

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto:

Diseño y construcción de un robot Delta de 3 grados de libertad, con un volumen de trabajo de 30 cm x 30 cm x 10 cm

Modalidad: Proyecto tecnológico

Versión: Primera

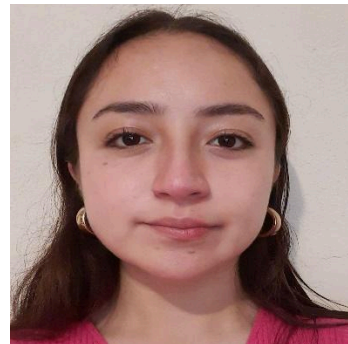
Trimestre Lectivo: 24I

Datos de los alumnos:

Nombre: Albarrán Maldonado Alma Luz 2193040703

Correo electrónico: al2193040703@azc.uam.mx

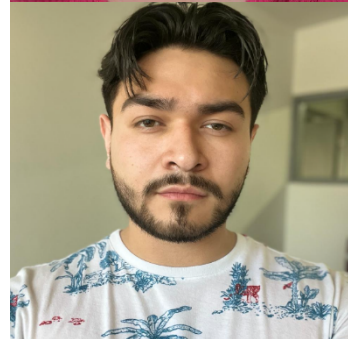
Firma.



Nombre: Vázquez Aymerich Jorge Iván 2183040586

Correo electrónico: al2183040586@azc.uam.mx

Firma.



Datos del (los) asesor(es) y del co-asesor o jefe directo.

Dr. Iván Vázquez Álvarez

Categoría: Asociado

Departamento de adscripción: Departamento de Electrónica.

Teléfono: 53189000 ext 2301

Correo electrónico: iva@azc.uam.mx

Firma.

Dr. Israel Barragán Santiago

Categoría: Asociado

Departamento de adscripción: Departamento de Energía

Teléfono: 5553189068

Correo electrónico: isbasa@azc.uam.mx

Firma.

Fecha: 08/Abril/2024

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

---

Albarrán Maldonado Alma Luz

---

Vázquez Aymerich Jorge Iván

---

Dr. Iván Vázquez Álvarez

---

Dr. Israel Barragán Santiago

# 1. Introducción.

La influencia de la robótica en el sector de la fabricación y la automatización ha representado una revolución. Mediante la robótica se ha conseguido que las producciones tengan un mayor rendimiento en cuanto a cantidades y velocidades, con mejor calidad, además de sustituir trabajadores en tareas peligrosas o repetitivas, reduciendo el riesgo de accidentes.

En este contexto, la automatización ha demostrado ser una solución eficaz y rentable para simplificar tareas. El crecimiento significativo de robots, máquinas e inteligencia artificial es fundamental para el desarrollo y evolución de la sociedad [1].

El robot Delta es un tipo de robot industrial caracterizado por su diseño paralelo. Consta de tres brazos conectados a juntas universales en la base, y una de sus características distintivas es la integración de paralelogramos en los brazos, lo que permite mantener la orientación del efector final. Gracias a su diseño innovador y la relación entre carga admisible y peso propio, estos robots pueden realizar movimientos rápidos y precisos en tareas específicas ver figura 1 [2].

El proyecto propuesto aquí consiste en diseñar y construir un robot Delta como forma de integrar y aplicar conocimientos adquiridos de la carrera de ingeniería mecánica, área de concentración mecatrónica [3]. Se busca que el robot sirva como plataforma educativa para enseñar conceptos de mecanismos y mecatrónica y sea parte de los trabajos que en este contexto se han hecho en el Área de Investigación de Mecánica y Mecatrónica [4] [5].

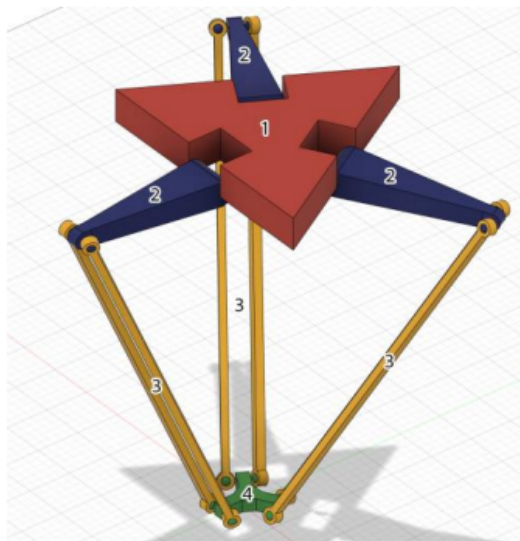


Figura 1. Robot delta [4].

## 2. Antecedentes.

En 2021, Víctor Orihuel Arribas desarrolló un robot Delta para cultivo. En su proyecto, llevó a cabo un análisis cinemático inverso y directo para el control de las posiciones. Utilizando el modelo creado, diseñó la parte mecánica del robot. Para el control, empleó una placa de desarrollo Arduino UNO. Con esta configuración, logró controlar los desplazamientos y la cinemática del robot. Además, creó una interfaz de usuario utilizando App Designer de Matlab para validar los movimientos del robot [6]. De este proyecto se podrá tomar como referencia la aplicación diseñada en App Designer de Matlab.

En 2020, Mohammad Morad Sheikhi, Mehdi Tale Masouleh y Amir Hashemi Dastjerdi llevaron a cabo un análisis para la síntesis dimensional de un robot Delta con 3 grados de libertad. En su estudio, consideraron un área de trabajo predefinida y calcularon el área óptima utilizando el análisis cinemático inverso. Como resultado, identificaron el espacio óptimo de trabajo para un robot delta y concluyeron que, con ello, es posible reducir el tamaño del robot en un 51.7% en comparación con los robots delta actuales [7]. Este proyecto se utilizará como referencia para el cálculo de las dimensiones del robot Delta.

En 2020, Faraz Abed Azad, Saeed Ansari Rad, Mohammad Reza Hairi Yazdi, Mehdi Tale Masouleh y Ahmad Kalhor presentaron el modelo dinámico y cinemático de un robot paralelo con 3 grados de libertad. En su artículo, llevaron a cabo un análisis que incluyó la posición, velocidad y aceleración del robot. Utilizando software especializado, escribieron una ecuación de cierre de bucle para cada uno de los brazos en el sistema de coordenadas correspondiente. Esto les permitió establecer las ecuaciones cinemáticas del robot. Posteriormente, realizaron un análisis dinámico para determinar el torque requerido en cada brazo del sistema [8]. Este proyecto se utilizará como referencia para el análisis cinemático del robot.

En 2024, Abu-Alim Ayazbay, Gani Balabyev, Sandugash Orazaliyeva, Konrad Gromaszek y Algazy Zhauyt llevaron a cabo la implementación, planificación de trayectorias y cinemática de un robot Delta impreso en 3D. En este proyecto, utilizaron 3 servomotores, una placa de desarrollo Arduino y un módulo PWM para el control de los servomotores. Además, desarrollaron un software de planificación de trayectorias y un solucionador de cinemática inversa y directa [9]. Este proyecto servirá como referencia para el desarrollo del control de posiciones del robot, así como el acoplamiento del módulo PWM.

### 3. Justificación.

En el Área de Investigación de Mecánica y Mecatrónica de la UAM-A se han realizado, y actualmente se llevan a cabo, proyectos relacionados con habilitación de robots manipuladores, con el objetivo de dotar al área con estos equipos para fines de investigación y docencia pues los estudiantes pueden adquirir experiencia práctica y complementar su formación académica [4] [5].

Actualmente no se cuenta con un robot Delta en esta área de investigación y por ello se propone el diseño y construcción de este tipo de robot manipulador. Esto permitiría usarlo posteriormente en algunas UEAS como Temas Selectos de Ingeniería Mecánica o en trabajos de investigación relacionados con el control de trayectorias y la cinemática de robots.

### 4. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar y construir un prototipo de robot Delta de 3 grados de libertad, con un volumen de trabajo de 30 cm x 30 cm x 10 cm, con capacidad de carga de al menos 100 g.

Objetivos particulares.

Diseñar el modelo cinemático del robot.

Diseñar y maquinar los componentes estructurales y mecánicos.

Diseñar el programa en Arduino para el control del desplazamiento del dispositivo.

Ensamblar el sistema.

Realizar pruebas de funcionamiento.

## 5. Descripción técnica.

El proyecto consiste en el diseño y construcción de un robot Delta de 3 grados de libertad (GDL) para uso educativo en la Universidad Autónoma Metropolitana, con las siguientes especificaciones técnicas:

Volumen de trabajo de 30 cm x 30 cm x 10 cm.

Capacidad de carga mínima del efector final de 100 g.

Los objetos a manipular serán de forma prismática, con dimensiones aproximadas de 10 cm x 5 cm x 2 cm.

Control mediante placa de desarrollo ESP32 y servomotores.

Control de servomotores por modulación de ancho de pulsos (PWM).

Interfaz de usuario en App Designer de Matlab, que permitirá el control del movimiento del robot.

Las figuras 2 y 3, representan el área óptima de trabajo [6].

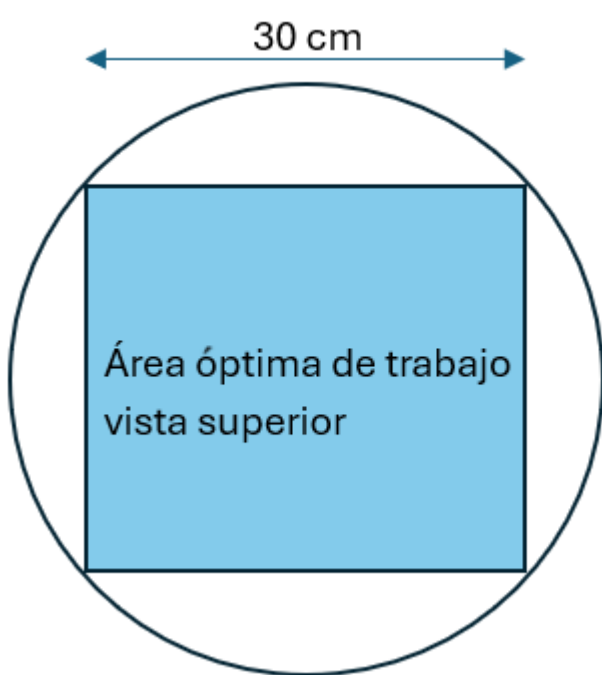


Figura 2. Vista superior del área óptima de trabajo

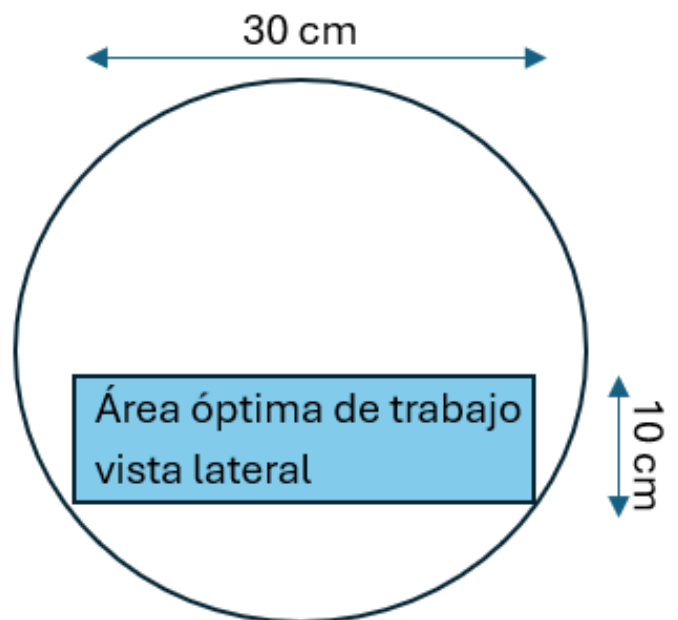


Figura 3. Vista lateral del área óptima de trabajo

Se aplicarán modelos cinemáticos para obtener las posiciones específicas deseadas en el espacio determinado. Se utilizará Matlab para graficar estos resultados, como se muestra en la figura 4.

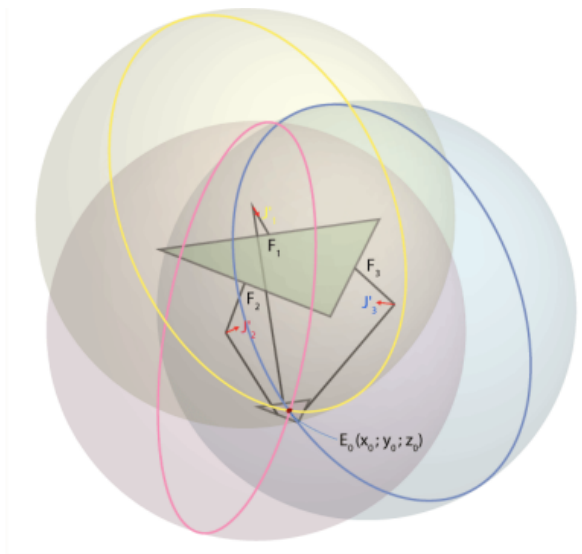


Figura 4. Cinemática resuelta de robot Delta [4]

Contará con dimensiones óptimas de eslabones, estarán determinadas mediante el modelo cinemático y con ello se logrará una adaptación y calibración para su espacio.

Diseño de las piezas en 3D y el ensamble en el software Autodesk Inventor Educativo. Algunas de las piezas mecánicas serán maquinadas en los talleres de la universidad utilizando los diseños 3D previamente obtenidos.

A partir de los resultados de los modelos cinemáticos y el ensamble, se tendrá un programa de control mediante una placa ESP32 programada en Arduino. Los servomotores accionarán los brazos, que serán controlados por modulación de ancho de pulsos (PWM) esto con el fin de cumplir con las trayectorias propuestas.

## 6. Normatividad.

**NMX-J-741-ANCE-2018** "Robots manipuladores industriales caracterización del diseño". Establece la manera en la que se presentan las características de diseño para el uso de los robots manipuladores industriales, bajo esta norma se basará el diseño del robot delta que se plantea en este proyecto [10].

**NMX-J778-ANCE-2019** "Robots móviles vocabulario". Describe la movilidad, la locomoción y otros temas relacionados al desplazamiento de los robots móviles, lo que permitirá tener un movimiento dentro de lo permitido haciendo uso de esta norma [11].

**ISO 8373:2012** "Robots y dispositivos robóticos- vocabulario". Establece los términos usados para robots industriales y cobots (robots colaborativos) también aporta conceptos básicos los cuales serán de gran ayuda para los tecnicismos de este proyecto terminal [12].

**ISO 8373:2021** "Robots y dispositivos robóticos- vocabulario". Establece algoritmos de percepción, razonamiento y planificación, los cuales serán de apoyo en este proyecto al realizar el marcado de trayectorias y movilidad [13].



## 7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

- Proyecto Integración de Ingeniería Mecánica I.

	Actividades del trimestre 24-P	Semana												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Diseñar el modelo cinemático del mecanismo	■	■											
2	Simular el movimiento del robot Delta		■											
3	Diseñar en 3D los componentes mecánicos del robot			■										
4	Cotizar materiales				■									
5	Comprar componentes y materiales				■	■								
6	Maquinar los componentes mecánicos que no se puedan comprar.						■	■						
7	Ensamblar componentes mecánicos								■	■				
8	Diseñar el programa en Arduino para control de posiciones									■	■			
9	Construir el robot											■		
10	Elaborar y entregar el Reporte final del Proyecto de integración												■	

Figura 5. Cronograma de actividades

## 8. Entregables.

- Reporte final del Proyecto de integración.
- Robot Delta operativo.
- Programa de control de posiciones.
- Dibujos de detalle de las piezas.

## 9. Referencias bibliográficas.

- [1] Heer C. Bieler S.,2023, "World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas", [World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas - International Federation of Robotics \(ifr.org\)](https://www.ifr.org/en/robotics-report/2023-world-robotics-report)
- [2] Chuquilin A, Fabricio D, Figueroa Deza, 2023,<https://www.docsity.com/es/desarrollo-de-un-robot-delta-como-plataforma-educativa-para-el-laboratorio-de-mecatronica/10603147/>, Desarrollo de un Robot Delta como Plataforma Educativa Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad Privada del Norte
- [3] 2024, "Robótica Dominar la mecánica habilidades laborales técnicas en robótica", <https://fastercapital.com/es/contenido/Robotica--Dominar-la-mecanica--habilidades-laborales-tecnicas-en-robotica.html#:~:text=Sin%20ingenier%C3%ADa%20mec%C3%A1nica%2C%20os%20robots,sistemas%20que%20constituyen%20un%20robot.>
- [4] Alamilla L., Balderas E.,2023,"Adecuación mecánica y puesta en operación de un brazo robot de configuración cilíndrica", Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco.
- [5] Carlos D., Moreno J., 2024, "Diseño y manufactura del efector final de un brazo robótico", Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco.
- [6] Víctor Orihuel Arribas, 2021, "Robot Delta para el cultivo en hileras", tesis de licenciatura, escuela técnica superior de ingenieros industriales. Universidad Politécnica de Valencia.
- [7] Mohammad Morad Sheikhi, Mehdi Tale Masouleh y Amir Hashemi Dastjerdi, 2020, "A complete analytical solution for the dimensional synthesis of 3-DOF Delta parallel robot for a prescribed workspace". Mechanism and Machine Theory, vol. 153.
- [8] Faraz Abed Azad, Saeed Ansari Rad, Mohammad Reza Hairi Yazdi, Mehdi Tale Masouleh y Ahmad Kalhor, 2020, "Dynamics analysis, offline–online tuning and identification of base inertia parameters for the 3-DOF Delta parallel robot under insufficient excitations", Mecánica, 2022, pp. 473-485.
- [9] Abu-Alim Ayazbay, Gani Balabyev, Sandugash Orazaliyeva, Konrad Gromaszek, y Algazy Zhauyt, 2024, "Trajectory Planning, Kinematics, and Experimental Validation of a 3D-Printed Delta Robot Manipulator",International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol. 13, No. 1, 2024
- [10] Declaratoria de vigencia de la norma Mexicana NMX-J-741-ANCE-2018, 2018, Diario de la federacion Río Amazonas No. 62, Col. Cuauhtémoc, C.P. 06500, Ciudad de México, [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5533873&fecha=03/08/2018#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5533873&fecha=03/08/2018#gsc.tab=0).
- [11] Declaratoria de vigencia de la norma Mexicana NMX-J778-ANCE-2019, 2020, Diario de la federacion Río Amazonas No. 62, Col. Cuauhtémoc, C.P. 06500, Ciudad de México, [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5585331&fecha=31/01/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585331&fecha=31/01/2020#gsc.tab=0).

- [12] ISO, 2012, INTERNACIONALI NORME INTERNATIONALE, 2012, segunda y decima edición, [https://webstore.ansi.org/preview-pages/ISO/preview\\_ISO+8373-2012.pdf](https://webstore.ansi.org/preview-pages/ISO/preview_ISO+8373-2012.pdf),.
- [13] ISO 8373:2021 ROBOTICS VOCABULARIO, 2021. Tercera edición, pags 22 <https://www.iso.org/standard/75539.html>.

## 10. Terminología.

No es necesaria.

## 11. Infraestructura.

Taller de mecánica.

## 12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

## 13. Publicación o difusión de los resultados.

No se tiene la intención de publicar.

Comentario del ceim		Acción realizada en la ppi	
Expo.	¿Qué va a hacer el diseño del robot, que función, va a atornillar, qué va a hacer?	Expo.	Va a tomar un objeto prismático de aproximadamente 100 gramos y lo va a mover en un área determinada de 30 cm x 30 cm x 10 cm. Estos robots se utilizan en automatización, para empaquetar o mover dispositivos, lo construiremos como una herramienta didáctica para controlar las posiciones y la carga.

Expo.	¿Quién va a asumir los gastos?	Expo.	Nosotros asumimos los gastos
Expo.	¿A qué se refieren con un robot delta, hay alpha, beta? ¿Cuál es la diferencia?	Expo.	Son diferentes tipos de robots y de toda la gama, este se caracteriza por tener una cinemática cerrada, no como robots cartesianos, scara o el esférico, aparte de que cada uno tiene un mecanismo diferente y con un uso característico.
Expo.	¿Hasta dónde queda la parte de control del robot? ¿Están familiarizados con eso?	Expo.	Vamos a controlar las posiciones y trayectorias, y se dejará el código abierto para poder modificarlo. Utilizaremos arduino debido a que tiene un lenguaje sencillo de utilizar y cuenta con varias librerías que nos pueden ayudar, también nos apoyaremos de Matlab donde se puede hacer una simulación de las trayectorias.
Portada	“un”	Portada	Se agregó la palabra “un” al nombre del proyecto.
Página 2	No se describen todos estos parámetros en la descripción técnica.	Página 2	Se eliminó el párrafo debido a que no estaban justificados en la descripción técnica.
Página 4	del desplazamiento	Página 4	Se cambió la palabra posiciones por la sugerida.
Página 5	no se entiende esta frase como descripción técnica, parece metodología	Página 5	Se eliminó la frase del documento.
Página 5	del movimiento	Página 5	Se sustituyó la palabra por la sugerencia.
Página 6	esto parece que son actividades, irían en el cronograma	Página 6	Se sustituyó el párrafo con otros que son más adecuados para una descripción técnica.
Página 8	es innecesario, por Lineamiento la vigencia es de dos trimestres	Página 8	Se eliminó el párrafo.
Página 8	falta numeración	Página 8	Se corrigió la numeración en el

			cronograma.
Página 8	mayúscula	Página 8	Se cambió la palabra ahora con mayúscula.
Página 8	esta incompleta la actividad	Página 8	Se añadió la entrega del reporte final para completar la actividad.
Página 9	Dibujos de detalle	Página 9	Se cambió la frase Planos de diseño por Dibujos de detalle.
Página 9	No se usa en el texto	Página 9	Se corrigió la numeración de las referencias.