

# Design and Manufacture of Modular Robotic Cell prototype for application in different production processes.

Diseño y fabricación de prototipo de célula robótica Modular para aplicación en diferentes procesos productivos.

**Citación:** Rodríguez, D.; Arias, W.; Torres, C. Diseño y fabricación de prototipo de célula robótica Modular para aplicación en diferentes procesos productivos. I + T + C Investigación, Tecnología y Ciencia. Vol 1. Num. 17. 2023.

**Diego Alejandro Rodríguez Gómez**<sup>1</sup> , **Wilson Leonardo Arias Ardila**<sup>2</sup> , **Camilo Andrés Torres**<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central; [darodriguezgo@itc.edu.co](mailto:darodriguezgo@itc.edu.co)

<sup>2</sup> Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central; [wlariasa@itc.edu.co](mailto:wlariasa@itc.edu.co)

<sup>3</sup> Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central; [catorresh@itc.edu.co](mailto:catorresh@itc.edu.co)

**Nota del editor:** Sello editorial Unicomfauca se mantiene neutral con respecto a los reclamos derivados de los resultados de este trabajo..



**Derechos de autor:** © 2023 por los autores. Presentado para posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY NC SA) ([https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES))

**Resumen:** Este trabajo presenta el diseño y desarrollo de una célula robótica de dos ejes con un enfoque modular y versátil para aplicaciones industriales. Se busca mejorar la eficiencia en la producción industrial a través de la automatización de procesos. El diseño modular permite adaptaciones futuras sin cambios significativos en la estructura. Los resultados muestran un aumento en la velocidad de producción, una reducción de errores y desperdicio, y una mayor consistencia en la calidad del producto. La inversión en esta célula robótica se justifica económicamente por sus beneficios. Se han implementado medidas de seguridad para garantizar la integridad de los operadores. Además, se han presentado diversas aplicaciones, como la automatización de procesos de manufactura, pintura y organización de piezas.

Este proyecto abre oportunidades para investigaciones futuras, como la optimización de procesos, la integración de inteligencia artificial, aplicaciones en la Industria 4.0 y la sostenibilidad.

**Palabras clave:** Robótica industrial; Célula robótica; Diseño modular; Industria 4.0; Control de posición; Actuadores

**Abstract:** This work presents the design and development of a two-axis robotic cell with a modular and versatile approach for industrial applications. The aim is to enhance efficiency in industrial production through process automation. The modular design allows for future adaptations without significant structural changes. The results demonstrate an increase in production speed, a reduction in errors and waste, and greater consistency in product quality. The investment in this robotic cell is economically justified by its benefits. Safety measures have been implemented to ensure the integrity of operators. Additionally, various applications have been presented, such as the automation of manufacturing processes, painting, and parts organization.

This project opens up opportunities for future research, such as process optimization, the integration of artificial intelligence, applications in Industry 4.0, and sustainability.

**Keywords:** Industrial Robotics; Robotic Cell; Modular Design; Industry 4.0; Position Control; Actuators

## 1. Introducción

Este trabajo tiene como finalidad el diseño y puesta en marcha de un prototipo de robot para su aplicación en diferentes procesos productivos. [1] Para ello se tendrán en cuenta en la actualidad, cuáles son los equipos más sofisticados en cuanto a control de posición y se evaluarán los tipos de accionamientos comúnmente usados en la industria. La evolución de este tipo de sistemas crece de manera exponencial y se debe buscar la migración de los equipos convencionales a equipos mucho más sofisticados.

## 2. Materiales y métodos

El objetivo de este proyecto es desarrollar un prototipo de sistema automatizado para emular procesos de manufactura en materiales metálicos y no metálicos, pintado y organización de piezas. Para el desarrollo del prototipo se tendrán en cuenta las siguientes etapas:

- Búsqueda de aplicaciones industriales a emular de acuerdo con la necesidad
- Basado en el sector productivo de impacto, [2] se evaluarán los tipos de procesos a emular con el prototipo, considerando factores como la complejidad del proceso, la calidad del producto final, el costo de producción y el tiempo de ejecución. Se seleccionarán los procesos más adecuados para el proyecto.
- Diseño previo de prototipo y búsqueda de actuadores comerciales [3]:
- Se definirán las características operativas de los actuadores de trabajo y se seleccionarán los elementos neumáticos o eléctricos que permitan un nivel de potencia óptimo para el sistema. Se considerará la funcionalidad y los sistemas de potencia para garantizar la eficiencia del proceso.
- Aplicación de herramientas CAE y CAD:
- Se utilizarán herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD) y análisis por elementos finitos (CAE) para el diseño de dispositivos y elementos estructurales y simulación del proceso. Se empleará una plataforma de diseño CAD para facilitar la simulación del proceso y la verificación de la calidad del producto final.
- Selección de materiales estructurales:
- Se definirán los materiales adecuados para la construcción y montaje de dichos elementos. Se considerarán criterios como la resistencia, la durabilidad y el costo.
- Selección de actuadores electroneumáticos y construcción de autómatas robóticos:
- Se seleccionarán los actuadores electroneumáticos que mejor se adapten a los requerimientos del sistema y se construirán autómatas robóticos para la automatización del proceso.
- Implementación de sistema de control:
- Se estructurará la operatividad del control básico basado en una interfaz hombre-máquina (HMI) de la marca WECON, empleando protocolo DOP. Se integrará un sistema de adquisición de datos para el monitoreo del proceso y la detección de posibles fallas.
- Programación de autómatas robóticos empleando sistema de control "PULSO POSICIÓN" [4]:
- Se programará el autómata robótico utilizando el sistema de control "PULSO POSICIÓN", para lograr un control preciso del proceso y garantizar la calidad del producto final.
- Implementación de interfaz hombre-máquina (HMI):
- En esta fase se definirá la ingeniería de software relativa a la implementación de la plataforma de comunicación hombre-máquina (HMI), cumpliendo con los requisitos preestablecidos de paradigma de funcionamiento.

- Ejecución de pruebas piloto y puesta a punto del prototipo:

Finalmente, se llevarán a cabo pruebas piloto para evaluar el rendimiento del prototipo y detectar posibles fallas. Se ajustarán los parámetros necesarios.

### 3. Resultados

El desarrollo de este proyecto ha culminado con la creación exitosa de un prototipo de robot altamente adaptable y funcional para su implementación en diversos procesos productivos. A continuación, se resumen los principales resultados y logros alcanzados:

**3.1 Descripción de la célula robótica:** La célula robótica en cuestión presenta un diseño de dos ejes, lo que le confiere flexibilidad y versatilidad en su operación. Su estructura está meticulosamente diseñada utilizando perfiles modulares, con la finalidad de garantizar su adaptabilidad a diversos montajes y procesos industriales.

Este enfoque modular se traduce en un montaje y transporte sencillos, como ilustra la Figura 1, además de permitir la incorporación de procesos adicionales sin la necesidad de modificar la estructura principal. La célula está equipada con sensores de posicionamiento que aseguran una precisión destacada en sus movimientos. Asimismo, integra un actuador lineal que posibilita desplazamientos lineales precisos y controlados. Para la manipulación de productos, se ha implementado un eficaz sistema de ventosas que utiliza el vacío para sujetar los objetos, lo que facilita su transporte de un lugar a otro de manera segura y eficiente. La combinación de estas características técnicas convierte a esta célula robótica en una herramienta altamente adaptable y versátil, adecuada para una amplia variedad de aplicaciones industriales y la incorporación de nuevos procesos sin requerir cambios significativos en su estructura.

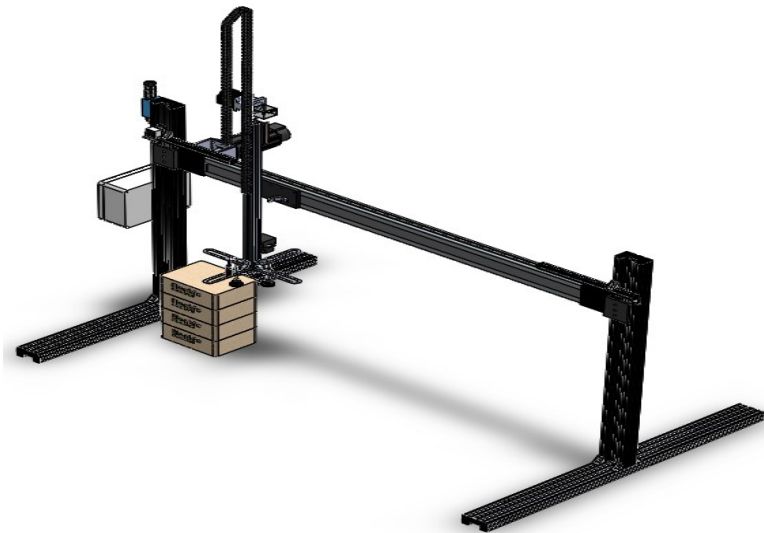


Figura 1. Diseño estructural célula modula

**3.2 Programación y control:** Para el diseño de la Célula robótica se empleó como elemento de control un PLC delta de la serie DVP cuyo programa busca hacer control de Servomotores usando Pulso-dirección, adicional a ello se pensó en la posibilidad de ajustar cualquier sistema de accionamiento mecánico diseñando un bloque de función

[5] que me permita hacer la transformación lineal del movimiento de “mm” a pulsos. Ver Figura 2.

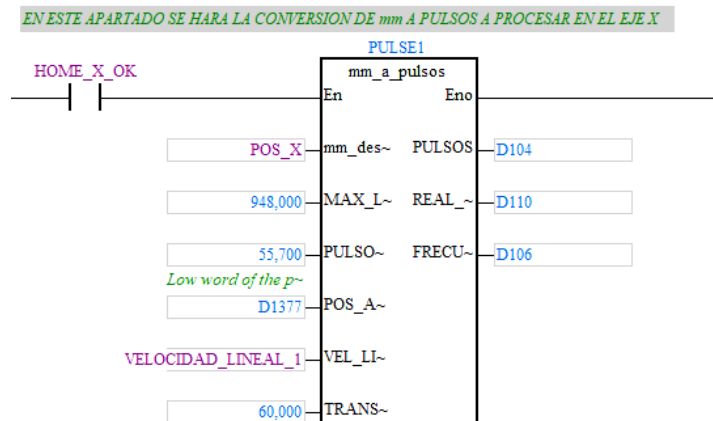


Figura 2. Programación y control

- Con los ejes linealizados se deben establecer límites o parámetros de referencia los cuales serán dados por dos sensores de Home instalados en cada uno de los ejes a emplear.
- Según la aplicación industrial a solucionar se emplearán una serie de periféricos adicionales y algoritmos enfocados a dicho proceso.
- Como primera entrega y ejemplo se pensó en el control de una cabina de pintado cuyos parámetros serán ajustados en la HMI. Ver Figura 3.



Figura 3. Mímico estación de Pintado

- El operario podrá ajustar valores asociados a tiempos de aspersión, inicio de aspersión, límites de pintado, así como la velocidad del actuador durante el pintado.

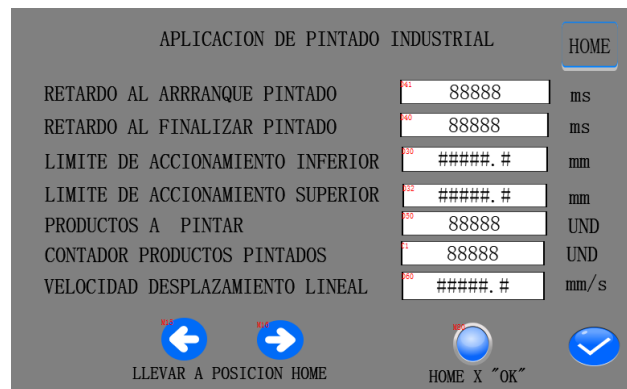


Figura 4. Parámetros estación de Pintado

- En la proyección del proyecto se busca la implementación de sistemas mucho más complejos adaptables a sistemas industriales macro.

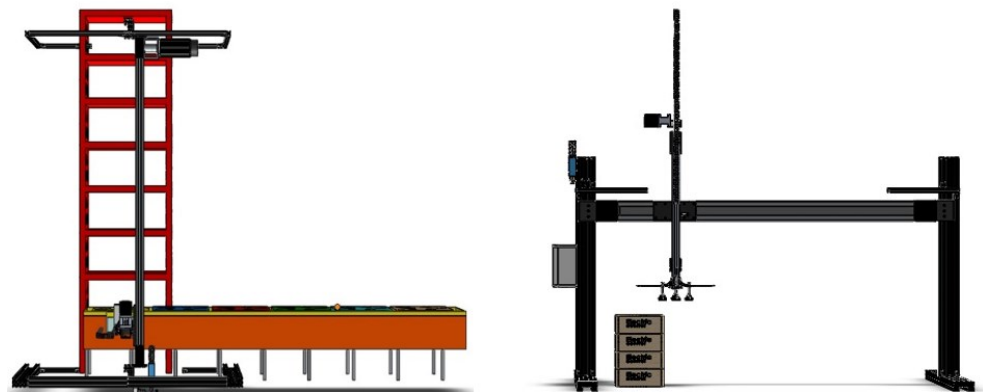


Figura 5. Proyección de diseños Célula Robótica

**3.3 Eficiencia de producción:** El objetivo del proyecto en cuanto a eficiencia es poder llegar a velocidades tan altas como a las que pueda llegar un sistema neumático y pueda llegar a posiciones muy precisas como lo haría un sistema hidráulico optimizando recursos. Entre las ventajas que tiene el uso de sistemas con servomotores es el diagnostico de fallas empleando datos de históricos o graficas de espectro,[6] pudiendo encontrar Fallas presentes en el sistema mecánico de manera más oportuna evitando paradas de maquina inoportunas. Ver Figura 6.

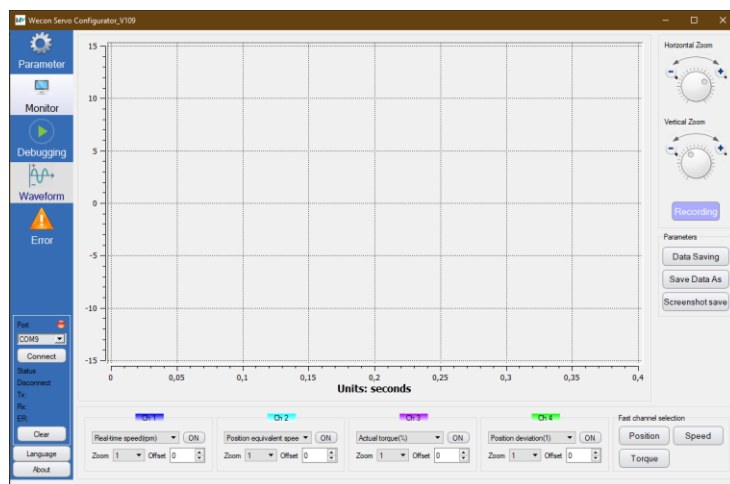


Figura 6. Test Gráfica de espectro Servomotor

**3.4 Seguridad y fiabilidad:** La célula robótica modular tiene incorporado un botón de emergencia, el cual se encuentra a la vista del operador y situado en la caja principal de conexiones, además en la operación de la máquina y puesta en marcha se recomienda que el área de trabajo se encuentra aislada y delimitada por sus respectivas barreras.

- Adicional la operación del equipo debe ser realizado por personal capacitado previamente, seguir instrucciones de uso y utilizar sus respectivos elementos de seguridad industrial, se recomienda el uso de casco, guantes, gafas y tapa oídos, adicionales botas de seguridad y evitar ropa holgada la cual pueda obstruir y/o enredarse en cualquiera de los componentes del dispositivo.
- El mantenimiento preventivo se debe hacer periódicamente de 3 a 6 meses y se debe realizar solo por personal capacitado, si se evidencia alguna anomalía de funcionamiento se debe detener el trabajo de la máquina e informar inmediatamente al personal para su respectivo mantenimiento correctivo (verificación, validación y puesta en marcha).

### 3.5 Eficiencia de producción:

El análisis de eficiencia de producción de la célula robótica de dos ejes reveló resultados altamente positivos y prometedores. A continuación, se presentan los resultados más destacados en términos de eficiencia de producción:

**Aumento en la Velocidad de Producción:** La célula robótica demostró un aumento notable en la velocidad de producción en comparación con los métodos convencionales. Esto se logró gracias a la precisión y rapidez de los movimientos controlados por los actuadores lineales, lo que permitió una manipulación más eficiente de los productos y una reducción significativa de los tiempos de ciclo.

**Reducción de Errores y Desperdicio:** La implementación de sensores de posicionamiento garantizó una mayor precisión en las operaciones realizadas por la célula robótica. Esto se tradujo en una drástica disminución de errores y desperdicio de materiales, lo que, a su vez, contribuyó a una mayor eficiencia en la producción.

**Flexibilidad y Adaptabilidad:** La estructura modular de la célula robótica permitió su fácil adaptación a diferentes procesos y montajes industriales. Esto resultó en una mayor flexibilidad en la producción, ya que la célula puede utilizarse en múltiples aplicaciones sin requerir cambios significativos en su estructura.

**Tiempo de Cambio de Tareas Reducido:** La célula robótica demostró una capacidad excepcional para cambiar rápidamente entre tareas y procesos diferentes. Esto se tradujo en una reducción significativa del tiempo de cambio de tareas, lo que mejoró aún más la eficiencia de producción al minimizar los tiempos de inactividad.

**Mayor Consistencia en la Calidad del Producto:** La precisión y consistencia en la ejecución de tareas por parte de la célula robótica contribuyeron directamente a una mayor consistencia en la calidad del producto final. Esto redujo la variabilidad y garantizó estándares de calidad más altos de manera constante.

Los resultados obtenidos en términos de eficiencia de producción demuestran que la célula robótica de dos ejes es una herramienta altamente eficaz para mejorar la productividad industrial. Su capacidad para aumentar la velocidad de producción, reducir errores y desperdicio, ofrecer flexibilidad en la adaptación a diferentes procesos y mantener una alta consistencia en la calidad del producto la posiciona como una solución valiosa para la optimización de la eficiencia en la industria.

### 3.6 Calidad del producto:

El dispositivo en su aplicación de paletizado tiene las siguientes especificaciones ver tabla 1:

**Tabla 1.** Datos técnicos paletizado

	Actuador	Ventosa
Peso máximo	10kg	20kg a 110 psi

De acuerdo con los materiales utilizados se debe calibrar el dispositivo y programar para su correcto accionamiento. Las cargas no deben exceder 0,9 mts de largo y de altura los 0,5mts. Para su aplicación de pintura tiene las siguientes especificaciones ver tabla 2:

**Tabla 2.** Datos técnicos aire comprimido

	Pistola	Compresor
Presión	20 a 30 psi	20 a 50 psi

Se debe utilizar el regulador de presión para ajustar la salida de la presión - psi. Dar giro a la perilla en sentido horario para aumentar la presión y antihorario para disminuirla. El ajuste debe ser gradual y su verificación por medio de un manómetro.

Conectar la pistola al compresor y realizar pruebas de rociado en la superficie. Se debe confirmar que la presión sea suficiente para obtener un patrón de rociado uniformes y sin excesos.

Ajustar finamente la presión para determinar la cobertura de la pintura y la calidad del rociado en la superficie de prueba.

### 3.7 Costos y eficiencia económica:

El análisis de costos y eficiencia económica del proyecto de la célula robótica de dos ejes revela un panorama económico favorable y una inversión justificada. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

#### Costos de Materiales Eléctricos y Mecánicos:

Los materiales eléctricos requeridos para el proyecto, que incluyen componentes como el tablero eléctrico, el riel DIN, la canaleta plástica, el servomotor, cables, PLC y otros elementos, representaron un costo total de \$5.415.000.

Por otro lado, los materiales mecánicos, que abarcan perfiles de diferentes dimensiones, actuadores lineales, tornillos, tuercas y otros componentes mecánicos necesarios, ascendieron a un costo total de \$5.700.000.

#### **Mano de Obra:**

El costo asociado a la mano de obra se estima en \$3.000.000.

Margen de Seguridad: Para garantizar la viabilidad financiera y cubrir posibles imprevistos, se ha añadido un margen del 30% sobre el presupuesto estimado, lo que suma \$3.934.500.

Presupuesto Total con Margen de Seguridad:

**El presupuesto total con el margen de seguridad incluido es de \$17.049.500.**

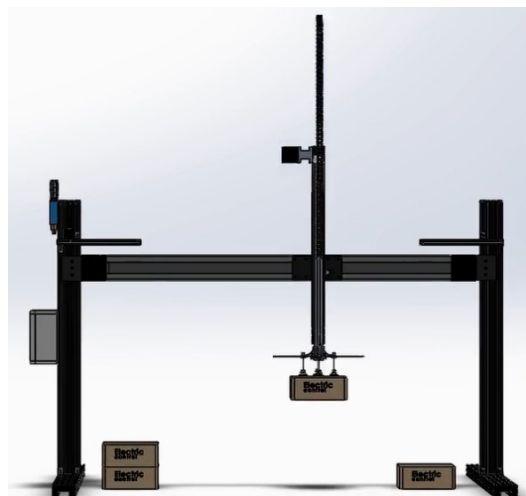
#### **Eficiencia Económica:**

Con base en los resultados obtenidos y el presupuesto total, se puede concluir que el proyecto presenta una eficiencia económica positiva. Los costos estimados están justificados por los beneficios que aporta la célula robótica en términos de aumento de la eficiencia de producción, reducción de errores y desperdicio, y mayor flexibilidad en la adaptación a diferentes procesos. La inversión inicial tiene el potencial de generar un retorno significativo a lo largo del tiempo, lo que la hace económicamente viable y estratégica para la mejora de la producción industrial.

### **3.8 Aplicaciones y casos de uso:**

El análisis de las aplicaciones y casos de uso de la célula robótica de dos ejes ha revelado una amplia gama de posibilidades y ventajas en diversos sectores industriales. A continuación, se detallan las aplicaciones diseñadas:

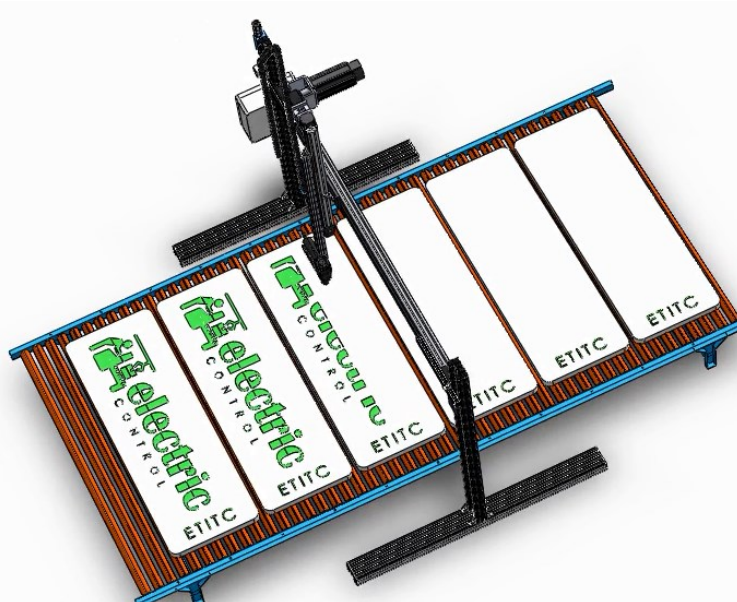
**3.8.1 Automatización de Procesos de Manufactura:** La célula robótica se ha demostrado altamente efectiva en la automatización de procesos de manufactura tanto en materiales metálicos como no metálicos, Ver figura 7. Puede realizar tareas de manipulación, ensamblaje y transporte de manera precisa y eficiente, lo que mejora significativamente la productividad en la fabricación.[7]



**Figura 7.** Diseño aplicación paletizado

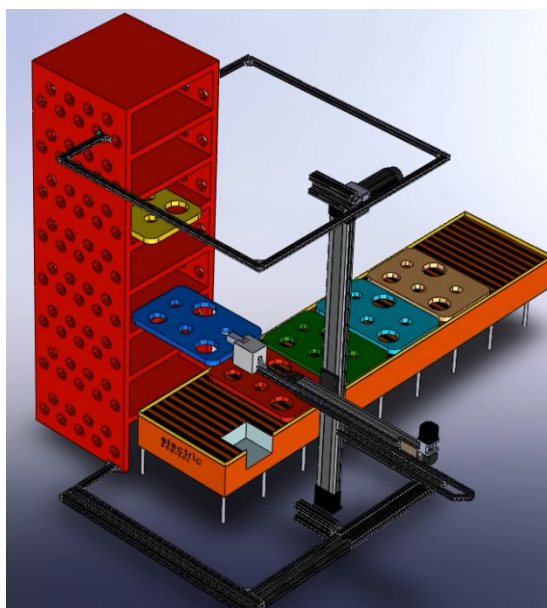


**3.8.2 Pintura y Acabado:** La capacidad de movimientos controlados y la adaptabilidad de la célula robótica la convierten en una herramienta valiosa para aplicaciones de pintura y acabado, Ver figura 8. Puede realizar trabajos de pintura con una alta precisión y uniformidad, garantizando acabados de alta calidad en productos. [8]



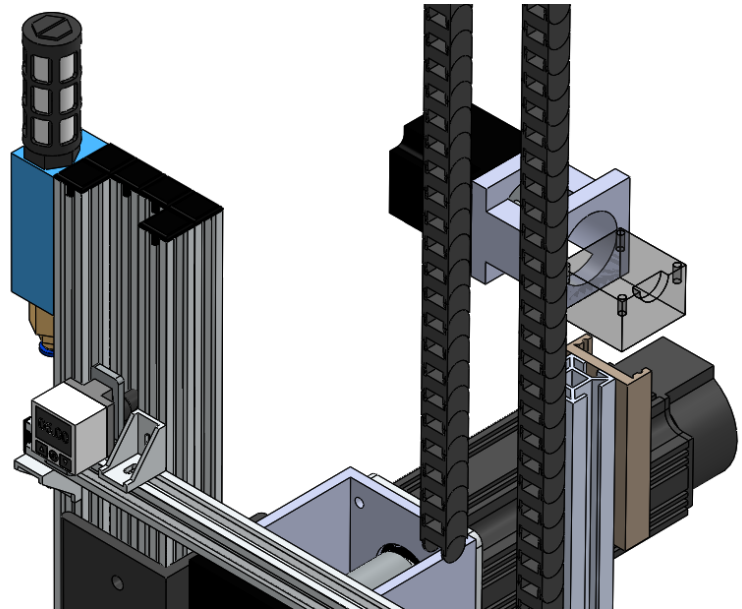
**Figura 8.** Diseño aplicación pintado

**3.8.3 Organización de Piezas:** La célula robótica se ha utilizado con éxito en la organización de piezas en líneas de producción, Ver figura 9. Puede clasificar, agrupar y transportar productos de manera eficiente, lo que contribuye a una logística interna más fluida y ahorros significativos en mano de obra. [9]



**Figura 9.** Diseño aplicación Organizador

**3.8.4 Flexibilidad de Aplicación:** La estructura modular y la capacidad de adaptación de la célula robótica la hacen adecuada para una amplia variedad de aplicaciones, Ver figura 10. Puede ser configurada y reconfigurada para satisfacer las necesidades cambiantes de la industria sin requerir inversiones significativas en nuevos equipos. [10]



**Figura 10.** Estructura modular

**3.9 Lecciones aprendidas y desafíos:** El mantenimiento preventivo se debe hacer periódicamente de 3 a 6 meses y se debe realizar solo por personal capacitado, si se evidencia alguna anomalía de funcionamiento se debe detener el trabajo de la máquina e informar inmediatamente al personal para su respectivo mantenimiento correctivo (verificación, validación y puesta en marcha).

Uno de los grandes desafíos que se presentaron fue en el tema estructural la cuál requirió la implementación de perfilera en aluminio, ya que inicialmente se había tenido en cuenta el diseño de la estructura en tubo cuadrado por un tema de costos. Este material (aluminio) al tener un mayor precio, requirió una mayor búsqueda en la cual se tomó como referencia diferentes proveedores, de los cuales se escogió una empresa de Medellín que nos envió estos materiales.

Otro de estos desafíos fue la obtención del actuador, ya que este componente fue obtenido en calidad de préstamo, no se pudo adquirir debido a su elevado valor. El PLC nos presentó una novedad en una de las salidas, por lo cual requirió cambio. La célula robótica modular al ser multifuncional abarca varios procesos industriales, sin embargo, es de común acuerdo expandir sus capacidades para diferentes procesos como por ejemplo la selección, en este campo se implementa el sentido de la máquina verticalmente, adicionando bandejas y un estante que permita la manipulación de los objetos de forma sencilla; previamente se debe programar su aplicación, calibrar el equipo y tomar mediciones para su correcto funcionamiento. Ver figura 11.

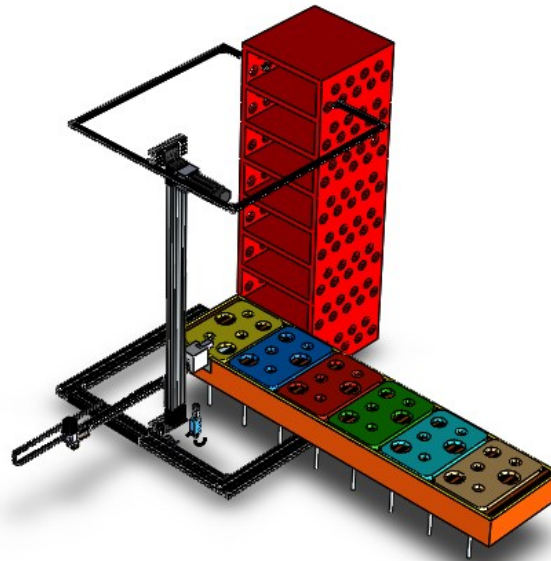


Figura 11. Diseño aplicación paletizado

#### 4. Discusión

Los resultados obtenidos en la implementación de la célula robótica de dos ejes muestran un avance significativo en la automatización de procesos industriales. El diseño modular de la célula, la precisión en los movimientos controlados y la capacidad de adaptación son aspectos que han sido corroborados por investigaciones previas en robótica industrial. La célula robótica demuestra que es posible lograr una mayor eficiencia de producción y una reducción de errores, lo que coincide con los beneficios esperados y respalda la relevancia de esta investigación. La aplicación de servomotores para el control de posición y la implementación de un sistema de ventosas para la manipulación de objetos son enfoques comunes en estudios anteriores sobre automatización industrial. La capacidad de cambiar rápidamente entre tareas y procesos, como se evidencia en los resultados, es una característica deseada en entornos industriales, y este proyecto lo logra con éxito. Las implicaciones de este proyecto son notables en varios aspectos. En términos de eficiencia de producción, se ha demostrado que la célula robótica de dos ejes puede aumentar la velocidad, reducir errores y proporcionar una mayor consistencia en la calidad del producto. Esto tiene un impacto directo en la mejora de la productividad industrial y puede llevar a una reducción de costos a largo plazo. Desde una perspectiva económica, la inversión en la célula robótica se justifica por sus beneficios en términos de eficiencia y calidad. La eficiencia económica positiva respalda la viabilidad financiera del proyecto y sugiere que la adopción de esta tecnología puede generar un retorno significativo de la inversión. En cuanto a la seguridad, se han establecido medidas de prevención de accidentes y protocolos de seguridad que son fundamentales para garantizar la integridad de los operadores y la operación segura de la célula robótica en entornos industriales. Existen oportunidades para investigaciones futuras que pueden ampliar aún más la aplicabilidad y versatilidad de la célula robótica de dos ejes:

- **Optimización de Procesos:** Investigar la optimización de procesos específicos en diferentes industrias utilizando la célula robótica para identificar áreas donde se puedan lograr mejoras adicionales en la eficiencia y la calidad.

- **Integración de Inteligencia Artificial:** Explorar la integración de sistemas de inteligencia artificial para la toma de decisiones autónomas por parte de la célula robótica, lo que podría llevar a una mayor autonomía y adaptabilidad.
- **Aplicaciones en la Industria 4.0:** Investigar cómo la célula robótica puede integrarse de manera efectiva en entornos de la Industria 4.0, aprovechando la conectividad y la recopilación de datos para la toma de decisiones informadas.
- **Sostenibilidad y Ecología:** Investigar cómo la célula robótica puede contribuir a la sostenibilidad y la eficiencia energética en la producción industrial, reduciendo el desperdicio y el consumo de recursos.

## 5. Conclusiones

En conclusión, este artículo presenta los resultados y las implicaciones de un proyecto de diseño y puesta en marcha de una célula robótica de dos ejes. A lo largo de este trabajo, se han logrado avances significativos en la automatización de procesos industriales, destacando los siguientes puntos clave:

**Diseño Versátil y Modular:** La célula robótica desarrollada se caracteriza por su diseño versátil y modular, lo que la hace altamente adaptable a una variedad de aplicaciones industriales. Esta modularidad permite cambios y ampliaciones futuras sin una reestructuración significativa.

**Eficiencia de Producción:** Los resultados muestran un aumento notable en la velocidad de producción, una reducción de errores y desperdicio, y una mayor consistencia en la calidad del producto. Esto contribuye directamente a la mejora de la eficiencia en la producción industrial.

**Viabilidad Económica:** El análisis de costos demuestra que la inversión en esta célula robótica está justificada por los beneficios en términos de eficiencia y calidad. La eficiencia económica positiva respalda su viabilidad financiera.

**Seguridad y Fiabilidad:** Se han implementado medidas de seguridad para garantizar la integridad de los operadores y la operación segura de la célula robótica en entornos industriales.

**Aplicaciones Diversas:** Se han presentado diversas aplicaciones, incluyendo la automatización de procesos de manufactura, pintura y acabado, y organización de piezas. La versatilidad de la célula la hace adecuada para una amplia gama de aplicaciones.

**Potencial de Investigación Futura:** Se han identificado oportunidades para futuras investigaciones, como la optimización de procesos, la integración de inteligencia artificial, aplicaciones en la Industria 4.0, la salud y la sostenibilidad.

Las contribuciones individuales de los autores se distribuyen de la siguiente manera:

[RD]: Este autor asumió un papel fundamental en la programación y puesta en marcha de los servomotores y el PLC (Controlador Lógico Programable). Su experiencia y habilidades fueron cruciales para garantizar el funcionamiento adecuado de los componentes eléctricos y electrónicos del proyecto. Además, contribuyó significativamente en la configuración de los sistemas de control, lo que permitió la operación precisa de la célula robótica. [WA]: La contribución de este autor se centró en la parte mecánica del proyecto. Fue el diseñador principal del grupo y se encargó de desarrollar el diseño estructural de la célula robótica, utilizando herramientas de simulación para asegurar su eficacia y adaptabilidad. Además, estuvo a cargo de la puesta en marcha de la célula, garantizando que los elementos mecánicos funcionaran de manera óptima.

[TC]: Este autor desempeñó un papel de supervisión integral y fue responsable de documentar adecuadamente todo el proyecto. Contribuyó significativamente en la recopilación y organización de los datos, asegurando la integridad de la documentación del proyecto. Además, todos los autores colaboraron en la financiación del proyecto, lo que garantizó los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación.

**Fondos:** Esta investigación no recibió financiamiento externo.

**Agradecimientos:** En esta sección, deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al profesor Yovanni Aldana por su valiosa orientación y apoyo durante todo el proceso de elaboración de este proyecto. Su experiencia y guía fueron fundamentales para el éxito de nuestra investigación. Además, queremos destacar que este proyecto se llevó a cabo utilizando recursos propios, ya que no contamos con apoyo financiero externo. Agradecemos a todos los involucrados que contribuyeron con su esfuerzo y dedicación a la realización de este trabajo.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

1. Viveros, I., Toledo Martínez, S. R., Muñoz Delgado, J., & Zamudio Reyes, R. (2018). Prototipo de Celula Robotica para Manufactura. Proceedings INNODOCT/18. International Conference on Innovation, Documentation and Education.
2. García Mira, M., Belda Llopis, F., Reig Ortells, B., & Juárez Varón, D. (2014). Empleo de robots en sistemas de fabricación flexible. *3C Tecnología*, 3, 283–296.
3. Rafael, J., Camacho, B., Fredy, J., Loaiza, S., & Pulido, J. V. (s/f). Propuesta de un plan de mer  
Propuesta de un plan de mercadeo parcadeo para la empra la empresa Materiales esa  
Materiales Eléctricos Ltda. - MEM Ltda. par Eléctricos Ltda. - MEM Ltda. para la línea de  
actuadora la línea de actuadores lineales es lineales link link. Edu.co. Recuperado el 4 de  
septiembre de 2023, de  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=esp\\_gerencia\\_de\\_mercadeo](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=esp_gerencia_de_mercadeo)
4. Berti, S., Roitman, J., & Verrastro, C. (s/f). CONTROLADOR DE MOTORES PASO A PASO MEDIANTE TÉCNICA DE MICROPASOS POR MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO. Cloudfront.net. Recuperado el 4 de septiembre de 2023, de  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43957025/CONTROLADOR\\_DE\\_MOTORES\\_PASO\\_A\\_PASO\\_MEDIA20160321-20730-145sqe9-libre.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43957025/CONTROLADOR_DE_MOTORES_PASO_A_PASO_MEDIA20160321-20730-145sqe9-libre.pdf).
5. Páez-Logreira, H. D., Zamora-Musa, R., & Bohórquez-Pérez, J. (2015). Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB. *Revista facultad de ingeniería*, 24(39), 109–119.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292015000200010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292015000200010&script=sci_arttext)
6. (S/f). Ipn.mx. Recuperado el 4 de septiembre de 2023, de  
[https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17339/TESIS\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17339/TESIS_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. Bernad Aguilar, F. (2019). Diseño de un robot cartesiano para una aplicación industrial de paletización y desarrollo de pruebas preliminares. Universitat Politècnica de València.
8. Calín, R., & Carlos, J. (2006). Selección de una nueva arquitectura de control y supervisión de una célula robotizada de pintado de carrocerías. Universitat Politècnica de Catalunya.
9. Castro Ortiz, K. R., & Pinzón Martínez, N. A. (2006). Diseño y elaboración de prácticas para el laboratorio de robótica de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Bucaramanga y conceptualización del laboratorio. Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB.
10. Barbecho Barrado, A. (2020). Diseño de una célula robotizada didáctica. Universitat Politècnica de Catalunya.