.4.1 Módulo pwm.	24
2.4.2 Modulo L298N.....	24
2.5 Sensores.	25
2.5.1 Sensor de proximidad por ultrasonidos.....	25
2.5.2 Sensor de humedad y temperatura DHT11.	26
2.6 Sistemas de arado.....	26
2.6.1. Tipo de arado más utilizados: Discos.....	27
2.6.2 Maquinarias agrícolas autónomas.....	28
2.6.3 Tecnologías utilizados para tractores autónomos.	29
2.6.4 Eficiencia tecnología de la automatización de maquinarias agrícolas.....	31
CAPITULO III.....	33
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN TRACTOR A ESCALA CON RASPBERRY PI 4.	33
3.1 Introducción.	33
3.2 Metodología del sistema de control del vehículo a escala.	33
3.3 Instalación y configuración de Raspbian OS en la Raspberry pi 4.....	35

3.4 Configuración de control remoto de Raspberry pi 4 por red Wifi en PC.	40
3.5 Diseño y conexiones para el sensor de temperatura, motores y alimentación del vehículo a escala.	46
3.6 Programación en Python para el sensor de temperatura y control de motores.	47
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Placas de raspberry pi.	12
Figura 2.2: Partes de una placa de raspberry pi 2.	13
Figura 2.3: Entorno virtual de raspbian.....	14
Figura 2.4: Entorno de desarrollo IDE de arduino.	16
Figura 2.5: Logo de LattePanda	17
Figura 2.6: Placa LattePanda.....	18
Figura 2.7: Placa BeagleBone Black.....	20
Figura 2.7: Diagrama de la Placa BeagleBone Black	20
Figura 2.8: Placa Onion Omega 2+.....	21
Figura 2.9: Diagrama de la placa Onion Omega 2+	21
Figura 2.10: Banana Pi M3.	22
Figura 2.11: Placa Orange Pi plus 2.....	23
Figura 2.12: Logo de Python.....	23
Figura 2.13: Modulo Pwm DC 12V-20A.....	24
Figura 2.14: Módulo o driver L298N.....	25
Figura 2.15: Sensor de proximidad por ultrasonidos.	26
Figura 2.16: Sensor DHT11.	26
Figura 2.17: Aradora de Discos marca Jhon Deer modelo 375.....	28
Figura 2.18: Maquinaria agrícola con Piloto automático Autotrac™.....	29
Figura 2.19: Maquinaria agrícola con Autotrac™.	29
Figura 2.20: Maquinaria agrícola con Igrade™.....	30
Figura 2.21: Estación Meteorológica Móvil.	30

Figura 2.22: Maquinaria agrícola con Greenstar™.....	31
Figura 2.23: Eficiencia tecnológica de la automatización en las actividades agrícolas.	32
Figura 3.1: Diagrama de Flujo del sistema de control del vehículo a escala.	34
Figura 3.2: Diagrama de Flujo del sistema de temperatura con el control del vehículo a escala.	34
Figura 3.3: Sitio Web de Raspberry Pi Foundation.	35
Figura 3.4: Software oficial de Raspberry- Raspbian OS	35
Figura 3.5: Versiones para descargar Raspbian OS	36
Figura 3.6: Raspberry pi imager - herramienta para instalar raspbian OS.....	36
Figura 3.7: Panel de configuración para instalar raspbian.	37
Figura 3.8: Selección del archivo que contiene el OS.	37
Figura 3.9: Panel de configuración con parámetros para el local host.....	38
Figura 3.10: Configuración de usuario y contraseña para ingresar al OS.....	38
Figura 3.11: Configuración de zona horaria y teclado del OS.....	39
Figura 3.12: Instalación de Raspbian OS a la micro SD.....	39
Figura 3.13: Entorno del OS Raspbian.	40
Figura 3.14: Instalación del sistema operativo mediante Rufus.	40
Figura 3.15: Panel de configuración del router.	41
Figura 3.16: Software de open-source PuTTY.	41
Figura 3.17: Versiones disponibles para descargar PuTTY.....	42
Figura 3.18: Carpetas que componen el OS de raspberry.....	42
Figura 3.19: Creación del archivo ssh.....	43

Figura 3.20: Ingreso a raspbian con PuTTY.	43
Figura 3.21: Configuración de herramientas en raspbian.	44
Figura 3.22: Habilitación de VNC en el OS.	44
Figura 3.23: Ingreso de la dirección IP para la conexión con VNC viewer.....	45
Figura 3.24: Ingreso de usuario y contraseña en VNC viewer.	45
Figura 3.25: Entorno de raspbian con VNC viewer.	46
Figura 3.26: Diagrama de conexión de la raspberry pi 4 y demás dispositivos.....	47
Figura 3.27: Vehículo a escala.	47
Figura 3.28: Instalación de la primera librería en las raspberry pi 4.....	48
Figura 3.29: Proceso de creación, instalación y actualización de librerías en el OS. 48	
Figura 3.30: Instalación de la librería “python3-dev python3.pip”.	49
Figura 3.31: Instalación de la librería “upgrade pip setuptools wheel”.	49
Figura 3.32: Instalación de la librería “adafruit-circuitpython.dht”.....	50
Figura 3.33: Instalación de la librería “libgpio2”.....	50
Figura 3.34: Inicio de la programación en Python.....	51
Figura 3.35: Fin de la programación en Python.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Especificaciones de las mejores versiones de raspberry pi.....	13
---	----

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular se basa en una propuesta de diseño para controlar un tractor a escala. El objetivo principal se contempla el desarrollar un sistema de control mediante una serie de programaciones en Python 3 con raspberry pi 4 que permita mejorar y optimizar la velocidad y movimiento de un tractor a escala en operación de arado. La metodología por usar es de tipo deductiva y analítica para la búsqueda de información específica y detallada mediante una investigación del tipo aplicada que solucione las problemáticas planteadas en este trabajo. Para poder realizar el diseño del sistema de control en un tractor a escala se utilizará distintos materiales como hardware y software de usos libres, de manera específica una raspberry pi 4 que será el cerebro del equipamiento lógico a implementar, además de servomotores para controlar la velocidad de las ruedas del tractor y un sensor de temperatura y humedad para mejorar su funcionamiento de acuerdo al ambiente.

Palabras claves: Raspberry pi, microcontroladores, Control de Velocidad, Python, sistemas automatizados, Tractor

ABSTRACT

This curricular integration work is based on a design proposal to control a scale tractor. The main objective is to develop a control system through a series of programming with raspberry pi 4 that allows improving and optimizing the speed and movement of a scale tractor in plowing operation. The methodology to be used is deductive and analytical for the search for specific and detailed information through applied research that solves the problems raised in this work. In order to carry out the design of the control system in a scale tractor, different materials will be used such as hardware and free software, specifically a raspberry pi 4 that will be the brain of the logical equipment to be implemented, as well as servomotors to control the speed. of the tractor wheels and a series of sensors to improve its operation according to the environment.

Keywords: Raspberry pi, microcontrollers, speed control, python, automated systems tractor.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador son muchas las zonas que se dedican a la agricultura y que todavía utilizan técnicas ancestrales para realizar las actividades del campo, con el pasar de los años las diferentes zonas agrícolas del país sufren conflictos de desarrollo debido a la alta inversión que esto implica, ya que la mayoría no tiene ayuda estatal para poder mejorar su productividad y rentabilidad.

En este siglo XXI son muchos los países que han optado por la automatización de diversas áreas que influyen en la agricultura, como maquinarias para el arado, para la siembra e incluso se usan drones teledirigidos para la fumigación y fertilización del cultivo llegando así a la denominada agricultura de precisión.

Este trabajo busca desarrollar un sistema de control de velocidad y seguimiento implementado en un tractor agrícola a escala, el cual permitirá simular la eficiencia de esta maquinaria en operación de arado y preparación de terrenos para las actividades agrícolas. Para el diseño de este sistema se usará el microcontrolador Raspberry Pi 3 como el centro de mando que dirigirá las acciones de este vehículo a escala.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Antecedentes.

A lo largo de la historia la tecnología es uno de los campos que ha evolucionado en todo el mundo, el desarrollo de nuevos sistemas y procesos que mejoren las actividades que realiza el ser humano, es sin lugar a duda uno de los cambios característicos que la tecnología ha presentado, dando como resultado a lo que se conoce como agricultura de precisión.

En la tesis “Diseño y construcción de un sistema practico de guiado con arduino, a escala para tractor agrícola de bajo costo”. Se menciona que la automatizacion de maquinarias u objetos agricolas que influyen directa o indirectamente en la agricultura es una consecuencia de lo que se conoce actualmente como la era digital, a su vez que presentaran constantes cambios con el pasar de los años. Actualmente la agricultura de precision son impulsadas por las tecnologias de la informacion (TIC) que han permitido un desarrollo en distintas areas del campo agricola. (López García & Arredondo Romero, 2018)

Por otro lado en el trabajo “Veículo Eléctrico Autônomo Guiado por GPS para Ambiente Industrial” se menciona que la utilización de un sistema de posicionamiento global (GPS) es la manera mas eficaz de obtener la posicion geográfica de un objeto, del tal modo que cualquier vehículo que tenga movimiento puede ser automatizado y mejorado para fines industriales y comerciales. El autor tambien menciona que una maquina agrícola autónoma mejoraría sus características de trabajo ofreciendo a la industria altas capacidades de producción, optimización de tiempos y aumento de la economía, a esta autonomía del vehiculo se la conoce como vehículo de guiado automático por sus siglas (AVG).(Zaro et al., 2020)

1.2 Planteamiento del problema.

La industria agrícola ha tenido muchos problemas para su correcto desarrollo durante la última década. El alza de precio en maquinarias agrícolas y el incremento de la mano de obra, han llevado a los distintos sectores agrícolas a la necesidad de la automatización de algunos de los procesos que realiza. Un ejemplo claro es el arado o preparación del terreno para posteriormente realizar el sembrío. Con la automatización

del proceso agrícola, específicamente realizar un sistema de control autónomo en una maquinaria agrícola puede ayudar a maximizar la producción de sus cultivos.

Existen notables diferencias entre una maquinaria agrícola convencional y una que posea algún sistema automatizado, y es que el sistema de control puede permitir trabajar con independencia de las condiciones atmosféricas y de visibilidad, además de permitirle al agricultor trabajar tanto en el día como en la noche. Así mismo el pequeño o grande agricultor podrá obtener un trabajado de acuerdo a diversos parámetros que el crea conveniente tal como la velocidad, el área parcial y total o la distancia recorrida, lo que puede ser de gran utilidad para realizar un mejor arado. (López García & Arredondo Romero, 2018)

1.3 Justificación.

La implementación de un sistema de control con gestión remota podrá permitir simular el trabajo que realiza una maquinaria agrícola ya que con este sistema teledirigido se podría optimizar los tiempos que una maquinaria convencional tarda en realizar su trabajo, desarrollando de esta manera lo que se conoce como agricultura de precisión. La propuesta de este diseño a escala busca la implementación de tecnologías de bajo costo con materiales accesibles para todo tipo de agricultores, siendo una herramienta de fácil manejo y de mejor producción para el sector agrícola.

Así mismo desarrollar este sistema de control tiene la necesidad facilitar, satisfacer y optimizar las labores mecanizadas de un tractor agrícola tales como errores en áreas no aradas correctamente, prescindir del operario y sobre todo que al usar un sistema preciso se obtendrán mejores resultados.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Desarrollar un sistema de control mediante la programación en Python en raspbian OS con raspberry pi 4, que permita monitorear la temperatura y humedad del entorno y controlar la movilidad del vehículo a escala.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Definir una interfaz programada en Python 3 que permita la conexión entre el microcontrolador, el sensor de temperatura y humedad y los servomotores en el vehículo a escala.
- Diseñar un circuito electrónico que permita mostrar la funcionalidad del sistema de control remoto aplicados al tractor escala.
- Detallar la viabilidad económica y de rendimiento del sistema de control remoto dirigido por la raspberry pi 4 implementado en el móvil de dimensiones reducidas.

1.5 Hipótesis.

Mediante el desarrollo de este sistema se pretende obtener un modelo de tractor a escala dirigido de manera remota, para controlar las acciones de movimiento y monitoreo de temperatura y humedad del entorno. Así mismo se busca diseñar un sistema de control fácil de programar, configurar y manejar permitiendo alcanzar los objetivos planteados en este proyecto. Por esta razón se propone un sistema que tenga características flexibles y de bajo costo ya que permite optimizar los tiempos de trabajo y mejorar el margen de producción en la parte industrial con equipos a gran escala.

1.6 Metodología.

El siguiente proyecto tiene como recurso utilizar un método deductivo y analítico para la búsqueda de información específica y detallada mediante una investigación del tipo aplicada y experimental cuantitativa, que solucione las problemáticas planteadas en este trabajo. Para poder realizar el diseño del sistema de control en un tractor a escala se utilizará distintos materiales como hardware y software de usos libres, de manera específica una raspberry pi 4 que será el cerebro del equipamiento lógico a implementar, además de servomotores para controlar la velocidad de las ruedas del tractor y un sensor de temperatura y humedad relativa que monitore las condiciones del entorno para mejorar su funcionamiento.

La búsqueda de problemas que afectan a la sociedad en el ámbito productivo, mejora de servicios y optimización de tiempo requieren una investigación del tipo aplicada ya que se orienta a corregir y mejorar el funcionamiento de este tipo de

procesos y sistemas. Además, a esta investigación se adhieren las hipótesis y planteamiento de problemas para resolver las distintas actividades productivas, de consumo y servicio que afectan la vida de la colectividad humana.(Nieto, 2018)

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte de sistemas automatizados en maquinarias agrícolas.

El sistema de auto guiado AutoTrac™ de John Deere® es un sistema de control automatizado que permite a cualquier tipo de tractor realizar actividades de campo de manera efectiva y mucho más rápida, aprovechando de esta manera los recursos que posee. Además, optimiza las horas de trabajo gracias a que cuenta con diferentes señales bajo su sistema de precisión Agricultural Management Solutions (AMS). La empresa desarrolladora de este sistema de guiado autónomo tiene la capacidad de insertar la tecnología que posee en maquinarias de otras compañías de modelos antiguos, así como en modelos nuevos, el cual tiene como fin un camino hacia una mayor productividad y rentabilidad en el sector agrícola. (Deere Company, 2022)

El desarrollo de sistemas automatizados para la industria agrícola se está convirtiendo en una de las mayores prioridades de las grandes empresas del mundo. El Efecto del sistema de guiado semi-automático en la trayectoria de un tractor agrícola indica que los distintos avances tecnológicos de posicionamientos permitieron equipar a los tractores convencionales con sistemas de navegación GPS, sensores y actuadores los cuales permitieran programar la trayectoria en la que realizan su trabajo. Gracias a la programación de la dirección de un tractor se puede lograr mejorar la productividad y ahorro de insumos necesarios para la maquinaria agrícola. El autor en su trabajo demuestra el sistema de guiado lienal EZ-Steer® en un tractor MasseyFerguson 592T que combina un sistema de posicionamiento geográfico (GPS) y un sistema de corrección diferencial (DGPS) que permiten tener de forma real y con un margen de error mínimo la posición exacta de cualquier maquinaria agrícola. Por lo tanto, los resultados obtenidos demuestran que existen errores mínimos que no afectan en el objetivo deseado, además de no dejar áreas de terreno sin trabajar, demuestra la viabilidad de un vehículo agrícola semi-automático. (A-Tzec et al., 2018, p.)

Agricultura 4.0 incluye una gama de tecnologías que combinan sensores, sistemas de información, maquinaria mejorada y gestión informada para optimizar la producción teniendo en cuenta la variabilidad y la incertidumbre dentro de los sistemas agrícolas. Los vehículos terrestres y aéreos autónomos pueden generar mejoras

beneficiosas para la gestión al realizar tareas en el campo de manera eficiente en el tiempo. En particular, se pueden obtener más beneficios al permitir acciones cooperativas y colaborativas entre vehículos aéreos y terrestres no tripulados para operaciones de campo precisas, oportunas y eficientes. En este trabajo se realizan pasos preliminares y críticos para analizar y comprender los desafíos técnicos y metodológicos relacionados con los principales temas involucrados. Una descripción general de los escenarios agrícolas que pueden beneficiarse del uso de máquinas colaborativas y los escenarios cooperativos correspondientes que se emplean típicamente en este marco. Se proporciona una colección de modelos cinemáticos y dinámicos para diferentes clases de vehículos aéreos y terrestres autónomos, lo que representa un paso fundamental para comprender el comportamiento del vehículo cuando se requiere una autonomía total. (Mamarella et al., 2021)

Los avances tecnológicos recientes en la agricultura incluyen sistemas de navegación para maquinaria agrícola. Estos sistemas permiten posicionar los tractores en el campo con poca intervención del conductor. Esto permite que los conductores fatigados descansen mientras siguen observando las operaciones del tractor y del implemento. Además, la precisión de posicionamiento adecuada depende del sistema de posicionamiento que se utilice; algunos sistemas usan GPS cinemático en tiempo real, mientras que otros usan sensores de cultivos. Estos sistemas permiten a los agricultores trazar cultivos entre hileras, lo que antes era inviable. Los fabricantes de tractores lanzan regularmente nuevos avances tecnológicos en automatización. Las empresas centradas específicamente en los sistemas de guiado de tractores también ofrecen amplias opciones para los sistemas de dirección y guía automatizados. Estas opciones permiten planes de implementación mejorados que sincronizan mejor las acciones del tractor y del implemento. En algunos casos, los procesos automatizados pueden incluso realizar giros finales donde se elevan implementos. Esto permite que el tractor haga una rotación de 180 grados para posicionar correctamente el implemento para la siguiente pasada. Además, los dispositivos de guía de implementos pueden controlar la posición y la dirección de los tractores, en lugar de los propios tractores, para colocar los implementos con precisión. Estos diferentes sistemas de diferentes fabricantes tienen características distintas, que se analizan en este artículo junto con los desarrollos recientes de cada uno. (Craig P et al., 2018)

Hoy en día, los dispositivos de detección de IoT pueden ejecutar algoritmos de aprendizaje automático muy cerca de los sensores, no solo recopilando datos de amplia cobertura, sino incluso realizando análisis de datos y detección de anomalías de inmediato. Los algoritmos de la red neuronal del sensor cercano pueden detectar automáticamente las polillas de la manzana: el sistema toma fotografías de las trampas, las procesa previamente, planta y clasifica cada insecto, y finalmente envía una notificación al agricultor cuando se detecta alguna polilla en la manzana. Se desarrolla la aplicación en una plataforma de baja energía alimentada por varios cientos de centímetros cuadrados de paneles solares, lo que permite un sistema de energía autónomo capaz de operar continuamente sin supervisión a través de una red de área amplia de baja potencia. Un aspecto notable de esta solución de IoT es una plataforma de bajo consumo para algoritmos de aprendizaje automático para la creación rápida de prototipos de IoT. El hardware está basado en una placa Raspberry Pi3 y un Intel Movidius Neural Compute Stick, responsables de la tecnología de preprocesamiento e implementación de la red neuronal, respectivamente. El modelo de red se analiza en detalle, mostrando la configuración de parámetros y las limitaciones para restricciones de hardware específicas. Se evalúa el desempeño del sistema propuesto y se comenta el consumo de energía para lograr un balance energético cero del sistema. (Brunelli et al., 2019)

Los vehículos terrestres no tripulados (UGV) están ganando popularidad en entornos agrícolas. Estos sistemas no tripulados se implementan para abordar la escasez de mano de obra en la industria agrícola y mejorar la seguridad alimentaria en todo el ciclo de producción de cultivos. Los usos comunes de UGV en la agricultura incluyen: detección de estiércol animal, estudios de crecimiento de cultivos, detección de daños a los cultivos por tormentas o inundaciones y detección de plagas o moho dañinos. La navegación por las hileras de cultivos generalmente se logra utilizando cámaras basadas en visión y unidades del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Implemente una estrategia de visión artificial para detectar contornos y bordes de hileras de cultivos para garantizar una navegación correcta entre hileras sin dañar el cultivo. Existen otras estrategias de control y navegación para el movimiento autónomo de los UGV. (Bonadies & Gadsden, 2019)

El Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) permite determinar la posición 3D de un punto en la superficie terrestre midiendo la distancia desde la antena receptora hasta la posición orbital de al menos cuatro satélites. Seleccionar y comprar un receptor GNSS en función de las necesidades de su granja es el primer paso para implementar la agricultura de precisión. El propósito de este trabajo es comparar la precisión de posicionamiento de cuatro receptores GNSS, que difieren en características técnicas y modos de operación: Stonex S7-G (S7) con capacidad de cinemática en tiempo real (RTK) para frecuencias de pendiente del terreno L1/L2; Stonex S5 (S5) admite frecuencia L1 RTK; Thales MobileMapper Pro (TMMP) frecuencia L1; frecuencia L1 de bajo costo Quantum GPS Logger V2 (QLV2). Para evaluar la precisión de posicionamiento de estos receptores, es decir, la distancia de un punto determinado a una trayectoria de referencia, se realizaron diferentes pruebas, con o sin datos de corrección cinemática en tiempo real (RTK) y/o una antena externa. Los resultados muestran que ha mejorado la precisión de posicionamiento de todos los receptores de satélite probados con una antena externa. El receptor de satélite Thales MobileMapper Pro tiene la peor precisión de posicionamiento. Sorprendentemente, el error de posición promedio del receptor Quantum GPS Logger V2 de bajo costo es de solo 0,550 m. La precisión de posicionamiento del receptor anterior es ligeramente peor que la del Stonex S7-G sin antena externa y corrección diferencial (error máximo de posicionamiento 0,749 m). (Catania et al., 2020)

La conducción autónoma de maquinaria agrícola utilizando información del sistema global de navegación por satélite (GNSS) se ha desarrollado rápidamente porque se considera una medida de ahorro de mano de obra en la agricultura. Las máquinas agrícolas pueden determinar su posición mediante una señal GNSS, lo que les permite moverse por un área de forma autónoma. Sin embargo, si la máquina solo utiliza la señal GNSS para la auto ubicación, corre el riesgo de colisionar con obstáculos, ya que es posible que no vea el entorno con precisión. Además, sensores como el radar o el láser no pueden distinguir entre hierba y obstáculos; Por lo tanto, no se pueden utilizar para detectar un entorno agrícola, incluida la detección de obstáculos que es probable que encuentren las máquinas. En entornos como huertos con baja precisión de posicionamiento satelital, no se puede lograr la conducción autónoma. Este documento describe nuestro desarrollo de un sistema de conducción autónomo capaz de evitar obstáculos y conducir sin la ayuda de señales GNSS. El

sistema utiliza sistemas de detección de objetos basados en cámaras estéreo y técnicas de aprendizaje profundo (es decir, redes neuronales convolucionales), ya que pueden utilizarse para identificar el entorno y evitar obstáculos. Uso de mediciones GNSS cinemáticas en tiempo real para evaluar las capacidades de conducción autónoma de los vehículos a través de experimentos realizados en la Universidad de Tokio. (Inoue et al., 2019)

2.2 Raspberry Pi.

Raspberry se considera una placa de tamaño reducida perteneciente a un ordenador o computadora de muy bajo costo, por tal motivo la hace accesible a miles de personas para la realización de distintos proyectos. Este microprocesador fue producido por la Raspberry Pi en Inglaterra con el objetivo de que su placa fuera una herramienta de enseñanzas en los primeros años de estudios de las personas, por tal motivo presenta algunos beneficios tales como: bajo costo de adquisición, bajo consumo eléctrico y unas dimensiones similares a una tarjeta de supermercado. La arquitectura en la cual se basa esta placa es la de ARM, con un sistema operativo denominado Raspbian, que lo hace muy popular y fácil de manejar para realizar distintos trabajos. Sin embargo, para poder utilizar este sistema operativo es necesario instalarlo en una tarjeta de memoria SD. (Viera, 2017)

Desde que fue lanzado al mercado este miniordenador ha ido evolucionado y satisfaciendo las necesidades de quienes usan este tipo de placas, puesto que, a pesar de su tamaño reducido, este pequeño microcontrolador tiene la capacidad de ejecutar aplicaciones y juegos de alta gama, así como el desarrollo de algunas actividades que generalmente podría hacer un computador. La Fundación Raspberry Pi ha desarrollado distintos modelos de placas tales como: Raspberry Pi 1 con su modelo A y B, Raspberry Pi 2 con el modelo A+ y B+, Raspberry Zero, el Raspberry Pi 3 y el Raspberry Pi 4, cada una superando a la otra o añadiendo una característica específica para su uso correcto en algún trabajo.(Viera, 2017)

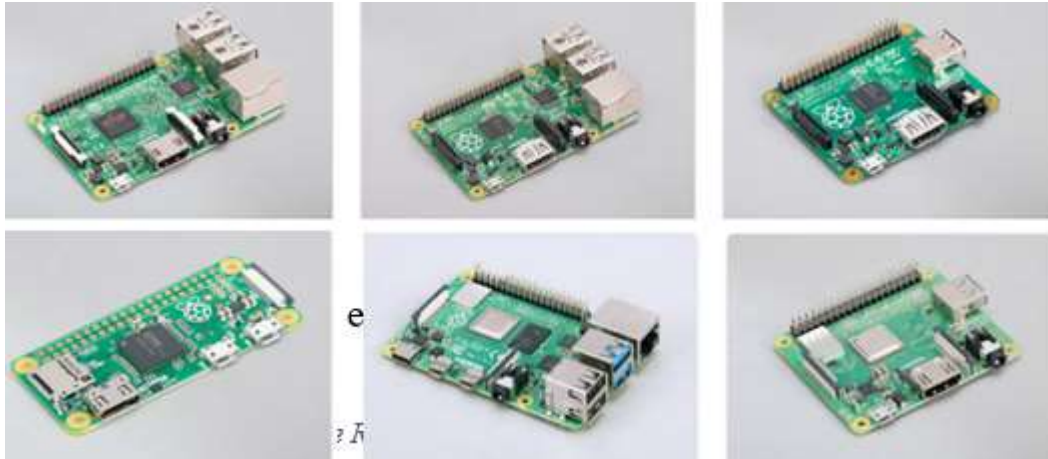


Figura 2.1: Placas de raspberry pi.
Fuente: (Raspberry pi, s. f).

2.2.1 Componentes del Raspberry Pi.

- **Procesador:** Es el cerebro de esta placa y el encargado de realizar las tareas, un ejemplo sería el procesador del modelo Raspberry Pi 1 modelo B que posee un sistema BCM2835 Broadcom en un chip integrado (SoC), además incluye un ARM1176JZF-S a 700 MHz, un procesador gráfico GPU (Video Core IV) y una memoria RAM de 512 MB.
- **Puerto Ethernet:** Algunos modelos A no poseen estos puertos sin embargo pueden acoplarse mediante un adaptador de Ethernet, los modelos B generalmente si posee este puerto.
- **Puertos USB:** Se emplea para permitir la conexión con distintos componentes tales como mouse, teclado y hasta cámaras web
- **Entradas análogas:** Estos pines pueden emplearse como entradas y salidas de uso general para permitir al raspberry la comunicación con otros componentes.
- **Puertos HDMI:** Que permiten la entrada y salida de audio y video dependiendo del modelo de placa
- **Puertos de audio:** Pueden soportar distintos estándares de salidas de audio tales como HDMI, RCA Y DSI, esta característica es específica del raspberry Pi modelo B. (Viera, 2017)

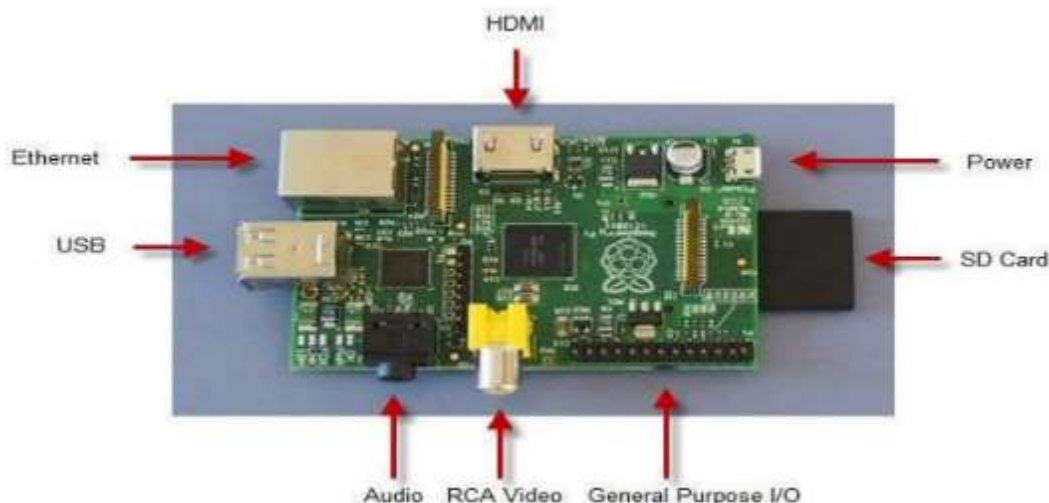


Figura 2.2: Partes de una placa de raspberry pi 2.
Fuente: (Raspberry pi, s. f).

2.2.2 Especificaciones de las mejores versiones de Raspberry pi.

Tabla 2.1: Especificaciones de las mejores versiones de raspberry pi

ESPECIFICACIONES	RASPBERRY PI 4 MODEL B+	RASPBERRY PI 3 MODEL B+	RASPBERRY PI 3 MODEL B
PROCESADOR	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC	Quad Core Broadcom BCM2837 64bit CPU
FRECUENCIA	1,5 GHz	1,4 GHz	1,2 GHz
GPU	VideoCore VI 500 MHz	VideoCore IV 400 MHz	VideoCore IV 400 MHz
MEMORIA	1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM	1GB LPDDR2 SDRAM	1GB LPDDR2 SDRAM
CONECTIVIDAD INALAMBRICA	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE	2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE	BCM43438 wireless LAN and Bluetooth Low Energy (BLE) on board
CONECTIVIDAD RED	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (300 Mbps)	100 base Ethernet
PUERTOS	40 pines GPIO header 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports. 2 x Micro HDMI ports 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI 4-pole stereo audio and video port 5V/2.5A DC power input Micro SD card USB-C (alimentación) Power-over-Ethernet (PoE)	40 pines GPIO header HDMI 4 USB 2.0 ports CSI camera port DSI display port 4-pole stereo audio and composite video port Micro SD port 5V/2.5 ^a DC power input Power-over Ethernet (PoE)	40 pines GPIO 4 USB 2.0 ports 4 Pole stereo output and composite video port HDMI CSI camera port DSI display port Micro SD port Micro USB power source 2.5 A

Fuente: (Raspberry Pi, 2022)

2.2.3 Software para usar Raspberry Pi.

Linux es el sistema operativo más recomendado para trabajar con este microprocesador, sin embargo, existen una variedad de diferentes distribuciones sobre este sistema, tales como: Debian u OpenSUSE y Red Hat Enterprise, todos estos usados para servidores de alto nivel, así mismo existen las distribuciones más comunes: Debian, Ubuntu, Fedora o Linux Mint. La similitud que presentan estas distribuciones es que el núcleo principal que utilizan es el kernel de Linux. Por lo tanto, el uso de cualquiera de estas dependerá del objetivo o proceso que el software debe realizar, ya que cada una de ellas poseen herramientas y configuraciones de manera distinta, ofreciendo al usuario una experiencia distinta de la otra. La distribución que más se adapta al raspberry Pi es Raspbian el cual está basado en el sistema Linux de Debian puesto que se han añadido mejoras en los paquetes de softwares y herramientas tales como: Matemática o Scratch, Java específicos para el Raspberry Pi. En la actualidad existen 3 distintitas versiones de Raspbian las cuales son: Raspbian Jessie, Raspbian Jessie lite, Raspbian Wheezy. (Molloy, 2019)

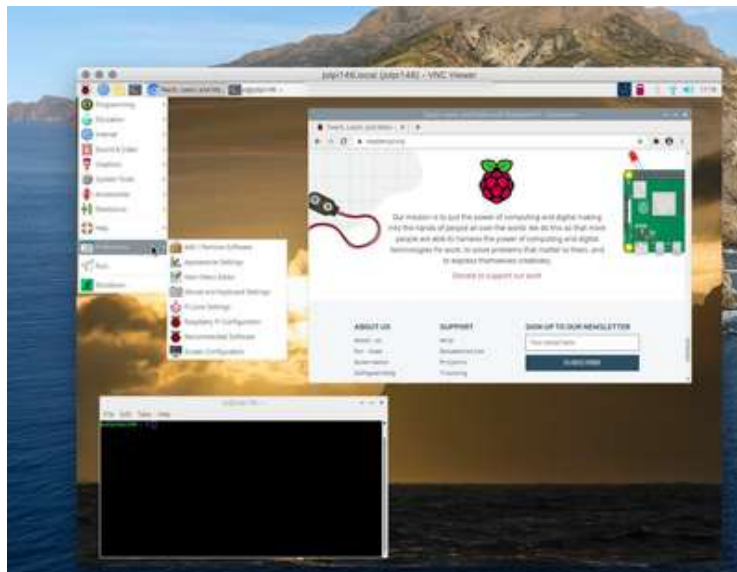


Figura 2.3: Entorno virtual de raspbian.
Fuente: (Jolles, 2021)

2.2.4 Raspberry pi aplicada a la automatización de maquinarias agrícolas.

La plantación se realiza de forma automática mediante un sistema robotizado sin necesidad de mano de obra. Al reducir la mano de obra y el tiempo, se puede aumentar la productividad. Se fija una cámara web en la configuración del robot para monitorear las tierras de cultivo. Además, se diseña un robot autónomo para la agricultura utilizando condiciones en tiempo real analizando parámetros de campo

como la humedad del suelo. El Raspberry Pi utilizará un sensor adjunto para detectar las condiciones de humedad del suelo, el cual están programadas para encender/apagar el motor de CC para el riego automático según la entrada del sensor de humedad. Los robots autónomos también se pueden controlar en direcciones específicas a través de instrucciones proporcionadas en una página web. A través de las instrucciones de la página web, el motor DC correspondiente funcionará y el fertilizante se rociará en el campo. El sensor PIR está conectado con la Raspberry Pi para detectar movimiento y proteger los cultivos. El Raspberry pi también tiene una interfaz con un sensor de lluvia para medir la lluvia y alertará a los agricultores sobre el exceso de la misma. (Arivalagan et al., 2020)

2.3 Otros sistemas Embebidos.

2.3.1 Arduino.

Es una de las plataformas de hardware libres más populares del mundo, el importante progreso que caracteriza a la empresa italiana dueña de estos microprocesadores ha permitido el desarrollo de distintos proyectos alrededor del mundo. En los últimos años, la evolución de estos componentes incentivó a que fueran utilizados en distintas áreas como herramientas para materializar ideas innovadoras o para solucionar problemas de la vida cotidiana. La manufactura de circuitos electrónicos y diseño de cada una de sus placas utilizadas para programación es el principal objetivo que tiene la empresa Arduino. Esta empresa utiliza entornos de desarrollo fáciles de utilizar para las personas que buscan controlar sensores, actuadores o monitorear sistemas de comunicaciones mediante una recepción de señal con el microcontrolador que se esté usando. (Novillo-Vicuña et al., 2018)

Las placas de Arduino son circuitos integrados capaces de grabar instrucciones con el lenguaje de programación apropiado, además presenta características de comunicación y almacenamientos de datos muy que sobresalen frente a otras placas de trabajo. La comunicación de estas tarjetas con circuitos integrados tiene distintas maneras de realizarse ya que cuenta con algunos puertos digitales y análogos para su interfaz, los mismos que mediante señales permiten la

interacción directa con distintos dispositivos los cuales pueden ser: Ethernet, bluetooth, wifi, entre otros.(Peña, 2020)

El entorno de desarrollo integrado (IDE) de una multiplataforma utilizada para la transcripción del lenguaje hacia las diferentes placas que posee la empresa de estos microprocesadores. Este entorno de trabajo no solo permite cargar programas para las mismas placas de Arduino, sino que al utilizar la licencia open-source permite trabajar con placas desarrolladas por otros proveedores. El IDE de Arduino posee múltiples herramientas de software que te permitirá escribir, editar, grabar y depurar los códigos que estes utilizando de una manera rápida y sencilla. Adicional a esto la empresa ofrece la utilización de su plataforma online en caso de no querer instalar el programa IDE en el computador.(Bonilla Campo, 2021)



Figura 2.4: Entorno de desarrollo IDE de arduino.
Fuente: El autor

Un ejemplo claro de arduino en la agricultura es el diseño del circuito, el algoritmo de control y la implementación de un modelo robótico prototipo que se puede utilizar para la siembra de campo. En este diseño, una pequeña unidad de perforación excava un hoyo u hoyo en el campo para sembrar semillas. La profundidad de perforación se controla de forma remota a través del protocolo Bluetooth. Para cubrir con arena las semillas sembradas por el robot, se instala una placa de metal en la parte posterior del robot. Los paneles laterales traseros continúan cubriendo las semillas a medida que el robot avanza. Para controlar la válvula en la línea de alimentación del tanque de semillas a la velocidad deseada, se utiliza un servomotor de CC. Con la ayuda de algoritmos de control desarrollados para el robot de siembra, se puede modificar la profundidad de siembra y el número de semillas por posición

según las necesidades del usuario. El robot puede sembrar semillas a una profundidad de 2 a 5 cm. Un módulo Bluetooth conectado a la unidad de microcontrolador establece la comunicación de señales de control entre el robot y el teléfono inteligente. Las diferentes tareas del robot son controladas por una aplicación de Android instalada en el teléfono inteligente. (Sugadev & Ravi, 2021)

2.3.2 LattePanda.

Son nuevos ordenadores de placa reducida al igual que raspberry pi utilizados para el desarrollo de proyectos relacionados con el control y automatizaciones de objetos, además se utiliza en las mejoras de los sistemas de las industrias y otros campos que requieran de las características que ofrecen estos ordenadores. LattePanda fue creada con la finalidad de suplantar en los mercados a la tarjeta raspberry, el cual ofrece un hardware más económico, más potente, con mejores características y funciones que algunas de las tarjetas de Raspberry pi Foundation. Proporciona la instalación de múltiples herramientas, programas y softwares con convierten a este miniordenador en una placa muy versátil y de bajo costo. (Gómez & Yaguana, 2018)



Figura 2.5: Logo de LattePanda.

Fuente: LattePanda (2017)

LattePanda posee un procesador Intel Cherry Trail Z8350 Quad-Core, que trabaja a una frecuencia base de 1.44GHz hasta 1.92GHz, en esta placa corre un sistema operativo Windows 10 Home Edition, posee una memoria RAM: 4GB DDR3L con una capacidad de almacenamiento de 64GB, además integra una GPU Intel HD Graphics, Wi-Fi 802.11n 2.4G, bluetooth 4.0 e integra un coprocesador Arduino ATmega32u4 (Arduino Leonardo), entre otras.(LatterPanda, 2022)



Figura 2.6: Placa LattePanda.
Fuente: (LatterPanda, 2022)

Otro ejemplo claro del uso de esta placa es el diseño de una plataforma robótica autónoma que utiliza inteligencia artificial (IA) espacial para evitar colisiones y detectar enfermedades en los cultivos. Este trabajo demuestra el funcionamiento de la plataforma robótica propuesta en el cultivo de trigo. Una limitación importante para los agrónomos en los ensayos de mejoramiento es no atropellar el trigo mientras conducen. Esto limita la libertad del robot para navegar libremente en los campos de trigo. Para superar este obstáculo, se entrena un modelo espacial de aprendizaje profundo para ayudar al robot a navegar libremente en el campo y evitar colisiones con el trigo. Para entrenar este modelo, se utiliza una base de datos disponible públicamente de imágenes de trigo pre-etiquetadas, así como imágenes de trigo recolectadas en el campo. YOLO (You Only Look Once) se ha utilizado como modelo de aprendizaje profundo para la detección de trigo. La R-CNN más rápida (Red neuronal convolucional basada en regiones más rápida) con ResNet-50-FPN (Red neuronal residual-50 Feature Pyramid Network) como columna vertebral también se utiliza para comparar la precisión de YOLO. Esto permite una visualización de 1 a 3 fotogramas por segundo (fps) para detectar trigo en el campo. El robot viaja en la naturaleza de 2 a 5 millas por hora, y esta velocidad de cuadro de 1 a 3 fps solo le permite al robot detectar su entorno una vez cada pie más o menos. (Gunturu, 2021)

Para mejorar la velocidad de fotogramas de la respuesta en tiempo real del robot al entorno en vivo, las imágenes anteriores se usaron para entrenar el detector de disparo único (SSD) MobileNet y usar una nueva cámara, la cámara Luxonis Depth AI Camera, para la inferencia en el sitio. El modelo y la cámara recién entrenados juntos pueden lograr velocidades de cuadro de 18-23 fps. Después de discutir la detección, la navegación de robots autónomos se analiza a continuación. La nueva

cámara permite que el robot determine la distancia a los objetos detectados mediante el uso de una cámara estéreo integrada con la cámara principal de IA. Las cámaras estéreo permiten que el modelo determine qué tan cerca está el robot de un objeto específico. Una vez que se conoce la distancia adecuada, se pueden escribir algoritmos para que el robot maniobre con mayor precisión en un entorno real. Cuando detecta un objeto en el campo, MobileNet SSD envía una señal de distancia de umbral binaria al controlador de movimiento del robot. El controlador de movimiento puede usar esta información para tomar decisiones, como continuar el movimiento, girar o detenerse. Para mejorar la gama de posibles aplicaciones del robot, también se instaló un modelo de clasificación en el robot para localizar dos de las enfermedades más comunes en el trigo, la roya del tallo y la roya del trigo, el cual permite a los agrónomos detectar estas enfermedades a gran escala. (Gunturu, 2021)

2.3.3 BeagleBone Black (BBB)

Es una computadora de placa única (SBC) de bajo costo con un procesador ARM. Aunque hay otros 53 SBC en el mercado, como RaspBerry PI, Intel Galileo y BeagleBone, su diferencia clave es que, además del procesador principal, tiene dos microprocesadores integrados (PRU-ICSS Programmable Real-Time Unit Industrial control subsystem). Se puede usar como una interfaz en tiempo real, un área donde otros SBC de Linux tienen dificultades significativas. Tiene un procesador ARM® Cortex-A8 1GHZ que puede adquirir señales a excelentes frecuencias de muestreo en su entrada de analógico a digital (AD) de 12 bits, posee 4 Gb de almacenamiento interno, funciona como un servidor local y almacena todos los resultados de las mediciones sin necesidad de un almacenamiento externo, como una base de datos en línea. Además, el sistema operativo basado en Linux permite el acceso directo a los datos registrados a través de la computadora. El circuito de administración de energía o circuito integrado de administración de energía (PMIC) utilizado es el TPS65217C, que es un chip único que consta de un circuito de alimentación de entrada dual lineal, tres convertidores reductores y cuatro LDO (caída de flujo). El chip se puede alimentar con una fuente de alimentación externa de 5 V CC o mediante un puerto USB. Tres convertidores reductores de 2,25 MHz proporcionan alimentación de red para la placa base, el procesador y la memoria, capaces de entregar hasta 1,2 A en sus reguladores de CC/CC.(Correa, 2019)

que ambos. Un beneficio clave de usar Omega 2 es que se puede programar en cualquier idioma; esto es posible gracias a su compatibilidad con Linux. Este pequeño módulo tiene algunos grandes beneficios. Es asequible a sólo \$ 5. Además, es fácil de usar incluso para personas que son nuevas en la creación de hardware y software. También se puede expandir para conectarse con diferentes placas base, lo que le permite crecer en potencial. (Vázquez Navarro, 2018)



Figura 2.8: Placa Onion Omega 2+
Fuente: (Vázquez Navarro, 2018)

El Omega 2 proporciona una variedad de entradas y salidas digitales que nos permiten conectarnos con el mundo exterior, como pines GPIO para comunicación I2C y SPI. Los módulos Omega 2 cuentan con placas "base" de expansión enchufables, que luego se pueden expandir aún más con una gama de placas complementarias de Onion.(Vázquez Navarro, 2018)

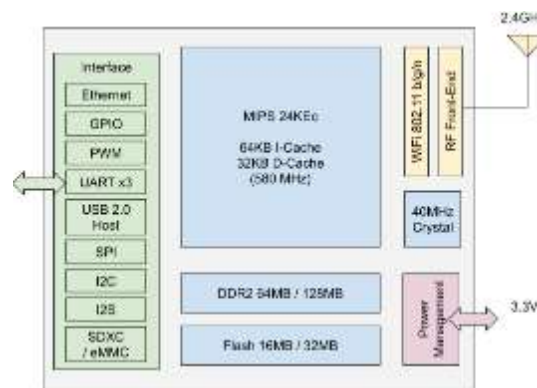


Figura 2.9: Diagrama de la placa Onion Omega 2+
Fuente: (Vázquez Navarro, 2018)

2.3.5 Banana Pi M3.

El Banana Pi M3 es una plataforma informática genérica de ocho núcleos. Su procesador principal es el chip AllWinner A83T, que funciona a 2 GHz y puede procesar aplicaciones móviles de alto rendimiento. El Banana Pi M3 también tiene 2 GB de RAM DDR3, que es útil para ejecutar múltiples sistemas operativos como

Lubuntu, Raspbian, Debian, Ubuntu Mate y Android. La Figura 3 muestra una representación visual del Banana Pi M3 junto con sus características principales.

La GPU Mediatek PowerVR SGX544MP1 del dispositivo tiene la capacidad de ejecutar 8 colores. Esto significa que los usuarios pueden ver videos de 4k sin retrasos ni tartamudeos. Además de esto, el dispositivo tiene varias otras opciones interesantes. Estos incluyen Bluetooth 4.0, Wifi, un puerto de entrada SATA, un puerto Gigabit Ethernet y un botón de reinicio ePower. También tiene un eMMC de 8GB, un micrófono y un receptor de infrarrojos.(Cavalcante et al., 2019)



Figura 2.10: Banana Pi M3.
Fuente: (Cavalcante et al., 2019)

2.3.6 Orange Pi Plus 2.

El Orange Pi Plus 2 se considera un dispositivo integrado de alta calidad. Comparte 2 GB de RAM DDR3 con su aceleración de gráficos de hardware. El dispositivo también tiene 4 puertos host USB y un puerto micro-USB on-the-go. Adicionalmente, la Orange Pi Plus 2 cuenta con conectividad Ethernet, Wi-Fi y 16 GB de memoria flash con eMMC. Su impresionante hardware se muestra en la Figura 4; incluso supera a otras placas en el mismo rango de precios. El dispositivo integrado de Orange Pi Plus 2 muestra que tiene una mejor configuración que la mayoría de los otros dispositivos cuando se consideran el precio y las configuraciones. El Orange Pi Plus 2 es un dispositivo integrado que se puede utilizar como consola de juegos, servidor de música, servidor de aplicaciones inalámbricas, portátil y prototipo para diferentes dispositivos.(Menezes, 2018)



Figura 2.11: Placa Orange Pi plus 2.
Fuente: (Menezes, 2018)

2.3 Python.

Python es un lenguaje de programación orientado a objetos, que contiene módulos, excepciones, tipos dinámicos, clases y tipos de datos dinámicos muy avanzados. Admite múltiples paradigmas de programación más allá de la programación orientada a objetos, como B. Programación procedimental y funcional. Python combina una funcionalidad extraordinaria con una sintaxis muy clara. Tiene muchas bibliotecas y llamadas al sistema e interfaces para varios sistemas de ventanas, y se puede ampliar en C o C++. También se puede utilizar como lenguaje de extensión para aplicaciones que requieren interfaces programables. Finalmente, Python es portátil: se ejecuta en muchas versiones de Unix (incluidos Linux y macOS), así como en Windows. A nivel de lenguaje de programación, Python es un lenguaje de alto nivel. Python es uno de los lenguajes de programación que se puede utilizar para crear aplicaciones, ya sean web o móviles. Este lenguaje Python está incluido en el lenguaje de programación y es muy fácil para los principiantes porque el lenguaje es fácil de leer y la sintaxis es fácil de entender. Muchas grandes empresas utilizan Python para desarrollar programas y aplicaciones para sus clientes. (Tamam & Asbari, 2022)



Figura 2.12: Logo de Python
Fuente: (Python.org , 2022)

2.4 Módulos.

2.4.1 Módulo pwm.

Es un controlador de velocidad diseñado para convertir a través de PWM o Pulse Width Modulation cargas en DC con velocidades de 25Khz entre el 100% y 10% de vida útil. Además de proporcionar una corriente continua de 20 A.

Especificaciones y características:

Reversible: No

Voltaje de entrada: 6 V a 50 V DC

Potencia máxima de salida: 1200 W

Corriente máxima de salida: 20 A

Frecuencia PWM: 25K Hz

Ciclo de servicio ajustable: 0%-100%

Pines: Int: Power+, Power – Out: Motor+, Motor –.(Juajibioy et al., 2021)



Figura 2.13: Modulo Pwm DC 12V-20A.
Fuente: (Electrosotore, 2022)

2.4.2 Modulo L298N.

También conocidos como drivers o controladores son dispositivos que tienen la capacidad de controlar motores en DC o corriente directa, así como también motores de paso a paso. El controlador L298N también puede manipular la velocidad y dirección de giro de motores en DC de hasta 2000mA. Con la ayuda de un microcontrolador ya se Raspberry, Arduino o PIC pueden recibir señales TTL para facilitar su trabajo de controladores. Por otro lado, las características básicas de este

controlador son :5V, I= 2000mA, una corriente de control 3600mA, una potencia de 25w y un peso = 30g

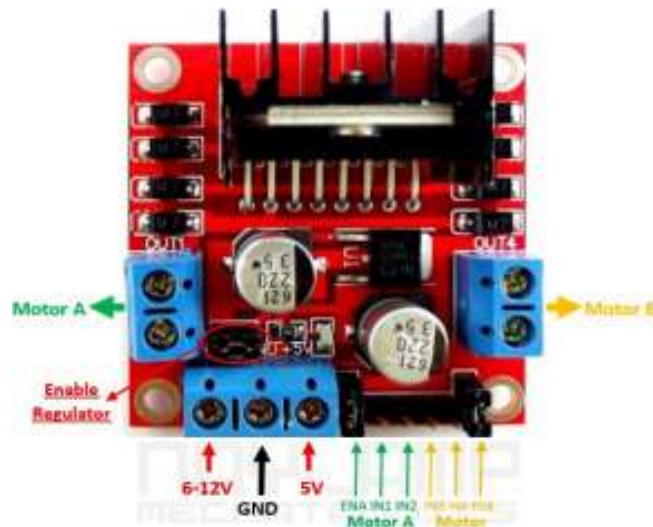


Figura 2.14: Módulo o driver L298N.
Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2021)

2.5 Sensores.

2.5.1 Sensor de proximidad por ultrasonidos.

Este tipo de sensores poseen un principio de funcionamiento bastante básico, y es que emiten y reciben ondas ultrasónicas de alrededor de 200kHz para la detección de objetos sin el contacto directo. Por otro lado, poseen características básicas y fáciles de utilizar para medir la distancia entre objetos o detectar la presencia de obstáculos en el camino.

Especificaciones y características: Detección de materiales de cualquier propiedad como polvo, metal, sólido, líquido, vidrio translúcido, plástico, cartón, madera, entre otros, un alcance máximo de 15 m, alterabilidad reducida respecto del entorno. tiempo de respuesta limitado por la velocidad de propagación del sonido en la atmósfera, alterabilidad frente a las corrientes de aire y a las variaciones de temperatura: 10°C a 50°C. (Daza et al., 2021)



Figura 2.15: Sensor de proximidad por ultrasonidos.
Fuente: (Electrostore, 2022)

2.5.2 Sensor de humedad y temperatura DHT11.

Este tipo de sensores permite obtener datos del ambiente o entorno para poder medir la temperatura en el campo seleccionado. El DHT11 es muy utilizado debido a su fácil programación y bajo costo. Está integrado por un sensor capacitivo del cual se obtienen datos de la humedad y termistor para medir el aire en el entorno. Estos datos son mostrados a través de señales digitales mediante sus pines de datos. Estos dispositivos poseen las siguientes especificaciones y características: Voltaje de alimentación: 3V – 5V (5V recomendado), rango: 0°C hasta 50°C, precisión en el rango de humedad 5%, tiempo de medida 1seg., bajo consumo energético: 60uA, pines: +VCC, V datos, GND, baja impedancia de salida. (Daza et al., 2021)



Figura 2.16: Sensor DHT11.
Fuente: (Daza et al., 2021)

2.6 Sistemas de arado.

La preparación del suelo mediante el arado es uno de las actividades más importantes e influyentes en el cultivo que esta por sembrarse, esta labor debe realizarse de manera eficiente. Según (Guerrido et al., 2020) indica que una correcta

preparación del terreno facilita la germinación de la semillas, a su vez que infiere en el desarrollo de la planta, además menciona que mejora la distribución de fertilizantes ayudando a una mejor penetración de raíces y absorción uniforme de agua. El arado tiene distintas etapas y formas de realizarse, adicionalmente cada tipo de suelo requiere de un arado específico con herramientas correctas. (Guerrido et al., 2020)

2.6.1. Tipo de arado más utilizado: Discos.

Roturar y remover el suelo es el principal objetivo de la labranza primaria, ya que es necesario des compactar el suelo para que exista una buena aireación en el terreno. Esta actividad primaria ayuda a eliminar los ciclos de vida de plagas y malezas que existen en el ambiente en el que se está trabajando. Las araduras pueden estar clasificadas de acuerdo con el grado de profundidad de trabajo que requiera el cultivo. El este tipo de labrado se puede realizar de 3 maneras distintas, cada una de ellas cumple con objetivos concretos y funciones específicas que no pueden ser usados sin un estudio previo sobre el área en que se va a trabajar. (Lopez & Lipinski, 2020)

Los discos para arado de tierras es la herramienta más utilizada en el mundo debido a que las características que posee al momento de realizar esta actividad permiten trabajar con una gran variedad de suelos. En la actualidad estos sistemas de trabajo han evolucionado significativamente gracias a la implementación de reversión en los discos haciéndolos más versátiles y eficientes en cada área de empleo. Gracias a la variedad de modelos que existen en la actualidad, estos implementos son altamente eficiente en terrenos pedregosos, realizando un mullido del suelo más uniforme e incluso en las malezas. (Javier & Enrique, 2017)



Figura 2.17: Aradora de Discos marca John Deere modelo 375.
Fuente: (Deere Company, 2022)

2.6.2 Maquinarias agrícolas autónomas.

La empresa de maquinarias agrícolas John Deere fue uno de los primeros en querer adaptar un sistema de guiado, control y monitoreo en sus vehículos de trabajo pesado. De tal modo que en la actualidad los beneficios que brinda para aquellos que tienen sus maquinarias son evidentes. Desde el ahorro considerable de combustible, reducción de químicos y semillas a la hora de sembrar significando una mayor productividad y rentabilidad a los agricultores. Los sistemas de guiados automáticos que ofrece esta empresa pionera en adaptar sistemas de direccionamientos integrados también tienen la capacidad de instalar estos beneficios a maquinarias de otras marcas sin ningún inconveniente, convirtiendo así a esta empresa en una de las más grandes en implementar la agricultura de precisión.(Deere Company, 2022)

En la actualidad existen diversas maquinarias agrícolas de esta compañía que tienen implementados un sistema autónomo para maximizar el desempeño de estos vehículos de trabajo pesado, los más comunes son nombrados a continuación:

- Piloto automático Autotrac™
- Precisión 3D: Igrade™
- Estación Meteorológica Móvil
- Tasa variable para sólidos y líquidos: Greenstar™



Figura 2.18: Maquinaria agrícola con Piloto automático Autotrac™.
Fuente: (Deere Company, 2022)

2.6.3 Tecnologías utilizados para tractores autónomos.

Piloto automático Autotrac™ ofrece un control total e inteligente del tractor que permite una ejecución automática de las funciones del vehículo y sus implementos.(Deere Company, 2022)



Figura 2.19: Maquinaria agrícola con Autotrac™.
Fuente: (Deere Company, 2022)

Precisión 3D Igrade™ permite a los agricultores obtener un terreno más nivelado y plano para un óptimo uso. Además, permite crear vertederas, curvas de nivel y canales dependiendo de la necesidad del usuario.



Figura 2.20: Maquinaria agrícola con Igrade™
Fuente: (Deere Company, 2022)

Estación Meteorológica Móvil es un dispositivo instalado en la parte superior de la maquinaria agrícola, el cual permite realizar mediciones y evaluaciones climáticas del entorno. Así mismo muestra el monitoreo de la velocidad del viento y sus posibles cambios climáticos drásticos que puedan afectar el trabajo del tractor. (Deere Company, 2022)



Figura 2.21: Estación Meteorológica Móvil.
Fuente: (Deere Company, 2022)

Tasa variable para sólidos y líquidos Greenstar™ es un dispositivo creado a partir de accionadores electrohidráulicos y sensores que permite el correcto soporte para la fertilización y fumigación de las parcelas. (Deere Company, 2022)



Figura 2.22: Maquinaria agrícola con Greenstar™.
Fuente: (Deere Company, 2022)

2.6.4 Eficiencia tecnología de la automatización de maquinarias agrícolas.

Gracias a las capacidades tecnológicas con las que cuenta la empresa Deere & Company en sus maquinarias agrícolas, los distintos tipos de arado han tenido un alza significativa en su preparación. Dando como resultado optimización de tiempos de trabajo, prescindir del operador, bajos consumo de combustible o cualquier otro recurso que necesite el vehículo de trabajo pesado. Además, la compañía ofrece múltiples plataformas y apps para mantener monitoreado el trabajo que realizan las maquinarias y sobre todo poder tener un centro de operaciones para configurar el trabajo que va a realizar la maquinaria, los softwares que operan, el terreno que se está trabajando y configurar el tiempo de trabajo, la duración y termino de la actividad, ofreciendo a los agricultores mayor facilidad y agilidad en la administración de las operaciones que van a realizar día a día. (Deere Company, 2022)



Figura 2.23: Eficiencia tecnológica de la automatización en las actividades agrícolas.
Fuente: (Deere Company, 2022)

CAPITULO III

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN TRACTOR A ESCALA CON RASPBERRY PI 4.

3.1 Introducción.

En este presente capítulo, se lleva a cabo la programación y el diseño de un sistema de control para un tractor a pequeña escala con raspberry pi 4. Debido a la necesidad de automatizar las maquinarias agrícolas para mejorar y optimizar los recursos que se utilizan en el arado y otras áreas de la agricultura. Los elementos empleados para este sistema son los motores los cuales se encuentran conectados junto a un driver que permite la movilidad del tractor a escala, así mismo los sensores de temperatura y humedad, como también la estructura del vehículo a escala y su parte principal el ordenador. El Tractor a escala se moviliza y sensa el entorno según las órdenes del operador, el cual está en un punto determinado de manera inalámbrica. El objetivo de este estudio es diseñar y programar las funciones principales y secundarias que realiza el vehículo a pequeña escala. (Arivalagan et al., 2020)

3.2 Metodología del sistema de control del vehículo a escala.

El vehículo a pequeña escala se compone de cuatro motores para su movilidad, a su vez este dispositivo tiene un sensor de temperatura y humedad relativa, que está monitoreando las condiciones del entorno. El funcionamiento de la movilidad del vehículo se la detalla en los siguientes 4 casos:

- En el caso #1, cuando el vehículo se mueve hacia adelante, el motor 1,2,3 y 4 se encienden con giro hacia adelante, esta función se deja de ejecutar hasta que el usuario termine de realizar dicha acción.
- En el caso #2, cuando el vehículo se mueve en reversa, el motor 1,2,3 y 4 se encienden con giro en reversa, esta función se deja de ejecutar hasta que el usuario termine de realizar dicha acción.
- En el caso #3, cuando el vehículo se mueve a la izquierda, el motor 1 y 2 se apagan y el motor 3 y 4 se enciende con giro hacia adelante, esta función se deja de ejecutar hasta que el usuario termine de realizar dicha acción.
- En el caso #4, cuando el vehículo se mueve a la derecha, el motor 1 y 2 se enciende con giro hacia adelante, y el motor 3 y 4 se apagan, esta función se deja de ejecutar hasta que el usuario termine de realizar dicha acción.

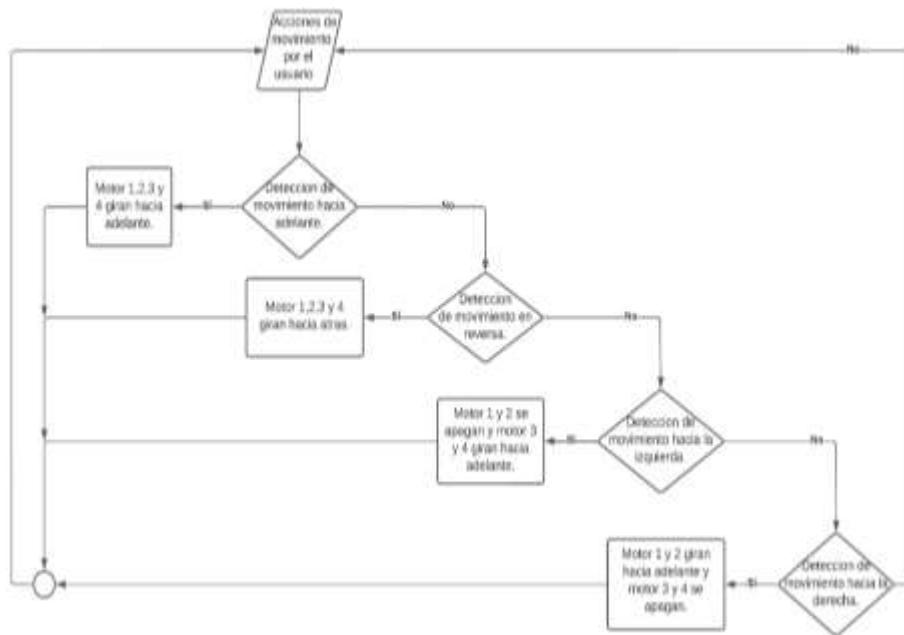


Figura 3.1: Diagrama de Flujo del sistema de control del vehículo a escala.
Fuente: El autor

En la figura 3.1 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al sistema de control del vehículo a escala. Se visualiza que inicialmente, si se detecta la orden del usuario, entra en los casos de condiciones para ser previamente analizados y ver en cual caso se va a ejecutar, cada caso involucra una acción diferente para el motor 1 y 2. Una vez realizada la acción esta regresa a su inicio para volver a ser evaluada en los cuatro casos de condiciones, caso contrario que no se cumpla ninguna acción, el bucle se repite hasta que encuentre al menos un caso de condición.

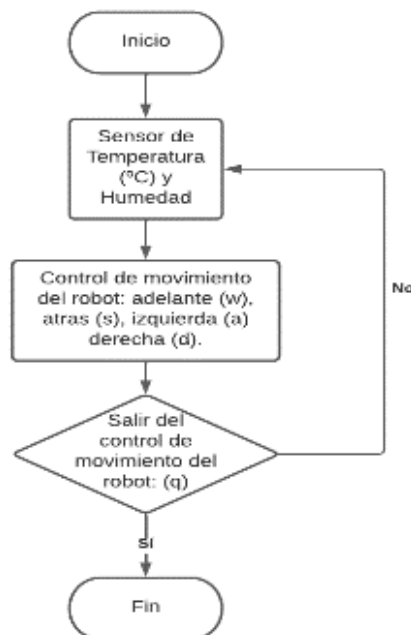


Figura 3.2: Diagrama de Flujo del sistema de temperatura con el control del vehículo a escala.
Fuente: El autor

En la figura 3.2 se observa el inicio del código del sensor de temperatura que está programado en la raspberry pi 4 en cual esta enlazado con el sistema de control del vehículo el cual tiene las 4 teclas declaradas para su movilidad. Posterior a esto se genera la condición de que si se presiona la letra “q” se finaliza la ejecución del código, caso contrario sigue ejecutándose el control de temperatura y movilidad.

3.3 Instalación y configuración de Raspbian OS en la Raspberry pi 4.

En la figura 3.3 se visualiza la página web oficial de raspberry pi, en el cual permite a los usuarios, el conocimiento de las características de cualquiera de sus dispositivos, así como los modos de empleo en la industria automática y en la educación.

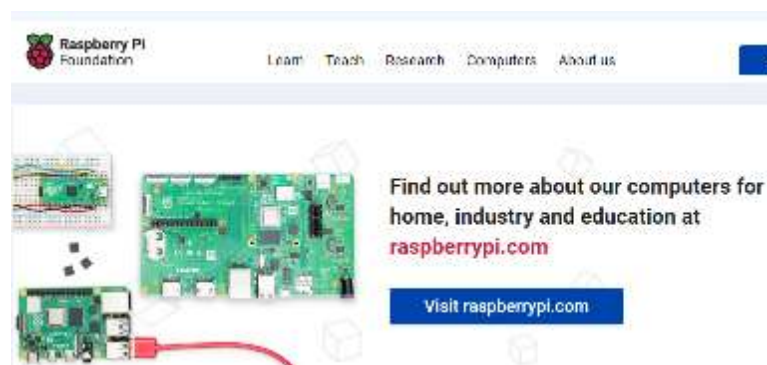


Figura 3.3: Sitio Web de Raspberry Pi Foundation.
Fuente: El autor

La figura 3.4 muestra el sistema operativo con el que trabajan las placas de raspberry pi, el cual también se conoce como raspbian OS.



Figura 3.4: Software oficial de Raspberry- Raspbian OS
Fuente: El autor

En la figura 3.5 se observan las versiones en las cuales está disponible el sistema operativo de raspberry y la compatibilidad con las placas de la empresa.,

además presenta distintas características para que el usuario seleccione la opción que más se acople al uso que va a darle.



Figura 3.5: Versiones para descargar Raspbian OS
Fuente: El autor

La figura 3.6 muestra la aplicación que permite la instalación del sistema operativo en la tarjeta SD. Raspberry pi imager es una herramienta creada por raspberry pi, para facilitar el acceso a su sistema operativo, de igual manera ofrece opciones de configuración antes de realizar el flasheo en la microSD.



Figura 3.6: Raspberry pi imager - herramienta para instalar raspbian OS
Fuente: El autor.

En la figura 3.7 se aprecia un panel de configuración con opciones para el usuario antes de instalar raspbian OS, además presenta dos opciones fundamentales antes de cargar el sistema. Una de ellas permite establecer el formato FAT32 en la micro SD, lo cual es indispensable para poder instalar raspbian OS. También permite instalar de manera externa el sistema operativo.



Figura 3.7: Panel de configuración para instalar raspbian.
Fuente: El autor.

En la figura 3.8 se visualiza el proceso de selección del archivo de instalación del software en la micro SD, cabe recalcar que el archivo debe tener extensión imager.xz para su respectiva instalación.

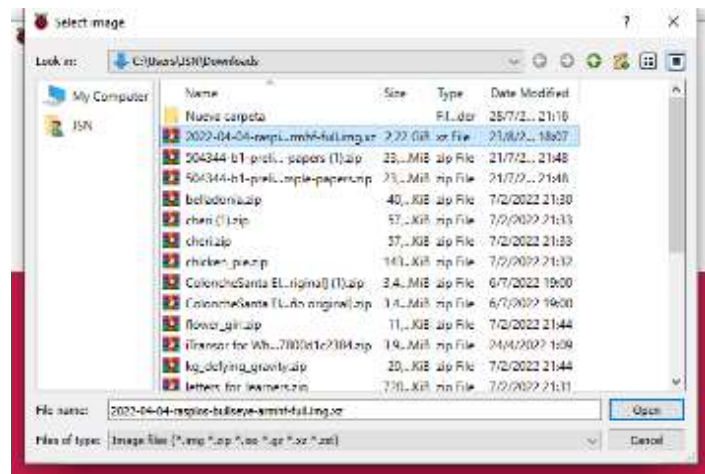


Figura 3.8: Selección del archivo que contiene el OS.
Fuente: El autor.

La figura 3.9 muestra el panel de configuraciones avanzadas correspondientes al sistema de operativo, el cual contiene los parámetros para configurar el local host en la raspberry pi 4.

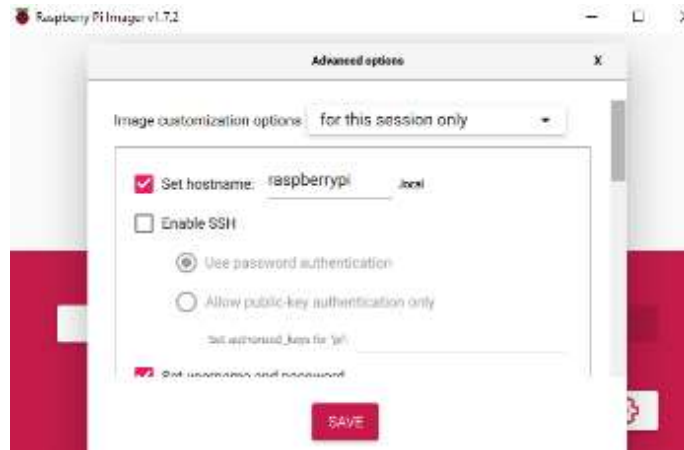


Figura 3.9: Panel de configuración con parámetros para el local host
Fuente: El autor.

En la figura 3.10 se aprecia la configuración del usuario para ingresar a raspbian OS, el cual debe ser configurado antes de la instalación del sistema operativo, ya que, si no se realiza esta acción, no se podrá acceder a OS, también se activa la configuración LAN para que la raspberry se conecte mediante wifi y no con conexión vía ethernet.

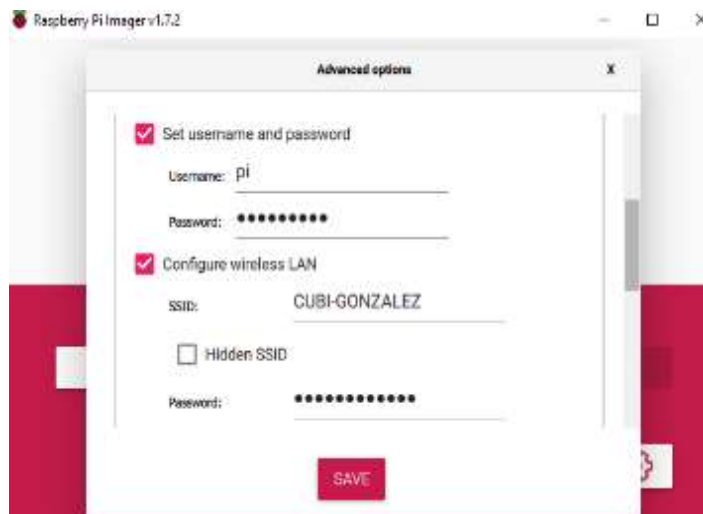


Figura 3.10: Configuración de usuario y contraseña para ingresar al OS
Fuente: El autor.

En la figura 3.11 se observa el panel para configurar a la zona horaria y el idioma del teclado del OS, para que no existan ningún tipo de errores al momento de cargar las librerías y ejecutar la programación en el sistema. Además, se activa algunas opciones, tales como: telemetría para permitir al usuario cambios del dispositivo en el futuro.

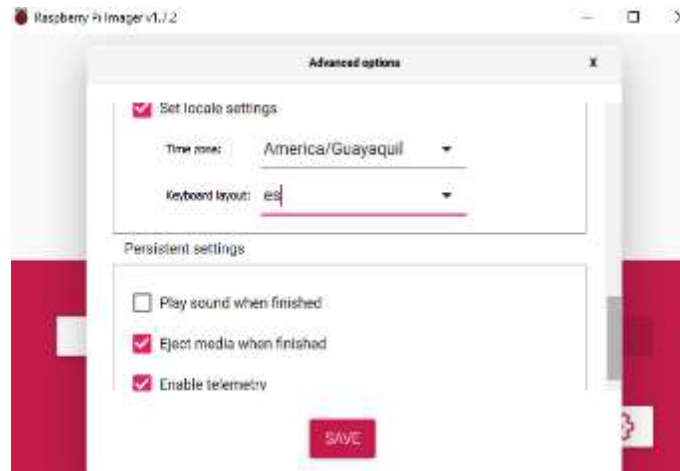


Figura 3.11: Configuración de zona horaria y teclado del OS
Fuente: El autor.

La figura 3.12 se muestra el proceso de escritura e instalación del OS a la microSD, una vez realizada toda la configuración mencionada previamente.



Figura 3.12: Instalación de Raspbian OS a la microSD.
Fuente: El autor.

En la figura 3.13 se aprecia el entorno del sistema operativo instalado en la microSD, el cual se está ejecutando en la raspberry pi 4.

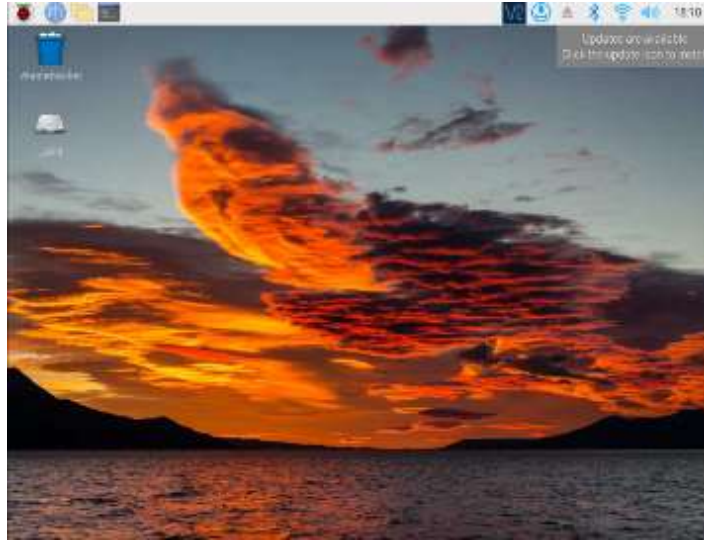


Figura 3.13: Entorno del OS Raspbian.
Fuente: El autor.

Adicionalmente en la figura 3.14, se observa la herramienta Rufus, la cual se debe utilizar si se presentan problemas de instalación del sistema operativo en la microSD, se ofrece esta opción como alternativa de instalación para el respectivo flasheo del OS.

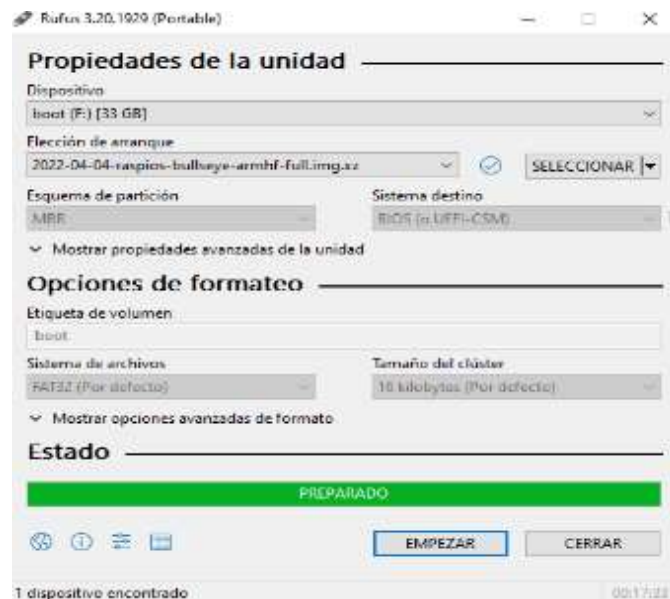


Figura 3.14: Instalación del sistema operativo mediante Rufus.
Fuente: El autor.

3.4 Configuración de control remoto de Raspberry pi 4 por red Wifi en PC.

En la figura 3.15 se visualiza un panel de configuración del router utilizado en este trabajo, el cual permite verificar la dirección IP que se le asigna a la raspberry pi 4 para su conexión a internet.

The screenshot shows a router configuration interface with a sidebar on the left and a main content area. The main content area has two sections: 'LAN Interface' and 'Client List Info'.

LAN Interface

Interface	Work Mode	Band	Description Status
LAN1	AUTONEG	AUTONEG	Unconfigured

Client List Info

Host Name	MAC Address	IP Address	Device Type	Status	Last Connected Time
192.168.17.204-28024028	00:0C:84:00:00:00	192.168.17.204	androidDev	Online	2022/8/29 09:09
	00:0C:84:00:00:00	192.168.17.205	androidDev	Offline	2022/8/29 22:07
281-de-Rakura	02:00:14:00:00:00	192.168.17.206	androidDev	Offline	2022/8/29 22:02
	00:0C:84:00:00:00	192.168.17.207	androidDev	Offline	2022/8/29 22:02
Storia 18.2018	78:24:58:00:00:00	192.168.17.208	androidDev	Online	2022/8/29 09:47
stahamco	50:07:31:16:44:07	192.168.17.209	androidDev	Online	2022/8/29 7:42
	14:AA:07:00:00:00	192.168.17.210	androidDev	Offline	2022/8/29 8:07
DESKTOP-HC0894	08:00:32:00:00:00	192.168.17.211	pc	Offline	2022/8/29 5:03
Galaxy S9	04:47:04:00:00:00	192.168.17.212	androidDev	Offline	2022/8/29 4:49
Galaxy A10	86:0A:74:00:00:00	192.168.17.213	androidDev	Offline	2022/8/29 2:13
Galaxy A02 5G 2020	0A:1B:7B:00:00:00	192.168.17.214	androidDev	Offline	2022/8/29 09:23
Lenovo S	00:40:8D:00:00:00	192.168.17.215	androidDev	Offline	2022/8/29 18:31
Samsung-H	00:07:09:00:00:00	192.168.17.216	androidDev	Offline	2022/8/29 8:17

Figura 3.15: Panel de configuración del router.
Fuente: El autor.

En la figura 3.16 se observa el uso de un software de open source, para tener acceso remoto a la raspberry pi 4 para su configuración. El SSH que se utiliza es PuTTY, el cual permite el trabajo con distintos sistemas operativos de manera sencilla y eficaz.



Figura 3.16: Software de open-source PuTTY.
Fuente: El autor.

La figura 3.17 se indican las características del software PuTTY que se quiere instalar, además de visualizar las versiones disponibles para el sistema operativo que se tiene en el ordenador.

Package files

You probably want one of these. They include versions of all the PuTTY utilities (except the new and slightly experimental Windows pterm).

(Not sure whether you want the 32-bit or the 64-bit version? Read the [FAQ entry](#).)

MSI ('Windows Installer')

64-bit x86: [putty-64bit-0.77-installer.msi](#) ([signature](#))

64-bit Arm: [putty-arm64-0.77-installer.msi](#) ([signature](#))

32-bit x86: [putty-0.77-installer.msi](#) ([signature](#))

Unix source archive

.tar.gz: [putty-0.77.tar.gz](#) ([signature](#))

Figura 3.17: Versiones disponibles para descargar PuTTY.
Fuente: El autor.

En la Figura 3.18 se visualiza todas las carpetas del sistema operativo que componen raspbian OS, tales como: librerías, programas, complementos, entre otros.

overlays	4/4/2022 11:48	Carpeta de archivos	
bcm2708-rpi-b.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	28 KB
bcm2708-rpi-b-plus.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	28 KB
bcm2708-rpi-b-rev1.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	28 KB
bcm2708-rpi-cm.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	28 KB
bcm2708-rpi-zero.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	28 KB
bcm2708-rpi-zero-w.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	29 KB
bcm2709-rpi-2-b.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	29 KB
bcm2710-rpi-2-b.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	29 KB
bcm2710-rpi-3-b.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	31 KB
bcm2710-rpi-3-b-plus.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	32 KB
bcm2710-rpi-cm3.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	29 KB
bcm2710-rpi-zero-2.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	30 KB
bcm2710-rpi-zero-2-w.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	30 KB
bcm2711-rpi-4-b.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	51 KB
bcm2711-rpi-400.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	51 KB
bcm2711-rpi-cm4.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	51 KB
bcm2711-rpi-cm5.dtb	31/3/2022 19:40	Archivo DTB	49 KB
bootcode.bin	31/3/2022 19:40	Archivo BIN	52 KB
cmdline	4/4/2022 12:44	Documento de te...	1 KB
config	4/4/2022 11:48	Documento de te...	2 KB
COPYING.linux	31/3/2022 19:40	Archivo LINUX	19 KB
fixup.dat	31/3/2022 19:40	Archivo DAT	8 KB

Figura 3.18: Carpetas que componen el OS de rasperry.
Fuente: El autor.

La figura 3.19 muestra la creación del archivo ssh, el cual al momento de editarlo no debe poseer extensión .txt por motivos de funcionamiento, ya que debe estar sin formato el archivo, el cual permite conectar de forma inalámbrica a la rasperry pi 4.

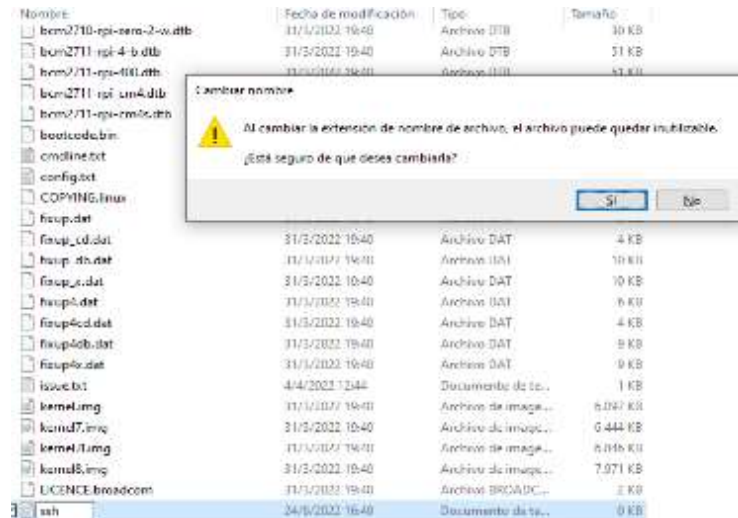


Figura 3.19: Creación del archivo ssh.
Fuente: El autor.

En la figura 3.20 se aprecia el ingreso a raspbian OS a través de PuTTY con la respectiva dirección IP asignada por el router del domicilio, así mismo como el ingreso del usuario y contraseña previamente establecidos. Se puede demostrar que la conexión inalámbrica se realiza de manera correcta.

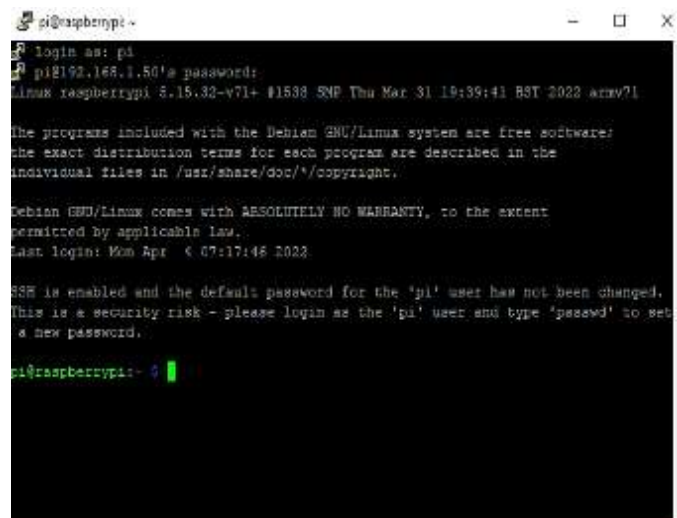


Figura 3.20: Ingreso a raspbian con PuTTY.
Fuente: El autor.

En la figura 3.21 se observa el entorno del sistema operativo y los pasos para habilitar un complemento que se está desactivado en raspbian OS, el cual permite tener una conexión con VNC para controlar el OS en cualquier dispositivo con este software.



Figura 3.21: Configuración de herramientas en raspbian.
Fuente: El autor.

La figura 3.22 muestra el panel de configuración para habilitar la herramienta VNC en la raspberry pi 4 dentro de raspbian OS, el cual viene desactivado por defecto, sin embargo, esta herramienta es muy útil para conexión una cliente-servidor con otras computadoras que descarguen la open source VNC en la internet.



Figura 3.22: Habilitación de VNC en el OS.
Fuente: El autor

En la figura 3.23 se visualiza la interfaz del software de enlace remoto VNC viewer para poder ingresar al sistema operativo sin necesidad de un cable HDMI y conectado a la raspberry pi 4, posterior a esto se ingresa la dirección IP asignada a la tarjeta.

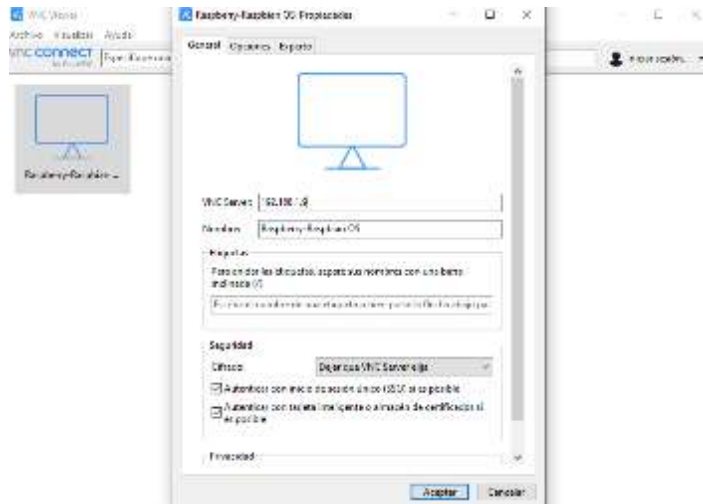


Figura 3.23: Ingreso de la dirección IP para la conexión con VNC viewer.
Fuente: El autor.

La figura 3.24 permite apreciar el ingreso del usuario y contraseña ya pre establecidos en el software de open source, para tener acceso al entorno remoto de raspbian.



Figura 3.24: Ingreso de usuario y contraseña en VNC viewer.
Fuente: El autor.

En la figura 3.25 se puede visualizar de forma correcta el entorno de raspbian enlazado a través VNC viewer de manera inalámbrica, la cual se encuentra abierta en la misma computadora del usuario.

fueron conectados en paralelo y por este detalle se aumenta la fuente de alimentación de los mismo.

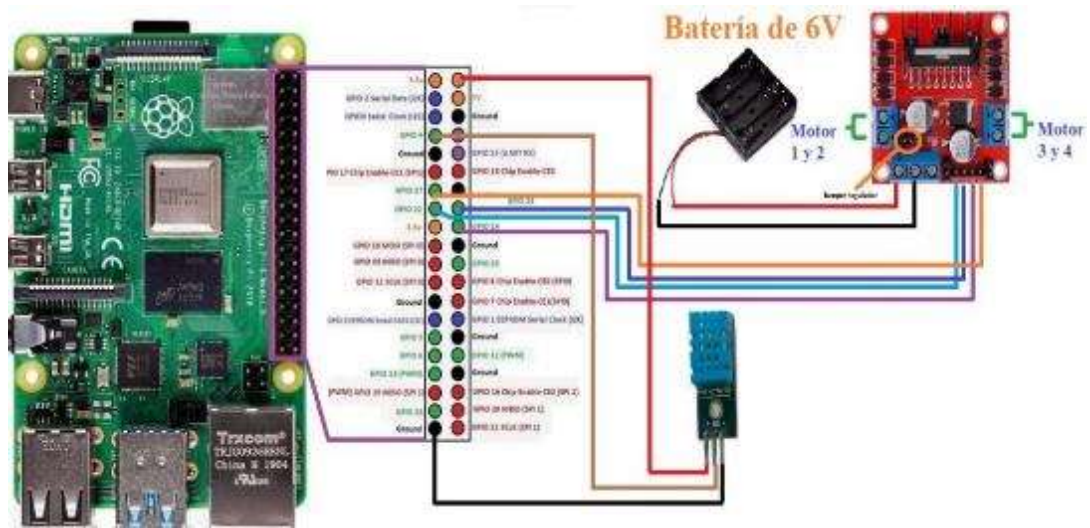


Figura 3.26: Diagrama de conexión de la raspberry pi 4 y demás dispositivos.
Fuente: El autor.

En la figura 3.27 se visualiza las conexiones de la raspberry pi 4, las fuentes de alimentación, los motores y el controlador ya montados en el chasis, el cual componen y permiten el funcionamiento del vehículo a escala.



Figura 3.27: Vehículo a escala.
Fuente: El autor.

3.6 Programación en Python para el sensor de temperatura y control de motores.

En la figura 3.28 se aprecia la instalación de la primera librería en el sistema operativo, el cual se usa para el manejo de los puertos analógicos y digitales de la raspberry pi 4 para poder controlar los motores.

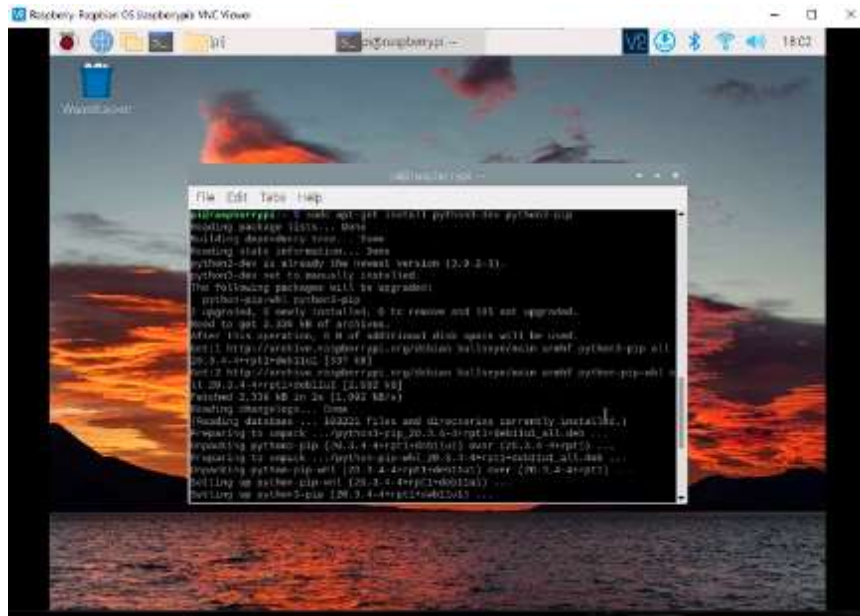


Figura 3.30: Instalación de la librería “python3-dev python3.pip”.
Fuente: El autor.

La figura 3.31 muestra la instalación de la librería “upgrade pip setuptools wheel” la cual es utilizada para mantener actualizada la versión de Python3 y evitar errores al momento de que se ejecute.

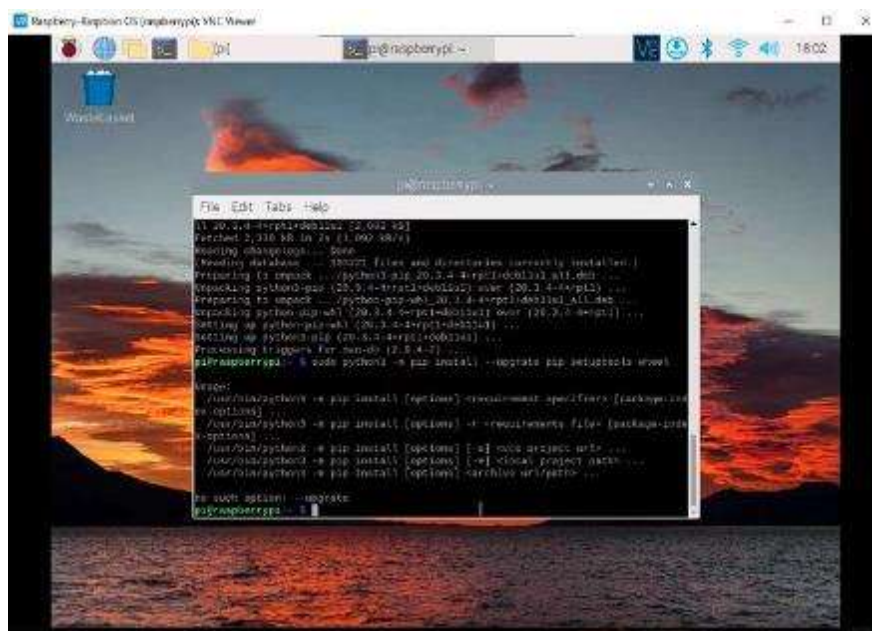


Figura 3.31: Instalación de la librería “upgrade pip setuptools wheel”.
Fuente: El autor.

En la figura 3.32 se visualiza la instalación de la librería “adafruit-circuitpython.dht” que corresponde al sensor de temperatura y humedad dht11 programado para el vehículo a escala.

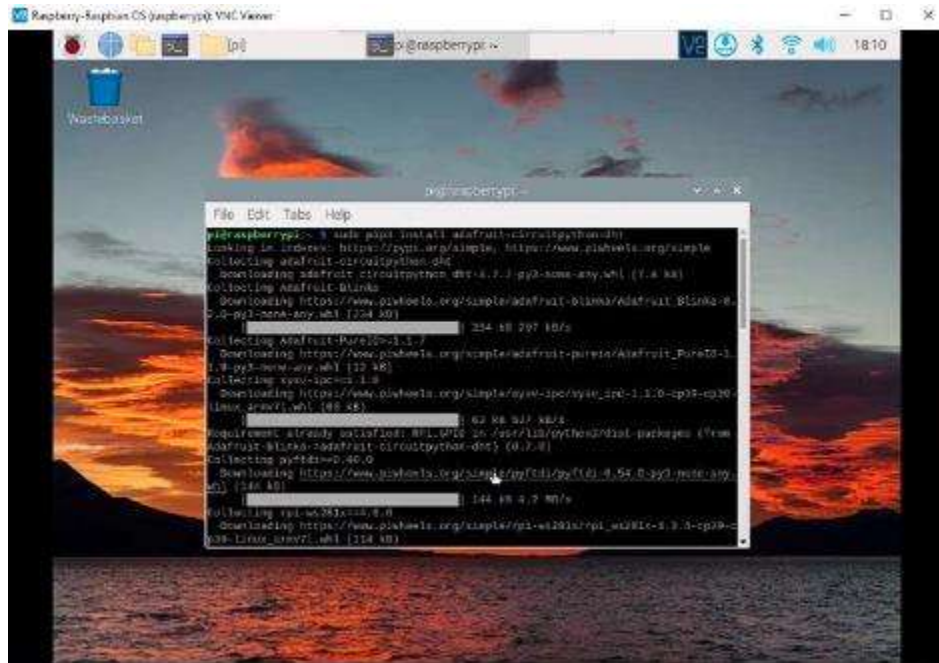


Figura 3.32: Instalación de la librería “adafruit-circuitpython.dht”.
Fuente: El autor.

La figura 3.33 muestra la instalación de la librería “libgpiod” que se usa para evitar problemas y colapsos en el buffer de los pines de la raspberry pi 4, lo cual puede ocasionar que errores en el código o cierres en Python.

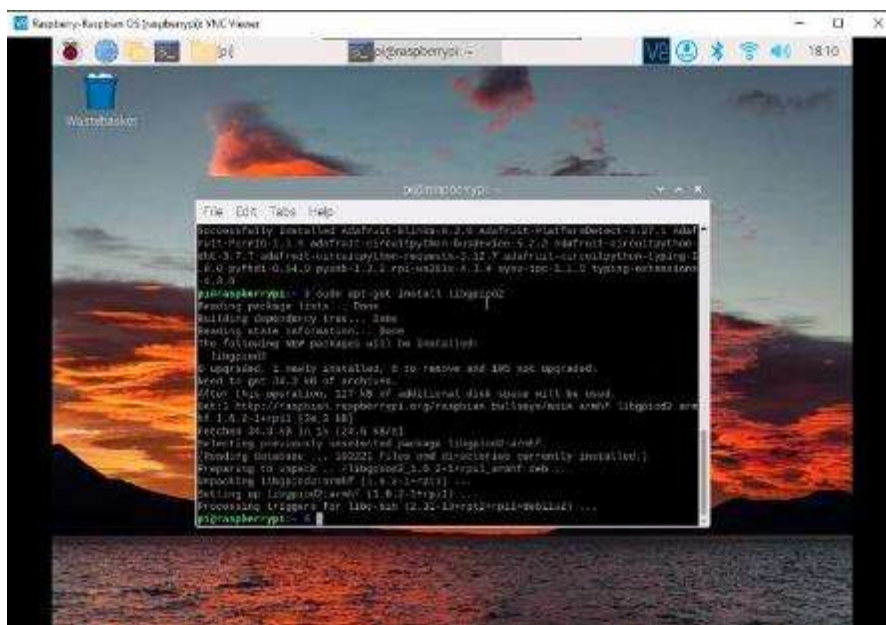


Figura 3.33: Instalación de la librería “libgpiod”.
Fuente: El autor.

En la figura 3.33 se muestra la programación en Python correspondientes al vehículo a escala, en el cual constan los códigos para el funcionamiento de los motores y la lectura del sensor de temperatura y humedad. Además, se agrega un ciclo “for”

para el proceso de análisis de detección de los pulsos de un posible fallo, también se agrega a la programación una condición con “except” para que cuando detecte un error la programación del sensor, este se reinicie y así poder evitar que se detenga la ejecución de Python.

```
robotV6.py
1 import curses
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 import time
4 import board
5 import adafruit_dht
6 import psutil
7
8 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
9 GPIO.setup(24, GPIO.OUT)
10 GPIO.setup(27, GPIO.OUT)
11 GPIO.setup(23, GPIO.OUT)
12 GPIO.setup(22, GPIO.OUT)
13
14 for proc in psutil.process_iter():
15     if proc.name() == 'libgpiod_pulsein' or proc.name() == 'libgpiod_pulsei':
16         proc.kill()
17 sensor = adafruit_dht.DHT11(4)
18
19 def main(letra):
20     while True:
21         try:
22             temp = sensor.temperature
23             humedad = sensor.humidity
24             print("Temperatura: {}°C Humedad: {}% ".format(temp, humedad))
25         except RuntimeError as error:
26             print(error.args[0])
27             continue
28         except Exception as error:
29             sensor.exit()
30             raise error
31
32     curses.halfdelay(1)
33     key = letra.getch()
34     #print key
```

Figura 3.34: Inicio de la programación en Python.
Fuente: El autor.

La figura 3.35 muestra la otra parte del código de programación en Python, en este caso se hicieron 5 programaciones con respectivas condiciones para cada uno de los movimientos del vehículo a escala, al cual se le asigna una letra para cada una de las marchas: hacia adelante, atrás, izquierda, derecha y detenido. Además, se agrega la opción de cerrar el programa a través del ingreso de la letra q.

```
35     if key == 113:
36         break
37     elif key == 119:
38         print ("Marcha hacia adelante")
39         GPIO.output(24, GPIO.LOW)
40         GPIO.output(27, GPIO.HIGH)
41         GPIO.output(23, GPIO.LOW)
42         GPIO.output(22, GPIO.HIGH)
43     elif key == 97:
44         print ("Marcha hacia la izquierda")
45         GPIO.output(24, GPIO.LOW)
46         GPIO.output(27, GPIO.HIGH)
47         GPIO.output(23, GPIO.LOW)
48         GPIO.output(22, GPIO.LOW)
49     elif key == 115:
50         print ("Marcha hacia atras")
51         GPIO.output(24, GPIO.HIGH)
52         GPIO.output(27, GPIO.LOW)
53         GPIO.output(23, GPIO.HIGH)
54         GPIO.output(22, GPIO.LOW)
55     elif key == 100:
56         print ("Marcha hacia la derecha")
57         GPIO.output(24, GPIO.LOW)
58         GPIO.output(27, GPIO.LOW)
59         GPIO.output(23, GPIO.LOW)
60         GPIO.output(22, GPIO.HIGH)
61     else:
62         print ("detenido")
63         GPIO.output(24, GPIO.LOW)
64         GPIO.output(27, GPIO.LOW)
65         GPIO.output(22, GPIO.LOW)
66         GPIO.output(23, GPIO.LOW)
67
68 curses.wrapper(main)
69 GPIO.cleanup()
```

Figura 3.35: Fin de la programación en Python.

Fuente: El autor.

CONCLUSIONES

- Los sistemas de control y seguimiento aplicados a vehículos a escala son una parte fundamental en la actualidad, por lo cual se ha optado por el uso de ordenadores de tamaño reducido, gran rendimiento y de bajo coste como la raspberry pi 4, para poder controlarlos. Debido a esta necesidad se ha empleado dentro del sistema operativo Raspbian un lenguaje de programación denominado Python3, que permite controlar los motores y sensor de temperatura y humedad que componen al vehículo.
- Para el desarrollo del control remoto se realiza una conexión electrónica funcional de todos los elementos que componen al vehículo a escala. Para los motores, se ha optado por el uso de un driver en específico, que permita controlar los motores de manera correcta según las necesidades del usuario y a su vez se implementa un sensor de temperatura y humedad relativa, los cuales deben ser conectados de acuerdo a la configuración del dispositivo ya sean analógicos y digitales o de entrada y salida.
- El sistema de control es totalmente viable y factible, en términos económicos y de rendimiento, ya que la raspberry pi 4 es un ordenador de alta capacidad y no tiene ningún inconveniente en el manejo de variables para su respectivo análisis y control. Sin importar que este trabajo es realizado a pequeña escala, se determinó que el funcionamiento del vehículo es correcto, por lo cual, si se desea emplear el proyecto a gran escala, se seguirá utilizando como controlador principal la raspberry pi 4, ya que posee las cualidades necesarias para su funcionamiento y lo que tendrá que modificarse son los demás elementos que componen el sistema de control, debido a que estos se irán redimensionando según las necesidades del proyecto y del usuario.

RECOMENDACIONES

- Para un uso más prolongado de tiempo de funcionamiento del robot, se debe tener una mayor capacidad de la batería, que alimenta los servos motores y la raspberry pi 4 de manera independiente, ya que, si se desea tener un tiempo específico de autonomía, se tiene que redimensionar el consumo exacto de los motores y demás componentes que abarca el robot.
- Para el correcto funcionamiento de cualquier tipo de driver, que permite el movimiento de los motores, se debe colocar un GND de la raspberry pi 4 a la alimentación de la tarjeta del driver, ya que, si no se realiza esta conexión, los motores no realizan ningún tipo de movimiento.
- Se debe tener actualizada todas las librerías y paquetes que componen el sistema operativo de la raspberry pi 4, ya que si éstas no están actualizadas generaran conflictos en la programación del robot.
- Si se requiere agregar más motores al robot, se tiene que usar otro tipo de driver controlador de los motores y a su vez modificar la programación, ya que cada driver permite un determinado número de motores y tiene una programación distinta a utilizar.
- Al conectar el vehículo a escala a una red wifi, se debe verificar las características y configuraciones de esta, tales como: frecuencia en la que opera, el canal, los proxys y DNS, debido a que si estas no son las que vienen por defecto y son diferentes, generarán interferencia en la comunicación del vehículo.
- Al momento de realizar el proceso de booteo del sistema operativo raspbian en la micro SD, se recomienda elegir una memoria de clase 10 o mínimo 8 que soporte el nivel de escritura y lectura del sistema operativo instalado en la raspberry pi 4.
- Se aconseja que, si se desea trabajar con una conexión remota inalámbrica por medio de wifi en el raspbian OS, se debe utilizar el software raspberry pi imager, ya que es el único que permite configurar el usuario y contraseña de ingreso remoto al sistema, ya que los demás programas no constan con estas opciones.
- Para la programación en Python en la raspberry pi 4, se debe considerar con que versión de Python se va a ejecutar el código programado, debido a que

existen 3 versiones existentes tales como: Python 1, 2 y 3, de los cuales cada uno puede ejecutar de manera correcta diferentes librerías y códigos.

- Se sugiere configurar en el router a una dirección IP estática para la raspberry pi 4, debido a que cada vez que se reinicie el router o se apague, se perderá la dirección IP de la placa por una nueva, por lo cual, la conexión inalámbrica por wifi deja de funcionar.

BIBLIOGRAFÍA

- Arivalagan, M., Lavanya, M., Manonmani, A., Sivasubramanian, S., & Princye, P. H. (2020). Agricultural Robot for Automized Fertilizing and Vigilance for Crops. *2020 IEEE International Conference on Advances and Developments in Electrical and Electronics Engineering (ICADEE)*, 1-3. <https://doi.org/10.1109/ICADEE51157.2020.9368908>
- A-Tzec, Y. J., Romantchik-Kriuchkova, E., Morelos-Moreno, A., & López-Canteñs, G. J. (2018). Efecto del sistema de guiado semi-automático en la trayectoria de un tractor agrícola. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(3), 12-17.
- BeagleBoard.org—Black*. (2022). <https://beagleboard.org/black>
- Bonadies, S., & Gadsden, S. A. (2019). An overview of autonomous crop row navigation strategies for unmanned ground vehicles. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(1), 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.09.001>
- Bonilla Campo, M. D. (2021). ‘Implementación de tecnología arduino para el control de temperatura en el laboratorio de electrónica de la Universidad Estatal DEL sur de Manabí’. 118.
- Brunelli, D., Albanese, A., d’Acunto, D., & Nardello, M. (2019). Energy Neutral Machine Learning Based IoT Device for Pest Detection in Precision Agriculture. *IEEE Internet of Things Magazine*, 2(4), 10-13. <https://doi.org/10.1109/IOTM.0001.1900037>
- Catania, P., Comparetti, A., Febo, P., Morello, G., Orlando, S., Roma, E., & Vallone, M. (2020). Positioning Accuracy Comparison of GNSS Receivers Used for Mapping and Guidance of Agricultural Machines. *Agronomy*, 10(7), 924. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070924>
- Cavalcante, A., dos Santos, J., & Andrade, T. (2019). *Técnicas para análise de desempenho em plataformas computacionais genéricas para uso de sistemas VoIP Open Source*.
- Correa, A. (2019). *Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados em tempo real utilizando a pru da beaglebone black*. Instituto Federal de educação ciência e tecnologia de Santa Catarina.
- Craig P, B., Craig R, L., Diogenes L, A., & Thomasson, A. (2018). *A review of the state of the art in agricultural automation. Part III: Agricultural machinery navigation systems*. <https://doi.org/10.13031/aim.201801591>

- Daza, C. C. G., Vera, R. E. R., Cadena, J. D. A., & Wilches, J. O. A. (2021). *Diseño de un prototipo sembrador de semillas y control de temperatura y humedad para UAVs (Vehículo aéreo no tripulado)*. 69.
- Deere Company. (2022). *John Deere | Información de productos y servicio | LA*. <https://www.deere.com/latin-america/es/index.html>
- Gómez, F. A., & Yaguana, S. G. (2018). *Implementación de un sistema de control para el manipulador Mitsubishi RV-2AJ, mediante ondas cerebrales empleando el sensor Emotiv Insight*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15886>
- Guerrido, B. L. Q., Franco-Plaza, F., Loor-Guerrero, C., Sempertegui-Campi, V., & Quimís-Pin, J. (2020). Evaluación tecnológica explotativa del motocultor Dongfeng DF 151L en preparación de suelo para sembrar maíz. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 47-64. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i24.2216
- Gunturu, S. (2021). *A spatial AI-based agricultural robotic platform for collision avoidance and disease detection in crops* [Thesis]. <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/41747>
- Inoue, K., Kaizu, Y., Igarashi, S., & Imou, K. (2019). The development of autonomous navigation and obstacle avoidance for a robotic mower using machine vision technique. *IFAC-PapersOnLine*, 52(30), 173-177. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.517>
- Javier, M. B. C., & Enrique, C. M. (2017). *Facultad de mecánica escuela de ingeniería automotriz*. 2016, 84.
- Jolles, J. W. (2021). Broad-scale applications of the Raspberry Pi: A review and guide for biologists. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(9), 1562-1579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13652>
- Juajibioy, H., Jojoa, S., Bernal, O., Martínez, N., Meneses, F., Gallego Eraso, N., & Lasso-Urbano, C. (2021). *Entrelazando formación, experiencias, escenarios y procesos vivenciales de investigación e innovación*. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.141>
- LatterPanda. (2022). *LattePanda—A Windows 10 Single Board Computer with integrated Arduino*. <https://www.lattepanda.com/lattepanda-v1>

- López García, J. V., & Arredondo Romero, D. (2018). *Diseño y construcción de un sistema práctico de guiado con arduino, a escala para tractor agrícola de bajo costo*. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/489>
- Lopez, J. L., & Lipinski, A. M. Y. (2020). *Manejo de suelos y preparación del terreno para el cultivo de ajo en áreas bajo riego de Mendoza*. 22.
- Mamarella, M., Comba, L., Biglia, A., Dabbene, F., & Gay, P. (2021, noviembre 5). *Cooperation of unmanned systems for agricultural applications: A theoretical framework—ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511021002750>
- Menezes, A. C. (2018). *Uma abordagem para análise de desempenho e eficiência energética em dispositivos embarcados com uso do Asterisk*. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/10662>
- Molloy, D. (2019). *Raspberry Pi® a fondo para desarrolladores*. Marcombo.
- Nieto, N. T. E. (2018). *Tipos de investigación*. 4.
- Novillo-Vicuña, J., Rojas, D. H., Olivo, B. M., Ríos, J. M., & Villavicencio, O. C. (2018). *Arduino y el Internet de las cosas*. 3Ciencias.
- Peña, C. (2020). *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa*. RedUsers.
- Raspberry Pi, F. (2022). *Teach, learn, and make with the Raspberry Pi Foundation*. Raspberry Pi Foundation. <https://www.raspberrypi.org/>
- Sugadev, M., & Ravi, T. (2021, diciembre 17). *Arduino Board-Based Wireless Controlled Seed Sowing Robot | SpringerLink*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-6448-9_33
- Tamam, M. B., & Asbari, M. (2022). The Introduction to Python Programming Language for Students at Mtsn 4 Pandeglang School. *Journal of Community Service and Engagement*, 2(6), 35-42. <https://doi.org/10.9999/jocosae.v2i6.57>
- Vazquez Navarro, D. (2018). *Control of a robotic arm using an Omega 2+ module*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/114242>
- Viera, G. (2017). *Procesamiento de imágenes usando opencv aplicado en raspberry pi para la clasificación del cacao*.
- Zaro, E., Souza, J. O. O. de, & Figueiredo, R. M. de. (2020). Veículo Eléctrico Autónomo Guiado por GPS para Ambiente Industrial. *Congresso Brasileiro de Automática - CBA*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.1139>

ANEXOS

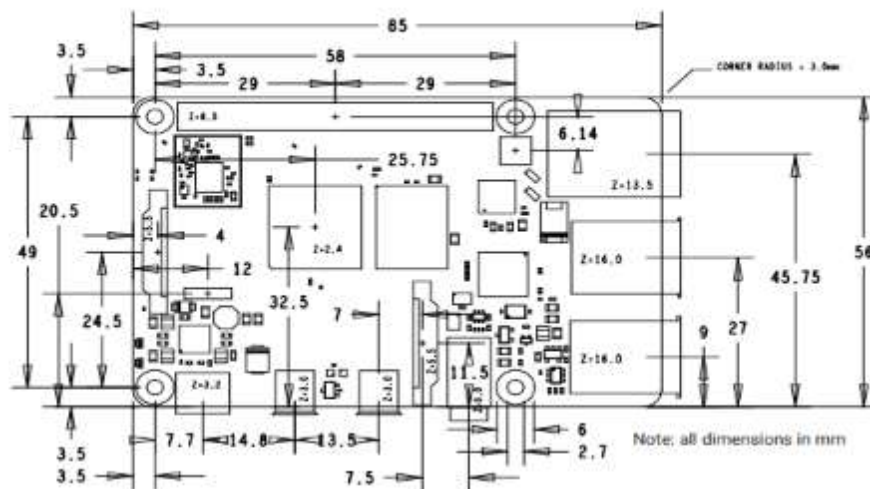
Anexo 1: Especificaciones físicas y técnicas de la raspberry pi 4 modelo B.

Specification

Processor:	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory:	1GB, 2GB or 4GB LPDDR4 (depending on model)
Connectivity:	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports.
GPIO:	Standard 40-pin GPIO header (fully backwards-compatible with previous boards)
Video & sound:	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia:	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
SD card support:	Micro SD card slot for loading operating system and data storage
Input power:	5V DC via USB-C connector (minimum 3A ¹) 5V DC via GPIO header (minimum 3A ¹) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)

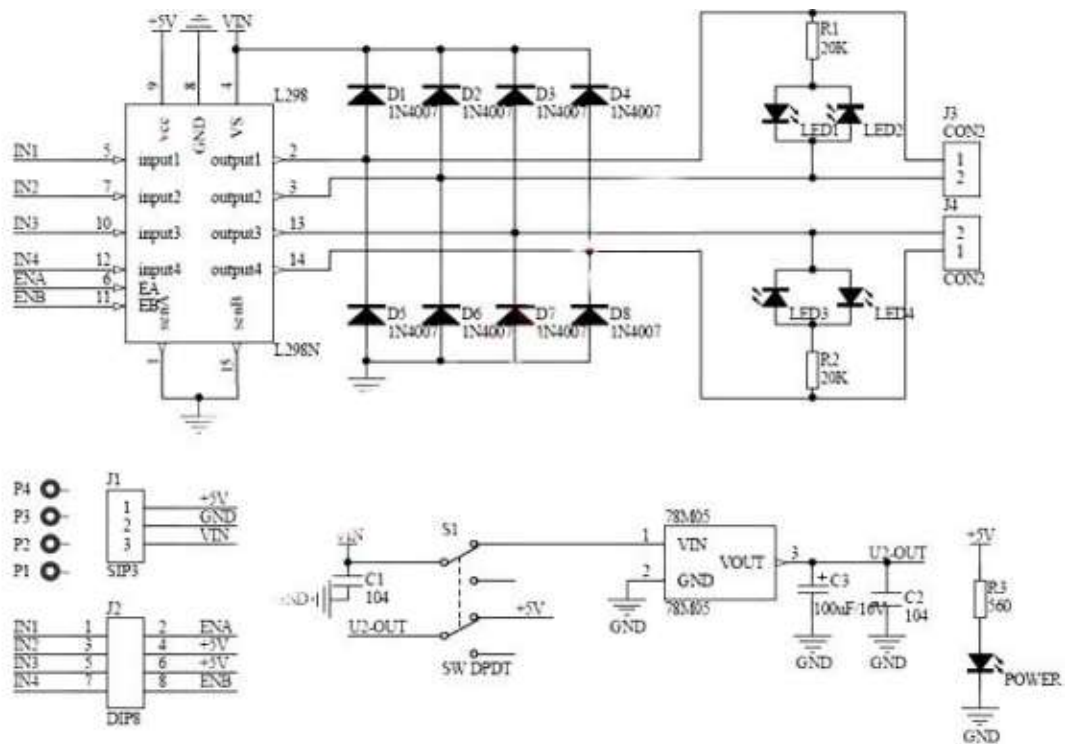
Fuente: (Raspberry Pi, 2022)

Physical Specifications



Fuente: (Raspberry Pi, 2022)

Anexo 2: Esquema electrónico de driver L298N



Fuente: (Vázquez Navarro, 2018)

Anexo 3: Elementos utilizados para la construcción del vehículo a escala.



Fuente: El autor.

Anexo 4: Elementos electrónicos para la construcción del vehículo a escala.



Fuente: El autor.

Anexo 5: Vehículo a escala ensamblado.



Fuente: El autor.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cubi González, Jason Gabriel** con C.C: **2400171712** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Propuesta de diseño de un sistema de control de velocidad y monitoreo de temperatura y humedad para un tractor a escala con raspberry pi**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en** la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de septiembre del 2022

Cubi González, Jason Gabriel
C.C: 2400171712

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Propuesta de diseño de un sistema de control de velocidad y monitoreo de temperatura y humedad para un tractor a escala con raspberry pi.		
AUTOR(ES)	Cubi González, Jason Gabriel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica y Automatización		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electrónica y Automatización		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	62
ÁREAS TEMÁTICAS:	Microcontroladores, Sistemas de Control, Programación		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Raspberry Pi, Microcontroladores, Control de Velocidad, Python, Sistemas Automatizados, Tractor		
ESUMEN:			
<p>El presente trabajo de integración curricular se basa en una propuesta de diseño para controlar un tractor a escala. El objetivo principal se contempla el desarrollar un sistema de control mediante una serie de programaciones en python3 con raspberry pi 4 que permita mejorar y optimizar la velocidad y movimiento de un tractor a escala en operación de arado. La metodología por usar es de tipo deductiva y analítica para la búsqueda de información específica y detallada mediante una investigación del tipo aplicada que solucione las problemáticas planteadas en este trabajo. Para poder realizar el diseño del sistema de control en un tractor a escala se utilizará distintos materiales como hardware y software de usos libres, de manera específica una raspberry pi 4 que será el cerebro del equipamiento lógico a implementar, además de servomotores para controlar la velocidad de las ruedas del tractor y un sensor de temperatura y humedad para mejorar su funcionamiento de acuerdo al ambiente.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593-979543797	E-mail: jasoncubi25@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Vélez Tacuri, Efrain Oliverio		
	Teléfono: +593-994084215		
	E-mail: efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			