

# Capítulo 6.

## Prototipo robot móvil para el proceso de trazado en la industria textil

Laura Valentina Villalba Mahecha<sup>1</sup>  
Angie Paola Almeida Ortiz<sup>2</sup>

**Cítese como:** Villalba-Mahecha, L. V. y Almeida-Ortiz, A. P. (2023). Prototipo robot móvil para el proceso de trazado en la industria textil. En F. C. Gómez-Meneses, E. M. Moncayo-Torres y T. M Piamba (comps.), *Aplicaciones tecnológicas de la Ingeniería Mecatrónica y sus impactos al desarrollo socioeconómico* (pp. 81-97). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.214.c368>

### Resumen

Este proyecto tiene como objetivo, elaborar un prototipo de robot móvil para el proceso de trazado en la industria de la confección en micro y pequeñas empresas. Al hablar del sector textil, se reconoce su alta intensidad de mano de obra y el mínimo nivel de desarrollo tecnológico; en el caso de Colombia, son denominadas Mipymes. El documento se enfocará en el proceso de trazado, el cual trata de ubicar varios patrones en una extensión de tela o papel para asegurar el mejor uso; este puede ser automático o manual.

Este trabajo busca realizar una investigación de los robots móviles de tracción diferencial para ejecutar diferentes trayectorias, con el fin de lograr un trazo eficiente por medio del diseño asistido por computador que ofrecen varios softwares de moda. Se propone un modelo basado en la información obtenida para crear un robot que se adapte a las necesidades de este proceso.

**Palabras clave:** robot móvil; confecciones; trazado; trayectoria; locomoción diferencial.

<sup>1</sup> Universitaria Agustiniiana. Correo: [laura.villalba@uniagustiniana.edu.co](mailto:laura.villalba@uniagustiniana.edu.co)

<sup>2</sup> Universitaria Agustiniiana. Correo: [angie.almeida@uniagustiniana.edu.co](mailto:angie.almeida@uniagustiniana.edu.co)

## Mobile robot prototype for the scribing process in the textile industry

### Abstract

The objective of this project is to develop a prototype of a mobile robot for the scribing process in the garment industry, in micro and small enterprises, known in Colombia as MSMEs. The textile sector is known for its high labor intensity and minimum level of technological development. The document focuses on the tracing process, trying to place several patterns on an extension of fabric or paper to ensure the best use, which can be automatic or manual.

The purpose of this work is to investigate differential traction mobile robots to execute different trajectories, to achieve an efficient tracing using computer-aided design, offered by several fashion software. A model based on the information obtained is proposed, to create a robot that adapts to the needs of this process.

*Keywords:* mobile robot; confections; tracing; trajectory; differential locomotion.

## Protótipo de robô móvel para o processo de gravação na indústria têxtil

### Resumo

O objetivo deste projeto é desenvolver um protótipo de um robô móvel para o processo de gravação no setor de vestuário, em micro e pequenas empresas, conhecidas na Colômbia como MPMEs. O setor têxtil é conhecido por sua alta intensidade de mão de obra e nível mínimo de desenvolvimento tecnológico. O documento se concentra no processo de traçado, tentando colocar vários padrões em uma extensão de tecido ou papel para garantir o melhor uso, que pode ser automático ou manual.

O objetivo deste trabalho é investigar robôs móveis de tração diferencial para executar diferentes trajetórias, a fim de obter um traçado eficiente usando o projeto auxiliado por computador, oferecido por vários softwares de moda. Com base nas informações obtidas, é proposto um modelo para criar um robô que se adapte às necessidades desse processo.

*Palavras-chave:* robô móvel; confeitos; rastreamento; trajetória; locomoção diferencial.

## Introducción

Las empresas de la confección son consideradas una de las principales ramas del movimiento de industrialización en los países en desarrollo, que se centran en el uso de telas para producir ropa para hombres, mujeres y niños. Estas fábricas contribuyen a la economía colombiana, con ventas de vestuario y calzado que alcanzaron los ocho mil millones de dólares en 2019. Datos oficiales muestran que más de 1 200 empresas colombianas exportan a más de 100 países del mundo y, el aporte de la industria de la moda al Producto Interno Bruto (PIB) del país es de 9,6 % (La Nota Económica, 2020).

En el caso de Colombia, el 73 % de las empresas está conformado por micro empresas y el 16 % por pequeñas empresas (Colombia Productiva, s.f.), las cuales no implementan tecnologías a sus procesos; por lo tanto, los pasos para confeccionar una prenda son mayormente realizados por mano de obra; por ejemplo, el proceso de trazado coloca múltiples patrones en tela o papel para un uso óptimo; esto puede ser automático o manual.

En el caso de un trazado manual, este presenta desventajas, como: lentitud en el proceso, mayor porcentaje de pérdida de tela y reducción de la posibilidad de economizar. Sin embargo, la forma sistemática se logra mediante un patrón digitalizado y solo es necesario especificar las dimensiones de la tela para que el software funcione automáticamente; este trazado es impreso en un plóter y es el método que más se está utilizando actualmente en las empresas.

A pesar de que el trazado automático es más eficiente y productivo que los sistemas manuales, este tiene un problema debido a los establecimientos que proveen el servicio de impresión de plóter, ya que algunas empresas están lejanas a estos puntos, lo cual les ocasiona gastos para el transporte del producto, además del costo por la impresión.

Por consiguiente, este proyecto busca la realización de un diseño de robot móvil que efectúe el trazado de manera eficiente, teniendo en cuenta los requerimientos del proceso; además, que resulte económico para las fábricas, que sea fácil de manipular y que se consiga los repuestos con facilidad, permitiendo que estas puedan implementar esta tecnología, en aras de aumentar su productividad y reducir costos en el proceso.

Dentro de las investigaciones respecto a los pasos de confección, se encuentra el trabajo del Equipo técnico de CIDEP en la Región Paracentral Thierry Pinoy (2012) sobre modistería y conocimientos básicos de trazado, el cual menciona el proceso de patronaje y de trazado; no obstante, no hay una tecnología que sea implementada en este proceso, sin la necesidad de un plóter. Asimismo, existen varios

programas que proveen el servicio de la ubicación de piezas de forma sistematizada con patrones en miniatura (sistema CAD) como Diamino Fashion, Pad System y Optitex.

## Desarrollo

### Marco teórico

Pasos básicos del proceso de confección:

- **Diseño:** es una guía para conocer los pasos necesarios en la elaboración de una prenda; esto determinará sus características
- **Patrones:** amplían la información en la ficha técnica
- **Escalado:** se realiza tomando el patrón y, de este se saca las demás tallas
- **Trazado:** es la operación en la que se acomoda y dibuja los moldes correspondientes al pedido, siguiendo las indicaciones contenidas en ellos
- **Tendido:** consiste en poner la tela en capas, para proceder al corte
- **Corte:** la tela es separada o dividida con la ayuda de un instrumento de corte
- **Costuras:** es el ensamblaje de prendas.

### Trazado

La fase de trazado comienza después de que se ha aprobado la prenda de prueba y se ha determinado las cantidades y tamaños que se producirá. Esta fase es muy importante para el cálculo preciso de los costos de las prendas, ya que es aquí donde se puede predecir el consumo promedio de tela en la producción. El precio promedio se calcula simulando el trazado de la tela, las tallas determinadas por la escala y la cantidad de prendas producidas en cada talla. También se debe considerar el ancho, la estampa y la orientación de la tela. Actualmente, se reconoce dos formas de realizar el trazado:

**Producción manual:** es una técnica tradicional usada en pequeños talleres sin tecnología moderna. Los patrones son hechos en cartón grueso que tienen la forma de una sección perteneciente a una prenda; son utilizados para trazar la tela, lo más eficientemente posible, antes de cortarla.

**Producción sistematizada:** utiliza dos tecnologías complementarias que permiten realizar el diseño y el corte del producto: el Diseño Asistido por computador (CAD) y la Manufactura Asistida por Computador (CAM). Esta producción puede aumentar la flexibilidad y el tiempo de respuesta a los cambios de moda, reduciendo significativamente el tiempo de procesamiento y los costos asociados.

## Parámetros de construcción de un robot móvil

Un robot móvil está conformado por seis sistemas:

- **Sistemas mecánicos:** es la estructura física del robot, que puede estar construida por metales, plásticos, madera, etc. Los materiales a usar cumplirán con características como: resistencia, compresión, flexibilidad, impacto, corrosión, entre otros. Dependiendo de su diseño, las partes deben tener una forma y tamaño específicas para determinar el sistema de locomoción más adecuado.
- **Sistemas de percepción:** un robot puede percibir su entorno interpretando una señal previamente recibida por un dispositivo sensorial, lo que permitirá a la máquina examinar su alrededor y hacerse una idea sobre su entorno, sin conocimientos previos.
- **Sistemas de alimentación:** se requiere una fuente de energía estable para su correcto funcionamiento. Con el tiempo han sido creadas nuevas tecnologías para mejorar el consumo energético de los robots, con el propósito de proporcionar mayor autonomía a estos. Por ello se introduce conceptos como:
  - ✓ Renovación energética que recupera la energía perdida durante el funcionamiento de los dispositivos.
  - ✓ Captación de energía del entorno, como luz, calor, movimiento, etc.
  - ✓ Control del consumo relacionado con procedimientos de conservación.
- **Sistemas de comunicación:** permiten recibir y enviar información al exterior, de modo que el robot pueda comunicarse para coordinar movimientos con otros, realizar una tarea o, que el usuario pueda obtener comandos y remitir informes de su estado. Existen variedades de protocolos de comunicación que pueden ser implementados, como: IP (Internet Protocol); TCP (Transfer Control Protocol); Bluetooth, FTP (File Transfer Protocol), entre otros. Dependiendo del medio por el cual se enviará información, esta se clasificará en: cableada e inalámbrica.
- **Sistemas de control:** son implementados para que el robot pueda tomar una decisión con base en los datos obtenidos por el sistema de percepción en tiempo real, por medio de la programación de los componentes electrónicos que constituyen el prototipo. Según la complejidad que se tenga, se puede realizar en lenguaje de máquina, ensamblador o de alto nivel, como: Java, Python, PHP (Hypertext Preprocessor), etc., además de entornos que la favorecen; por ejemplo, LabView y MatLab.

Para un mejor control, los dispositivos pueden cambiar su comportamiento de acuerdo con la información enviada por el robot al usuario, para que pueda haber una mayor manipulación de este según

lo percibido e interpretado; así, tendrá un funcionamiento sencillo e intuitivo.

- **Sistemas de autonomía:** existen sistemas de inteligencia artificial (IA) basados en algoritmos que intentan simular el pensamiento humano. Se encuentra gran variedad de métodos de IA, como: redes neuronales, algoritmos genéticos, localización y navegación, permitiendo al robot móvil obtener datos sobre su posición y su entorno; así mismo, este podrá moverse evadiendo obstáculos y barreras, buscando una mejor trayectoria sin intervención.

## Figura 1

### Parámetros de construcción de un robot móvil



## Locomoción

Es la capacidad de un robot para trasladarse por el ambiente donde realizará su tarea; es necesario el uso de diferentes elementos motrices, usualmente ruedas, motores y baterías. Hay diferentes soluciones para lograr el desplazamiento del dispositivo, inspiradas en contrapartes biológicas. La rueda es el mecanismo de locomoción más usado en los robots móviles, dado que ofrece mayor estabilidad y balance, pero, es necesario tener en cuenta la tracción, maniobrabilidad y control de movimiento. El tipo de desplazamiento a considerar está relacionado con el tipo y geometría de las ruedas y, puede clasificarse en función de los diferentes tipos de tracción:

- **Diferencial:** es el tipo de tracción más simple. El robot ejecuta su direccionamiento conforme varía la rapidez de sus dos ruedas en un eje

común; cada rueda cuenta con un motor para su control, donde puede avanzar en línea recta cuando los motores están a la misma velocidad. Así mismo, cuando estos tienen diferentes velocidades, puede realizar un giro en un sentido u otro, además de rotar en su propio eje cuando las ruedas se mueven en lados opuestos. Requiere, al menos, de una rueda loca para lograr mayor estabilidad y equilibrio.

- Es un sistema flexible en cuanto a espacios pequeños, gracias a los giros que puede realizar, pero presenta como inconveniente, su sensibilidad a la velocidad de las ruedas pues, pequeños errores producen diferentes trayectorias; también, puede reducir el torque y la fuerza rotatoria.
- Síncrono: cada rueda es motriz y directriz; es decir, se mueve simultáneamente para ir hacia adelante o hacia atrás; para voltearse, gira sobre su propio eje de apoyo, evitando inestabilidades. Apuntan a la misma dirección y giran a la misma velocidad, mediante un conjunto de correas que conectan las ruedas; para esto se usa dos motores independientes: uno para el funcionamiento de todas las ruedas y otro para hacerlas girar sincrónicamente. Este tipo de tracción presenta un movimiento no holónimo y, como desventaja, su complejidad mecánica.
- Triciclo: consta de tracción y dirección independiente; se compone por tres ruedas con odometría en las dos traseras y una que da dirección en la parte frontal. Es un sistema estable; su control es muy preciso sobre el ángulo de giro del robot; puede ir a altas velocidades y su mecánica es simple, pero presenta como desventaja, que su cinemática es complicada ya que, para girar necesita de grandes desplazamientos, debido a que la tracción trasera no es diferencial y los ejes no pueden girar a diferentes velocidades, reduciendo el radio de giro. Esta configuración es recomendable para los robots que desarrollarán sus actividades en ambientes amplios.
- Ackerman: es usado en vehículos a motor; se compone por cuatro ruedas donde las delanteras son las que dan la dirección y las traseras las que impulsan al vehículo. Tiene aplicaciones en robots móviles autónomos en exteriores. Las ruedas de tracción pueden ir a velocidades altas, pero en el giro, el radio debe ser lo suficientemente amplio para no perder el equilibrio; es estable y tiene mayor control en rectas.
- Desplazamiento omnidireccional: los robots que presentan esta tracción tienen mayor movimiento en cualquier dirección y momento, sin la necesidad de una orientación específica para su desplazamiento; requiere dos ruedas que poder moverse en distintas direcciones, como las ruedas suecas u omnidireccionales. Esta configuración se ha vuelto la más usada porque permite que el robot se traslade de un punto de partida a cualquier otro punto, sin tener que rotar antes de desplazarse.

## Odometría

Es el estudio para evaluar la posición de los vehículos con ruedas durante la navegación. Para realizar esta estimación, se utiliza la información de rotación de la rueda para estimar el cambio de posición a lo largo del tiempo. En robótica, los robots móviles utilizan este sistema para estimar su posición con relación a su ubicación original. Este método se basa en ecuaciones simples y utiliza datos de encoders ubicados en las ruedas del robot. Además, se basa en la suposición de que la rotación de la rueda se puede convertir en un desplazamiento lineal con respecto al suelo.

Un modelo odométrico es un conjunto de ecuaciones donde, conociendo el modelo cinemático del robot, es posible calcular su posición y orientación. En el primer paso, el algoritmo de exploración propuesto por PROE define las condiciones de exploración en las que el robot puede moverse del punto A al punto B en línea recta y, girar a la derecha o a la izquierda en función de dos movimientos definidos a ángulos rectos.

## Metodología

### Tipo de investigación

Esta investigación es aplicada a la tecnología, debido a que ayuda a crear conocimiento que se puede poner en práctica en el sector manufacturero, para contribuir a un impacto positivo en la vida cotidiana; en este caso, el proceso de trazado en las empresas de confecciones, a partir de la recolección de datos de las necesidades del sector.

### Variables de la investigación

Para alcanzar los objetivos propuestos es preciso recolectar datos apropiados del proceso de trazado y los robots móviles, con el fin de realizar un prototipo que se adapte a las necesidades de la actividad y permita generar datos de factibilidad.

**Tabla 1**

*Variables*

Variables	Sistematización	Objetivos específicos	Técnicas	Instrumentos para la recolección de datos
Análisis	¿Cuáles son las características para la realización de un robot móvil?	Determinar las características necesarias para la creación de un robot móvil	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigar sobre cada componente de un robot móvil.</li> <li>2. Seleccionar los elementos que se adapten al diseño del robot móvil.</li> <li>3. Adquirir conocimientos por medio de la ficha técnica de cada dispositivo</li> </ol>	Repositorios, páginas web de empresas, revistas, fichas técnicas.
Construcción	¿Cuál sería el resultado entre la unión de la estructura y el control?	Desarrollar la estructura física y de control del robot con base en los parámetros obtenidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar la estructura en CAD</li> <li>2. Integrar los sistemas mecánicos, electrónicos y de control</li> <li>3. Ensamblar las diferentes partes del robot móvil</li> </ol>	Repositorios, trabajos investigativos, programa inventor, programación en Arduino y Python
Pruebas	¿Cómo se realizará las pruebas del robot?	Validar las diferentes trayectorias que ejecutará el prototipo	Realizar las pruebas de las trayectorias en diferentes espacios	Datos obtenidos de la programación y datos del entorno.

*Nota:* se identifica los objetivos específicos del proyecto junto a varios métodos para realizarlos.

## Desarrollo de la metodología

Determinar las características necesarias para la creación de un robot móvil. En este apartado se aborda la selección de los componentes electrónicos como los motores, controlador, sensores, microcontrolador y las baterías.

A continuación, se explica cada uno de los dispositivos que componen el prototipo.

## Motores y encoders

Frecuentemente, en múltiples proyectos se halla el uso de motores paso a paso, servomotores y motores con caja reductora. Dado que cada uno presenta diferentes características, su selección depende del dispositivo a realizar y, de si se adapta a lo que se necesita. Si se analiza estos componentes, los motores paso a paso brindan un control de alta precisión en el giro del rotor, pero requieren mayor electrónica para controlarlos, lo que hace que su implementación sea relativamente difícil. Por esto, se hará uso de un motor con caja reductora, que viene acompañado de un sistema de engranaje que permite reducir la velocidad y proporciona un mayor torque; tiene un sistema que hace posible retroalimentar, ya que tiene el sensor encoder incluido, el cual podrá dar información sobre la posición, resolución, sentido de giro y velocidad. Además, se hará uso de un servomotor que tiene un desplazamiento angular limitado; su control es por ancho de pulso, lo cual se adapta a lo que se requiere, en cuestión de manipulación del instrumento de dibujo. En las Tablas 2 y 3 se muestra las especificaciones técnicas de los motores seleccionados para el presente prototipo

**Tabla 2**

### Características

Motor de engranaje con Encoder 12V DC 140 RPM	
Material del engranaje	Metal
RPM	140
Voltaje de funcionamiento (CD)	12 V
Torque	8.5 kg.cm
Corriente de carga	1.4A
Corriente sin carga	0.10A
Tipo de encoder	Cuadratura magnética 11ppr
Reductor	1:45
Pulsos por revolución	495
Peso	97.5g
Dimensiones	70.9 x Ø 25 mm

*Nota:* especificaciones técnicas del motor con encoder de cuadratura.

**Tabla 3***Especificaciones*

Especificaciones	
Peso	13.4 g
Dimensiones	22.5 x 12 x 35.5 mm aprox.
Parada de torque	1.8 kgf x cm (4.8V), 2.2 kgf x cm (6 V)
Velocidad de operación	0.1 s/60° (4.8 V), 0.08 s/60° (6 V)
Voltaje de operación	4.8 V – 6.0 V
Ancho de banda muerta	5 $\mu$ s

*Nota:* especificaciones técnicas del servomotor.

Driver del motor: para la manipulación de los motores se seleccionó el módulo L298N, el cual permite controlar el sentido de giro y velocidad de uno o dos motores; viene con diodos de protección, un regulador de voltaje y una salida para sus respectivos motores con una intensidad de hasta 2A, en la Tabla 4 se identifica las especificaciones técnicas del módulo seleccionado.

**Tabla 4***Datos breves*

Voltaje de entrada	3.2V ~ 40Vdc
Driver	L298N Puente dual del controlador del motor
Fuente de alimentación	DC 5V ~ 35 V
Pico de corriente	2Amp
Rango de operación de corriente	0 ~ 36mA
Rango de control de señal de entrada de voltaje	Bajo: $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$ Alto: $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$
Habilitación de rango de voltaje de la entrada de señal	Bajo: $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$ (control de señal inválido) Alto: $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ (control de señal activo)
Máximo poder de consumo	20W (cuando la temperatura $T = 75^\circ C$ )
Temperatura de almacenamiento	$-25^\circ C \sim +130^\circ C$
Tamaño	3.4cm x 4.3cm x 2.7cm

*Nota:* especificaciones técnicas del módulo L298N.

**Sensores:** para la detección de barreras en el prototipo se implementa un detector de obstáculos con sensor infrarrojo FC-51 que percibe la presencia de un objeto por medio de la reflexión que produce la luz; se compone de un LED emisor de luz infrarroja y de un fotodiodo que la recibe en caso de detectar

interferencias; su campo de actuación es de distancias de 5 a 20mm; además, la luz recibida depende del color, material, forma y posición. Este sensor es empleado en detección de objetos en una zona específica, para determinar si una puerta está abierta o cerrada, de si una máquina ha alcanzado cierto punto en su desplazamiento, entre otros.

**Microcontrolador:** es el cerebro del robot, como control de los elementos de entrada/salida, el cual almacenará la programación para cada uno de los componentes electrónicos; se usará un ESP32, un módulo que integra Bluetooth y WiFi, que permite una amplia gama de aplicaciones, haciendo posible que el prototipo pueda comunicarse con cualquier dispositivo, a diferencia del Arduino, cuyos protocolos vienen en chips aparte, requiriendo adaptarlos por separado, haciendo poco factible y costosa esta opción.

**Baterías:** todo sistema electrónico requiere una fuente de energía para poder realizar una tarea; por lo tanto, para este prototipo se hará uso de baterías tipo LiPo (litio y polímero), debido a sus características en eficiencia energética, su durabilidad, adaptabilidad, entre otras. Actualmente, es una de las baterías más implementadas por su rendimiento, en cuanto a capacidad y tensión.

### Construcción de Estructura

Una vez realizada la selección de los dispositivos que brindan tracción a robot, se describe el proceso de construcción del prototipo. El diseño del robot se hizo con el software Autodesk Inventor, que permite el diseño de piezas y su ensamblado. La estructura se llevó a cabo por impresión 3D en material ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), utilizado en prototipos, por ser tenaz, duradero y resistente a impactos y al calor. Adicionalmente, se usó tornillos y tuercas. Las partes que componen el robot móvil son:

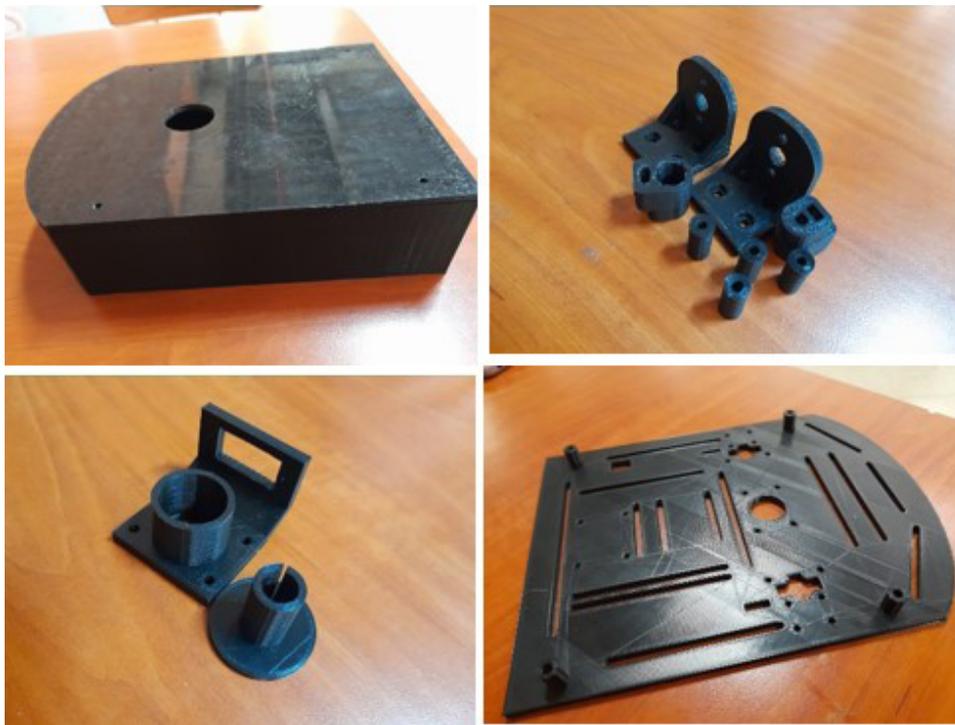
- Base del robot móvil: es la parte que soporta toda la estructura cinemática del robot y los actuadores. Las medidas finales de esta pieza son 21 cm de largo y 16 cm de ancho.
- Ruedas motrices, que permiten el desplazamiento en el plano del robot móvil. Las dimensiones de cada pieza son de 6,5 cm.
- Bases para rueda loca; estas piezas son la que soportan la rueda loca que brinda estabilidad al robot. Tiene una dimensión de 2 cm de largo.
- Soporte del motor: permite sostener los motores y sujetarlos a la base.
- Acople del motor y rueda: es la pieza que se adapta a los encajes del motor y rueda, permitiendo que estén unidos.
- Soporte del servomotor y el instrumento de dibujo: esta pieza es la encargada de ser un apoyo para el servo y está unida a una estructura que permite introducir la herramienta de dibujo.

- Soporte para el instrumento de trazado: es una estructura circular en la parte superior, con una dimensión de 3cm y una extrusión con un diámetro de 1 cm. Sirve para introducir el instrumento y evitar que se desplace de la estructura del soporte del servomotor.

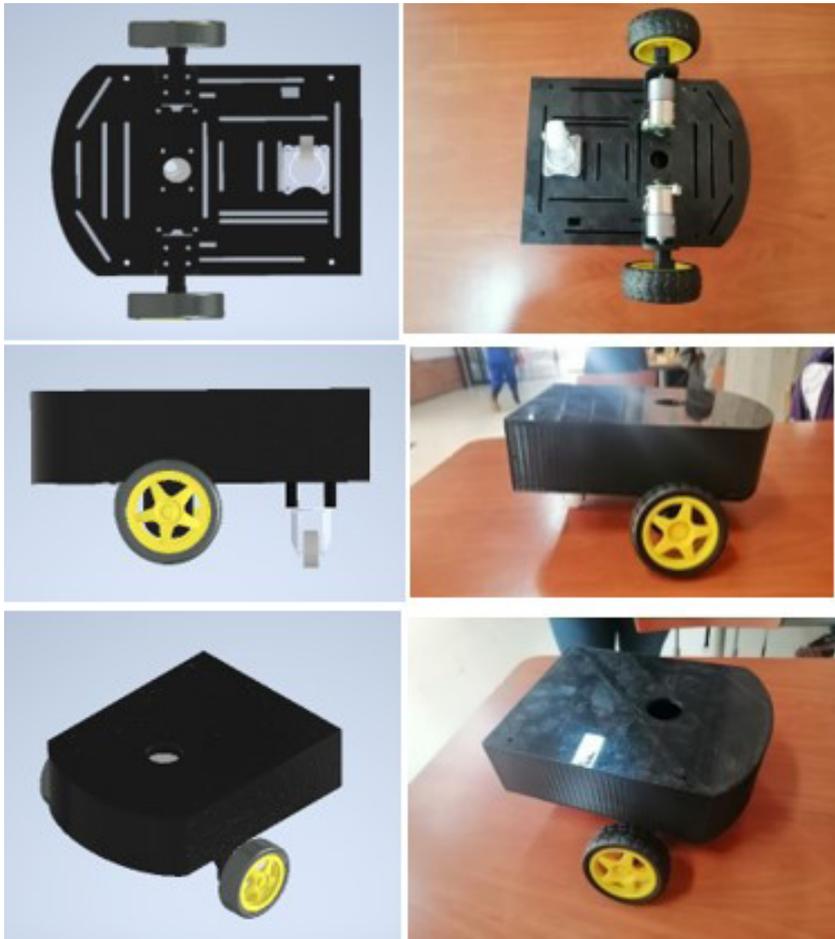
Una vez que se tiene cada una de las piezas del robot móvil, se procede a ensamblarlas junto con los motores. En la Figura 2 se muestra las diferentes piezas terminadas y distribuidas, antes de empezar el proceso de ensamblaje:

**Figura 2**

*Piezas del robot móvil en impresión 3D*



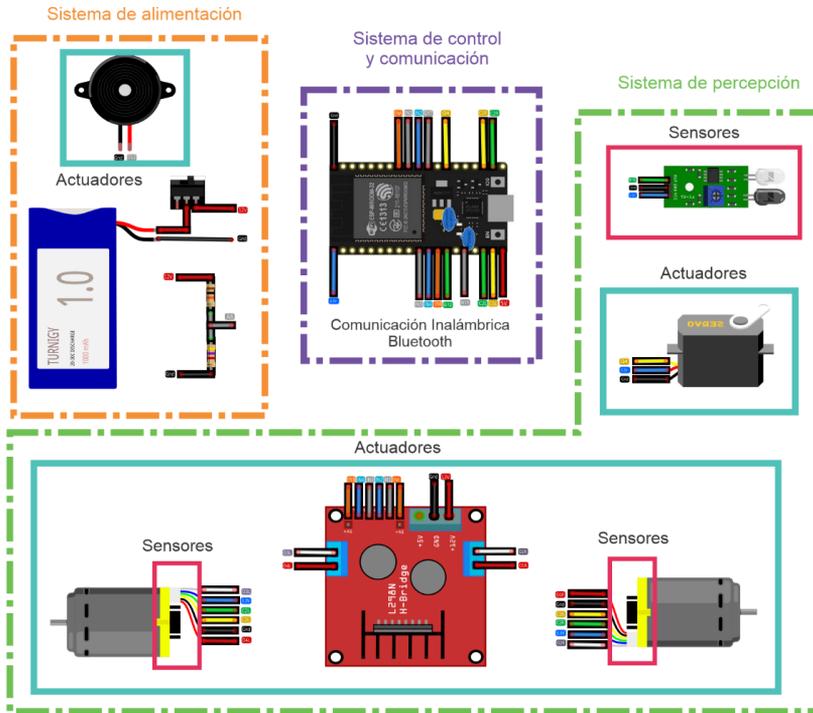
En la Figura 3 se aprecia la vista inferior, la vista lateral y la vista isométrica del robot móvil, respectivamente. En el lado derecho de las figuras se muestra la estructura del robot realizada en Autodesk Inventor y, en el lado izquierdo, las fotografías del prototipo ensamblado.

**Figura 3***Estructura virtual y física***Etapa de potencia**

Luego de construir y ensamblar el prototipo, se procede a describir la etapa de potencia, la cual, por medio de los motores ofrece movimiento a las ruedas y brinda energía a los circuitos encargados de implementar el control. La parte de potencia es importante debido a que es la etapa en donde el robot puede realizar los diferentes movimientos y comunicarse con el sistema de control. En la Figura 4 se muestra un diagrama del circuito que representa cada sección para cumplir los parámetros de construcción de un robot móvil, como es el sistema de control, alimentación, comunicación y percepción.

Figura 4

Esquema electrónico



A continuación, se expone los elementos electrónicos y sus respectivas conexiones, dependiendo de la sección a la que pertenezcan, donde se observa:

- Un módulo ESP32 que representa la parte de control; al tener tecnología Bluetooth, también hace parte de la sección de comunicación, como un tipo inalámbrico. Este componente se puede describir como una tarjeta de control que actúa como enlace entre la computadora y la electrónica del robot móvil. Cabe señalar que con esta tarjeta de control será posible, en el futuro, implementar diferentes trayectos para controlar el comportamiento del robot móvil.
- Un sensor infrarrojo de obstáculos, dos motores con encoder de cuadratura y un módulo L298N; estos elementos componen la sección de percepción.
- Un servomotor que funciona como mecanismo para el posicionamiento en altura del instrumento de dibujo. Este actuador está incluido en la sección de percepción.
- Una batería de LiPo 3S 1000mAh para suministrar la energía al robot; se estima una duración aproximada de una hora. Este componente hace parte del sistema de alimentación, además de contar con un interruptor para el paso de corriente y un divisor de voltaje.

- Un *buzzer* encargado de dar aviso al momento de descarga de la batería. Este elemento es un actuador que hace parte del sistema de percepción, pero, al dar aviso con respecto a la carga, se asignó en el sistema de alimentación para lograr una buena distribución.

## Validación de trayectorias

En esta parte se utiliza Python para el desarrollo de controladores de nivel medio y el Sketch Arduino para la programación de los componentes del robot. En este proyecto se escogió el programa Optitex que permitirá el diseño de prendas de vestir y, al obtener el patronaje, este se encargará de ubicar las piezas de la manera más eficiente. Con esto en claro, se exportará el trazado a un programa llamado Inkscape, un editor de gráficos vectoriales que permitirá crearlo en un gráfico de vectores y luego a un código de trayectorias. Por último, por medio del programa Universal Gcode Sender, que es el nombre que habitualmente recibe el lenguaje de programación más usado en control numérico (CN), se importa el código y se obtiene una vista tridimensional de la trayectoria para conectarse al ESP32.

## Conclusiones

Este proyecto permite que las mipymes puedan comenzar a implementar tecnologías en sus procesos y, así, tecnificar la industria colombiana de la confección, obteniendo grandes avances en la producción, optimizando el proceso de trazado, garantizando medidas exactas, permitiendo mejores resultados, reduciendo costos y favoreciendo la actividad.

Esta investigación propone un método innovador para la implementación de un robot móvil en el proceso de trazado en el sector de las confecciones, donde se recolecta datos de los componentes que conforman el prototipo y los posibles problemas del proceso actual.

Al investigar los dispositivos que conforman el prototipo, se llegó al punto de que existen varias alternativas para la construcción del sistema, como: estructura, motores, sensores, controladores, drivers y programas. Al analizar todos estos datos, se seleccionó los parámetros más aptos, con el fin de cumplir la función de seguir una trayectoria previamente establecida, sugerida por el programa Optitex.

Al realizar el proceso de construcción del robot, se hizo diferentes especificaciones para profundizar la configuración de la locomoción. Conviene señalar que la comprobación de cada motor para su velocidad, posición y distancia debe tener presente la ficha técnica, para lograr el objetivo esperado y así validar la programación. Otro punto importante a destacar es el análisis

del control PID, el cual permitirá un sistema más estable en el momento de realizar las trayectorias; por consiguiente, se está en proceso de pruebas y de cambios con respecto a las diferentes experimentaciones que se haga en el ámbito del trazado textil.

Se planea ampliar esta investigación con una simulación del recorrido, permitiendo observar que la propuesta es posible y traerá los resultados esperados, además de demostrar la factibilidad de implementar en un entorno real. Para esto, es necesario investigar más a fondo las dificultades para llevar a cabo las trayectorias, dado que cada camino requiere un algoritmo diferente.

## Referencias

Colombia Productiva. (s.f.). Sector Sistema Moda. <https://www.colombiaproductiva.com/ptpcapacita/publicaciones/pactosporelcrecimiento/pacto-por-el-crecimiento-y-para-la-generacion-8/infografia-sistema-moda29-11>

Equipo técnico de CIDEP en la Región Paracentral Thierry Pinoy. (2012). Manual de Corte y Confección. <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Manual%20Corte%20y%20Confeccion.pdf>

La Nota Económica. (2020). La importancia del sector de la moda en economías colombiana y mundial. <https://lanotaeconomica.com.co/movidas-empresarial/la-importancia-del-sector-de-la-moda-en-economias-colombianas-y-mundial/>