

Banda clasificadora de materiales

J. D. Ruiz , Y. M. Hurtado, D. A. Carmona

Resumen—Este experimento se enfoca en el desarrollo de una banda transportadora de materiales reciclables que integra diversos sensores, como sensores de humedad, movimiento e inductancia, con el fin de mejorar la eficiencia en la separación de metales, no metales y materiales orgánicos. Los datos obtenidos por estos sensores se envían a una base de datos centralizada para su análisis. Este enfoque innovador busca optimizar el proceso de reciclaje al facilitar la identificación y separación precisa de los materiales, lo que contribuirá significativamente a la sostenibilidad ambiental y a la gestión eficiente de los recursos.

Palabras claves—Banda transportadora, Reciclaje, Sensores, Arduino, Materiales,reciclables, Metales, Material,orgánico,Separación, Base de datos, Gestión de residuos.

Abstract—This experiment focuses on the development of a conveyor belt for recyclable materials that integrates various sensors, such as humidity, motion and inductance sensors, in order to improve the efficiency in the separation of metals, non-metals and organic materials. The data obtained by these sensors is sent to a centralized database for analysis. This innovative approach seeks to optimize the recycling process by facilitating the accurate identification and separation of materials, which will significantly contribute to environmental sustainability and efficient resource management.

Keywords—Conveyor belt, Recycling, Sensors, Arduino, Recyclable, materials, Metals, Organic material, Separation, Database, Waste management.

I. OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de clasificación para contribuir a la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa en el contexto de la Industria 4.0. Implementando una solución basada en tecnologías de la Industria 4.0, como Arduino, sensores, motores, programación, bases de datos y dispositivos ESP32, para mejorar la eficiencia y precisión en la clasificación de materiales reciclables en una banda transportadora.

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el desempeño del sistema de clasificación y su influencia en la eficiencia operativa mediante la realización de pruebas prácticas en un entorno controlado.

- Analizar los resultados obtenidos, incluyendo la precisión de la clasificación, la velocidad de procesamiento y cualquier posible problema o limitación identificados.

- Identificar áreas de mejora y proponer soluciones para optimizar aún más el rendimiento del sistema en términos de eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental.

V. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la gestión eficiente de residuos, se ha vuelto crucial desarrollar sistemas innovadores que faciliten la separación y el procesamiento de materiales reciclables. En este sentido, el presente experimento se centra en el diseño y la implementación de una banda transportadora inteligente, equipada con una variedad de sensores, incluyendo sensores de humedad, proximidad e inductancia. El objetivo principal es mejorar la eficiencia del proceso de separación de materiales, particularmente en lo que es metales, no metales y materiales orgánicos. Los datos recopilados por estos sensores se enviarán a una base de datos centralizada para su análisis y posterior optimización del sistema.

VI. CONCEPTOS BÁSICOS

Industria 4.0.

La Industria 4.0 es un concepto que representa la cuarta revolución industrial, caracterizada por la integración de tecnologías digitales avanzadas en los procesos industriales. Se trata de una evolución significativa que busca transformar la manera en que se diseñan, fabrican y gestionan los productos.

En esencia, la Industria 4.0 implica la interconexión de sistemas cibernéticos, la digitalización de datos y procesos, la automatización de tareas y la personalización en masa de productos. Esto se logra a través de tecnologías como la Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica, el análisis de datos, la realidad aumentada y la fabricación aditiva, entre otras. [4]

El impacto de la Industria 4.0 en la transformación digital de los procesos industriales es profundo y multifacético. Permite una mayor eficiencia operativa al optimizar la producción, mejorar la calidad del producto y reducir los tiempos de inactividad. Además, facilita la toma de decisiones informadas al proporcionar datos en tiempo real sobre el rendimiento de

las máquinas, la calidad del producto y otros aspectos relevantes de la operación. [5]

Los principios fundamentales de la industria 4.0 son:

Interconexión: Los dispositivos y sistemas industriales se comunican entre sí para una producción más coordinada y eficiente.

Digitalización: La información analógica se convierte en datos digitales, permitiendo el análisis en tiempo real y la toma de decisiones basada en datos.

Automatización: Los sistemas industriales pueden operar de forma autónoma, mejorando la eficiencia y reduciendo los errores humanos.

Personalización en masa: La producción se adapta a las necesidades individuales de los clientes, manteniendo los beneficios de la producción en masa.[5]

Arduino y ESP32.

Arduino y ESP32 son plataformas de desarrollo de hardware de código abierto ampliamente utilizadas en proyectos de electrónica y automatización.

Arduino es conocido por su simplicidad y versatilidad, siendo ideal para principiantes y expertos por igual. Ofrece una amplia gama de placas de desarrollo y una comunidad activa que comparte proyectos y recursos.

Por otro lado, ESP32 es una poderosa plataforma que combina WiFi y Bluetooth en un solo chip. Destaca por su conectividad y capacidad de manejar aplicaciones avanzadas en entornos IoT (Internet de las cosas).

Ambas plataformas ofrecen entornos de desarrollo amigables y compatibilidad con una variedad de sensores y actuadores, lo que las convierte en elecciones populares para proyectos de electrónica, robótica y automatización industrial.

En la Industria 4.0, tanto Arduino como ESP32 son utilizados para la creación de sistemas embebidos y dispositivos conectados a Internet debido a su versatilidad y capacidad de adaptación a diferentes aplicaciones industriales.

Arduino es ampliamente utilizado en la Industria 4.0 para el desarrollo de sistemas embebidos debido a su facilidad de uso y su amplia comunidad de desarrolladores. Con Arduino, es posible crear prototipos rápidos y eficientes de sistemas de control, monitoreo y automatización para procesos industriales. Estos sistemas embebidos pueden integrarse fácilmente con sensores, actuadores y otros dispositivos para recopilar datos en tiempo real y tomar decisiones automatizadas basadas en ellos.

Por otro lado, ESP32 se destaca en la Industria 4.0 por su capacidad de conectividad WiFi y Bluetooth, lo que lo hace ideal para dispositivos conectados a Internet. Los dispositivos basados en ESP32 pueden comunicarse de manera inalámbrica con otros dispositivos, servidores en la nube o sistemas de

gestión de datos, lo que permite la monitorización remota, el control remoto y la recopilación de datos en tiempo real en entornos industriales. [6][7]

Sensor inductivo de proximidad para metales TL-W5MC1.

El sensor inductivo de proximidad TL-W5MC1 es un dispositivo que detecta la presencia de objetos metálicos sin necesidad de contacto físico. Funciona emitiendo un campo magnético de alta frecuencia y detectando cualquier cambio en este campo cuando un objeto metálico se encuentra dentro de su rango de detección.

Este sensor puede instalarse en la banda transportadora para detectar la presencia de materiales metálicos que pasan por encima de él. Cuando un material metálico se desplaza sobre la banda transportadora y entra en el rango de detección del sensor, éste activa una señal eléctrica que puede ser utilizada para activar un mecanismo de clasificación o para registrar la presencia del material en una base de datos.[8]

Sensor de humedad.

Un sensor de humedad es un dispositivo que mide el contenido de humedad en el ambiente o en un material específico. Utiliza diferentes tecnologías, como la capacitiva o la resistiva, para medir la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en un objeto.

El sensor de humedad puede instalarse en la banda transportadora para medir la humedad de los materiales que pasan sobre ella. Esta información puede ser útil para clasificar materiales como orgánicos o papel, cuya humedad puede afectar su calidad o su procesamiento. Por ejemplo, si se detecta un alto nivel de humedad en un material, se puede activar un sistema para direccionar hacia un área de secado o tratamiento específico antes de continuar con su procesamiento o clasificación final.[10]

Motores.

En el sistema de la banda transportadora, los motores desempeñan un papel fundamental al controlar tanto el movimiento de avance como la velocidad de la banda. Habitualmente, se emplean uno o más motores eléctricos que se conectan a la banda mediante un sistema de poleas y correas (o engranajes), de modo que la potencia del motor se transfiere directamente a la banda para propulsarse hacia adelante.

Para controlar el movimiento de la banda, se pueden utilizar diferentes tipos de motores, como los motores de corriente continua (DC) o los motores paso a paso. Estos motores son regulados mediante un controlador específico, el cual a su vez puede ser gestionado por una placa de desarrollo como Arduino o ESP32.

La velocidad de la banda es ajustada manipulando la velocidad de rotación del motor. Esto se logra variando la tensión suministrada al motor (en el caso de los motores DC) o utilizando técnicas de control de velocidad especializadas, como la modulación por ancho de pulso (PWM).

El sistema de control puede estar diseñado para permitir la configuración de la velocidad de la banda de forma manual, mediante dispositivos como potenciómetros o interfaces de usuario, o de forma automática en base a ciertos parámetros, como la carga sobre la banda o la detección de materiales en diferentes puntos de la misma.[11]

Bases de datos en la industria 4.0.

Las bases de datos son sistemas organizados para almacenar y gestionar datos de manera estructurada, permitiendo su acceso, manipulación y análisis de manera eficiente. En el contexto de la Industria 4.0, donde se generan grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, dispositivos y sistemas conectados, las bases de datos juegan un papel fundamental.

Estas bases de datos son esenciales para el almacenamiento y gestión de los datos generados en tiempo real por los procesos industriales. Permiten centralizar la información relevante, facilitando su acceso y análisis para la toma de decisiones. Además, son fundamentales para aplicaciones como el mantenimiento predictivo, la optimización de procesos y la personalización en masa, contribuyendo así a la eficiencia operativa y la competitividad en la Industria 4.0.

En este proyecto la base de datos juega un papel crucial en el almacenamiento y gestión de la información recopilada durante el proceso de clasificación.

Los datos recopilados, como el tipo de material detectado (orgánico, metal, plástico), la cantidad de cada material, la velocidad de la banda transportadora y otros datos relevantes, se almacenan de manera estructurada en la base de datos.

Cada vez que se detecta un material en la banda transportadora, se registra en la base de datos junto con su tipo y cualquier otra información relevante. Esto permite mantener un registro completo y actualizado de los materiales clasificados durante todo el proceso de funcionamiento del sistema.

Además de la información sobre los materiales clasificados, la base de datos también puede almacenar datos sobre el rendimiento del sistema, como la frecuencia de detección de materiales, los tiempos de procesamiento y cualquier incidencia o fallo detectado. Estos datos son fundamentales para el análisis del rendimiento del sistema y la identificación de posibles áreas de mejora.[9]

Interfaz entre hardware y base de datos.

La interfaz entre el hardware incluye dispositivos como Arduino, ESP32, sensores, motores, y la base de datos se establece mediante un proceso que involucra el desarrollo de software en Java y de MySQL como el sistema de gestión de bases de datos.

En primer lugar, se desarrolla un programa en Java que se ejecuta en una computadora conectada al hardware. Este

programa se encarga de recopilar datos del entorno a través de los dispositivos como lecturas de sensores o información de los motores. Utilizando librerías específicas, el programa Java se comunica con los puertos de entrada y salida del hardware, enviando comandos y recibiendo datos.

Una vez se han recopilado los datos en el programa de Java, se establece una conexión a la base de datos MySQL utilizando el controlador JDBC (Java Database Connectivity). Esta conexión permite que el programa de Java envíe los datos recopilados al servidor MySQL para su almacenamiento.

En el servidor MySQL, se configura una base de datos con tablas diseñadas para almacenar los datos que fueron recopilados del hardware. Cada tabla puede representar un tipo específico de datos, como lecturas de sensores o registros de actividad.

Una vez configurada la base de datos, el programa Java puede enviar los datos recopilados a la base de datos MySQL mediante consultas de SQL, insertando registros en las tablas correspondientes.

Con los datos almacenados en la base de datos MySQL, se pueden realizar consultas y análisis posteriores para obtener información útil sobre el funcionamiento del sistema, el rendimiento de los dispositivos y otros aspectos relevantes.[9][12]

Optimización del proceso de clasificación.

La combinación de tecnologías como Arduino, sensores, motores y base de datos juega un papel crucial en la optimización del proceso de clasificación de materiales reciclables. Estas tecnologías trabajan en conjunto para automatizar el proceso de clasificación y recopilar datos en tiempo real, lo que mejora significativamente la eficiencia y precisión del proceso.

En primer lugar, la automatización del proceso de clasificación se logra mediante la instalación de sensores en la banda transportadora. Estos sensores, como el sensor inductivo para metales y el sensor de humedad, permiten detectar y clasificar automáticamente los materiales que pasan por la línea. Utilizando Arduino y actuadores como motores, se controlan los mecanismos de clasificación para dirigir los materiales hacia los contenedores correspondientes según su tipo. Esta automatización reduce la intervención humana, disminuye los errores y aumenta la velocidad de clasificación, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa.

Además de la automatización, la recopilación de datos en tiempo real es fundamental para optimizar el proceso de clasificación. Los datos recopilados por los sensores, como el tipo de material detectado y su cantidad, se envían en tiempo real a una base de datos. Esta base de datos almacena y gestiona los datos de manera organizada, permitiendo un acceso rápido y fácil a la información relevante. La disponibilidad de datos en tiempo real permite monitorear y analizar el rendimiento del proceso de clasificación en todo

momento, identificando posibles áreas de mejora y optimización.

Por último, el análisis de datos desempeña un papel clave en la optimización del proceso. Utilizando herramientas de análisis de datos, como consultas SQL o algoritmos de aprendizaje automático, se identifican patrones y tendencias en los datos recopilados. Esto permite optimizar parámetros del proceso, como la velocidad de la banda transportadora o los puntos de activación de los mecanismos de clasificación, para mejorar la eficiencia y precisión de la clasificación. Además, la retroalimentación continua proporcionada por la recopilación y análisis de datos en tiempo real permite realizar ajustes en tiempo real para maximizar la eficiencia operativa y la calidad de la clasificación.[13]

VII. ESTADO DEL ARTE

Las bandas de clasificación de materiales modernas emplean una combinación de tecnologías para lograr una separación precisa y eficiente de los residuos. Entre las principales tecnologías se encuentran:

Clasificación manual: Si bien no es la más avanzada, la clasificación manual sigue siendo un método efectivo en algunas ocasiones, especialmente para materiales complejos o difíciles de identificar automáticamente. Los trabajadores capacitados revisan manualmente los materiales a medida que pasan por la banda, separándolos según su tipo.

Clasificación óptica: Sensores ópticos de alta resolución que detectan características como el color, la textura y la forma de los materiales. Estos sensores permiten separar automáticamente materiales como plásticos de colores específicos, metales y materiales con patrones o texturas distintivas.

Clasificación por infrarrojos: Los sensores infrarrojos emiten luz infrarroja y analizan la respuesta espectral de los materiales. Esta tecnología permite identificar la composición química de los materiales, permitiendo la separación de plásticos, metales y materiales orgánicos en función de su composición molecular.

Clasificación por corrientes de Foucault: Imanes potentes generan campos magnéticos que atraen metales ferrosos como el acero y el hierro. Este método es altamente efectivo para separar estos materiales del resto de la corriente de residuos.

Clasificación por vibración: Las bandas de vibración utilizan vibraciones controladas para clasificar materiales en función de su tamaño y densidad. Esta tecnología es útil para separar materiales livianos, como plásticos blandos, de materiales más pesados, como metales y vidrio.

Beneficios de las bandas de clasificación de materiales: Las bandas de clasificación de materiales ofrecen una amplia gama de beneficios para el reciclaje y la gestión de residuos:

Aumento de las tasas de reciclaje: La clasificación precisa permite separar materiales reciclables de manera eficiente, aumentando las tasas de reciclaje y reduciendo la cantidad de residuos que van a los vertederos.

Mejora de la calidad del material: La separación precisa de materiales contaminantes mejora la calidad del material reciclable, lo que aumenta su valor y facilita su procesamiento posterior.

Reducción de costos: La automatización y la optimización del proceso de clasificación reducen los costos operativos y de mano de obra asociados al reciclaje.

Protección del medio ambiente: Al aumentar las tasas de reciclaje y reducir la cantidad de residuos en vertederos, las bandas de clasificación de los materiales contribuyen a la protección del medio ambiente y la conservación de recursos naturales.

VIII PROCEDIMIENTO

1. **Carga de material:** Los materiales se cargan en la sección de alimentación de la banda transportadora. Esto se hace manualmente.

2. **Transporte de materiales:** La velocidad de la banda se puede ajustar según el tipo de material que se clasifica y la eficiencia de clasificación deseada.

3. **Recopilar datos del sensor:** A medida que los materiales se mueven a lo largo de la banda, pasan por una serie de sensores que capturan datos sobre sus características.

- Los sensores de humedad pueden detectar si los materiales están húmedos.
- Los sensores de conductividad pueden detectar materiales conductores, como los metales.

4. **Procesamiento y clasificación de datos:** Un sistema de control recibe los datos de los sensores y los clasifica. Esta clasificación puede basarse en una variedad de factores, como el material orgánico, los metales y los plásticos.

5. **Separación de materiales:** El sistema de control activa un mecanismo para separar los materiales en diferentes flujos en función de la lectura de los sensores.

IX. RESULTADOS

- El sistema de clasificación automatizada fue capaz de separar con éxito los materiales reciclables en función de las lecturas de los sensores.
- La precisión del sistema varió según el tipo de material, siendo más alta para materiales como el metal y el vidrio, y ligeramente menor para materiales como el papel y el plástico.
- Se observó una correlación entre las lecturas de los sensores y las características de los materiales reciclables, lo que sugiere que los sensores utilizados son adecuados para la clasificación automatizada.
- Se identificaron posibles áreas de mejora en el sistema, como la calibración de los sensores y la optimización de los algoritmos de clasificación.
- La base de datos registra continuamente en tiempo real las lecturas de los sensores y los resultados de la clasificación mientras la banda transportadora esté en funcionamiento. Esto proporcionará un registro detallado de todas las actividades y eventos durante el experimento.

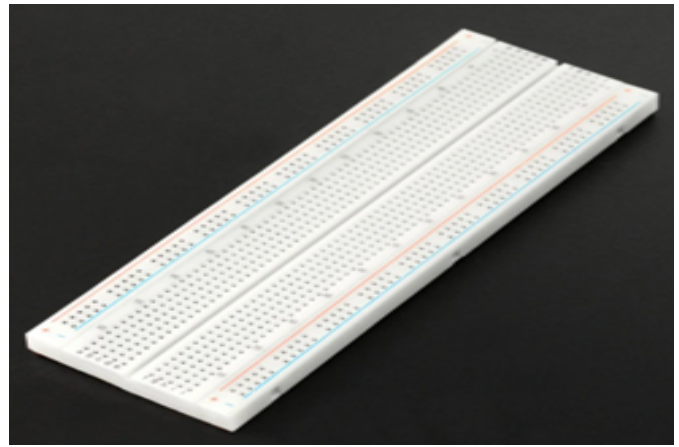


Figura 1.2

Es una placa de pruebas que permite conectar componentes electrónicos entre sí sin la necesidad de soldarlos. Es útil para prototipar circuitos y realizar pruebas antes de realizar una implementación permanente.

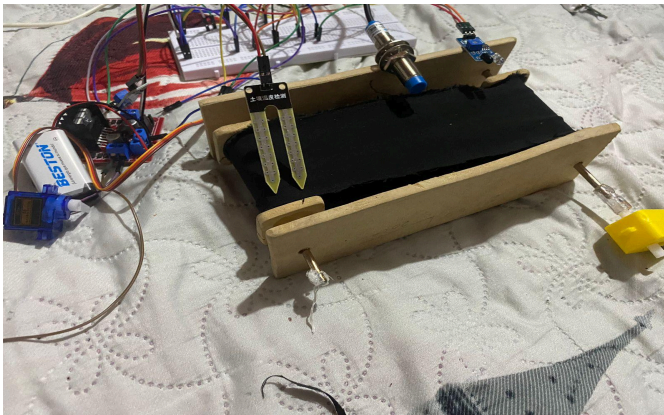


Figura 1.1

En esta figura podemos observar la banda transportadora con todos los componentes como lo son los sensores, conexiones, motores y baterías.

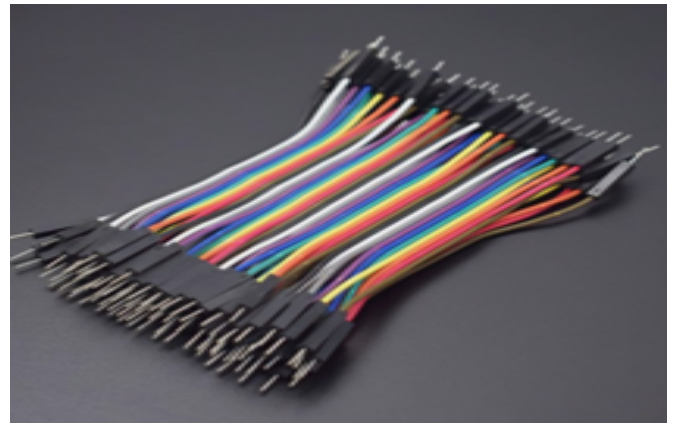


Figura 1.3

Son cables delgados y flexibles con conectores en ambos extremos, utilizados para realizar conexiones temporales entre componentes en una protoboard o en un circuito electrónico. Facilitan la conexión y desconexión rápida de componentes.

(macho-macho, hembra-hembra y macho hembra).

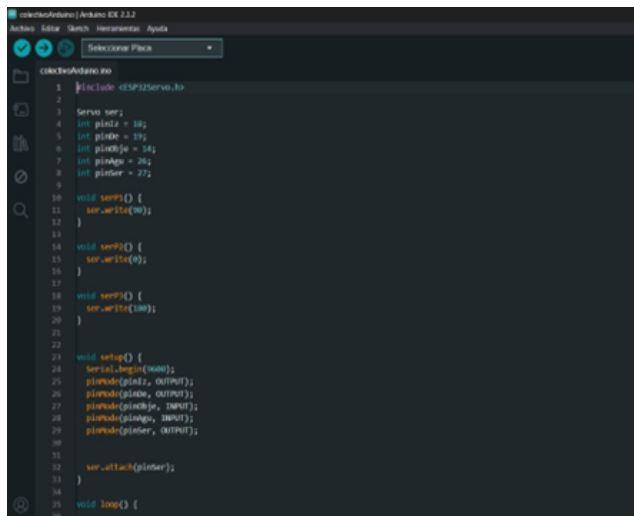


Figura 1.4

Es una plataforma de prototipado electrónico de hardware libre y de código abierto. Consiste en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo que facilita la programación y la interacción con componentes electrónicos externos. Se utiliza para crear proyectos interactivos, desde simples sistemas de control hasta robots complejos.



Figura 1.5

Es una serie de microcontroladores de bajo costo y bajo consumo de energía fabricados por Expressif Systems. Son ampliamente utilizados en el desarrollo de dispositivos IoT (Internet de las cosas) debido a su conectividad WiFi y Bluetooth integrada, así como su amplio conjunto de periféricos. Se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como monitoreo remoto, automatización del hogar, y dispositivos portátiles, entre otros. [6]

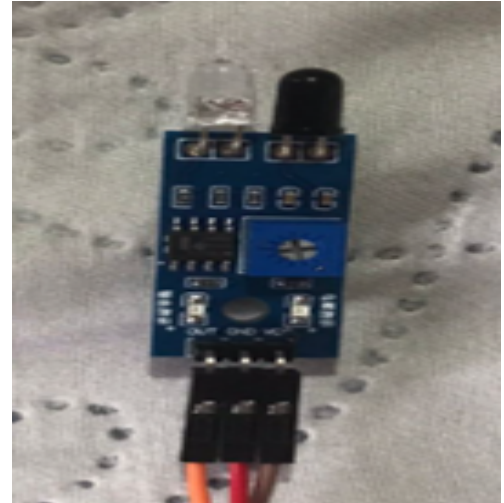


Figura 1.6

Es un dispositivo que detecta la presencia o la cercanía de objetos cercanos sin necesidad de contacto físico. Estos sensores pueden utilizar diferentes tecnologías para detectar la proximidad, como infrarrojos, ultrasonido, capacitancia o campos magnéticos. La detección de proximidad se basa en cambios en el campo electromagnético o en la reflexión de la energía emitida por el sensor. [2]

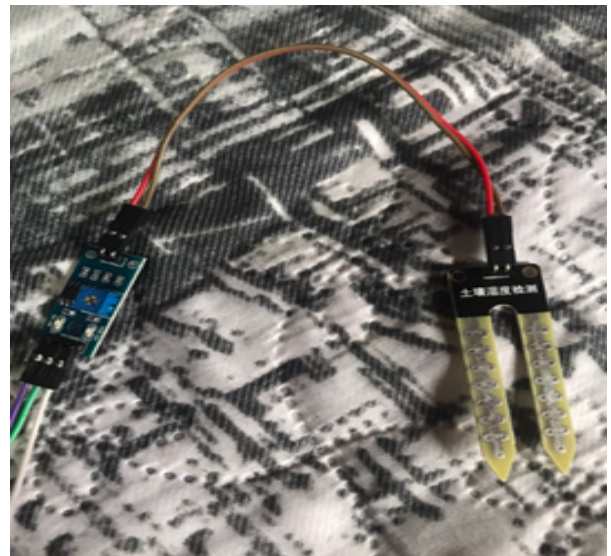


Figura 1.7

Es un dispositivo que mide el nivel de humedad en el ambiente o en un material. Puede utilizar diferentes tecnologías, como resistencia, capacitancia o conductividad, para medir la cantidad de vapor de agua presente en el aire o

en un sustrato. Se utiliza en aplicaciones de control de clima, agricultura, y monitoreo ambiental, entre otros.[14]



Figura 1.8

Es un dispositivo que mide la inductancia de un componente o circuito. La inductancia es una propiedad de los circuitos que determina su capacidad para almacenar energía en forma de campo magnético cuando circula una corriente por ellos. Se utiliza en aplicaciones de control de motores, conversión de energía, y filtrado de señales, entre otros. [8]

Es un tipo de motor que utiliza una señal de control para posicionar su eje en un ángulo específico dentro de un rango determinado. Son compactos, precisos y pueden girar hasta 180 grados. Se utilizan en aplicaciones de robótica, modelismo, y control de sistemas mecánicos, entre otros.



Figura 2.0

Es un tipo de motor que reduce la velocidad de rotación y aumenta el torque mediante un sistema de engranajes. Se utiliza en aplicaciones donde se requiere una gran fuerza de salida a velocidades bajas, como en robots móviles, vehículos controlados a distancia, y sistemas de elevación, entre otros.[15]



Figura 1.9



Figura 2.1

Es una batería comúnmente utilizada en dispositivos electrónicos portátiles. Tiene un voltaje nominal de 9

voltios y se utiliza en una amplia variedad de dispositivos, como juguetes, radios, y dispositivos de medición, entre otros.

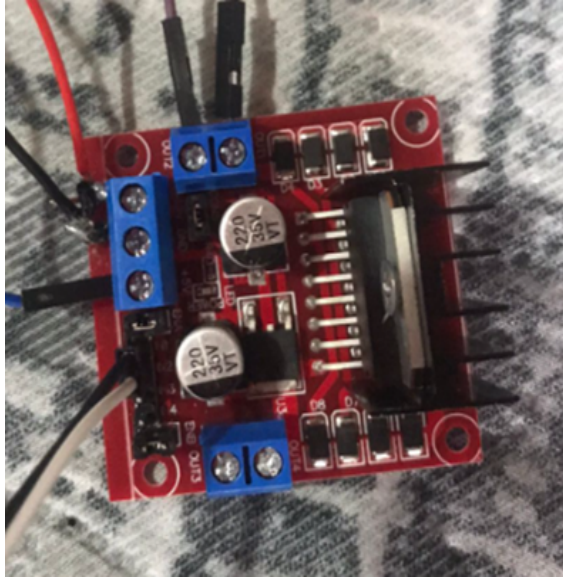


Figura 2.3

Es un dispositivo utilizado para controlar motores de corriente continua (DC) o motores paso a paso. Funciona como un puente H, que es un circuito electrónico utilizado para controlar la dirección y la velocidad de un motor mediante la variación de la polaridad y la intensidad de la corriente que fluye a través del motor. [16]

X. ANÁLISIS

La combinación de sensores a través de Arduino nos brinda la capacidad de optimizar el proceso de reciclaje. Al detectar automáticamente los materiales y monitorear la humedad, nos permite tener eficiencia en la clasificación de los materiales.

Al monitorear la humedad y otros parámetros nos permite mejorar la calidad de los materiales reciclables producidos. Esto es crucial para maximizar su valor y asegurar que cumplan con los estándares de calidad requeridos. La integración de una base de datos nos ofrece la capacidad de realizar un análisis detallado de los datos recopilados durante el proceso de reciclaje. Esto proporciona información valiosa para identificar áreas de mejora, detectar tendencias y tomar decisiones informadas para optimizar el proceso en curso.

XI. CONCLUSIÓN

En conclusión, nuestro experimento de implementación de una banda transportadora inteligente, equipada con sensores de humedad, proximidad e inductancia, junto con la integración de tecnología Arduino, ha demostrado ser una estrategia prometedora para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos y el proceso de reciclaje. Mediante la utilización de estos dispositivos y tecnologías, hemos logrado una separación más precisa de materiales reciclables, como metales, no metales y materiales orgánicos. La recopilación de datos en tiempo real y su envío a una base de datos centralizada nos ha permitido analizar el rendimiento del sistema y optimizar su funcionamiento continuamente. Este enfoque innovador no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el desperdicio y promover el reciclaje, sino que también abre nuevas posibilidades para la gestión eficiente de recursos en diversas industrias.

XII. REFERENCIAS

- [1] Mordor Intelligence. (2023). Global Waste Sorting Equipment Market Report. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-waste-disposal-equipment-market>
- [2] Sesotec GmbH. (2023). Sesotec - Detección de objetos extraños y clasificación de materiales. Sesotec GmbH.
- [3] Cuatro Cero. (2023, November 16). Tecnología de sensores: solución para el reciclaje y manejo de residuos. <https://cuatro-cero.mx/noticias/tecnologia-de-sensores-solucion-para-el-reciclaje-y-manejo-de-residuos/>
- [4] “¿Qué es la Industria 4.0?” Argentina.gob.ar. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.argentina.gob.ar/produccion/planargentina40/industria-4-0#:~:text=El%20concepto%20de%20Industria%204.0,los%20datos%20en%20tiempo%20real>.
- [5] “Impacto de la Industria 4.0 en un mundo en constante transformación”. Cidei. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: <https://cidei.net/impacto-de-la-industria-4-0-en-un-mundo-en-tranformacion/#:~:text=En%20términos%20de%20dinero,%20el%20investigación%20como%20Fortune%20Business%20Insights>.
- [6] “CONOCIENDO AL ESP32 - TodoMaker”. TodoMaker. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: [CONOCIENDO AL ESP32 - TodoMaker](https://www.todomaker.com.ar/conociendo-al-esp32/)
- [7] “¿Qué es Arduino y para qué sirve? | Escuela de programación, robótica y pensamiento computacional | Codelearn.es”. Codelearn | Extraescolar de programación y robótica. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea].

Disponible: [¿Qué es Arduino y para qué sirve? | Escuela de programación, robótica y pensamiento computacional | Codelearn.es](#)

- [8] “Sensor inductivo - Rechner Sensors”. Rechner Sensors. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-inductivo#:~:text=Un%20sensor%20inductivo%20tiene%20la,indispensable%20en%20la%20automatización,%20p>.
- [9] “Big Data, ¿Qué es y cómo funciona en la Industria 4.0?” Nexus Integra. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: [Big Data, ¿Qué es y cómo funciona en la Industria 4.0?](#)
- [10] Ó. Rodríguez. “Qué es el sensor de humedad, qué utilidad tiene y aplicaciones”. *elconfidencial.com*. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: [Qué es el sensor de humedad, qué utilidad tiene y aplicaciones](#)
- [11] “Todo lo que necesitas saber sobre el uso de motores en los proyectos de Arduino”. Solectroshop -Tu tienda de Arduino, Raspberry, Micro:Bit, Sparkfun. Accedido el 21 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: [Todo lo que necesitas saber sobre el uso de motores en los proyectos de Arduino](#)
- [12] Programa Editorial Universidad del Valle. Accedido el 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: [La interfaz hardware/software es la encargada de realizar la comunicac](#)
- [13] “Foro “Implementación de un Sistema Automatizado con Tecnología Arduino.pdf”. SlideShare. Accedido el 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: [Foro “Implementación de un Sistema Automatizado con Tecnología Arduino.pdf](#)
- [14] Ó. Rodríguez, «Qué es el sensor de humedad, qué utilidad tiene y aplicaciones», *elconfidencial.com*, 5 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-08-17/que-es-sensor-de-humedad-utilidad-aplicaciones_3220448/

- [15] Jose y Jose, «Si alguna vez te has preguntado sobre la mecánica detrás de&hellip»; *Qué Es*, 29 de septiembre de 2023. <https://quees.com/motorreductor/>

- [16] Admin, «Módulo L298N», *Proyectos Con Arduino*, 6 de febrero de 2022. <https://proyectosconarduino.com/modulos/motor-driver-l298n/>