

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

TEMA:

Implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos.

AUTOR:

Jara Fernández, Jorge Joel

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

TUTOR:

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MSc.

Guayaquil, Ecuador

15 de septiembre del 2023



**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. **Jara Fernández, Jorge Joel**, como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR RAUL QUEZADA
CALLE**

f. _____

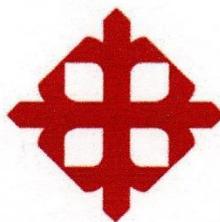
Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MSc.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. MSc.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jara Fernández, Jorge Joel

DECLARO QUE:

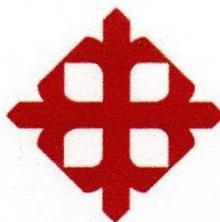
El trabajo de Integración Curricular **“Implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electrónica y automatización**, ha sido desarrollado 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 15 días del mes de septiembre del año 2023

EL AUTOR

Jara Fernández, Jorge Joel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Jara Fernández, Jorge Joel

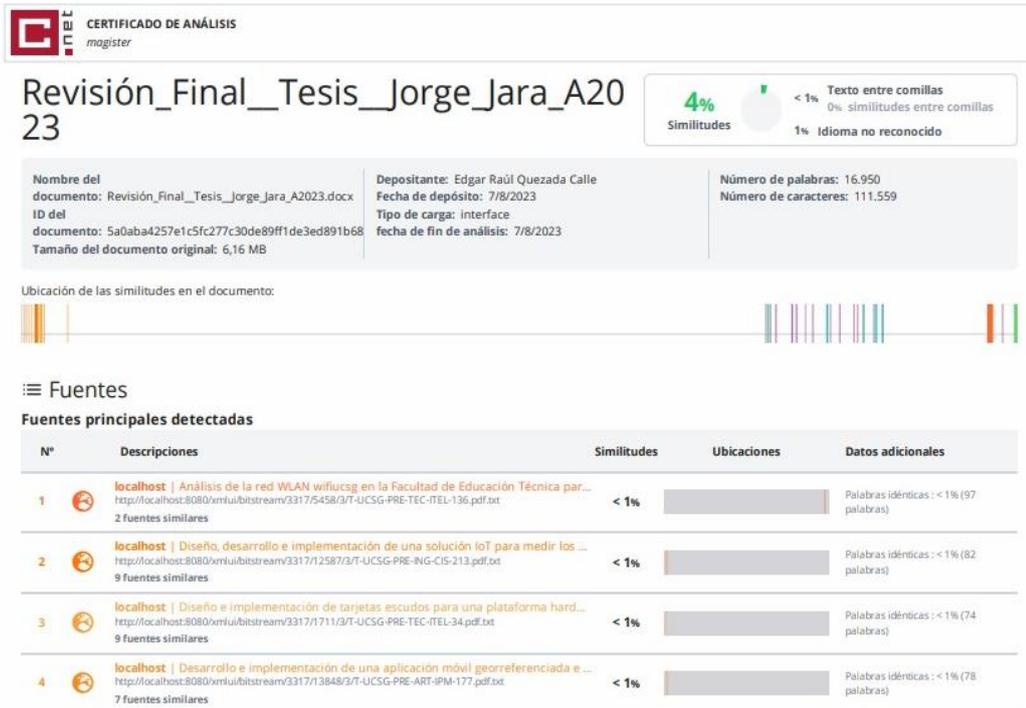
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de septiembre del año 2023

EL AUTOR

Jara Fernández, Jorge Joel

REPORTE DE COMPILATIO



Reporte COMPILATIO de Trabajo de Integración Curricular de la Carrera de Electrónica y Automatización, denominado: “Implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos”, del estudiante Jara Fernández, Jorge Joel se encuentra al 4% de coincidencias.



firmado electrónicamente por:
EDGAR RAUL QUEZADA
CALLE

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MSc.
DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, es fundamental mencionar mi sincero agradecimiento a Dios y a mis papás, quienes han sido el sustento y el estímulo principal que me han propulsado a fin de seguir andando y acatar la mejor manera posible los estudios. Su asistencia permanente, sus sugerencias amables y su devoción total han sido la base de mi trayecto académico.

También, deseo expresar mi reconocimiento a todos los profesores que han formado parte de mi educación formal. Su pasión y su perseverancia en la enseñanza han causado una gran impresión en mi vida y han sido esenciales para mi desarrollo intelectual. Gracias a su vasta formación y vivencias, han instruido los cursos de manera eficaz y han dirigido mis pasos a través de la totalidad de mi trayecto universitario.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi papá, Jorge Edgar Jara Domínguez, y a mi mamá, Rosa Etelevina Fernández Durán, quienes han sido una gran ayuda y estímulo para no desistir en mis estudios durante mi carrera de grado. Gracias por su amor sin condiciones, por sus palabras de aliento y por su permanente sustento, que han sido cruciales en cada paso que he dado.

Además, desearía hacer una dedicación a mi familia en general, quienes han sido una gran influencia en mi existencia. Sus sugerencias sabias, sus recomendaciones y su orientador me han colaborado a elegir las acciones correctas y a sortear los problemas que se han presentado durante el trayecto. Siempre he sentido su sustento y su seguridad en mí, las cuales me han incentivado a esforzarme.

Cada uno de los vínculos que mantuve con mi familia tuvo un efecto importante en mi formación personal y para mi estudio. Las palabras de ánimo, los festejos por cada éxito conseguido y su permanente acompañamiento me han dado la certeza de que no he estado alone en este trayecto. Su afecto y sustento inquebrantable han sido una fuente de firmeza y determinismo en las situaciones de mayor complejidad.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi papá, quien constantemente ha sido una muestra de resistencia y empeño. Las palabras de su entendimiento y su sustento inalterado que me han animado a continuar, inclusive en las situaciones difíciles. A mi mamá, le expreso mi agradecimiento por su amor sin límites y por su tolerancia sin fin. Su florecimiento y su amor constante han sido una pomada en las ocasiones de fatiga y dudas.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO MSc.

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ MSc.

COORDINADOR DE AREA

f.

ING. CARLOS BOLIVAR ROMERO ROSERO

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Resumen	XIII
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Definición del Problema	4
1.4 Justificación del Problema	4
1.5 Objetivos del Problema de Investigación	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Hipótesis	5
1.7 Metodología de Investigación	6
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	7
2.1 Introducción	7
2.2 Compresores	7
2.1.1 Compresor de pistón rodante	9
2.1.2 Compresor de Tornillo	10
2.2 Aire comprimido	12
2.3 Neumática	13
2.3.1 Introducción de la neumática	13
2.3.2 Principios de la neumática	14
2.4 Sistemas embebidos	15
2.4.1 Arduino	15
2.4.2 Rapberry Pi	20
2.5 Lenguaje de programación Python	23
2.6 Lenguaje de programación C++	26

2.7 Sensor de Humedad.....	30
2.8 Humedad en los sistemas neumáticos	31
2.9 Válvulas en los sistemas neumáticos	34
Capítulo 3: Aportes de la investigación	37
3.1 Descripción de los dispositivos a implementar en el proyecto	37
3.1.1 Arduino UNO r3.....	37
3.1.2 Sensor DHT-11	39
3.2 Desarrollo del proyecto	41
3.3 Conexiones de los sensores y actuadores del proyecto.....	42
3.4 Instalación del equipo electrónico programado	45
Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones.....	52
4.1 Conclusiones	52
4.2 Recomendaciones.....	53
Bibliografía.....	54
Anexo 1	64
Anexo 2	65
Glosario	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Tipos de compresores	8
Figura 2.2: Funcionamiento del compresor de pistón rodante.....	9
Figura 2.3: Entorno de Arduino IDE.....	16
Figura 2.4: Pines del ESP32.....	18
Figura 2.5: Raspberry Pi 4B+	20
Figura 2.6: Sistema operativo Raspbian.....	22
Figura 2.7: Diseño de un robot bípedo con raspberry pi	22
Figura 2.8: Uso de los lenguajes de programación en el 2022.....	24
Figura 2.9: Tipos de datos usados en Python.....	25
Figura 2.11: Tipos de sensores de humedad	30
Figura 2.12: Simbología de válvula en sistema neumático	35
Figura 3.1: Ubicación de la Facultad de Educación técnica de la UCSG.....	37
Figura 3.2: Partes del Arduino R3.....	38
Figura 3.3: Partes del sensor DHT-11	40
Figura 3.4: Pines DHT11 para tipos de tres y cuatro pines.....	40
Figura 3.5: Diagrama de flujo del Arduino Uno R3	41
Figura 3.6: Diagrama de conexiones del Arduino Uno R3.....	44
Figura 3.7: Conexiones de 110V para el equipo	46
Figura 3.8: Lecturas del equipo	47
Figura 3.9: Conexión de Arduino con bobina.....	48
Figura 3.10: Instalación de la caja protectora para el equipo	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Conexiones de los elementos al Arduino Uno R3.	45
Tabla 3.2: Cantidad de agua acumulada en el tanque durante los últimos 2 años. ...	50
Tabla 3.3: Costos de la implementación del sistema.	51

Resumen

El presente trabajo de integración curricular tiene como objetivo implementar el sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG. Se utilizará el protocolo IP 00/65 y sistemas embebidos para llevar a cabo esta implementación. La descarga temporizada en el compresor de aire es un proceso importante para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. Mediante el uso de sistemas embebidos, se podrá programar y controlar el tiempo de descarga de manera precisa y automática. Además, la utilización del grado de protección IP 00/65, el cual permite una protección frente a la humedad con el fin de proteger la integridad del equipo electrónico. Con la implementación de este sistema, se espera mejorar el rendimiento del compresor y optimizar su operación en el laboratorio de neumática, contribuyendo así al desarrollo y la calidad de la educación técnica en la facultad.

Palabras claves: Válvula, neumática, compresor, drenador temporizado, sistema embebido.

ABSTRACT

The objective of this curricular integration work is to implement the timed unloading system in the compressor of the pneumatics laboratory of the Faculty of Technical Education for Development of the UCSG. The IP 00/65 protocol and embedded systems will be used to carry out this implementation. Timed unloading in the air compressor is an important process to ensure its efficient operation and prolong its lifetime. By using embedded systems, the unloading time can be programmed and controlled precisely and automatically. In addition, the use of the IP 00/65 degree of protection, which allows protection against humidity to protect the integrity of the electronic equipment. With the implementation of this system, it is expected to improve the performance of the compressor and optimize its operation in the pneumatics laboratory, thus contributing to the development and quality of technical education in the faculty.

Keywords: Valve, pneumatics, compressor, timed drainer, embedded system.

Capítulo 1:

Descripción general del trabajo de titulación

1.1 Introducción

En el rubro de la neumática, la optimización del uso de los compresores es de vital importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos. La Universidad UCSG reconoce la importancia de esta tecnología, por ello, cuenta con un laboratorio de neumática que está provisto de un compresor que suministra energía para el funcionamiento de diversos aparatos y herramientas neumáticas.

Uno de los problemas más frecuentes que se experimentan en la operación y mantenimiento de los compresores de aire es la existencia de H₂O. Este tipo de circunstancias provoca una secuencia de dificultades, como el daño de los componentes, las elevadas temperatura o sobrecalentamiento de ellos y la decadencia de su capacidad de funcionamiento. Estas consecuencias dañinas pueden afectar no sólo la capacidad del compresor sino también la calidad del aire que entrega a los demás equipos. En consecuencia, es fundamental poner en marcha métodos efectivos para eliminar H₂O del sistema en cuestión de manera que solucione este tipo de dificultades.

1.2 Antecedentes

En la actualidad, se ha reconocido la importancia de la administración eficaz de la condensación en los sistemas de compresores neumáticos. Diversos estudios y desarrollos tecnológicos han tratado de resolver este problema, lo que ha originado en

la implementación de diferentes alternativas para drenar y eliminar la condensación de estos sistemas.

Con el fin de evitar que los componentes de un compresor neumático se dañen, debido al agua, ya que esta se acumula y causa el deterioro, es fundamental seguir las medidas correctivas necesarias. Esto comprende en la utilización de un separador o purgador de agua con el fin de remover la humedad previa que ingresa en el aire al compresor, la utilización de este dispositivo es con el fin de reducir la cantidad de H₂O en el ambiente, la instalación de un posefriador con el fin de bajar la temperatura del aire y reducir su capacidad para almacenar H₂O, y la realización de un drenador del compresor con el fin de remover el H₂O acumulados. Estas acciones facilitarán la extensión de la vida útil del artefacto y reducirán el peligro de costosas reparaciones (Rivera Gavarrete, 2021).

Por otro lado, el estudio de Li se enfocó en la implementación de un drenador temporal en un entorno industrial. Realizaron experimentos para evaluar la efectividad de un desecante temporal en la eliminación de la humedad de un compresor de aire comprimido. Los resultados indicaron que la implementación del sistema redujo la cantidad de agua que se acumulaba y aumentó el rendimiento del compresor, lo que evitó que se tuviera que realizar costosos arreglos de mantenimiento (S. Li., 2020).

Por otro lado, Chen en el 2018 halló que el condensado de igual manera es un motivo de peligro para la polución del aire condensado debido al desarrollo de microorganismos y hongos. Estos microorganismos son capaces de representar un peligro en caso de que se inhalen. Los especialistas insistieron en la importancia de vaciar y depurar regularmente la condensación para evitar la contaminación y preservar la calidad del aire mezclado en una magnitud segura (Chen, 2018).

1.3 Definición del Problema

El compresor del laboratorio de neumática de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil tiene problemas de condensación producido por la compresión de aire y el enfriamiento posterior, esto produce acumulación de agua en el tanque pulmón y las cañerías de alimentación de aire comprimido. La misma provoca daños en los tableros didácticos, compuestos por válvulas, válvulas antirretornos, cilindros neumáticos y bloques didácticos. Esto causa daños en los componentes y la posterior reparación del sistema neumático.

1.4 Justificación del Problema

Para evitar reparaciones y estancias largas del no funcionamiento del laboratorio de neumática, la implementación de un purgador temporizado en el compresor del laboratorio provocara la eliminación de la condensación cuando se enfría el compresor de forma regular y controlada, evitando la acumulación excesiva de agua y reduciendo el riesgo de daños y corrosión del compresor. Esto asegurará que el funcionamiento del sistema neumático didáctico sea eficiente y se prolongue la vida útil del mismo.

El purgador tendrá, un impacto positivo en el ahorro de costos de mantenimiento que se da al compresor. Al evitar que los componentes se dañen por la entrada de agua debido a la condensación, esto reducirá los costos asociados con las reparaciones y los reemplazos. Además, al optimizar el rendimiento del compresor, se reducirá el consumo de energía, lo que se traducirá en un ahorro económico y a su vez una reducción en el impacto ambiental.

Los estudiantes y docentes de la FETD podrán realizar sus actividades prácticas de aprendizaje de una forma óptima, ya que la integridad del dispositivo no se verá afectada por la condensación.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de Neumática de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo en la UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Crear un sistema embebido, que proporcione los datos de humedad.
2. Realizar el diseño del drenador temporizado en el compresor del laboratorio de neumática.
3. Analizar el funcionamiento, viabilidad del sistema de purga con temporizado en el compresor.

1.6 Hipótesis

Por medio del presente trabajo de integración curricular se pretende el análisis del sistema híbrido, proporcionando el grado de humedad en el ambiente, para minimizar en un 95% el condensado, implementando un sistema de purgas temporizado para el compresor del laboratorio de neumática de la facultad técnica para el desarrollo. También se busca reducir el tiempo y costo de mantenimiento del

dispositivo y de su sistema neumático conectado, ya que al purgar el agua se reduce el daño a los componentes que conforman al dispositivo.

1.7 Metodología de Investigación

El proceso de investigación, analítico-deductivo, proporcionará información cuantitativa y experimental, específica y detallada que corresponda a la solución del problema del laboratorio de neumática (Alban et al., 2020).

Asimismo, se emplea el método de tipo documental porque se enfoca en la recolección de diferentes fuentes bibliográficas para realizar sus respectivos análisis, con el fin de ofrecer los mejores resultados de este estudio (Reyes & Carmona, 2020).

Capítulo 2:

Fundamentación Teórica

2.1 Introducción

Abarca la descripción general de la neumática y sus efectos en la industria, resaltando las utilidades y provechos que tiene en diferentes áreas. Esto implica los principios esenciales que rigen la manera en la que opera un compresor y se explore su importancia fundamental dentro de la generación de aire comprimido, que es un elemento fundamental para varias áreas de la industria, también los sistemas embebidos y su importancia para el monitoreo y control de los procesos industriales.

2.2 Compresores

Es un instrumento mecánico utilizado para aumentar la fuerza del gas mediante la disminución de su volumen. Hay dos clases de compresores: los de desplazamiento positivo y los dinámicos. Los de desplazamiento positivo operan dentro de una cámara con una determinada cantidad de gas, luego disminuyen su tamaño con el fin de comprimirlo. Los más frecuentes tipos son de desplazamiento ascendente incluye los de tornillo, de pistón, de paletas y de lóbulos. Los de tornillos compactadores están siendo utilizados en ambientes que requieren de un elevado poder, en tanto que los pistones tornillos se utilizan mayormente en ambientes industriales debido a su capacidad. En la figura 2.1 se observan los distintos modelos que se encuentran en el mercado. Esta vasta variedad de posibilidades les da a los usuarios la oportunidad de elegir el compresor que sea de mayor factibilidad para sus requerimientos particulares. Los de forma de tornillo, que se muestran en la figura, están resaltados por su habilidad de soportar grandes exigencias de fuerza y volumen. Estos compactadores son muy

apreciados en labores que demandan una fuerza considerable, como por ejemplo la industria de la construcción o la elaboración de productos (Zhang, 2018).

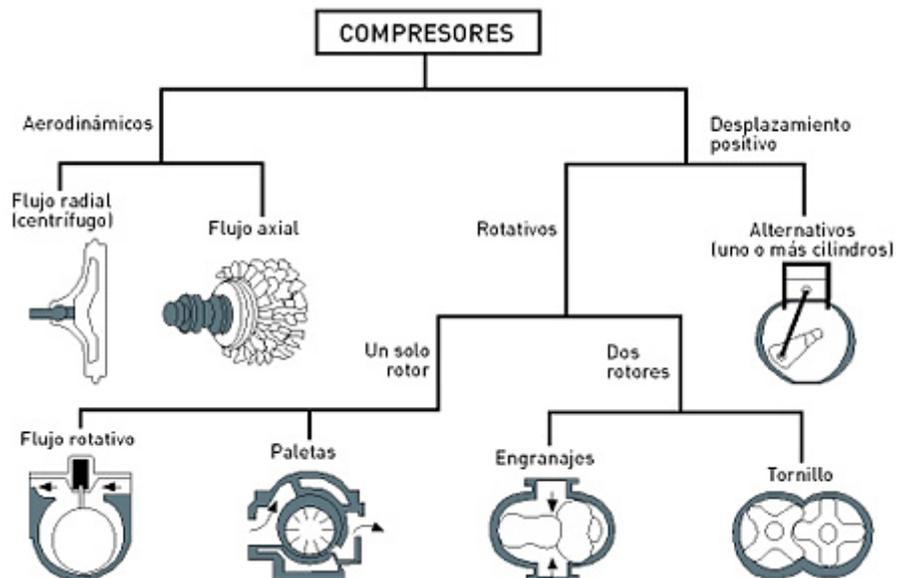


Figura 2.1: Tipos de compresores
Fuente: (Lalymh, 2020)

Brindan soluciones particulares para diversas peticiones. Por ejemplo, los de forma de escorpión resaltan por su diseño diminuto y su habilidad para operar en lugares limitados. Los compactadores en forma de copa, por otro lado, se utilizan en condiciones que requieren una alta capacidad de energía. Los de forma de pluma son identificables por su funcionamiento en armonía y su habilidad para generar una fuerza uniforme. Para seleccionar el adecuado, se debe tener en cuenta una serie de condicionantes, como la magnitud de la presión y el volumen, el contexto de labor y las particularidades propias de la utilización. Las mejoras en la tecnología han generado una evolución de los que son cada vez mejores en términos de efectividad y versatilidad, esto proporciona a los usuarios una mayor posibilidad de hallar la resolución óptima para sus requerimientos (Dalton, 2021).

2.1.1 Compresor de pistón rodante

Desarrollado durante la década de 1960, el compresor de pistones rodante ha sido la clase de compresores con mayor utilización en los purificadores de aire para el hogar (RAC) en la actualidad. Fue la marca Toshiba la que inauguró la fabricación en gran escala de este compresor en el año 1967, haciendo así el lanzamiento de su control en la industria. A partir de ese momento, su petición ha aumentado constantemente, y la producción anual a nivel mundial ha llegado a la sorprendentemente alta cifra de aproximadamente 200 millones de productos entre los años 2017 y 2020. China, en particular, ha contribuido con aproximadamente el 90% de la elaboración de este producto a nivel mundial. Tan es la invasión y popularidad de este compresor que el término "compresor rotativo" se ha transformado en sinónimo de los modelos de pistones rotativos que en mayor cantidad se han utilizado (Aw & Ooi, 2021).

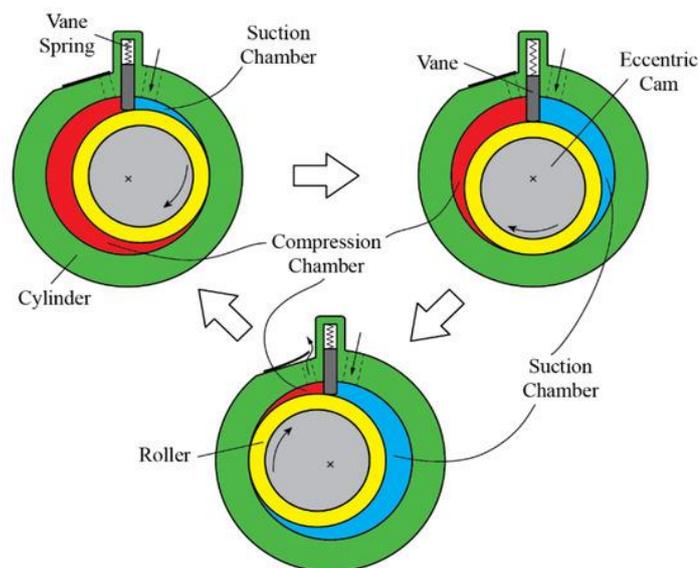


Figura 2.2: Funcionamiento del compresor de pistón rodante

Fuente: (Baradei, 2020)

Este sistema se desplaza, en base a la disposición de rodillos que están montados sobre un eje excéntrico que se visualiza en la figura 2.2. Existe contacto

entre las paletas y los rodillos, y la relación con el interior de la cámara de compresión, posibilita la distinción entre la zona de succión y la de compresión. En funcionamiento, el eje de transmisión se desplaza y los propulsores de los rodillos dentro del cuarto de giro se mueven. Esta disposición produce un patrón de entrada y presión del fluido cada dos vueltas, debido a las alteraciones del volumen del recipiente (Shcherba et al., 2022)

Su creación con cuidado garantiza que el flujo de aire sea óptimo y que la compresión del fluido sea eficaz, esto se traduce en un funcionamiento fluido y una alta capacidad para refrigeración. Además, es reconocido por su bajo nivel de ruido y vibración, esto ayuda a generar un entorno reposado y sin vibraciones. Estas características han hecho de él el refrigerador favorito dentro de la industria de los purificadores de aire para casa, donde la fiabilidad del enfriamiento y la comodidad del usuario son partes esenciales (Zhou et al., 2021).

A pesar de la gran cantidad de uso y popularidad que tiene, el compresor de pistones que se desplaza también posee ciertas carencias. Debido a su forma, no es óptimo para usos que requieren altos niveles de presión, porque su capacidad se reduce en estas zonas. Por otra parte, su tamaño y peso pueden ser valorados como desventajas en ciertas circunstancias en las que se requiere una mayor portabilidad y comodidad de instalación (C. Li et al., 2023).

2.1.2 Compresor de Tornillo

Un compresor de tornillo es un tipo de compresor utilizado en sistemas de pilas de combustible, cuyo objetivo es reducir la pérdida de potencia y aumentar la eficiencia. Es una alternativa al compresor de aire tradicional y es adecuado para

PEMFC de alta presión. No requiere compresión interna y es una excelente opción para la inyección de agua. Es altamente confiable, tiene un control simple y ofrece una alta relación de presión de una sola etapa y eficiencia isentrópica. El compresor de doble tornillo con inyección de agua (WITSAC) se puede operar de manera confiable en el sistema MVC y aumenta la tasa de flujo volumétrico y el consumo de energía. La inyección de agua reduce la temperatura de descarga del compresor y aumenta la eficiencia isoentrópica del compresor de doble tornillo. Este compresor es un componente clave en el sistema de desalinización por compresión mecánica de vapor (MVC). Está lubricado con agua y proporciona aire sin aceite adecuado para su uso en PEMFC. Esta característica es ventajosa debido al bajo coeficiente de fricción del agua, que ayuda a sellar la holgura del rotor (Wang et al., 2022).

Ventajas

Los compresores de un solo tornillo tienen una amplia gama de aplicaciones prácticas, como las de re-compresión mecánica de vapor (MVR), sistemas de bomba de calor de baja temperatura y campos de desalinización de agua de mar. Esto se debe a su construcción simple, fuerzas equilibradas y alta relación de presión. Desafortunadamente, el efecto de presurización durante el proceso de succión es una característica de funcionamiento interno de los compresores de un solo tornillo que puede disminuir su eficiencia. Además, hay una falta de criterios de diseño detallados para guiar el diseño de los componentes clave, ya que aún no se han realizado investigaciones sobre el mecanismo de los compresores de un solo tornillo. Sin embargo, la investigación ha revelado que el compresor de un solo tornillo tiene un fenómeno asimétrico. En comparación con otros tipos de compresores, los compresores de tornillo tienen numerosas ventajas. Por ejemplo, son compactos,

confiables y han reemplazado en gran medida a las máquinas alternativas en aplicaciones industriales y en sistemas de refrigeración. Además, los compresores de tornillo son simples y eficientes de operar. El compresor de tornillo doble con inyección de aceite es especialmente eficiente, ya que es económico de fabricar, tiene un diseño mecánico simple y no requiere sellos internos. En general, Los compresores de tornillo son una opción adecuada para una variedad de aplicaciones debido a su eficiencia y costo relativamente bajo (Wu et al., 2023).

2.2 Aire comprimido

El aire comprimido es un gas que se encuentra en una condición más fuerte de presión que la atmósfera que le rodeaba, esto hace que sea un excelente sitio para almacenar y transmitir energía. Es imperceptible, insensible, no tóxico y no inflamable, esto lo vuelve una alternativa segura y versátil para varios usos. El aire comprimido se utiliza normalmente en varias áreas, una de ellas es la industria automotriz, la alimenticia y la medicina ya que tiene la capacidad de adecuarse a diferentes situaciones y es versátil. Un sistema de distribución de aire con una presión atmosférica mayor consiste en tubos y conexiones en el lugar de uso que el aire llega a las instalaciones en las condiciones deseadas (Puska, 2023).

El empleo del aire comprimido tiene una antigüedad superior a dos milenios, en donde los especialistas creaban máquinas de aireación o neumáticas que generaban energía a través de una manivela o pistón. En el año 1776, el primer uso experimental del aire comprimido se hizo visible por John Wilkinson, él la usó con el fin de proveer un alto hornillo con gas. A partir de ese momento, el aire comprimido ha sido usado

largamente en varias áreas y se ha convertido en un integrante esencial de varios procedimientos de producción (Engie, 2023).

2.3 Neumática

2.3.1 Introducción de la neumática

La neumática es la especialidad de la física y la mecánica que se encarga del equilibrio y el desplazamiento del fluido de gas, en particular del aire. Es el análisis y utilización del gas o del aire como forma de transferir energía. La neumática es una ciencia que hace uso del gas, en general aire, para conseguir fuerza y transferir energía. La palabra "neumática" se deriva de la palabra griega "pneuma", que significa "aire" o "aliento". La neumática puede ser considerada como la colección de conocimientos que utilizan un fluido para transferir energía. En general, la neumática es una categoría que contiene la utilización de aire pre comprimido o gas para ejecutar una labor física (Cedeño & Torres, 2022).

El relato de la generación de aire comprimido tiene su origen en la antigüedad. La primera vez que se utilizó la máquina de aire fue en el año 2500 a.C., momento en el que se emplean resortes con el fin de generar una corriente de aire. Durante el primer siglo antes de Cristo, el inventor de Grecia Tesibio creó el primer proyector de tiro neumático, el cual ajustaba la cantidad de aire en recipientes. Si bien las características fundamentales de la neumática están dentro de los conocimientos más antiguos que tiene la humanidad, no fue sino hasta el final del siglo diecisiete que la disciplina se empezó a estudiar en serio. Actualmente, la neumática se utiliza largamente en varias áreas, que incluyen la automotriz, aeroespacial, industrial, de construcción y de otros tipos (López, 2023).

La neumática tiene una amplitud de usos dentro de diversas áreas industriales. Dentro de la industria automotriz, los automóviles de tipo neumático utilizan frenos de aire, un sistema de suspensión y un mecanismo para abrir y cerrar puertas. En la industria de fabricación, la neumática se utiliza con el fin de manejar actuadores que giren y quehaceres de tipo neumático como, por ejemplo, utilizar una pistola de clavos o llaves. En la industria de la construcción, los martillos neumáticos y las estructuras inflables utilizan la neumática. La industria médica utiliza la neumática en la alimentación de órganos tubulares y también es utilizada por la industria postal para proveer de manera neumática los sistemas de distribución de postales. En conclusión, la neumática es una tecnología que tiene usos múltiples y se encuentra en diversas áreas de la industria (Cabello et al., 2022).

2.3.2 Principios de la neumática

La neumática es una ciencia que basa su funcionamiento en la utilización del aire comprimido para proveer energía a distintos artefactos y usos. El aire comprimido se genera a través de los compresores, estos últimos aumentan la fuerza del aire hasta el valor para realizar el trabajo deseado. Luego, el aire es transportado por el sistema neumático a los distintos usos de la bomba de aire. Para que el aire condensado tenga la calidad correcta, se debe preparar y depurar adecuadamente antes de ser esparcido. La máquina neumática se utiliza ampliamente en la industria de la construcción, la fabricación y la ingeniería, esta utiliza herramientas y máquinas para realizar su labor (Hurtado et al., 2022).

Los componentes esenciales de un sistema de aire comprimido están compuestos por bombas, herramientas de mantenimiento, tanques de aire, válvulas y conductos. El compresor es responsable de compactar el aire y enviarlo a una fuerza

uniforme a través de las tuberías. El sistema de sustento garantiza que la presión atmosférica sea la correcta al purgarlo y controlarlo. Los tornillos de aireación se utilizan para cambiar la fuerza de aireación por movimiento mecánico, en tanto que las válvulas se utilizan para regular la entrada de aireación. El monitoreo apto del sistema de aire es fundamental para garantizar una operatividad segura y eficaz (Martínez et al., 2020).

La alimentación con neumática es una manera simple y garantizada de proveer energía a máquinas y herramientas. Se trata de una fuente de energía totalmente renovable y sustentable, ya que el aire condensado no genera emitir nocivos y además requiere de sistemas sencillos de alojamiento y transporte de energía. La tecnología se utiliza largamente en varias áreas, por ejemplo: la producción de automóviles, el tratamiento de alimentos o la administración pública, debido a que tiene una diversidad de usos y es simple de utilizar. Entender los fundamentos de la neumática, comprendida la generación y la distribución de aire comprimido, los componentes de la neumática y sus labores, y el control de los sistemas de la neumática, es fundamental para cualquier persona que trabaje con herramientas de la neumática o las dirija (Corredor, 2021).

2.4 Sistemas embebidos

2.4.1 Arduino

Es una plataforma electrónica, creada por el Instituto de Diseño de Interacción Ivrea, es una alternativa de código abierto que ha sacudido el ámbito de la electrónica y la programación. Su creación se basa en un pequeño controlador que se puede programar para ser montado en una superficie de circuito a través de su software de Arduino IDE como se puede ver en la figura 2.3. Este dispositivo tiene la capacidad

de transformar la información de salida para los sensores que están conectados, además de ampliar su capacidad mediante el uso de placas adicionales denominadas "escudos". De esta forma, es posible utilizar una diversidad de actuadores, como motores y diodos que emitan luz (Kim et al., 2020).

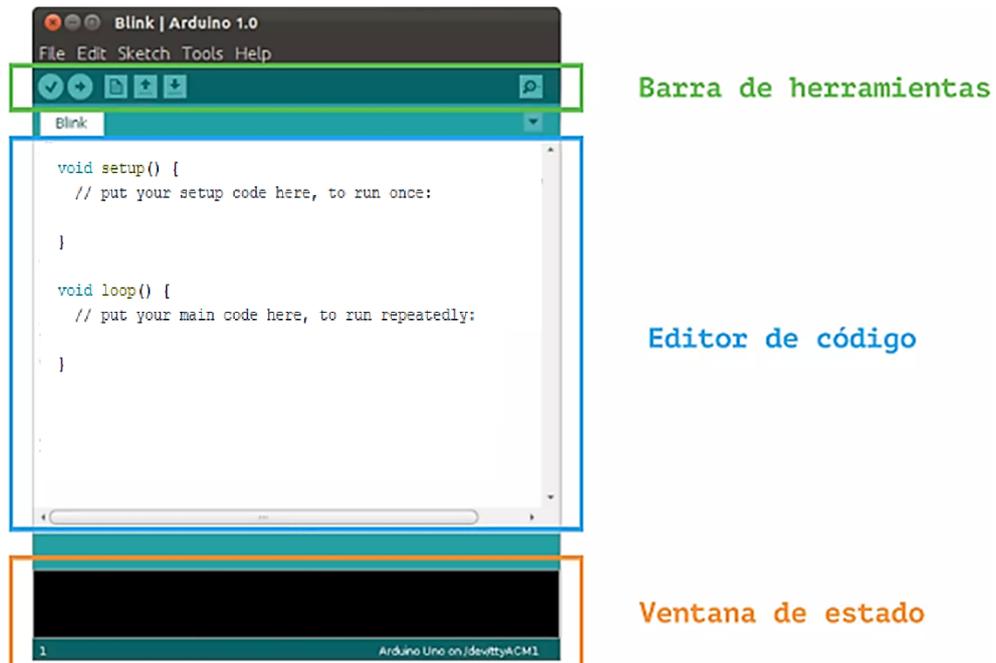


Figura 2.3: Entorno de Arduino IDE
Fuente: (Ruiz, 2020)

Una de las características que se destaca de Arduino es su relativo bajo precio comparado a otras herramientas de control, esto lo vuelven accesible para un abanico extenso de individuos. También, su diversidad le da la oportunidad de operar en diferentes sistemas operativos, como es el caso de Macintosh, PCs y consolas. La lengua de programa utilizada en el software de Arduino es igualmente extensible a través de la colección de C++, de la misma manera que el hardware de Arduino, esto proporciona a los usuarios la ocasión de crear sus propias versiones de los componentes y adaptarla a sus requisitos particulares (Ardiansah et al., 2020).

Debido a su flexibilidad y asequibilidad, los especialistas han utilizado la plataforma de Arduino para fabricar herramientas de bajo costo que concuerdan con los requerimientos de la investigación. Esta tecnología ha demostrado ser con mucha utilidad en sitios donde se requiere una respuesta particular y económica. Además, en los últimos años, se ha observado un aumento en la elaboración de aplicaciones y proyecto del Internet de las cosas (IOT), electrónicos portátiles y productos de automatización que utilizan placas Arduino en diversas áreas, por ejemplo, la minería, la industria alimenticia y diversas otras áreas (Hajjaj & Gsangaya, 2022).

La variedad de modelos de Arduino, mezclada con su comunidad activa de usuarios y programadores, ha generado una gran cantidad de innovaciones y ha facilitado el desarrollo de varios proyectos a nivel mundial y a su vez aplicaciones en diferentes áreas de la sociedad. Esta red ha popularizado el ingreso a la electrónica y la programación, otorgando a los amantes, los alumnos, los investigadores y los profesionales la ocasión de expresar sus conceptos de manera creativas y económicas (Ismailov, 2023)

En comparación con otras plataformas de microcontroladores, Arduino es económico y lo suficientemente versátil como para ejecutarse en los diferentes tipos de sistemas operativos tales como: Windows, Macintosh OSX y Linux. El lenguaje del software Arduino es extensible a través de la biblioteca C++, al igual que el hardware Arduino, lo que significa que los usuarios pueden desarrollar sus propias versiones de los módulos. Entonces, los investigadores utilizaron la plataforma Arduino para crear instrumentos de bajo costo que se ajustaran a sus necesidades. Recientemente, el desarrollo de aplicaciones IoT, dispositivos portátiles y productos

de automatización que utilizan placas Arduino ha ido en aumento en los distintos de industrias, tales como la minera, la alimenticia, etc (Bintari & Wicaksono, 2022).

2.4.1.1 ESP32

Es un tipo de microcontrolador de Espressif Systems que proporciona datos al sistema superior. En la figura 2.4 se observa los 43 pines GPIO, un procesador de un solo núcleo con 320kB de SRAM y 128kB de ROM. Se puede configurar para proporcionar diferentes interfaces periféricas, como interfaces SPI, I2S e I2C, interfaces UART, canales PWM, interfaz LCD, interfaz de cámara, canales ADC, canales DAC e interfaces táctiles capacitivas. Además, se puede integrar con pantallas OLED y varios módulos IoT y sensores inteligentes. Además, ESP32 presenta nuevas capacidades de Bluetooth y Wi-Fi, y existe una amplia gama de versiones de firmware para varios proyectos de automatización. El nuevo SOC ESP32-S2 tiene capacidades de encriptación mejoradas y un rendimiento de radio mejorado en comparación con su predecesor, y es compatible con conjuntos de chips Wi-Fi. Soporta IEEE 802.11 b/g/n y el protocolo FTM según el estándar IEEE 802.11-2016. (Barral Vales et al., 2022).

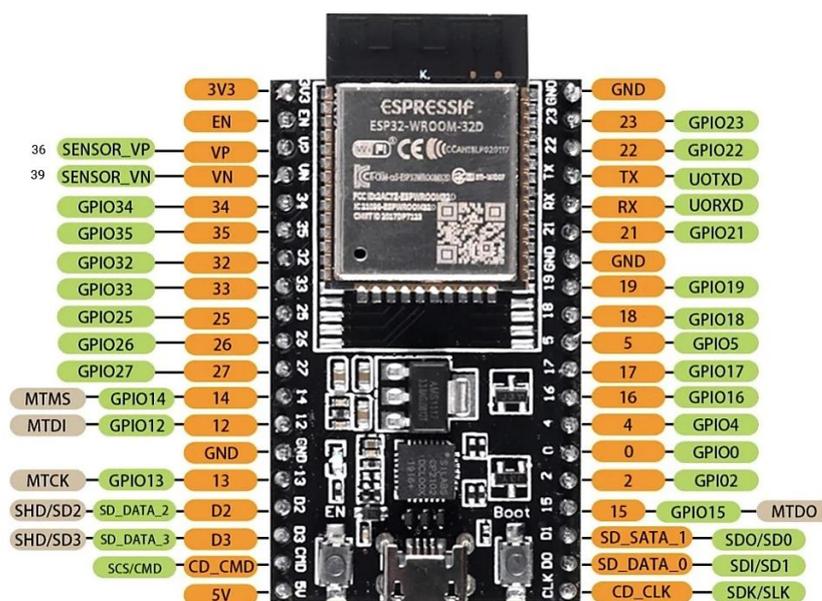


Figura 2.4: Pines del ESP32

Fuente: (Altronics, 2023)

Este tipo de dispositivo es capaz de calcular sus propias estimaciones y generar estimaciones en tiempo real. Puede implementarse el algoritmo de árboles de regresión. Los dispositivos ESP32 son de bajo costo, alrededor de \$5 USD cada uno, y son compatibles con entornos de desarrollo populares como Arduino y MicroPython. También tienen un bajo consumo de energía. ESP32-S2 es un módulo capaz de proporcionar estimación de distancia utilizando tecnología FTM Wi-Fi implementada según el estándar IEEE 802.11-2016. El dispositivo solo admite la banda Wi-Fi de 2,4 GHz y se utiliza para la estimación de distancia en diferentes escenarios (Babiuch et al., 2019).

Es capaz de proporcionar una gama de opciones de entrada y salida, incluida la conversión de analógico a digital y la modulación de ancho de pulso. Es adecuado para proyectos de IoT, debido a sus capacidades integradas de Wi-Fi y Bluetooth. Está alimentado por un procesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo y tiene una estructura altamente integrada, lo que lo convierte en un sistema de bajo costo y bajo consumo. Se ha comparado con otros competidores del mercado, y el artículo sobre ESP32 también ofrece información sobre las especificaciones, características y detalles de programación del microcontrolador. Hay una gran comunidad de desarrolladores y académicos que utilizan el ESP32, ya que es un sucesor del microcontrolador ESP8266 (Anshori et al., 2022).

Tiene variantes de hardware y ramas de desarrollo de software, y se ha utilizado para diversas aplicaciones, como un servidor web, monitoreo ambiental, control inalámbrico y recopilación de datos. ESP32 se usó para desarrollar eSTAT, un sistema de potenciómetro de bajo costo y controlado por teléfono inteligente, y también se usó

para configurar el cliente MQTT. La configuración de hardware para esto incluía un relé, sensores de corriente y voltaje, un enrutador Wi-Fi y un microcontrolador ESP32-S2, y el sistema se evaluó en función de las mediciones de CV. El ESP32 también es capaz de capturar información detallada del estado del canal Wi-Fi (CSI), lo que lo convierte en un microcontrolador de antena única económico (Baig et al., 2021).

2.4.2 Raspberry Pi

Es una versión reducida de una computadora moderna, capaz de realizar tareas de manera eficiente, como se observa en la figura 2.5 Este módulo utiliza múltiples tipos de procesadores, por lo tanto, solo puede instalar aplicaciones y sistemas operativos de código abierto. El Pi también permite a los usuarios navegar por Internet, enviar correos electrónicos, escribir documentos usando un procesador de textos, etc. La Raspberry Pi es compatible con muchos lenguajes de programación como Python, C, C++, BASIC, Perl y Ruby (Kondaveeti et al., 2022)

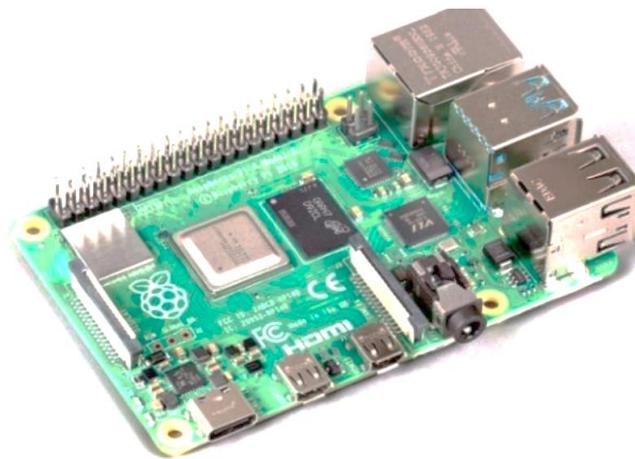


Figura 2.5: Raspberry Pi 4B+
Fuente: (Vivas & Vivar, 2022)

En 2006, los investigadores de la Universidad de Cambridge se propusieron aumentar la cantidad de estudiantes de nivel A que tomaban ciencias de la

computación, sentando las bases para el desarrollo de Raspberry Pi. Los cuatro investigadores detrás del desarrollo del primer modelo fueron Eben Upton, Jack Lang, Rob Mullins y Alan Mycroft. Raspberry Pi se fundó en 2009 con la misión y la visión de crear una computadora asequible que la generación de jóvenes pudiera usar para aprender programación informática básica (Hirak et al., 2021).

El primer Raspberry Pi, modelo B, fue lanzado en 2012 por la Fundación Raspberry Pi en el Reino Unido. Inicialmente, utilizaba un Soc Broadcom BCM2835 integrado con 512 Mb de memoria, un procesador ARM ARM1176JZF-S de 700 MHz y una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) VideoCore IV. Después, la fundación lanzó un modelo económico con menos almacenamiento de memoria, un solo puerto USB y sin controlador Ethernet. A partir de 2019, la compañía ha vendido un número mayor a 19 millones de unidades, lo que la convierte en la tercera "computadora de propósito general" con mayor ventas (Hirak et al., 2021).

Las siguientes especificaciones corresponden a la última Raspberry Pi 4 Modelo B (Maulana, 2021):

- Procesador: Broadcom BCM2711, Quad Core Cortex-A72 (ARM v8) 1,5 GHz SoC de 64 bits
- RAM: 8 GB LPDDR4-3200 SDRAM
- Bluetooth: Bluetooth 5.0, BLE
- Wi-Fi: 2,4 GHz y 5,0 GHz IEEE 802.11ac Inalámbrico
- USB: 2 puertos USB 3.0, 2 puertos USB 2.0
- Ethernet: Gigabit Ethernet
- HDMI: 2 puertos micro HDMI (admite hasta 4kp60)

- Almacenamiento: Ranura para tarjeta MicroSD
- Fuente de alimentación: fuente de alimentación USB tipo C de 5,1 V 3 A.
- Dimensiones: 85,6 mm × 56,5 mm

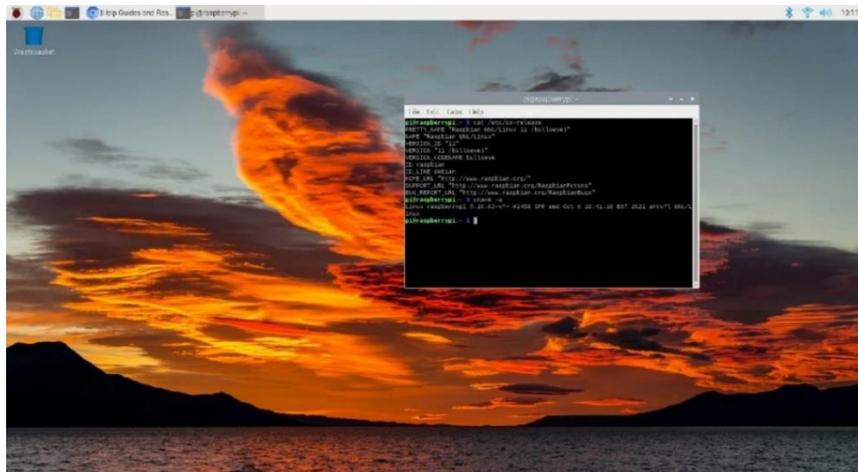


Figura 2.6: Sistema operativo Raspbian
Fuente: (Crizt, 2021)

Raspberry Pi originalmente tenía su propio sistema operativo, anteriormente conocido como Raspbian basado en Linux como se observa en la figura 2.6. En el mundo del software emergente, existen pocas opciones de sistemas operativos no basados en Linux en el mercado. Los sistemas operativos de elección de Pi son las distribuciones de Linux (Debian, Puppy Linux, Arch Linux, Fedora Remix y OpenELEC) porque están disponibles de forma gratuita, pero sobre todo porque pueden ejecutarse en el procesador ARM de Raspberry Pi; en la figura 2.7 se observa un ejemplo de aplicación de una raspberry pi (Le et al., 2022).

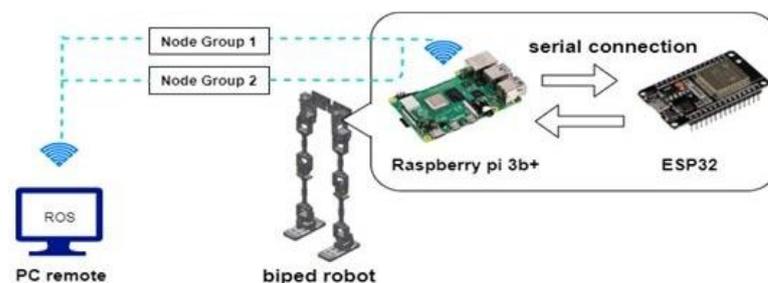


Figura 2.7: Diseño de un robot bípedo con raspberry pi
Fuente: (Bravo et al., 2022)

El objetivo principal de Raspberry Pi es lograr que las personas se fascinen con la informática y la programación, e incluso resolver sus complejos problemas matemáticos. Algunas aplicaciones se mencionan a continuación (Jolles, 2021):

1. Sistema de domótica: este sistema puede adaptarse fácilmente a algunas aplicaciones de domótica a través de la interfaz de relés, sensores y luces para teléfonos inteligentes o computadoras. Los operadores pueden operar fácilmente el sistema de forma remota. Teléfonos inteligentes de energía cero: los desarrolladores/ingenieros pueden desarrollar fácilmente teléfonos inteligentes caseros al ensamblar varios componentes electrónicos que están fácilmente disponibles en las cercanías.
2. Asistente AI: permite a los usuarios integrar fácilmente comandos de voz en idiomas comunes a través del SDK del Asistente de Google y la API Cloud Speech de Google. Cámara de seguridad de captura de movimiento: el módulo de cámara Raspberry Pi se puede conectar fácilmente a una cámara web USB genérica para desarrollar un sistema de seguridad de captura de movimiento.
3. Live bot: Live bot es un sistema que permite a los usuarios conducir/controlar muchos robots basados en Pi a través de Internet.

2.5 Lenguaje de programación Python

Es una herramienta de computación de propósito general que se destaca por su sencillez y la fluidez para el desarrollo. Este lenguaje se convirtió en una alternativa factible y simple de aprender para aquellos que deseaban leer y escribir sus códigos de una forma sencilla, en vez de precisar de estructuras complicadas y de difícil entendimiento. La versatilidad de Python es manifiesta en la variedad de sistemas operativos que es posible ejecutar, como, por ejemplo, Linux, MacOS y Windows.

Esta particularidad ha ayudado a que su popularidad se incrementara con el pasar de los años, en comparación a otras lenguas de programación que están en venta. Su advenimiento masivo se puede ver claramente en la figura 2.8, la cual evidencia un incremento de la utilización y la demanda en la programación (Rawat, 2020).

La sencillez del lenguaje Python ha sido uno de los motivos importantes de su triunfo. Su sintaxis comprensible y escrita de manera clara apoya la comprensión de este y acelera el procedimiento de creación. Esto ha facilitado que tanto principiantes como expertos en programación utilicen los provechos de Python en varias áreas, desde la creación de websites hasta el estudio de datos y la inteligencia artificial. También, Python posee una gran base de datos standard y una comunidad de programadores que constantemente añaden nuevos componentes. Esto incrementa en gran medida las habilidades de Python y ofrece a los programadores una gran diversidad de herramientas y posibilidades para solucionar cualquier problema (Speight, 2020).

Most in-demand programming languages of 2022

Based on LinkedIn job postings in the USA & Europe

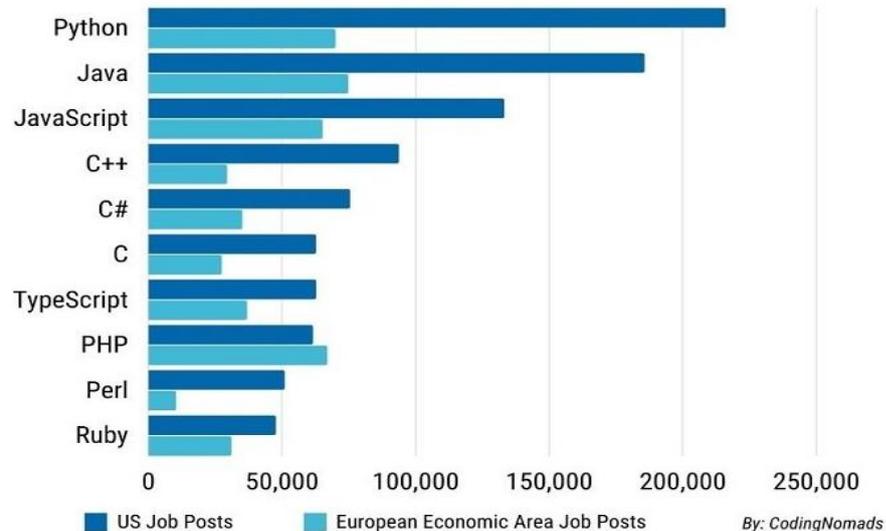


Figura 2.8: Uso de los lenguajes de programación en el 2022

Fuente: (Codingnomads, 2022)

Python brinda un entorno web asistido que apoya la creación de apps para la web. Esta característica ofrece una amplísima gama de oportunidades para la explotación de aplicaciones en internet. También es una alternativa popular en desarrollo de apps para empresas. Ejemplos notados incluyen los sistemas de administración de recursos de la empresa (ERP) de fuente abierta como Tryton y picalo, los cuales han sido producidos utilizando el lenguaje de programación de Python (Ito et al., 2022).

Python se hace notar por su habilidad de gestionar una vasta gama de clases de datos, que van desde lo sencillo hasta lo complejo. Esta versatilidad se puede observar en la figura 2.9, donde se puede ver la variedad de posibilidades existentes en el idioma Python. Los datos tipo sencillo tienen la posibilidad de ser números, cadenas de texto y también valor lógico, en tanto que los datos tipo complejo tienen la capacidad de ser compuestos, es decir, listados, mezclados, compuestos y diccionarios. Esta diversidad de clases de información les ofrece a los programadores la posibilidad de desarrollarse con información planificada de manera ágil y cambiarla según las necesidades del aplicativo (Ghosh, 2023).

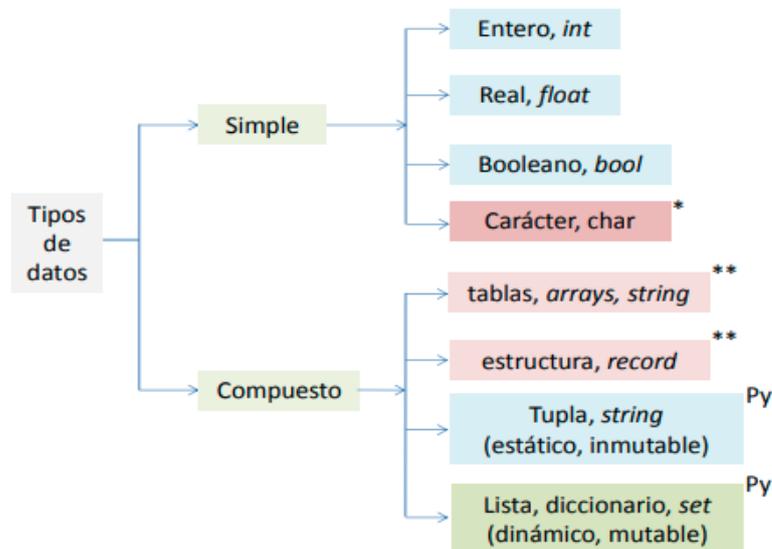


Figura 2.9: Tipos de datos usados en Python
Fuente: (Gomis, 2018)

Además de su capacidad para desarrollar websites y empresas, Python se hace notar por la variedad de frameworks y librerías que tiene. Estas bases de datos y marcos, como por ejemplo Django y Flask, ofrecen adicionalmente herramientas y características para perfeccionar y facilitar el desarrollo de aplicaciones web. Los programadores pueden utilizar estas herramientas para generar aplicaciones de gran calidad y con un descenso de curva reducido. Existen ejemplos de distintos tipos de bibliotecas con mayor popularidad de Python para el área de la ciencia de los datos, tales como (Codingnomads, 2022):

- **Numpy** (Taller de conducción de vectores, matrices y operaciones de matemática a alta velocidad).
- **Pandas** (Guía de procedimiento y limpieza de información).
- **Plotly** (Producir visualizaciones en tiempo real).
- **Scikit-learn** (Datos preliminares, selección de modelos, modelos de aprendizaje de máquinas, métricas).
- **Categoría de Encoders** (Ponderación y transformación de datos de categorías que se pueden utilizar en el aprendizaje automático de la inteligencia artificial).

2.6 Lenguaje de programación C++

Bjarne Stroustrup y su grupo en Bell Laboratorios, desarrollaron en 1979 y se lo considera como un lenguaje de programación con propósitos generales como se observa en la figura 2.10, además es una versión perfeccionada del lenguaje C (Dmitrović, 2023).

Dentro de las particularidades esenciales que se anexaron se hallan la programación por objetos, la administración de equivocaciones y ejecución, la

sobrecarga de operadores y la implementación de espacios o zonas de nombre. Las características de la industria que resaltan en la programación en C++ son diversas y sobresalen por la capacidad que tienen de atender requisitos de alto desempeño, fiabilidad y bajo costo, a continuación, algunas de las aplicaciones del mismo en ámbitos profesionales son (Juillet, 2023):

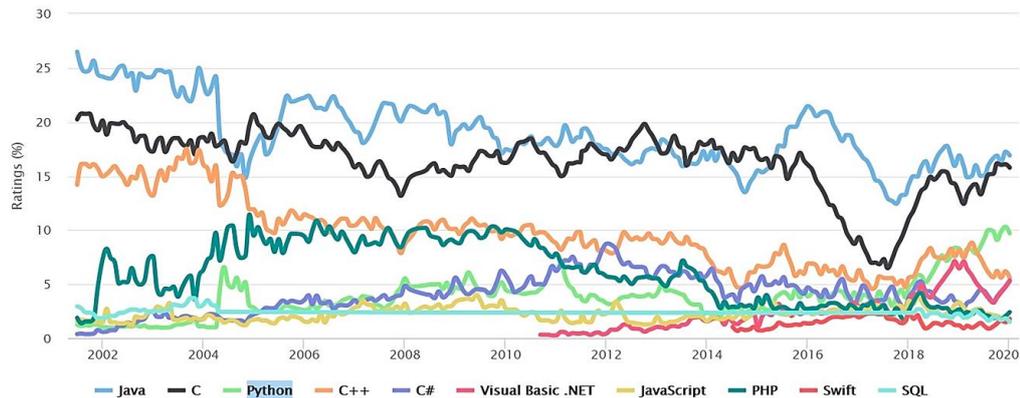


Figura 2.10: Preferencia de uso del lenguaje C y C++ por programadores

Fuente: (Dennis, 2020)

- Dentro del ámbito de los sistemas operativos, se utiliza largamente en herramientas de gran popularidad como son MacOS, Windows y sistemas operantes de móviles como es iOS. Su capacidad de rapidez y su eficiencia lo vuelven ideales para instaurar estos sistemas fundamentales en la actualidad.
- Dentro del ámbito de las telecomunicaciones, tiene un rol importante en el control de la infraestructura de red. Los componentes esenciales se fundan en este idioma para gestionar grandes cantidades de tráfico de comunicación en simultánea de manera ágil y económica, garantizando una óptima conectividad.
- La inteligencia artificial igualmente se apoya enormemente en las habilidades de programación de C++. Gracias a su habilidad en el nivel inferior, constituye una alternativa ideal para ejecutar diseños complidos de aprendizaje

automático, esto permite la creación de herramientas de inteligencia artificial avanzadas y de gran capacidad.

- Dentro del ámbito del sustento de una base de datos, se valora como una alternativa firme y potente. Herramientas populares de base de datos, como por ejemplo MySQL y MongoDB, se basan en el lenguaje SQL y brindan sustento a apps construidas por grandes empresas, como por ejemplo Google, Adobe y Netflix, entre otros.
- También, la familia está lista para soportar varios sistemas incorporados a objetos de la tecnología de la información (TI), por ejemplo, electrodomésticos, automóviles, televisores y relojes. Su diversidad y capacidad lo vuelven una alternativa viable para la creación de software en estos dispositivos, esto genera así una mayor conectividad y automatización dentro del ámbito del IOT.
- Dentro del ámbito de la tecnología financiera, tiene un rol importante. Manejando diariamente miles de transacciones con la misma velocidad y fiabilidad, esta lengua ofrece el sentido del programa usado en las finanzas, el comercio y la banca, garantizando la seguridad y la fluidez de estos negocios esenciales.
- Los usuarios de navegadores web lo utilizan para ejecutar servicios de administración. Navegadores como el Firefox, el Chrome y el Safari utilizan este lenguaje para obtener información de las bases de datos y generar códigos, esto genera una sensación de fluidez y eficiencia en la navegación.
- Dentro del área aeroespacial, se utiliza largamente con el fin de propulsar aeronaves de tipo comercial o militar. Se utiliza normalmente en el diseño de software de Aerodinámica de Vuelo Crítico que apoya todos los aspectos de la

operación de vuelo, desde la dirección hasta el control de sistemas y la navegación de la aeronave.

- Dentro del ámbito de la medicina digital, tiene un rol importante. Este idioma se puede encontrar en diferentes tipos de software para clínicas, que brindan herramientas para la resonancia magnética, los laboratorios de pruebas y el tratamiento de datos de pacientes. La eficacia y habilidad para gestionar enormes cantidades de información lo hacen una gran opción para la seguridad.
- La creación de juegos ha sido igualmente beneficiada enormemente. Este idioma es muy popular dentro del ámbito de los juegos, que apoyan a empresas destacadas y dispositivos como la PlayStation, el Xbox y el Nintendo. Su habilidad para gestionar recursos gráficos complejos y proporcionar un desempeño óptimo ha hecho que sea una lengua fundamental para la creación de juegos.
- Dentro del ámbito de la elaboración de filmes, es primordial para gestionar grandes repertorios de filmes sin acabar de alta calidad. Se usa con el fin de generar sorprendentes gráficos y efectos especiales en las películas de Hollywood, brindando una sensación de atracción visual para los televidentes a nivel mundial.
- Incluso dentro de la exploración del espacio, tiene una influencia significativamente. La Administración de la NASA y la Instituto de Investigaciones de la Tierra emplean este idioma con el fin de planchar el programa de control de vuelos de aeronaves espaciales, además de para realizar diversas labores en el terreno. La fiabilidad y la eficiencia son fundamentales para garantizar el éxito de los objetivos espaciales y que la operación en la Tierra sea correcta.

2.7 Sensor de Humedad

En los últimos años, se ha observado un incremento importante en la relevancia de los sensores de humedad debido a su diversidad y la posibilidad de utilizarlos en diferentes áreas. Estos dispositivos como se observa en la figura 2.11 tienen un rol importante que realizar al proveer mediciones exactas de la higrometría, una medida fundamental en varias áreas industriales y científicas. Desde la esfera de la producción industrial hasta la agricultura, pasando por la seguridad de los alimentos y el control del medio ambiente, la habilidad de medir la humedad de forma precisa es fundamental para garantizar la calidad de los productos, ejecutar los procesos y promover el bienestar general (Duan et al., 2021).

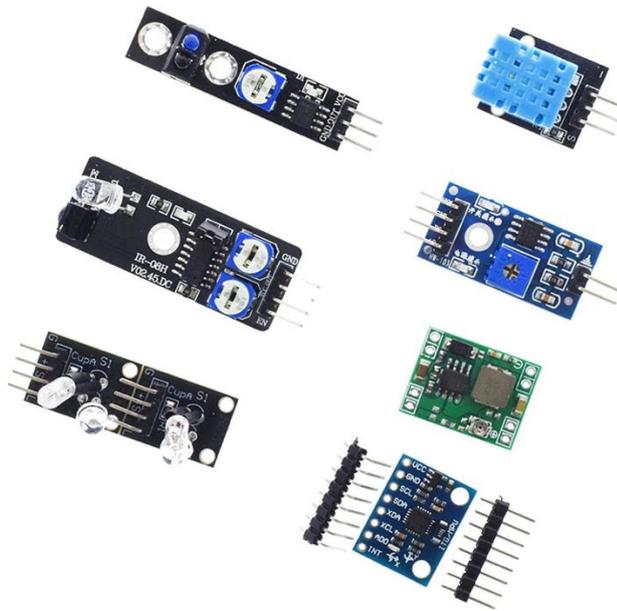


Figura 2.11: Tipos de sensores de humedad
Fuente: (García, 2021)

Hay varias maneras y métodos de identificación libres en los medidores de humedad. Dentro de ellas, resaltan los usos de sensores de luz, debido a su alta exactitud y rapidez, además de los métodos de identificación tradicionales que se fundan en alteraciones de tipo eléctrico o de superficie. Estos desarrollos en tecnología han posibilitado aumentar significativamente la precisión de las mediciones de agua,

además de lograr una mayor versatilidad en diferentes ambientes y propósitos (X. Li et al., 2020).

Además de ser usado en áreas industriales y agrarias, los sensores de agua también tienen un papel importante dentro de otras áreas relacionadas con el cuerpo humano, como la medición de la humectación de la piel o el control de la humectación de los paños. En el ámbito de los hogares inteligentes, estos sensores tienen un rol importante al hallar y regular la magnitud de la humillación en el entorno, de esta manera, ayudan al bienestar y a la economización de la energía (Kapic et al., 2020).

En la medida en la que la tecnología progresa, los fabricantes de sensores de humedad tratan de perfeccionar diferentes características de desempeño, como la exactitud, la estabilidad, la capacidad de respuesta en el momento y la resistencia a las instrucciones de afuera. Al mismo tiempo, se intentó mantener un proceso económico y un análisis de costo beneficio. Esta mezcla de provechosos y consideraciones económicas ha generado la disponibilidad de sensores de agua cada vez más exactos y garantizados, esto ayuda a la gran mayoría de los ambientes y usos a determinar con precisión el nivel de agua (Liang et al., 2020).

2.8 Humedad en los sistemas neumáticos

La humedad es de gran importancia en los sistemas neumáticos, ya que puede causar una variedad de fallas y daños. Las fuentes de humedad en los sistemas neumáticos se pueden atribuir a la fuente de calor, la condensación, los sistemas de generación de vapor, los sistemas de aire y agua, y la transferencia masiva de humedad del aire. Esto hace que los diseñadores consideren la tasa de adición de agua, colocando

las fuentes de combustible líquido y eléctricas en pie de igualdad. El aire ayuda a prevenir la acumulación de humedad, lo que puede causar condensación. El agua o el aire se pueden utilizar para el transporte a miles de kilómetros de distancia de su fuente, y deben tenerse en cuenta para evitar el encharcamiento del mismo (Doner & Ciddi, 2022).

La humedad puede ingresar a los sistemas neumáticos a través de sistemas de aire y agua o sistemas de generación de vapor. El aire ayuda a evitar la acumulación de aire viciado y contaminantes del aire en el espacio acondicionado. Para evitar que el sistema se dañe por la humedad, son necesarios sistemas de separación de agua y recirculación de aire. Cuando el agua ingresa a un suelo, el aire debe ser reemplazado. Las fuentes de energía para los sistemas de aire acondicionado basados en gas son principalmente las bombas de calor y los sistemas de calefacción de pavimentos. El calor del aire que ingresa al serpentín de agua enfriada es el calor total, incluido el calor sensible y latente. Las personas que no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable y saneamiento mejorado tienen más probabilidades de sufrir la falta de agua segura. Para asegurarse de que no entre agua en el sistema, es importante asegurarse de que no haya aberturas (Arias Velásquez & Mejía Lara, 2020).

Los factores ambientales como la contaminación del aire, el riego intenso y la condensación pueden contribuir a la humedad en los sistemas neumáticos. La mala calidad del aire y la acumulación de humedad son problemas graves, y el aire de ventilación ayuda a evitar la acumulación de aire viciado. Comprender cómo la masa de aire afecta la tasa de adición de agua es importante para identificar fuentes y estrategias importantes para abordar los problemas de calidad del agua. Además, es

posible utilizar sensores de gas para medir los niveles de humedad a fin de evitar que se forme condensación y cause daños físicos al sistema (Qian et al., 2017).

La humedad puede tener un efecto significativo en el rendimiento de los sistemas neumáticos. Por ejemplo, los altos niveles de humedad pueden causar un mayor error de medición cuando se detectan tasas de flujo másico usando electrodos electrostáticos. Dichos errores son más pronunciados en materiales porosos que en materiales no porosos. Al mismo tiempo, el contenido de humedad afecta la carga de partículas, lo que puede resultar en una mayor deposición de partículas en el techo de los conductos. Esto es particularmente cierto para las partículas más pequeñas, que se ven afectadas negativamente por los niveles de humedad del aire. Las características de frecuencia y amplitud de las señales electrostáticas también varían según el contenido de humedad. Además, el valor RMS de las señales electrostáticas disminuye al aumentar la velocidad de las partículas (Xu & Grosshans, 2023).

El proceso de eliminación de humedad de los sistemas neumáticos incluye una serie de pasos y requiere el uso de equipos adecuados. Se pueden realizar varias pruebas para confirmar la presencia de humedad en el interior y el crecimiento microbiano. Los estudios han demostrado la conexión entre la humedad, la exposición microbiana y los efectos sobre la salud. Para eliminar la humedad de un sistema neumático, se debe medir el contenido final de humedad del producto. El contenido de agua afecta la conductividad térmica del tejido y puede reducirse utilizando un espacio de aire. Este espacio de aire se puede usar para eliminar la humedad y el polvo, lo que podría afectar la adhesión. Para reducir aún más el contenido de humedad, es necesario el flujo de aire a través de toda la masa de algodón. Además, es importante eliminar el

agua absorbida en la superficie del agregado. La eliminación de la humedad se ve afectada por la temperatura y la humedad relativa del aire utilizado para el secado. Cuando el contenido de agua se acerca a un límite llamado contenido de agua residual, es difícil eliminar la humedad de la superficie. Finalmente, para asegurar una eliminación exitosa de la humedad, se debe analizar el efecto del contenido de humedad del aire de entrada. En general, el proceso de eliminación de humedad de los sistemas neumáticos tiene múltiples facetas y requiere una cuidadosa consideración para garantizar el resultado deseado (Ziegler et al., 2021).

2.9 Válvulas en los sistemas neumáticos

En los sistemas neumáticos se han utilizado tres tipos de válvulas: válvulas neumáticas prefabricadas, válvulas de tornillo y válvulas Quake. Cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas. Las válvulas neumáticas prefabricadas tienen un área de membrana más grande que hace que se deformen más fácilmente a lo largo del eje del canal de flujo y requieren una presión de actuación más alta (45 psi) para cerrar el canal de flujo. Por el contrario, las válvulas Quake están redondeadas para cerrar el canal de flujo a baja presión y solo requieren de 5 a 30 psi. Todas tienen una transición continua de "abierto" a "cerrado", sin embargo, las válvulas Quake y de tornillo tienen una transición más suave que las válvulas de solenoide, lo que las hace adecuadas para regular el flujo en micro canales (Sotoodeh, 2019).

En términos de tamaño, la válvula de solenoide prefabricada ocupa un espacio más grande (10 x 10 mm), mientras que las válvulas neumáticas y de tornillo prefabricadas tienen un espacio más pequeño (3,5 x 3,5 mm), lo que permite incorporar más válvulas en la región del dispositivo. Además, la válvula neumática se puede

controlar con mayor precisión que una válvula de tornillo y puede actuar como regulador de flujo en el generador de gradiente. En comparación, las válvulas de solenoide son útiles para cambiar rápidamente el perfil de concentración usando control electrónico, con cambios posibles en menos de 5 segundos, mientras que las válvulas de tornillo no requieren energía para mantener una posición cerrada o abierta. Además, la presión del aire en los actuadores neumáticos es mucho más baja que la presión del aceite en los actuadores hidráulicos y se requiere menos aceite para mover el resorte en los actuadores hidráulicos en comparación con el aire en los actuadores neumáticos. Sin embargo, los actuadores hidráulicos son más pequeños que los actuadores neumáticos y el actuador hidráulico es más grueso debido a la mayor presión de aceite, en la figura 2.12 se visualiza la unidad de mantenimiento de un sistema neumático (Leszczynski & Grybos, 2019).

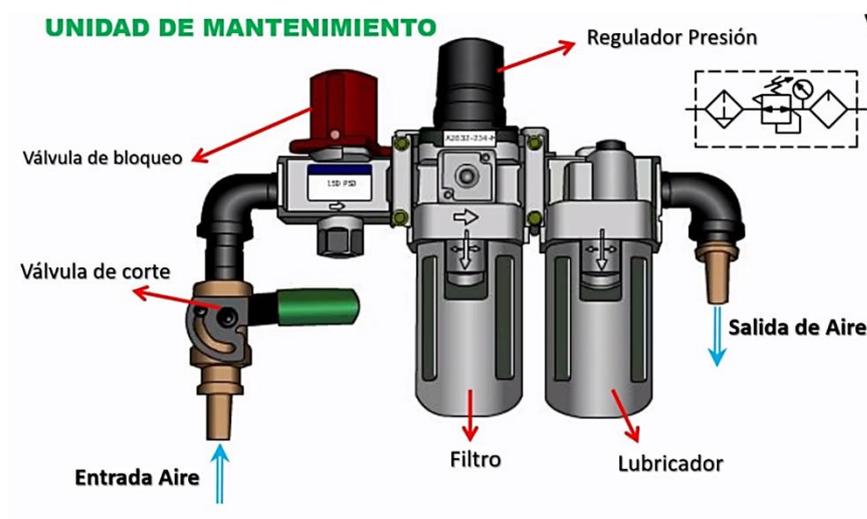


Figura 2.12: Simbología de válvula en sistema neumático
Fuente: (Uricar, 2022)

Las válvulas son un componente importante de los sistemas neumáticos y realizan diversas funciones relacionadas con el control de la presión, el movimiento y la distribución del aire. Las válvulas digitales pilotadas por PWM son un tipo común y se usan en servosistemas, mientras que las válvulas inestables de dos posiciones y

dos vías se usan a menudo para conectar cada cámara del dispositivo controlado a la alimentación y la entrega. Las válvulas de solenoide de encendido/apagado son otro tipo que se usa para el modo de control de lazo abierto, y las válvulas digitales también se pueden usar para mejorar el rendimiento.

El control de impedancia conjunto y una válvula especialmente diseñada pueden aumentar aún más el ancho de banda de los servos actuadores a 10 Hz. Además, debido a su bajo costo, buena relación peso/potencia y bajos requisitos de limpieza, los sistemas neumáticos se utilizan en una amplia gama de aplicaciones. Las válvulas pueden ser accionadas por tecnología PWM, y tienen diferentes caudales y tiempos de respuesta, con algunos pares que permiten un tamaño pequeño y un tiempo de conmutación corto, y un tamaño grande y un tiempo de conmutación largo, respectivamente. Además, se utilizan para el control de posición en sistemas electroneumáticos y también se pueden utilizar con circuitos tipo puente para el control de presión variable, lo que mejora la eficiencia energética y permite un movimiento suave del pistón hasta el final de la carrera, que puede tomar el lugar del componente amortiguador y la válvula de control de velocidad del circuito tradicional. El aire comprimido es una opción común para aplicaciones industriales, y las válvulas son una parte clave de estos sistemas (Harris et al., 2019).

Capítulo 3:

Aportes de la investigación

La implementación del sistema de descarga temporizada será detallada paso a paso, desde la conexión de los sensores al Arduino Uno hasta la programación del drenador temporizado. Se describirá cómo se establecen los parámetros necesarios para la temporización de la descarga, asegurando un funcionamiento óptimo del compresor, en la figura 3.1 se visualiza la ubicación de la Facultad de Educación técnica de la UCSG, donde se realiza la implementación del dispositivo.

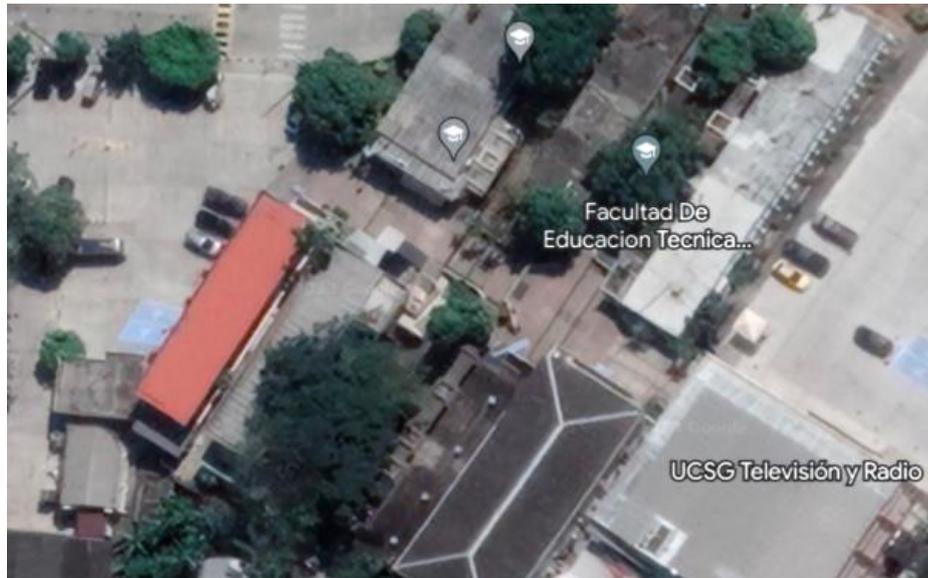


Figura 3.1: Ubicación de la Facultad de Educación técnica de la UCSG
Elaborado por: El Autor

3.1 Descripción de los dispositivos a implementar en el proyecto

3.1.1 Arduino UNO r3

La placa de desarrollo Arduino UNO R3 como se observa en la figura 3.2, es muy valorada y utilizada en el ámbito de la electrónica. Se origina en el microcontrolador ATmega328P y forma parte de la gran familia de placas Arduino. Esta versión ofrece una evolución frente a una anterior concepción, denominada

Arduino Duemilanove, que tiene una semejanza del 100% y posee alteraciones importantes en su diseño. El nombre "UNO" fue seleccionado para representar la salida de la primera versión del programa Arduino IDE. Esta capa ha adquirido una importante fama dentro de la familia Arduino a causa de varias características que la identifican. En primer lugar, se evidencia su bajo costo, esto la vuelven a poner en una posición económica dentro del ámbito de las placas de creación. A pesar de su precio económico, la placa Arduino UNO R3 no desmerece su capacidad y desempeño, esto es muy valorado por los amantes de la electrónica. Otro rasgo resaltante de la superficie es la alta afinidad que tiene con una variedad de protectores y accesorios del Arduino tradicional (Carmenate, 2020).

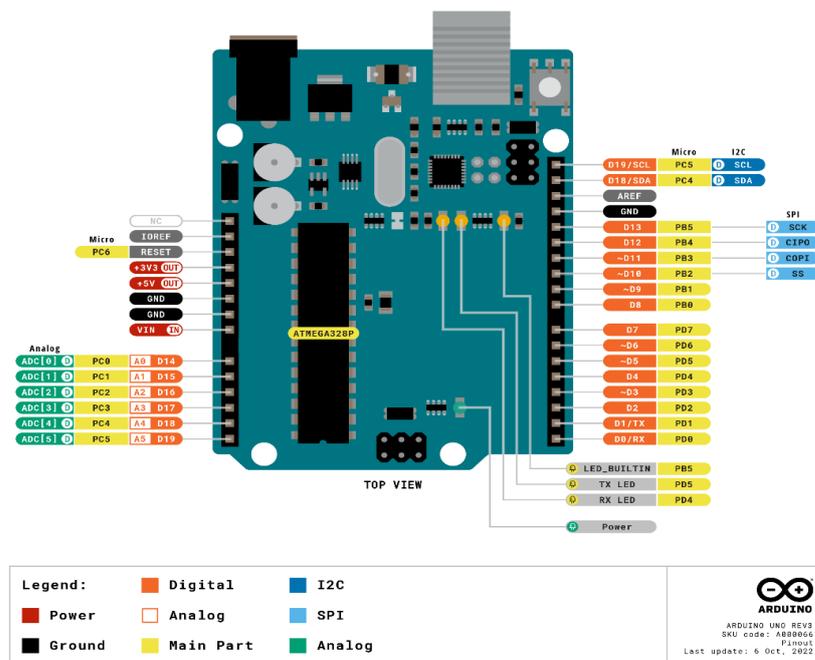


Figura 3.2: Partes del Arduino R3
Fuente: (Arduino, 2023)

La organización de sus cabezales hace que sea fácil su vínculo con estos complementos adicionales, esto ofrece a los usuarios una gran diversidad de posibilidades para ampliar y cambiar sus proyectos. La popularidad del Arduino UNO R3 se debe a que está presente en varios modelos de desarrollo, además de que es

posible personalizarlo. La gran mayoría de los sets de Arduino comercialmente disponibles se originan en esta placa en particular, esto la vuelven una opción escogida por la gran mayoría de los novicios y especialistas para iniciar sus trabajos con rapidez y sencillez. También, la placa Arduino UNO R3 es notada por su simpleza de utilización. Del mismo modo que otras placas de Arduino, su creación y funcionamiento están concebidos para facilitar el procedimiento de creación y evolución de proyectos de electrónicos. Esto facilita a los usuarios, inclusive a aquellos que no tienen una gran habilidad en el ámbito de la programación y la electrónica, comenzar a desarrollar sus proyectos de manera intuitiva y sin contratiempos (Prabowo et al., 2021).

La fiabilidad es otra característica fundamental de la placa Arduino UNO R3. Su construcción durable y resistente le da la posibilidad de ser usado en diferentes circunstancias sin tener que preocuparse excesivamente. En caso de que surjan dificultades o fallas en el peor de los casos, es posible sustituir la microcomputadora en las categorías que utilizan encapsulados DIP, esto permite una mayor facilidad para su administración y extiende su vida útil (Siambaton et al., 2022).

3.1.2 Sensor DHT-11

Se caracteriza por su capacidad de proporcionar información precisa sobre la temperatura y la humedad. Este sensor, al combinarse con el microcontrolador ATmega8, garantiza un nivel de estabilidad excepcional como se observa en la figura 3.3. Destaca por su alta calidad, lectura rápida y resistencia a interferencias, todo ello a un precio asequible. Además, el DHT11 cuenta con una función de calibración precisa, con un coeficiente almacenado en la memoria OTP del programa. Esto permite

al sensor ajustar sus cálculos en base a las lecturas de temperatura y humedad detectadas en el entorno que se lo implementa (Alfith et al., 2022).

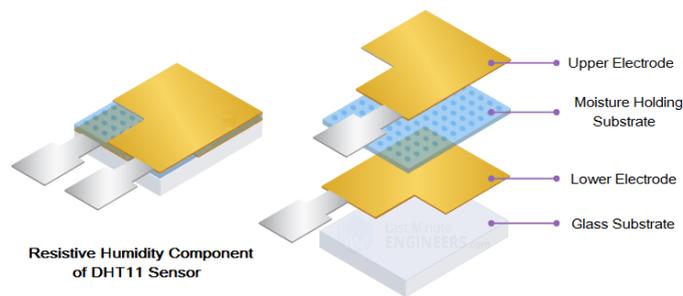


Figura 3.3: Partes del sensor DHT-11
Fuente: (Agnihotri, 2023)

Posee un tamaño diminuto y una transmisión de señal a través de hasta 20 metros como se observa en la figura 3.4, el sensor DHT11 está adecuado para una vasta gama de usos. La magnitud de la humedad en el ambiente es determinada a través de diferentes mediciones, como la humedad absoluta, la humedad relativa y la falta de presión de vapor de agua. El porcentaje de agua en el aire se refiere a la comparación entre la cantidad de vapor de agua que tiene el aire y la capacidad que tiene de almacenarlo en una condición de saturación. Es significativo tener en cuenta la cantidad de agua que tiene el aire, ya que esto puede influir sobre la manera en la que se oxidan los electrónicos y además poseer otras consecuencias en un ámbito específico (Barusso et al., 2023).

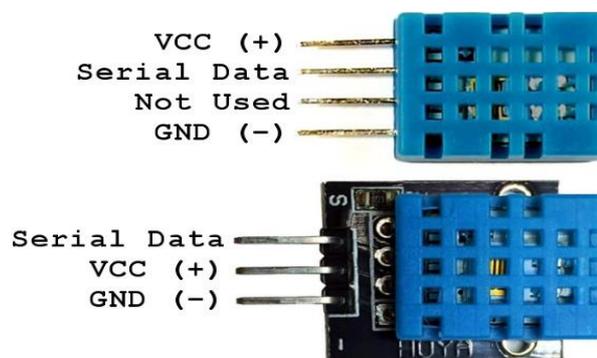


Figura 3.4: Pines DHT11 para tipos de tres y cuatro pines
Fuente: (Explorer IX23, 2020)

Para medir la humedad del aire, se utiliza comúnmente un higrómetro. El sensor DHT11, al ser un sensor digital, ofrece la ventaja de medir tanto la temperatura como la humedad del aire circundante de manera sencilla. Su estabilidad y calibración precisa garantizan resultados confiables. Almacenando los coeficientes de calibración en la memoria del programa OTP, el sensor realiza ajustes internos para garantizar mediciones precisas en cada lectura (Debele & Qian, 2020).

3.2 Desarrollo del proyecto

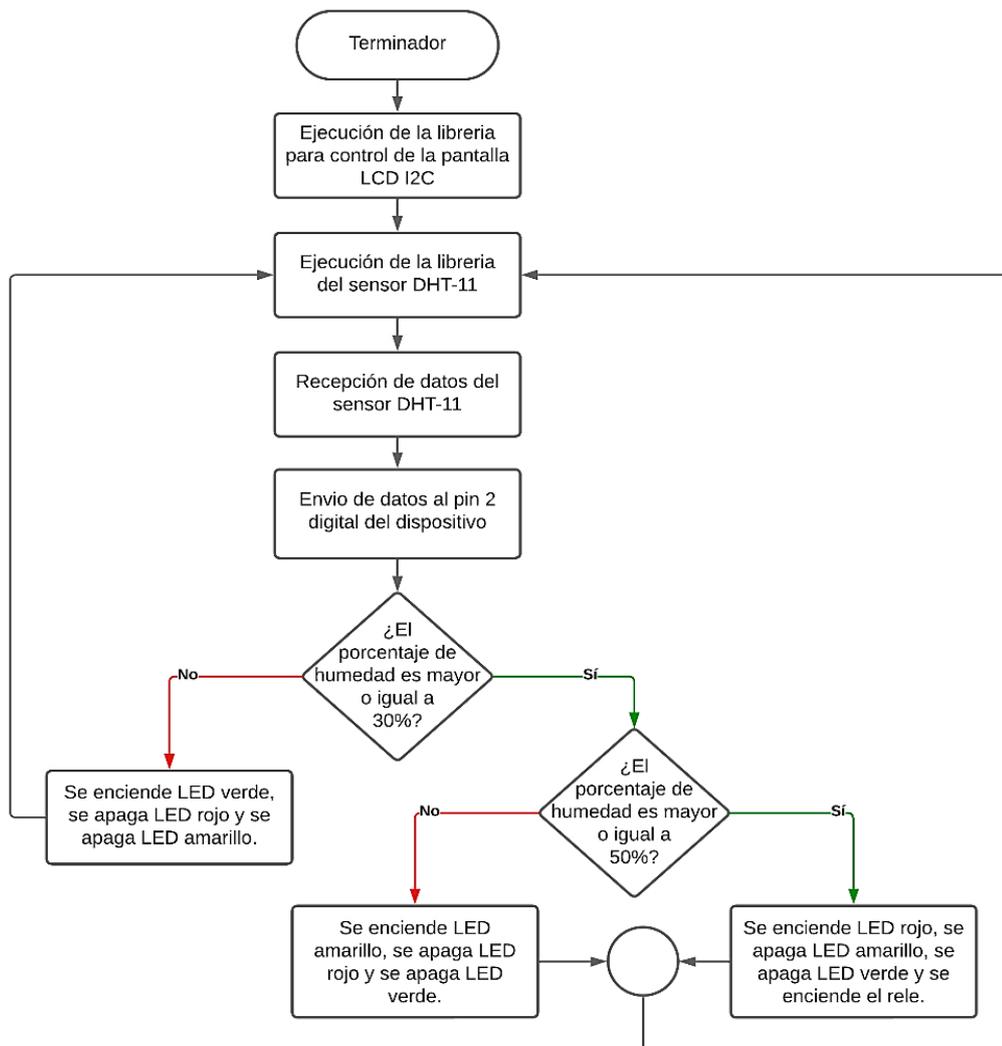


Figura 3.5: Diagrama de flujo del Arduino Uno R3
Elaborado por: El Autor

En la figura 3.5 se observa el diagrama de flujo que describe la manera en la que opera el Arduino Uno. En compañía del Arduino Uno se encuentra un sensor de temperatura DHT-11, un relé y 3 leds de color rojo, verde y amarillo, se muestra de manera visual y secuencial las etapas y acciones que ocurren durante el proceso de ejecución del programa en el Arduino Uno. El diagrama de flujo exhibe una representación simbólica y racional de la corriente de mando y las relaciones entre los distintos componentes del circuito. Esto hace posible entender la manera en que funciona el sistema, desde la recolección de datos del sensor hasta el control de los LEDs y el relé en función de la humedad que se haya detectado.

3.3 Conexiones de los sensores y actuadores del proyecto

A continuación, se detallan las conexiones que se tiene que realizar al Arduino Uno, como se visualiza en la figura 3.6:

Sensor DHT-11:

- 1) Conexión: El pin de datos del sensor DHT-11 se conecta al pin digital 2 del Arduino Uno.
- 2) Alimentación: El sensor DHT-11 se alimenta directamente desde el Arduino Uno a través del pin de conexión.

Pantalla LCD I2C:

- 1) Conexión: La conexión de la pantalla LCD I2C se realiza utilizando el bus I2C del Arduino Uno.
- 2) Pin SDA: Conecta el pin SDA de la pantalla LCD I2C al pin A4 (SDA) del Arduino Uno.

- 3) Pin SCL: Conecta el pin SCL de la pantalla LCD I2C al pin A5 (SCL) del Arduino Uno.
- 4) Alimentación: La pantalla LCD I2C se alimenta directamente desde el Arduino Uno a través del bus I2C, no requiere una conexión de alimentación adicional.

LEDs:

- **LED verde:**

- 1) Conexión: Conecta el ánodo (pata más larga) del LED verde al pin digital 3 del Arduino Uno.
- 2) Conexión de resistencia: Conecta el cátodo (pata más corta) del LED verde a través de una resistencia de aproximadamente 220-330 ohmios a tierra (GND) del Arduino Uno.

- **LED amarillo:**

- 1) Conexión: Conecta el ánodo del LED amarillo al pin digital 4 del Arduino Uno.
- 2) Conexión de resistencia: Conecta el cátodo del LED amarillo a través de una resistencia de aproximadamente 220-330 ohmios a tierra (GND).

- **LED rojo:**

- 1) Conexión: Conecta el ánodo del LED rojo al pin digital 5 del Arduino Uno.
- 2) Conexión de resistencia: Conecta el cátodo del LED rojo a través de una resistencia de aproximadamente 220-330 ohmios a tierra (GND).

Relé:

- 1) Conexión: Conecta el pin de control del relé al pin digital 6 del Arduino Uno.
- 2) Alimentación: El relé se alimenta con una fuente de alimentación externa adecuada según sus requerimientos de voltaje y corriente. Asegúrate de seguir

las especificaciones del relé y conectar correctamente los cables de alimentación.

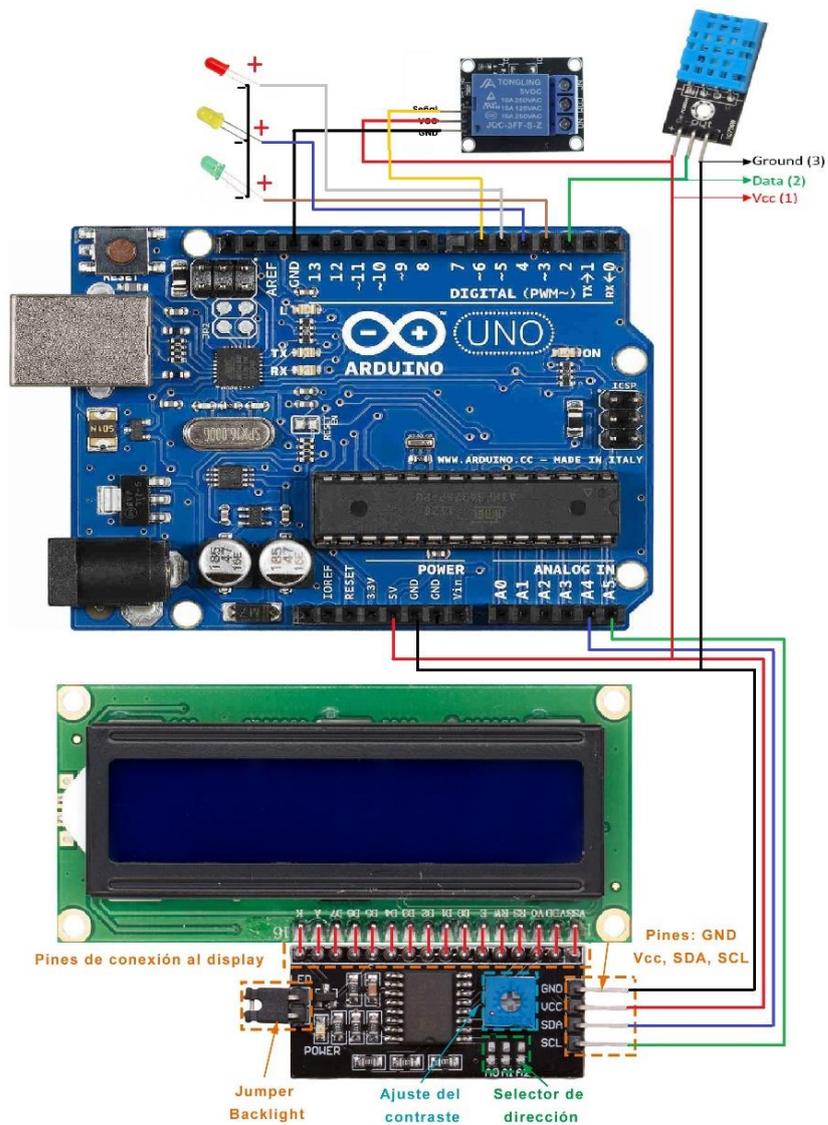


Figura 3.6: Diagrama de conexiones del Arduino Uno R3
Elaborado por: El Autor

Alimentación general:

- 1) El Arduino Uno puede ser alimentado mediante el puerto USB conectado a un ordenador o utilizando una fuente de alimentación externa de 5V a través del conector de alimentación de tipo USB.

- 2) Se debe verificar las especificaciones de voltaje y corriente de los componentes individuales, como el sensor DHT-11, la pantalla LCD I2C, los LEDs y el relé, para asegurarte de que están dentro de los límites admitidos por el Arduino.
- 3) Se debe utilizar resistencias apropiadas en serie con los LEDs para limitar la corriente y evitar daños a los componentes.
- 4) Es importante tener en cuenta la polaridad correcta de los componentes al realizar las conexiones y seguir las especificaciones de voltaje y corriente para garantizar un funcionamiento seguro y correcto del sistema.

A continuación, se muestra una tabla 3.1 con los componentes utilizados, sus respectivos pines utilizados en el Arduino Uno, el tipo de entrada o salida que se está usando, ya sea analógica o digital, y respectivamente su explicación de funcionamiento.

Tabla 3.1: Conexiones de los elementos al Arduino Uno R3.

Elemento	Pin	Tipo	Función
Sensor DHT-11	2	Digital	Lectura de temperatura y humedad.
Pantalla LCD I2C	4,5	Analógica	Visualización de datos.
LED verde	3	Digital	Indicador de estado según la humedad.
LED amarillo	4	Digital	Indicador de estado según la humedad.
LED rojo	5	Digital	Indicador de estado según la humedad.
Relé	6	Digital	Control de encendido/apagado según la humedad.

Elaborada por: Autor

3.4 Instalación del equipo electrónico programado

Con el fin de que el equipamiento funcione apropiadamente, se ha hecho una conexión de 110 V a la fuente de alimentación. Esta conexión es importante para que

el equipamiento reciba la energía precisa para trabajar de manera ágil y sin contratiempos. También, se ha pensado que este vínculo a 110 V remite la necesidad de realizar el procedimiento de purgado de manera manual, que a menudo se pasa por alto y puede poseer problemas previamente reportados. El purgado por mano es un procedimiento complicado que requiere la supresión de aire o gases que se encuentran atrapados en el sistema, esto puede influir en la capacidad y la precisión del instrumento.

Al conectar el equipo a una fuente de alimentación adecuada, se garantiza un suministro constante de energía, evitando así la acumulación de aire en el sistema. Esto ayuda a evitar dificultades asociadas a la falta de funcionamiento o la deficiencia del instrumento. Es fundamental mencionar que la unión a 110 V se debe realizar de acuerdo con los requisitos de seguridad y las normas técnicas como se observa en la figura 3.7. Es importante contar con personal entrenado y seguir los pasos correctos para evitar cualquier peligro o deterioro en el equipo o las personas que lo utilizan.



Figura 3.7: Conexiones de 110V para el equipo
Elaborado por: El Autor

Con relación al procedimiento de mantenimiento, se ha llevado a cabo la ubicación adecuada del equipo y se han realizado las correspondientes lecturas y comprobaciones como se visualiza en la figura 3.8 Como resultado de estas acciones,

se ha constatado que el equipo funciona de manera óptima, obteniendo excelentes resultados durante el proceso de purgado. En primer lugar, se procedió a posicionar el equipo de manera adecuada, teniendo en cuenta los requerimientos específicos para su correcto funcionamiento. Esto incluye considerar factores como la estabilidad, el acceso adecuado a los componentes y las conexiones necesarias. Al posicionar el equipo de manera correcta, se garantiza que esté en una posición óptima para llevar a cabo las labores de purgado de manera eficiente y segura.



Figura 3.8: Lecturas del equipo
Elaborado por: El Autor

Es importante destacar que un equipo para que funcione correctamente durante el proceso de purgado garantiza un resultado satisfactorio. Al eliminar de manera eficiente las obstrucciones y asegurar un flujo de trabajo continuo, se promueve un funcionamiento más eficiente de los sistemas neumáticos y se evitan posibles problemas o fallos que puedan surgir debido a la acumulación de aire o impurezas.

En relación con el sistema de purgado, se ha realizado la conexión de un Arduino con una bobina para activar una válvula drenadora. Esta configuración permite automatizar el proceso de purgado, de manera que la válvula se abrirá únicamente cuando el grado de humedad alcance o supere el umbral establecido del

50%. El Arduino, un microcontrolador programable, ha sido conectado a la bobina de la válvula drenadora como se visualiza en la figura 3.9. Mediante la programación del Arduino, se establecen las condiciones necesarias para que la válvula se active en función del grado de humedad detectado. Esto se logra mediante la utilización de sensores de humedad que proporcionan la información necesaria al Arduino.



Figura 3.9: Conexión de Arduino con bobina
Elaborado por: El Autor

Cuando el Arduino detecta que el grado de humedad alcanza o supera el umbral del 50%, envía una señal a la bobina de la válvula drenadora, activándola y permitiendo que se abra. Esta apertura de la válvula facilita la eliminación del exceso de humedad acumulada en el sistema, evitando problemas de corrosión y daños en los componentes. Es importante destacar que la automatización de este proceso de purgado mediante la conexión de Arduino y la bobina de la válvula drenadora ofrece ventajas significativas.

Con el fin de cuidar la correcta preservación de los instrumentos utilizados, como es el caso del Arduino Uno, el relay, el LED, la protoboard y la pantalla LCD, se ha hecho una disposición de estos componentes dentro de una caja. Esta medida permite proteger los instrumentos de factores externos que podrían afectar su

funcionamiento y facilita la visualización de los resultados obtenidos. En la figura 3.10 se observa la caja, la cual ofrece un entorno protegido y seguro para los instrumentos, evitando posibles daños ocasionados por impactos, polvo o distintos elementos del exterior. En la medida en que se preserve los instrumentos en una heladera correcta, se minimiza el peligro de deterioro y se extiende su vida útil. Además de la protección física, almacenar los instrumentos en una caja posibilita tener una mejor administración y organización del equipamiento utilizado.



Figura 3.10: Instalación de la caja protectora para el equipo
Elaborado por: El Autor

En la tabla 3.2, se puede ver en detalle la cantidad de agua que tiene el tanque en los últimos dos años. Según lo medido, se ha generado una suma de 3.785 mililitros, que corresponde a aproximadamente un galón de agua. Luego de ejecutar el procedimiento correspondiente de mantenimiento y limpieza del tanque, se incorporó un sistema embebido y una válvula drenadora junto a un orificio de drenaje con el fin de vaciar mensualmente una determinada cantidad de agua, que fue estimada en 157,71 mililitros.

La puesta en marcha de esta solución pone a disposición una administración sustentable y automática del vaciado de agua del tanque. Esto ayuda a sostener un

equilibrio óptimo en el nivel de humedad y evita las dificultades asociadas con la acumulación de agua, por ejemplo: la corrosión de los componentes y el mal funcionamiento.

Tabla 3.2: Cantidad de agua acumulada en el tanque durante los últimos 2 años.

Años	Cantidad de agua acumulada (mililitros)
Año 1	1887 ml
Año 2	1,898 ml
Total	3785 ml

Elaborada por: Autor

El resultado obtenido a partir de la hipótesis planteada en el presente trabajo de integración curricular ha sido altamente satisfactorio. Tras analizar el sistema instalado y medir el grado de humedad en el ambiente, se logró minimizar en un 95% la acumulación de condensado en el compresor del laboratorio de neumática de la facultad técnica para el desarrollo. La implementación del sistema de purgas temporizado ha demostrado ser eficiente y efectiva para mantener el compresor y su sistema neumático en óptimas condiciones. Al purgar el agua de manera controlada y regular, se ha evitado que el condensado cause daños a los componentes del dispositivo. Esto ha permitido reducir significativamente tanto el tiempo como el costo asociado al mantenimiento del compresor y su sistema, ya que se han minimizado los problemas y las averías provocadas por la acumulación de humedad.

El grado de humedad en el ambiente ha sido monitoreado de manera precisa, lo que ha permitido tomar acciones preventivas y correctivas en tiempo real para evitar problemas derivados de la humedad excesiva. Gracias a esta vigilancia constante, se ha logrado mantener el ambiente dentro de los parámetros ideales para el

funcionamiento óptimo del compresor y su sistema neumático conectado. En la tabla 3.3 se observa la lista de materiales utilizados para la elaboración del sistema de purga automatizado, con sus respectivos precios.

Tabla 3.3: Costos de la implementación del sistema.

Elementos	Costo en dólares (USD)
Arduino Uno	20
Sensor DHT-11	3
Leds	1
Cable macho- macho	6
Cable macho- hembra	6
Caja protectora	5
Cable USB	4
Cargador USB	5
Módulo Relé	12
Display LCD e I2C	8
Protoboard	5
Válvula drenadora	200
Total	275

Elaborada por: Autor

Capítulo 4:

Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

La implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos, ha dado lugar a conclusiones positivas significativas:

- En referencia al rendimiento, se ha evidenciado que la corriente de aire es constante y tiene una fuerza uniforme, debido a que la condensación disminuyó totalmente, estas son características fundamentales para la correcta operación de los artefactos del laboratorio que utilizan el aire comprimido.
- El proceso de purga ideal provoca un aumento considerable en la vida útil del compresor gracias a la implementación de la descarga temporizada.
- La disminución excesiva de presión y de la sobrecarga, ha reducido el desgaste y los posibles fallos prematuros, generando un importante ahorro en términos de mantenimiento y reemplazo de componentes.
- Se logró la protección efectiva contra daños gracias a la incorporación de IP 00/65 en el sistema de descarga. Esta medida ha minimizado los riesgos de corrosión, erosión y daños en los componentes del compresor, asegurando su funcionamiento fiable y prolongando su vida útil.
- Finalmente, se destaca la eficiencia energética lograda mediante la implementación de la descarga temporizada. Al evitar una descarga continua y regular el tiempo y la frecuencia de esta, se ha optimizado el consumo de energía, resultando en una reducción significativa de los costos operativos.

4.2 Recomendaciones

- Con el fin de asegurar una duración prolongada de los componentes electrónicos y del compresor de aire en el laboratorio de neumática, es importante ejecutar cuidados trimestrales de forma habitual. Estas comprobaciones regulares permitirán identificar y arreglar posibles dificultades o deterioros en el equipamiento, haciendo que funcione adecuadamente y evitar costosas reparaciones o reemplazos que no sean necesarios para el equipo.
- Se sugiere pensar en la instalación de sistemas de protección eléctrica adicionales con el fin de preservar la integridad y duración del compresor en caso de que existan cortes de energía, etc. Esto permitirá evitar daños ocasionados por sobrealimentación eléctrica y a si conservar el compresor en condiciones óptimas.
- Se aconseja la instalación de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad en el laboratorio de neumática. Esta solución dará la posibilidad de controlar y medir los grados de temperatura y el porcentaje de humedad, esto es particularmente importante para evitar condiciones ambientales dañinas que puedan afectar la capacidad y funcionamiento correctos del compresor. Gracias a la identificación temprana de alteraciones no deseadas en las mencionadas características, se podrá realizar un diagnóstico temprano de las mismas y así garantizar un entorno óptimo para el grupo y que les genere un óptimo rendimiento.

Bibliografía

- Agnihotri, N. (2023). *Arduino compatible coding 15: Reading sensor data from DHT-11 without using a library*. Engineers Garage. <https://www.engineersgarage.com/articles-arduino-dht11-humidity-temperature-sensor-interfacing/>
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Alfith, A., Asnal, A., Premadi, A., & Saputra, Y. (2022). PENGUJIAN SUHU DAN KELEMBAPAN PADA ALAT PENDINGIN GABAH MENGGUNAKAN SENSOR DHT11. *Ensiklopedia of Journal*, 4, 243-247. <https://doi.org/10.33559/eoj.v4i2.1074>
- Altronics*. (2023). <https://altronics.cl/placa-esp32-38p>
- Anshori, I., Mufiddin, G. F., Ramadhan, I. F., Ariasena, E., Harimurti, S., Yunkins, H., & Kurniawan, C. (2022). Design of smartphone-controlled low-cost potentiostat for cyclic voltammetry analysis based on ESP32 microcontroller. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 36, 100490. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2022.100490>
- Ardiansah, I., Bafdal, N., Suryadi, E., & Bono, A. (2020). Greenhouse Monitoring and Automation Using Arduino: A Review on Precision Farming and Internet of Things (IoT). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10, 703. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.2.10249>
- Arduino*. (2023). <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>

- Arias Velásquez, R. M., & Mejía Lara, J. V. (2020). Root cause analysis methodology for circuit breaker associated to GIS. *Engineering Failure Analysis, 115*, 104680. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104680>
- Aw, K. T., & Ooi, K. T. (2021). A Review on Sliding Vane and Rolling Piston Compressors. *Machines, 9*(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/machines9060125>
- Babiuch, M., Foltýnek, P., & Smutný, P. (2019). Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>
- Baig, M. J. A., Iqbal, M. T., Jamil, M., & Khan, J. (2021). Design and implementation of an open-Source IoT and blockchain-based peer-to-peer energy trading platform using ESP32-S2, Node-Red and, MQTT protocol. *Energy Reports, 7*, 5733-5746. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.190>
- Baradei, M. (2020, septiembre 1). *Tackling the Global Energy Crisis* [Text]. IAEA. <https://www.iaea.org/bulletin/50-1>
- Barral Vales, V., Fernández, O. C., Domínguez-Bolaño, T., Escudero, C. J., & García-Naya, J. A. (2022). Fine Time Measurement for the Internet of Things: A Practical Approach Using ESP32. *IEEE Internet of Things Journal, 9*(19), 18305-18318. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3158701>
- Barusso, C., Pinheiro, G., Knoeller, L., Belliero, M., & Carvalho, A. (2023). *Medição de Temperatura e Umidade Utilizando Arduino UNP e Senspr DHT11 Para Aplicações Residenciais. 11*, 1-16.
- Bintari, B., & Wicaksono, M. (2022). Perancangan Prototipe Alat Bermain Belajar Braille Low Cost Berbasis Mikrokontroler Arduino Sensor RFID. *Jurnal Teknologi, 55*-61. <https://doi.org/10.35134/jitekin.v12i2.73>

- Bravo, D., Tacué González, J., Gutierrez, F., & Tabango, J. (2022). Design and construction of a bipedal robot for gait experimentation. *Journal de Ciencia e Ingeniería, 14*, 11-23. <https://doi.org/10.46571/JCI.2022.2.3>
- Cabello, M. A. A., Segura, C. D. A., García, S. C. C., Hernández, J. M. A., & Baquedano, G. L. Z. (2022). Diseño y simulación de una maquina clasificadora neumática de materiales, Trujillo 2022. *INGnosis, 8*(2), Article 2. <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v8i2.2492>
- Carmenate, J. (2020, junio 16). *Arduino UNO R3 la revolución del hardware libre*. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-uno-r3/>
- Cedeño, L., & Torres, P. (2022). *Desarrollo e incorporación de mejoras en una máquina pesadora—Ensacadora neumática para la empresa SISSEIN* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21731>
- Chen, D. (2018). Condensate can lead to the growth of bacteria and fungi, which can contaminate the compressed air and pose a health hazard. This contamination can lead to respiratory problems and other health issues. We recommend that condensate be drained and filtered regularly to prevent this contamination. *University of Texas at Austin*.
- Codingnomads. (2022). *¿Es Python el lenguaje del futuro?* Ubiquim Code Academy. <https://ubiquim.com/es/aprender-a-programar-con-python/>
- Corredor, J. (2021). Rediseño de red neumática en empresa Acerías paz del rio planta laminación 450. *instname:Universidad Antonio Nariño*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3126>
- Crizt. (2021, noviembre 8). Raspberry Pi OS llega con base en Debian 11, GTK3 y mas. *Desde Linux*. <https://blog.desdelinux.net/raspberry-pi-os-llega-con-base-en-debian-11-gtk3-y-mas/>

- Dalton, P. S. (2021, junio 8). *¿Cómo funciona un compresor de aire?* Sullair.
<https://europe.sullair.com/es/blog/como-funciona-un-compresor-de-aire>
- Debele, G. M., & Qian, X. (2020). Automatic Room Temperature Control System Using Arduino UNO R3 and DHT11 Sensor. *2020 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP)*, 428-432.
<https://doi.org/10.1109/ICCWAMTIP51612.2020.9317307>
- Dennis, R. (2020, enero 9). *El venerable lenguaje de programación C cumple 48 años dándole un repaso al cada vez más popular Python.* Xataka.
<https://www.xataka.com/aplicaciones/venerable-lenguaje-programacion-c-cumple-48-anos-dandole-repaso-al-cada-vez-popular-python>
- Dmitrović, S. (2023). What Is C++? En *Modern C++ for Absolute Beginners: A Friendly Introduction to the C++ Programming Language and C++11 to C++23 Standards* (pp. 3-3). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9274-7_2
- Doner, N., & Ciddi, K. (2022). Regression analysis of the operational parameters and energy-saving potential of industrial compressed air systems. *Energy*, 252, 124030. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124030>
- Duan, Z., Jiang, Y., & Tai, H. (2021). Recent advances in humidity sensors for human body related humidity detection. *Journal of Materials Chemistry C*, 9(42), 14963-14980. <https://doi.org/10.1039/D1TC04180K>
- Engie*. (2023, febrero 14). Blog de Soluções ENGIE Brasil. <https://blog-solucoes.engie.com.br/ar-comprimido/ar-comprimido/>
- Explorer IX23*. (2020). <https://ix23.com/2018/02/15/dht11-digital-temperature-and-humidity-sensor/>

- García, C. (2021, septiembre 17). *【 ¿Qué es el Sensor de Humedad? 】 Tipos y Funcionamiento*. <https://sensormania.org/sensor-de-humedad>
- Ghosh, P. (2023). *Python visualization practice note*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33687.85925>
- Gomis, P. (2018). *Fundamentos de Programación en Python (Spanish)*.
- Hajjaj, S., & Gsangaya, K. (2022). *Arduino-based IoT Systems* (pp. 137-176). <https://doi.org/10.1201/9781003218395-6>
- Harris, P., O'Donnell, G. E., & Whelan, T. (2019). Energy Efficiency in Pneumatic Production Systems: State of the Art and Future Directions. En D. A. Dornfeld & B. S. Linke (Eds.), *Leveraging Technology for a Sustainable World* (pp. 363-368). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29069-5_62
- Hirak, D., Solanki, L., & Gaurav, S. (2021, enero 6). *A Review Paper on Raspberry Pi and its Applications*. 2, 2.
- Hurtado, G., Bautista, L. Y., Aldair, M. Á., & Reyes, F. E. (2022). *Laboratorio virtual de neumática en el Metaverso para la enseñanza en ingeniería*. <https://doi.org/10.5944/bicim2022.087>
- Ismailov, A. (2023). *Arduino mikrokontroller platasini o'rganish*.
- Ito, L. G., Moreira, M. H. I., Souza, S. B., Medeiros, S. P., & Lima, P. (2022). What are the Top Used Modules in Python Open-Source Projects? *Anais do Computer on the Beach*, 13, 037-044. <https://doi.org/10.14210/cotb.v13.p037-044>
- 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>

- Juillet, Romain. (2023, enero 19). *C++: The basics of one of the most popular programming languages*. Bocasay. <https://www.bocasay.com/essentials-programming-c/>
- Kapic, A., Tsirou, A., Verdini, P. G., & Carrara, S. (2020). Humidity Sensors for High Energy Physics Applications: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 20(18), 10335-10344. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.2994315>
- Kim, S.-M., Choi, Y., & Suh, J. (2020). Applications of the Open-Source Hardware Arduino Platform in the Mining Industry: A Review. *Applied Sciences*, 10(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/app10145018>
- Kondaveeti, H. K., Bandi, D., Mathe, S. E., Vappangi, S., & Subramanian, M. (2022). A Review of Image Processing Applications based on Raspberry-Pi. *2022 8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 1, 22-28. <https://doi.org/10.1109/ICACCS54159.2022.9784958>
- Lalymh. (2020, noviembre 6). COMPRESORES: CONDICIONES GENERALES PARA SU SELECCION. *laly08*. <https://laly08.wordpress.com/2014/11/06/compresores-condiciones-generales-para-su-seleccion/>
- Le, C., Martin Grande, A., Carmine, A., Thompson, J., & Khan Mohd, T. (2022). *Analysis of Various Vulnerabilities in the Raspbian Operating System and Solutions*. 01-06. <https://doi.org/10.1109/AIIoT54504.2022.9817202>
- Leszczynski, J. S., & Grybos, D. (2019). Compensation for the complexity and over-scaling in industrial pneumatic systems by the accumulation and reuse of exhaust air. *Applied Energy*, 239, 1130-1141. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.024>

- Li, C., Sun, J., Zou, H., Cai, J., & Zhu, T. (2023). Characteristic analysis and energy efficiency of an oil-free dual-piston linear compressor for household refrigeration with various conditions. *Energy*, 270, 126931. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126931>
- Li, S. (2020). *Implementation and evaluation of timed solenoid drain valves in an industrial compressed air system*. 195(116978).
- Li, X., Feng, W., Zhang, X., Lin, S., Chen, Y., Chen, C., Chen, S., Wang, W., & Zhang, Y. (2020). Facile fabrication of laser-scribed-graphene humidity sensors by a commercial DVD drive. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 321, 128483. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128483>
- Liang, R., Luo, A., Zhang, Z., Li, Z., Han, C., & Wu, W. (2020). Research Progress of Graphene-Based Flexible Humidity Sensor. *Sensors*, 20(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/s20195601>
- López, F. (2023). Diseño de la Infraestructura Eléctrica y Neumática para la Serviteca Club Services la 28 S.A.S. *instname:Universidad Antonio Nariño*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/7497>
- Martínez, L., Antonio, J., Martínez, L., Alejandro, Ferre, C., Jesús, Á., Galán, G., & Marta. (2020). Manual de presentaciones de neumática y oleohidráulica para el grado de ingeniero mecánico. *Manual de Presentaciones de Neumática y Oleohidráulica Para El Grado de Ingeniero Mecánico*, 1-568.
- Maulana, I. (2021). *IMPLEMENTASI RASPBERRY PI 4 SEBAGAI SERVER E-LEARNING*. <https://doi.org/10.33488/1.ma.2021.2.304>
- Prabowo, Y., Purwanto, G., & Nudin, A. H. (2021). PROTOTYPE OF FEEDING CONTROL SYSTEM, AUTOMATIC HARVEST USING BLYNK APPLICATION BASED ON ARDUINO UNO R3 MICROCONTROLLER

AND NODEMCU. *ICCD*, 3(1), Article 1.
<https://doi.org/10.33068/iccd.Vol3.Iss1.399>

Puska. (2023). <https://www.puska.com/pt/manual-ar-comprimido/compressor-ar>

Qian, X., Shi, D., Yan, Y., Zhang, W., & Li, G. (2017). Effects of moisture content on electrostatic sensing based mass flow measurement of pneumatically conveyed particles. *Powder Technology*, 311, 579-588.
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.061>

Rawat, A. (2020). A Review on Python Programming. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(12), Article 12.

Reyes, L., & Carmona, F. (2020). *La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio*.
<https://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/6630>

Rivera Gavarrete, J. M. (2021). *Selección y montaje de un sistema de tratamiento de aire comprimido en Empacadora Toledo*.

Ruiz, V. (2020). *Introducción a Arduino—Parte I*.
<https://www.slideshare.net/rvr/curso-de-introduccion-a-arduino-parte-i>

Shcherba, V. E., Pavlyuchenko, E. A., Nosov, E. Yu., & Yu Bulgakova, I. (2022). Approximation of the compression process to isothermal in a reciprocating compressor with a liquid piston. *Applied Thermal Engineering*, 207, 118151.
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118151>

Siambaton, M. Z., Syifa, Q., & Syahwin. (2022). Penerapan Algoritma Fuzzy Logic Mamdani pada Sistem Pelurusan Shaf Cerdas Berbasis Arduino Uno R3. *REMIK: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.33395/remik.v6i3.11504>

- Sotoodeh, K. (2019). Actuator selection and sizing for valves. *SN Applied Sciences*, 1(10), 1207. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1248-z>
- Speight, A. (2020). What Is Python? En *Bite-Size Python*® (pp. 2-6). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119643845.ch1>
- Uricar, G. (2022, junio 16). *SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA--MANTENIMIENTO Y MEDICIÓN----*. INDUSTRIALES ANDES SAS. <https://industrialesandes.co/blog/post/simbologia-neumatica-mantenimiento-y-medicion-.html>
- Vivas, W., & Vivar, M. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de control automático con visión artificial y redes neuronales destinado al control de calidad de alimentos* [Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23225/1/UPS-GT003935.pdf>
- Wang, C., Liu, M., Wang, B., Xing, Z., & Shu, Y. (2022). Research on power consumption distribution characteristics of a water-lubricated twin-screw air compressor for fuel cell applications. *Energy*, 256, 124673. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124673>
- Wu, Y., Bao, H., Fu, J., Wang, X., & Liu, J. (2023). Review of recent developments in fuel cell centrifugal air compressor: Comprehensive performance and testing techniques. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.04.262>
- Xu, W., & Grosshans, H. (2023). Experimental study of humidity influence on triboelectric charging of particle-laden duct flows. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 81, 104970. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104970>

- Zhang, C. (2018). *Energy saving optimization of compressed air systems based on timed solenoid valve drain controls*. 231, 365-377.
- Zhou, H., Dong, P., Zhu, S., Li, S., Zhao, S., & Wang, Y. (2021). Design and theoretical analysis of a liquid piston hydrogen compressor. *Journal of Energy Storage*, 41, 102861. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102861>
- Ziegler, V., Paraginski, R. T., & Ferreira, C. D. (2021). Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality—A review. *Journal of Stored Products Research*, 91, 101770. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101770>

Anexo 1

Figura A1: Características técnicas de la válvula drenadora IP 00/65



Elaborado por: El Autor

Figura A2: Conexiones de la válvula drenadora



Elaborado por: El Autor

Anexo 2

Programación del dispositivo

Para comenzar, se incluyen las bibliotecas requeridas para habilitar la comunicación I2C, controlar la pantalla LCD y acceder al sensor de temperatura y humedad. Además, se realiza la configuración inicial del pin de datos del sensor DHT-11 y se especifica el tipo de sensor empleado.

Figura A3: Librerías del código del Arduino

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <DHT.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

Elaborado por: El Autor

La inclusión de estas bibliotecas garantiza que se disponga de las funciones y clases necesarias para gestionar la comunicación I2C, controlar la pantalla LCD y obtener datos precisos del sensor de temperatura y humedad. Asimismo, la definición del pin de datos utilizado por el sensor DHT-11 y la especificación del tipo de sensor empleados, permiten establecer correctamente la comunicación y el manejo de los datos capturados. De este modo, se asegura que todas las funciones requeridas para llevar a cabo la comunicación I2C, el control de la pantalla LCD y la lectura precisa de los datos del sensor estén disponibles y listas para ser utilizadas en el código.

Figura A4: Librerías de pantalla y leds

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const int greenPin = 3;
const int yellowPin = 4;
const int redPin = 5;
const int relayPin = 6;
```

Elaborado por: El Autor

Se genera una instancia del objeto LiquidCrystal_I2C para ejercer el control sobre la pantalla LCD. En dicha instancia, se especifica la dirección I2C asignada a la pantalla, siendo en este caso 0x27. Además, se establecen los valores de las columnas y filas de la pantalla, que corresponden a 16 y 2 respectivamente. Asimismo, se realiza la asignación de pines destinados a los distintos elementos empleados en el circuito. Concretamente, se define el pin utilizado para el foco verde como el pin número 3, mientras que el foco amarillo se asigna al pin número 4. Por su parte, el foco rojo se conecta al pin número 5 y el relé al pin número 6.

Estas asignaciones garantizan una efectiva manipulación de los diferentes elementos del circuito mediante los pines designados, lo cual contribuye a un óptimo funcionamiento y una interacción adecuada del sistema. Es relevante tener presente que los pines seleccionados pueden variar en función de los requerimientos y la configuración específica del circuito en cuestión. Por tanto, es necesario adaptar los pines de acuerdo con las necesidades particulares y la disposición del hardware, con el fin de asegurar un correcto desempeño del sistema.

Figura A5: Configuración de pantalla lcd

```
void setup() {
  dht.begin();

  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp:   C");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Hum:     %");

  pinMode(greenPin, OUTPUT);
  pinMode(yellowPin, OUTPUT);
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
}
```

Elaborado por: El Autor

En la función `setup()`, se llevan a cabo las configuraciones iniciales necesarias para garantizar el funcionamiento adecuado del programa:

- En primer lugar, se inicializa el sensor DHT mediante la invocación de `dht.begin()`. Este procedimiento da la oportunidad al microcontrolador Arduino de entablar un vínculo en forma de comunicación con el sensor y de conseguir información precisa de temperatura y porcentaje de humedad.
- A continuación, se inicia la pantalla LCD utilizando `lcd.begin(16, 2)`, especificando el número de columnas (16) y filas (2) que componen la pantalla. Asimismo, se activa la retroiluminación de la pantalla mediante `lcd.backlight()`, lo que garantiza una mejor visualización de los datos.
- Se procede a posicionar el cursor en la primera columna y primera fila utilizando `lcd.setCursor(0, 0)`, y se imprime el título "Temp: C" para indicar que se mostrará la lectura de temperatura en grados Celsius. A continuación, el cursor se coloca en la primera columna y segunda fila mediante `lcd.setCursor(0, 1)`, y se imprime el título "Hum: %" para indicar que se visualizará el porcentaje de humedad relativa.
- Seguidamente, se configuran los pines utilizados para los focos y el relé como salidas a través de la función `pinMode()`. El pin correspondiente al foco verde se establece como salida mediante `pinMode(greenPin, OUTPUT)`, mientras que el pin del foco amarillo se configura como salida mediante `pinMode(yellowPin, OUTPUT)`. Del mismo modo, se declara el pin del foco rojo como salida utilizando `pinMode(redPin, OUTPUT)`, y el pin del relé se define como salida a través de `pinMode(relayPin, OUTPUT)`.

Estas configuraciones iniciales aseguran una comunicación eficiente con el sensor DHT, preparan la pantalla LCD para la correcta visualización de los datos y establecen la funcionalidad de los pines asignados a los focos y el relé. De esta manera, se garantiza un desempeño óptimo y una interacción adecuada del sistema.

Figura A6: Configuración de variables de temperatura y humedad

```
void loop() {  
  float temperature = dht.readTemperature();  
  float humidity = dht.readHumidity();  
  
  lcd.setCursor(6, 0);  
  lcd.print(" ");  
  lcd.setCursor(6, 0);  
  lcd.print(temperature);  
  
  lcd.setCursor(5, 1);  
  lcd.print(" ");  
  lcd.setCursor(5, 1);  
  lcd.print(humidity);  
}
```

Elaborado por: El Autor

En la función loop(), se llevan a cabo las acciones recurrentes del programa:

- En primer lugar, se realiza la lectura de la temperatura actual en grados Celsius utilizando dht.readTemperature(), y se almacena en la variable temperature. Asimismo, se obtiene la lectura de la humedad relativa utilizando dht.readHumidity(), y se guarda en la variable humidity.
- A continuación, se procede a actualizar la visualización en la pantalla LCD. Se ubica el cursor en la séptima columna y primera fila utilizando lcd.setCursor(6, 0). Seguidamente, se borra el valor anterior de la temperatura imprimiendo espacios en blanco con lcd.print(" "). Luego, el cursor se reposiciona nuevamente en la séptima columna y primera fila, y se imprime el valor actual de la temperatura utilizando lcd.print(temperature).
- Posteriormente, se desplaza el cursor a la sexta columna y segunda fila con lcd.setCursor(5, 1). Se borra el valor anterior de la humedad imprimiendo espacios en blanco mediante lcd.print(" "). A continuación, el cursor se coloca

nuevamente en la sexta columna y segunda fila, y se imprime el valor actual de la humedad utilizando `lcd.print(humidity)`.

- Estas acciones se repiten de forma permanente dentro del bucle en donde se encuentra el LCD, lo que hace que la información sobre la temperatura y la humedad del sensor DHT-11 se actualice constantemente y se muestre en la pantalla. De esta forma, se puede ver en vivo la información registrada por el sensor.

Figura A7: Configuración de condiciones de humedad

```
if (humidity >= 0 && humidity <= 30) {  
  digitalWrite(greenPin, HIGH);  
  digitalWrite(yellowPin, LOW);  
  digitalWrite(redPin, LOW);  
  digitalWrite(relayPin, LOW);  
} else if (humidity >= 31 && humidity <= 50) {  
  digitalWrite(greenPin, LOW);  
  digitalWrite(yellowPin, HIGH);  
  digitalWrite(redPin, LOW);  
  digitalWrite(relayPin, LOW);  
} else if (humidity >= 51 && humidity <= 100) {  
  digitalWrite(greenPin, LOW);  
  digitalWrite(yellowPin, LOW);  
  digitalWrite(redPin, HIGH);  
  digitalWrite(relayPin, HIGH);  
}  
  
delay(2000);  
}
```

Elaborado por: El Autor

En el código proporcionado, se implementa una serie de condiciones para determinar el estado de diferentes elementos en función del valor de humedad capturado:

- Si el valor de humedad se encuentra en el rango de 0% a 30%, se enciende el foco verde y se apagan los focos amarillos, rojo y el relé. Para lograr esto, se utilizan las funciones `digitalWrite()` para establecer los pines correspondientes en los estados lógicos adecuados.

- En el caso de que el valor de humedad esté comprendido entre 31% al 50%, se apaga el foco verde, se enciende el foco amarillo y se mantienen apagados los focos rojos y el relé.
- Si el valor de humedad está en el rango de 51% a 100%, se apagan las luces de color verde y amarillo, se activa el interruptor de color rojo y el relé.
- Después de ejecutar las acciones correspondientes a cada condición, se inicia una pausa de 2 segundos utilizando la función delay(2000), antes de proceder a la siguiente lectura de temperatura y humedad.
- Este ciclo se repite de forma continua en el bucle loop(), lo que permite monitorear y controlar el estado de los elementos en función de los niveles de humedad detectados.

Glosario

ADC (Convertidor Digital-Analógico): Aparato que transforma información digital en forma de señal analógica, de esta forma se puede reproducir el contenido y las señales de un sistema analógico.

CPU (central de proceso): Es la parte principal de un microprocesador, que realiza las operaciones lógicas y de instrucción con respecto a un sistema de información.

DAC (convertidor que pasa de lo analógico a lo digital): Aparato que transforma las señales analógicas en señales de digital, y que luego son compartidas con los sistemas de digital.

FTM (Módulo de Temporización Flexible): Un elemento incorporado en pequeños controladores que posibilita la ejecución de acciones de temporización y dirección.

GPIO (Puerto de entrada/salida programable): Terminales o pines que se pueden utilizar para enviar o recibir información digital en una computadora.

I2C (por sus iniciales en inglés): es un procedimiento de transmisión que se utiliza para trasladar conocimiento entre distintos artefactos.

I2S (interfaz de audio serial): El protocolo de comunicación que se utiliza para transferir información de audio digital entre distintos artefactos.

IP 00/65 (Código de protección IP): Un criterio de clasificación que denota la magnitud de protección contra la entrada de polvo (IP 00) y agua (IP 65) en una máquina eléctrica.

LCD (Pantalla de Cristal Líquido): Tecnología de pantalla que utiliza cristales líquidos para representar visualmente información o imágenes.

PEMFC (celda de alimentación de membrana de transformación protónica): es una habilidad que usa un mineral que se encuentra en estado sólido con una membrana de transformación protónica para generar energía a partir de hidrógeno y oxígeno.

SPI (interfaz de periférico en serie): El protocolo de comunicación en serie utilizado para acoplar máquinas a un microcontrolador.

Temporizador: Aparato o característica que posibilita calcular los intervalos de tiempo y gestionar los acontecimientos planificados.

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter): Método de comunicación que permite la transmisión y recepción de información en forma asíncrona.

USB (universal en serie): Interfaz común usada para enlazar electrónicos con PCs y distintos dispositivos.

Wi-Fi: Innovadora tecnología que pone a disposición de los usuarios la posibilidad de conectarse a las redes de Internet y comunicarse entre sí a través de las ondas de radio.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

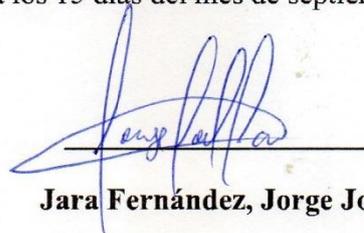
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Jara Fernández, Jorge Joel** con C.C: **0953729480** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Automatización**, 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, a los 15 días del mes de septiembre del año 2023



Jara Fernández, Jorge Joel

C.C: 0953729480



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Implementación del sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la FETD-UCSG, utilizando IP 00/65 y sistemas embebidos.	
AUTOR(ES)	Jara Fernández, Jorge Joel	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MSc.	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.	
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	
CARRERA:	Ingeniería Electrónica y Automatización	
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electrónica y Automatización	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de septiembre del 2023	No. DE PÁGINAS: 71
ÁREAS TEMÁTICAS:	Válvula, neumática, compresor, drenador temporizado, sistema embebido.	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Válvula, neumática, compresor, drenador temporizado, sistema embebido.	
<p>El presente trabajo de integración curricular tiene como objetivo implementar el sistema de descarga temporizada en el compresor del laboratorio de neumática de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG. Se utilizará el protocolo IP 00/65 y sistemas embebidos para llevar a cabo esta implementación. La descarga temporizada en el compresor de aire es un proceso importante para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. Mediante el uso de sistemas embebidos, se podrá programar y controlar el tiempo de descarga de manera precisa y automática. Además, la utilización del grado de protección IP00/65, el cual permite una protección frente a la humedad con el fin de proteger la integridad del equipo electrónico. Con la implementación de este sistema, se espera mejorar el rendimiento del compresor y optimizar su operación en el laboratorio de neumática, contribuyendo así al desarrollo y la calidad de la educación técnica en la facultad.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593968665338	E-mail: jorge.joeljara1996@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: ING. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ MSc.	
	Teléfono: +593- 999528515	
	E-mail: ricardo.ubilla@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):		