

José Araneda, Joaquín Escobedo, Benjamín González, Camilo Guzmán, Vicente Pavez
ME5150 2025-1

Introducción

El presente proyecto tuvo como propósito diseñar y construir un manipulador blando operado por presión de aire, capaz de sujetar objetos de formas y dimensiones variadas. El gripper debía montarse en un robot Kuka, cumpliendo restricciones espaciales específicas y validando su rendimiento mediante pruebas de manipulación de diferentes objetos.

Una de las principales restricciones del diseño fue la necesidad de montar el efector en la geometría predefinida del brazo Kuka, lo que obligó a diseñar una pieza capaz de atornillarse al robot sin obstruir ni interferir con el funcionamiento de los dedos.

Además, el proyecto requería el diseño de un molde personalizado para los dedos, para poder fabricarlos con silicona.

Objetivos del proyecto

General:

Desarrollar un manipulador blando neumático que permita la manipulación controlada de objetos diversos mediante un brazo Kuka.

Específicos:

- Diseñar un modelo de manipulador blando basado en referencias actuales de robótica blanda.
- Fabricar los componentes estructurales mediante impresión 3D y moldeo de silicona.
- Integrar el manipulador en el robot Kuka utilizando un sistema de montaje compatible.
- Realizar pruebas experimentales de agarre, traslado y liberación de objetos de distintas formas y tamaños.
- Identificar y documentar las limitaciones y oportunidades de mejora del diseño final.

Propuesta

Concepto:

Gripper neumático basado en dedos con espacios flexibles que, al deformarse por la aplicación de aire comprimido, doblan y flexionan el dedo.

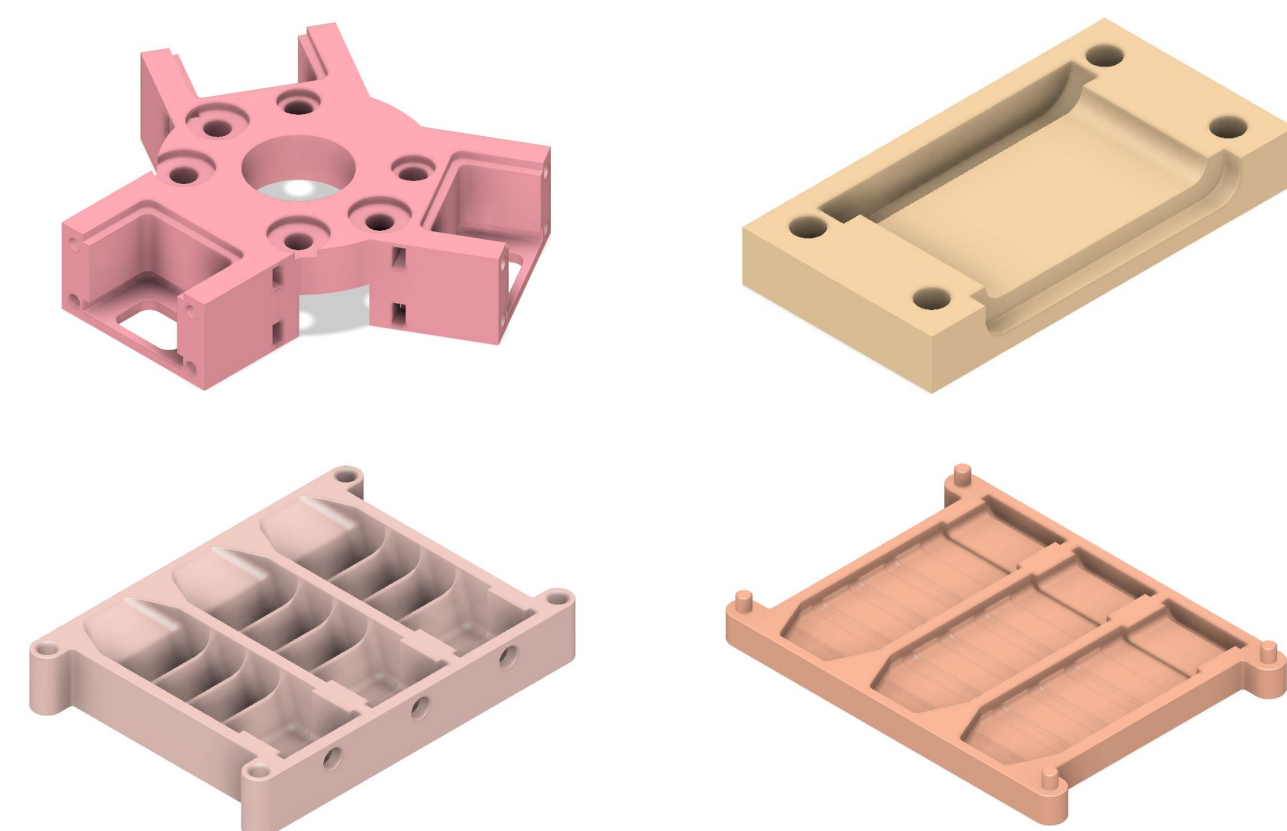
Ensamble:

El desarrollo del manipulador se fundamentó en una estructura neumática de silicona flexible. Inicialmente, se diseñaron y modelaron las piezas (base, dedos, moldes) en CAD. La fabricación se realizó con impresión 3D de los moldes y posterior vertido de silicona para formar los dedos.

El ensamblaje incluyó líneas de inyección de aire independientes, lo que permitió un inflado simétrico. Tras ensamblar el manipulador, se fijó al robot Kuka mediante pernos M3.

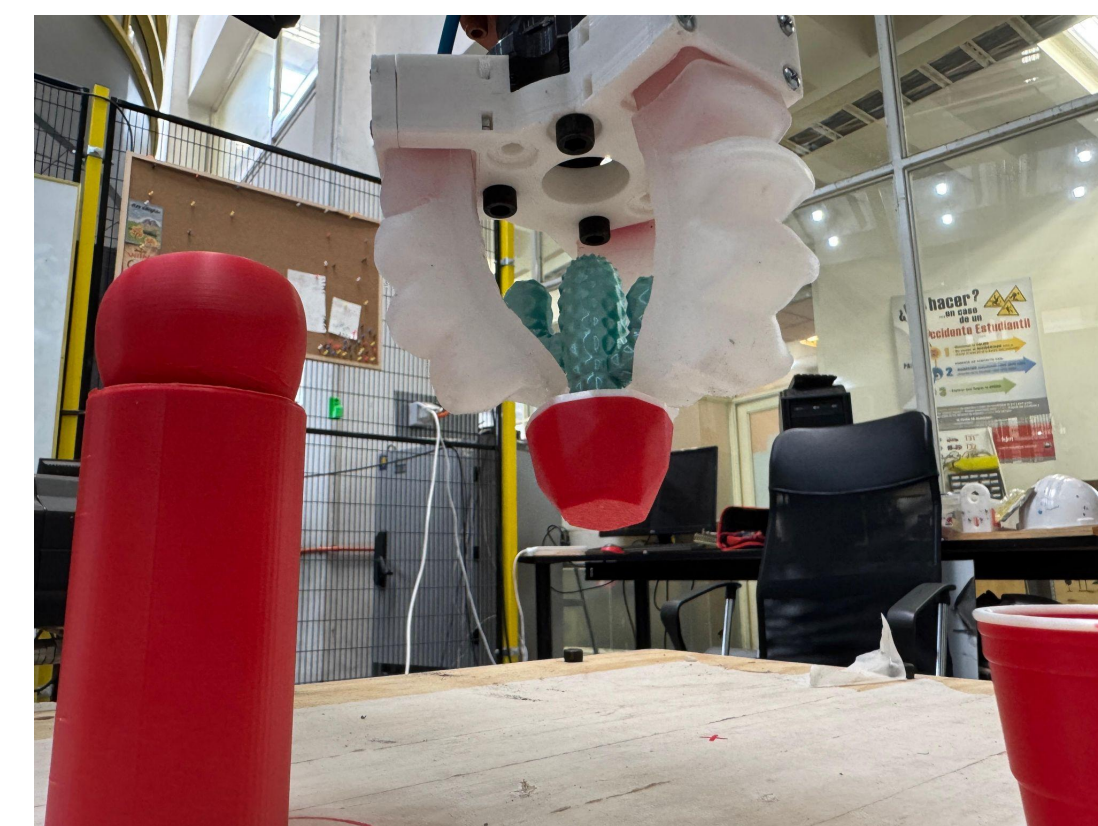
Durante las pruebas, se definieron posiciones iniciales de los objetos y se realizaron maniobras de agarre, traslado y liberación para evaluar su estabilidad y precisión. El diseño se iteró tras detectar fallas de espesor insuficiente en los primeros prototipos.

Diseño CAD:



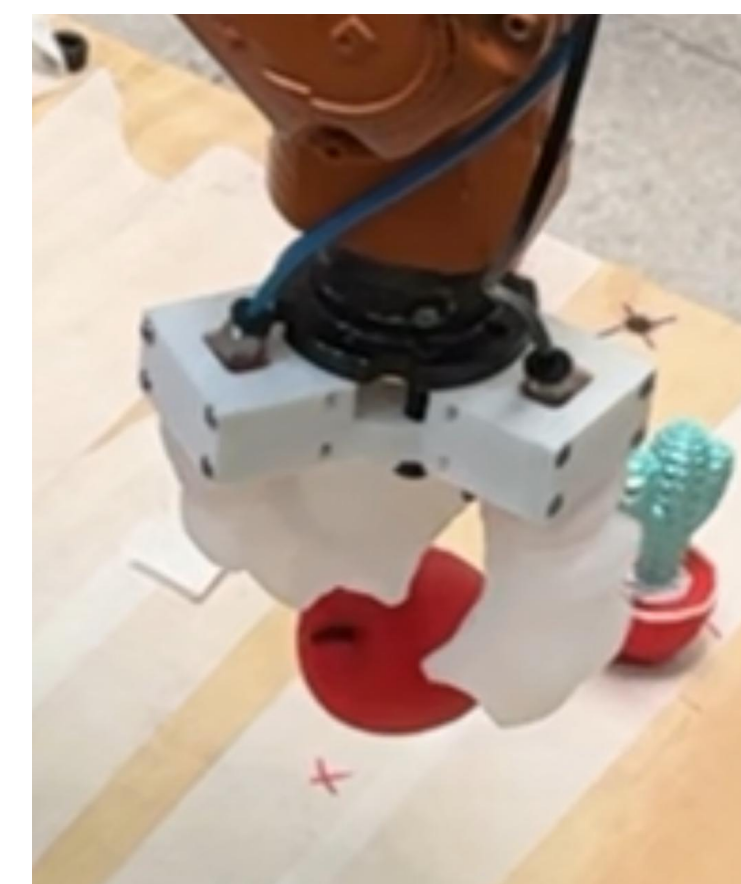
Resultados & Discusión

El manipulador logró adaptarse correctamente a las distintas geometrías de los objetos, demostrando capacidad de agarre estable. Las pruebas incluyeron movimientos de reubicación de un cilindro y superposición de otros elementos, alcanzando con éxito los objetivos propuestos.



Manipulación exitosa de un objeto

Sin embargo, se evidenciaron limitaciones: la aplicación de presión excesiva ocasionó deformaciones no deseadas, como el enrollado del dedo sobre sí mismo. Esto resaltó la importancia de controlar cuidadosamente la presión de inflado durante la operación.

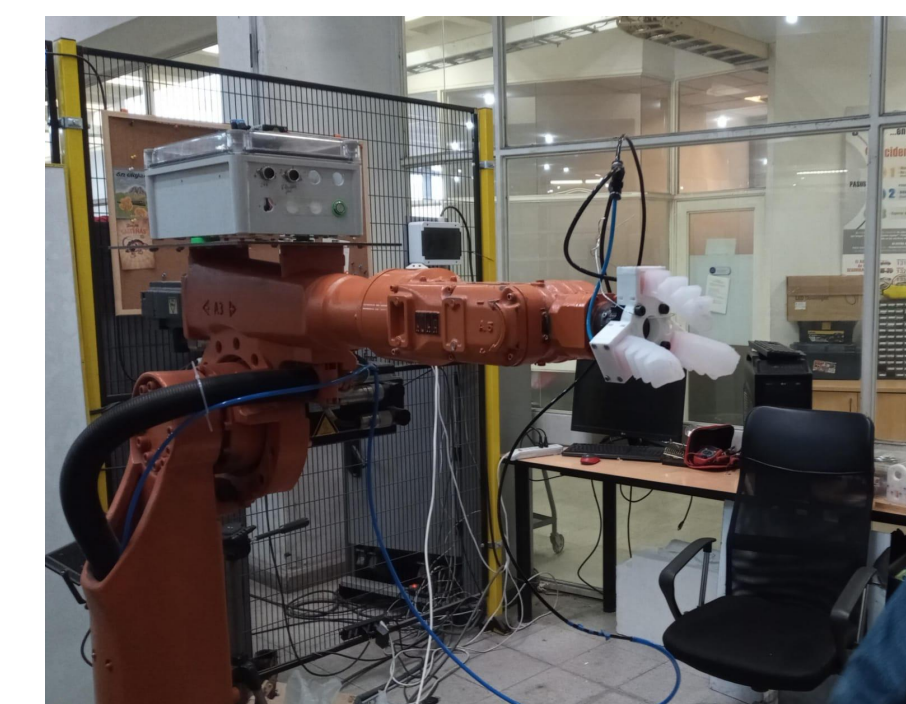


Falla en la operación: Enroscamiento de un dedo

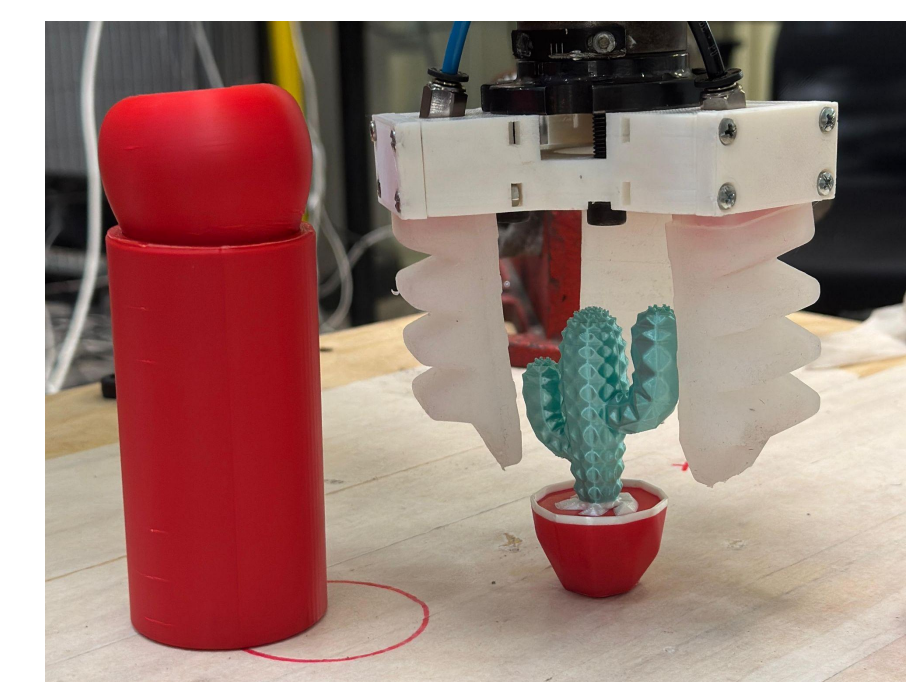
Conclusiones

Se concluye que el manipulador blando diseñado presenta un comportamiento adecuado para la manipulación de objetos de diversas formas, destacando su adaptabilidad y simplicidad constructiva. Los resultados validan la funcionalidad del diseño con ajustes menores en el espesor de los elementos. Las pruebas demostraron la importancia de controlar el inflado y la resistencia mecánica de la silicona utilizada.

El proyecto cumple con los requerimientos de integración en el robot Kuka y sienta bases para mejoras futuras en robustez y precisión.



Manipulador montado



Manipulador y objetos

Referencias

Lei, J., Ge, Z., Fan, P., Zou, W., Jiang, T., y Dong, L., *Design and manufacture of a flexible pneumatic soft gripper*, 2022. <https://doi.org/10.3390/app12136306>

Fathollahi, S. y Qaddoori, S., *Design and fabrication of a pneumatic soft robot gripper using hyper-flexible silicone*, 2023. <https://doi.org/10.1109/ICRoM60803.2023.10412446>