

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Programa de Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad Ambiental

Energética y Alimentaria I



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

**4D08A Programa de Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad
Ambiental Energética y Alimentaria I**

RoboMesha etapa primavera 2025

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Lic. Ingeniería Mecatrónica. Luis Eduardo Díaz Macías

Lic. Ingeniería Mecatrónica. Ocxel Alejandro Galván Rendón

Lic. Ingeniería Mecatrónica. Jesús Alejandro Ocegueda Melin

Profesor PAP: Jorge Alberto Lizarraga Rodriguez

Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2025

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	3
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	3
Resumen	5
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	5
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	6
1.2 Caracterización de la organización.....	7
1.3 Identificación de la(s) problemática(s).....	8
1.4. Planeación de alternativa(s).....	9
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	11
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	13
1.7. Bibliografía y otros recursos	14
1.8. Anexos generales.....	15
2. Productos	16
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	17
3.1 Sensibilización ante las realidades	18
3.2 Aprendizajes logrados	18

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.

En caso de requerirse alguna adecuación al nombre de las fases propuestas para este componente, se puede realizar siempre y cuando sea complementario a lo ya establecido.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El presente Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) titulado "Programa de Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad Ambiental Energética y Alimentaria I" tiene como propósito general diseñar y validar un sistema de control eficiente que permita al robot RoboMesha desplazarse con precisión y estabilidad en entornos urbanos controlados. Este trabajo da continuidad a un PAP anterior en el que se desarrolló la estructura física del robot y el sistema de adquisición de datos. En esta nueva etapa, se enfoca en la mejora del sistema de navegación mediante el cambio de un control basado en posición a uno basado en velocidad.

Durante el periodo escolar, los objetivos fueron: modelar la cinemática del robot, implementar controladores PID en MATLAB/Simulink, validar la estrategia mediante simulaciones, y finalmente probarla físicamente con hardware embebido (Raspberry Pi, Arduino) y sincronización de datos en la nube mediante Firebase.

La metodología siguió un enfoque experimental iterativo que combinó modelado matemático, simulación computacional y validación empírica. Los resultados más relevantes incluyen la correcta implementación del modelo cinemático inverso y el comportamiento estable del control PID bajo distintos perfiles de velocidad.

Este proyecto busca aportar al desarrollo de soluciones móviles inteligentes que puedan integrarse en sistemas de monitoreo urbano, con potencial aplicación en logística, seguridad o monitoreo ambiental.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construyen sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

1.1 Entendimiento del Ámbito y del Contexto

Aproximación teórica y metodológica

El Proyecto de Aplicación Profesional "RoboMesha" parte del análisis de una necesidad recurrente en entornos educativos y de divulgación tecnológica: **la limitada interacción directa que los estudiantes tienen con sistemas robóticos reales** en eventos, talleres o ferias técnicas. A pesar del creciente interés por el aprendizaje STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), muchos espacios siguen careciendo de herramientas que permitan a los jóvenes experimentar, manipular y aprender mediante la práctica activa.

Desde una perspectiva metodológica, este proyecto se enmarca en el enfoque de **aprendizaje experiencial**, sustentado en teorías pedagógicas de corte constructivista (Piaget, Papert, Resnick), que resaltan la importancia del "aprender haciendo" como vía para desarrollar habilidades cognitivas, técnicas y sociales. Estas teorías han demostrado que el uso de plataformas físicas programables como robots educativos **potencia el pensamiento lógico, la solución de problemas, la creatividad y la colaboración interdisciplinaria**.

En términos técnicos, el diseño de sistemas móviles omnidireccionales con arquitectura de control jerárquico representa un campo de desarrollo activo dentro de la ingeniería mecatrónica. Tal arquitectura permite desacoplar la planificación de movimiento del control físico del hardware, ofreciendo mayor estabilidad, modularidad y adaptabilidad del sistema. Esta solución responde a la problemática con una base tecnológica sólida y replicable.

Antecedentes históricos de la comunidad y del proyecto

El proyecto surge en el **ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara**, una institución reconocida por su compromiso con el desarrollo humano integral, la justicia social y la vinculación con el entorno. Dentro de este marco, el PAP se convierte en un espacio formativo donde los estudiantes enfrentan problemáticas reales que requieren aplicación práctica de sus conocimientos profesionales.

El PAP RoboMesha se desarrolla en colaboración con la **IEEE Sección Guadalajara**, una organización con presencia internacional que tiene como misión promover la ingeniería, la innovación tecnológica y la formación de nuevas generaciones de profesionales. IEEE Guadalajara organiza regularmente eventos académicos y tecnológicos, y ha detectado la necesidad de una herramienta educativa que sea **interactiva, flexible y capaz de adaptarse a distintos escenarios formativos**.

RoboMesha nace precisamente para dar respuesta a esta necesidad, integrando un sistema robótico con interfaz gráfica que puede ser operado por los estudiantes en tiempo real, permitiéndoles participar activamente en el aprendizaje y la demostración de conceptos clave en robótica y automatización. Este proyecto no solo busca resolver una carencia operativa en eventos tecnológicos, sino también **democratizar el acceso a experiencias formativas avanzadas**, reduciendo la brecha entre el aprendizaje teórico y la aplicación práctica.

En resumen, RoboMesha representa un punto de convergencia entre educación, innovación tecnológica y vinculación con el entorno, y su desarrollo se fundamenta tanto en marcos teóricos sólidos como en necesidades reales validadas con los actores involucrados.

1.2 Caracterización de la Organización o Comunidad

El Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) **RoboMesha** se desarrolla dentro del **ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara**, como parte del programa curricular que busca que los estudiantes apliquen sus conocimientos técnicos en la resolución de problemáticas reales y significativas. El proyecto responde a una necesidad observada en eventos organizados por la **IEEE Sección Guadalajara**, que sirvieron como referencia para definir los requerimientos funcionales de una herramienta educativa interactiva y portátil.

Escenario y funcionamiento del PAP

RoboMesha se concibe como una solución tecnológica orientada a enriquecer el aprendizaje de la robótica en espacios de educación y divulgación científica. El proyecto opera en un entorno académico y multidisciplinario conformado por tres áreas principales:

- **Área de Control:** responsable del diseño del modelo cinemático, desarrollo del sistema de control jerárquico basado en velocidades, implementación de controladores PID y validación por simulación y pruebas físicas.
- **Área de Electrónica:** encargada del diseño de circuitos, selección y calibración de sensores, integración de los módulos de comunicación, y gestión del sistema de alimentación y actuadores.
- **Área de Interfaz:** desarrollo de la interfaz gráfica de usuario (GUI), integración con Firebase para control remoto en tiempo real, diseño centrado en el usuario y elaboración de materiales de divulgación y manuales de uso.

Estas áreas se coordinan para lograr una solución integrada, funcional y coherente con los objetivos del PAP.

Propósito y razón de ser

RoboMesha tiene como propósito diseñar y construir una **mesa robótica móvil omnidireccional**, capaz de ser programada y controlada por estudiantes en talleres, ferias o competencias. La idea surge a partir de la necesidad observada en los eventos de IEEE Guadalajara de contar con herramientas interactivas que permitan experimentar con robótica en tiempo real y de forma accesible.

Este desarrollo busca fomentar el aprendizaje activo, el trabajo colaborativo y la apropiación crítica de la tecnología, contribuyendo al objetivo formativo del ITESO de crear profesionales con conciencia social y habilidades técnicas aplicables.

Acciones desarrolladas

- Diseño e implementación del sistema de control jerárquico (modelo cinemático, PID).
- Simulación del comportamiento del robot en MATLAB/Simulink.
- Desarrollo de una interfaz gráfica web con conexión en tiempo real mediante Firebase.
- Integración del sistema físico en una base robótica JetAuto.
- Pruebas funcionales en escenarios reales y ajustes del sistema.
- Producción de materiales de soporte técnico y divulgación visual.

Participantes y roles

- **Estudiantes del PAP:** organizados por áreas técnicas (control, electrónica e interfaz), desarrollaron el diseño, la implementación y las pruebas del sistema.
- **Profesores asesores del ITESO:** brindaron acompañamiento metodológico, técnico y académico a cada equipo.
- **IEEE Sección Guadalajara:** aunque no participa directamente en el desarrollo, **sus eventos y dinámicas** fueron considerados como **escenarios de referencia y validación** de la propuesta.

Otros elementos que definen la comunidad del proyecto

- **Vinculación académica con impacto social:** el proyecto no solo es técnicamente relevante, sino que contribuye a democratizar el acceso a tecnologías educativas.
- **Enfoque de aprendizaje experiencial:** los estudiantes son protagonistas en la resolución de problemas reales, lo cual fortalece sus competencias profesionales y humanas.
- **Código abierto y documentación compartida:** los avances del proyecto están disponibles en repositorios públicos, fomentando la transparencia y la replicabilidad.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

El proyecto **RoboMesha** surge como una propuesta innovadora en respuesta a una serie de problemáticas observadas por el equipo del PAP durante el análisis del contexto educativo-tecnológico en el que se desenvuelven actividades como ferias, talleres y competencias de robótica, particularmente aquellas promovidas por la **IEEE Sección Guadalajara**.

A diferencia de otros proyectos, **RoboMesha no parte de un PAP anterior**, sino que representa el **primer antecedente formal** en la construcción de una solución concreta para enriquecer la experiencia educativa en eventos tecnológicos mediante una herramienta robótica móvil e interactiva.

Problemáticas identificadas

1. **Falta de herramientas tecnológicas interactivas en eventos educativos**
En muchos espacios de formación y divulgación tecnológica, los estudiantes tienen una participación limitada al rol de espectadores. La falta de plataformas accesibles, móviles y programables dificulta que puedan interactuar directamente con sistemas robóticos en tiempo real, lo que reduce el impacto pedagógico de estos eventos.
2. **Desconexión entre teoría y práctica en el aprendizaje de robótica**
La enseñanza de robótica en contextos educativos suele centrarse en simulaciones o tareas restringidas a ambientes de laboratorio. Existe una necesidad de herramientas que permitan a los estudiantes aplicar sus conocimientos en escenarios reales, dinámicos y colaborativos, fortaleciendo el aprendizaje significativo.
3. **Ausencia de una plataforma educativa adaptable y replicable**
Los proyectos de robótica para educación muchas veces son costosos, difíciles de adaptar o dependen de tecnologías propietarias. No se cuenta con un sistema que pueda ser fácilmente replicado, documentado y compartido entre instituciones educativas, lo cual limita su impacto social y académico.

4. Necesidad de integración entre software, hardware e interfaz de usuario

En los eventos de IEEE se ha detectado que, aunque existen esfuerzos por mostrar proyectos tecnológicos, pocas veces se cuenta con sistemas donde la interfaz, la electrónica y el control trabajen de manera coordinada, accesible y comprensible para los estudiantes.

Diagnóstico y validación

Estas problemáticas fueron diagnosticadas por el equipo del PAP a través de:

- Observación de eventos anteriores organizados por IEEE Guadalajara.
- Análisis de experiencias de profesores y estudiantes involucrados en talleres de robótica.
- Revisión de prácticas y materiales utilizados en actividades de divulgación tecnológica.
- Conversaciones exploratorias con personas involucradas en la organización de eventos educativos.

Este diagnóstico permitió definir una línea de acción clara: desarrollar una **mesa robótica móvil e interactiva**, programable por estudiantes, que funcione como una herramienta educativa portátil y adaptable, respondiendo a estas problemáticas desde un enfoque práctico, interdisciplinario y replicable.

1.4 Planeación de Alternativa(s)

Alternativa propuesta y su justificación

A partir del diagnóstico realizado por el equipo PAP, se identificó la necesidad de contar con una herramienta educativa tecnológica que facilitara la interacción directa de los estudiantes con sistemas robóticos reales en eventos como ferias, talleres y competencias. En estos espacios, frecuentemente organizados por IEEE Guadalajara, se observó una falta de plataformas accesibles, móviles y programables que permitieran un aprendizaje activo.

Como alternativa para atender esta problemática, se propuso el desarrollo de **RoboMesha**, una **mesa robótica móvil, omnidireccional, programable en tiempo real y con una interfaz intuitiva**, diseñada desde cero por estudiantes del ITESO como una solución modular, replicable y de código abierto. Esta alternativa fue considerada la más adecuada por varias razones:

- **Tecnológicamente viable y replicable:** Se construye con componentes de bajo costo y tecnologías abiertas (Arduino, Raspberry Pi, Firebase, React).
- **Pedagógicamente útil:** Facilita la interacción directa de los estudiantes con los conceptos de control, electrónica, robótica e interfaz gráfica.
- **Flexible y portátil:** Puede adaptarse a distintos entornos y necesidades, ya sea como herramienta para talleres, demostraciones o competencias.
- **Interdisciplinaria:** Su diseño requirió la colaboración de diversas áreas técnicas (control, electrónica, mecánica e interfaz), replicando condiciones reales de desarrollo profesional.

Plan de trabajo (cronograma por fases)

El desarrollo de RoboMesha se estructuró en **cinco fases mensuales**, de enero a mayo de 2025, cada una con objetivos técnicos definidos por área y dependencias cruzadas que aseguraron una integración coherente de todo el sistema:

■ **Fase 1: Configuración Inicial (Enero)**

Diseño conceptual del robot y selección preliminar de sensores y actuadores.

- M11: Configuración robótica del chasis
- M12: Diseño detallado (isométricos/renders)
- E11: Selección y evaluación de sensores
- E12: Calibración de sensores
- C11: Desarrollo del modelo cinemático
- I11: Diseño de la interfaz gráfica (prototipo)

■ **Fase 2: Desarrollo Específico (Febrero)**

Creación de elementos funcionales y simulaciones para el control y sistemas eléctricos.

- M13–M14: Tolerancias y planos
- E21–E22: Circuitos y alimentación
- C12: Simulación del modelo cinemático
- C21: Algoritmos PID
- I12: Desarrollo funcional de la interfaz

■ **Fase 3: Integración Parcial (Marzo)**

Comienza la integración de subsistemas (hardware, comunicación y dinámica).

- M15–M21: Selección de materiales e integración
- E31–E32: Comunicación hardware-software
- C23: Modelado dinámico
- I13: Integración de comunicación con el sistema

■ **Fase 4: Validación y Optimización (Abril)**

Validación del sistema completo y pruebas funcionales.

- M31–M32: Validación estructural y ajustes mecánicos
- E41: Implementación de filtros en señales
- C31–C32: Integración final y validación de desempeño
- I21: Manuales de usuario

■ **Fase 5: Cierre y Entrega (Mayo)**

Preparación de entregables finales y documentación del proyecto.

- I22: Material de divulgación (cartel científico, presentación)
- I23: Reporte final del PAP

- Ajustes finales y presentación del proyecto

Este plan de trabajo permitió organizar el desarrollo en etapas claras, atendiendo las interdependencias entre áreas y asegurando que cada componente se integrara adecuadamente al sistema general. Además, la planificación favoreció una evaluación progresiva de resultados, ajustes iterativos y una entrega estructurada del proyecto.

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

El desarrollo de la propuesta de mejora para RoboMesha se basó en una planificación estructurada en cinco fases, implementadas de enero a mayo de 2025. Cada fase abordó componentes técnicos específicos que, integrados, dieron forma a un sistema robótico funcional, programable y adaptable a escenarios educativos. La ejecución se llevó a cabo mediante una colaboración activa entre las áreas de Control, Electrónica, Interfase y Mecánica.

Actividades realizadas y procedimientos de trabajo

A lo largo del proceso se realizaron las siguientes actividades clave:

Diseño y simulación del modelo cinemático del robot con ruedas Mecanum, realizado en MATLAB y Simulink. Se validaron trayectorias y comportamiento con entradas controladas.

Selección, prueba y calibración de sensores, incluyendo encoders y módulos de comunicación compatibles con el entorno embebido.

Diseño e integración del sistema de alimentación, garantizando estabilidad eléctrica para motores, microcontroladores y comunicación inalámbrica.

Desarrollo de la interfaz gráfica en React, conectada con Firebase para el control remoto del robot en tiempo real.

Integración y pruebas sobre la plataforma JetAuto, realizando validaciones físicas en condiciones reales.

Estas actividades se desarrollaron conforme al cronograma técnico establecido y siguiendo dependencias entre áreas que permitieron la correcta secuencia de integración entre subsistemas.

Herramientas y técnicas utilizadas

Simulación y modelado: MATLAB, Simulink, Python

Desarrollo embebido: Arduino IDE (C/C++), Raspberry Pi (Python)

Diseño de interfaz: React.js, Firebase Realtime Database

Diseño mecánico: SolidWorks, Figma (para prototipos de interfaz)

Pruebas físicas: JetAuto, encoders ópticos, controladores L298N

Documentación y repositorios: GitHub, diagramas de arquitectura, materiales gráficos en Canva

Proceso detallado de elaboración

Modelado

matemático:

Se desarrolló un modelo cinemático basado en una configuración de cuatro ruedas Mecanum, con transformaciones directas e inversas para calcular velocidades y trayectorias.

-Transformación cinemática directa (del robot al mundo)

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -(l_1 + l_2) \\ 1 & 1 & (l_1 + l_2) \\ 1 & 1 & -(l_1 + l_2) \\ 1 & -1 & (l_1 + l_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

- Transformación cinemática inversa (del mundo al robot)

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = \frac{R}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -\frac{1}{l_1+l_2} & \frac{1}{l_1+l_2} & -\frac{1}{l_1+l_2} & \frac{1}{l_1+l_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Donde:

- V_x, V_y : velocidades lineales deseadas en los ejes X e Y
- ω_z : velocidad angular deseada (giro sobre el eje Z)
- ω_i : velocidad angular de la rueda i
- r: radio de la rueda
- L: distancia desde el centro del robot hasta la rueda

Control

jerárquico:

Se diseñó una arquitectura de dos niveles:

- Nivel global: Control PID para la velocidad deseada (V_x, V_y, ω_z).

Nivel local: Controladores PID individuales para mantener las velocidades de cada motor según las referencias.

Implementación de controladores PID

Se implementó un sistema de **control jerárquico**, dividido en dos niveles:

- **Control global:** convierte la entrada del usuario (dirección y velocidad deseada) en velocidades de referencia (V_x, V_y, ω_z).
- **Control local:** cada rueda es controlada mediante un controlador PID independiente.

Ecuación general del controlador PID local:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$

Donde:

- $u(t)$: señal de control (PWM)
- $e(t)$: error entre la velocidad deseada y la medida
- K_p, K_i, K_d : constantes de ganancia proporcional, integral y derivativa

Para validar el sistema de control jerárquico propuesto, se implementó una simulación completa en MATLAB/Simulink, como se muestra en la Figura 1. En ella se integran los controladores PID, el modelo cinemático y la dinámica de los motores.

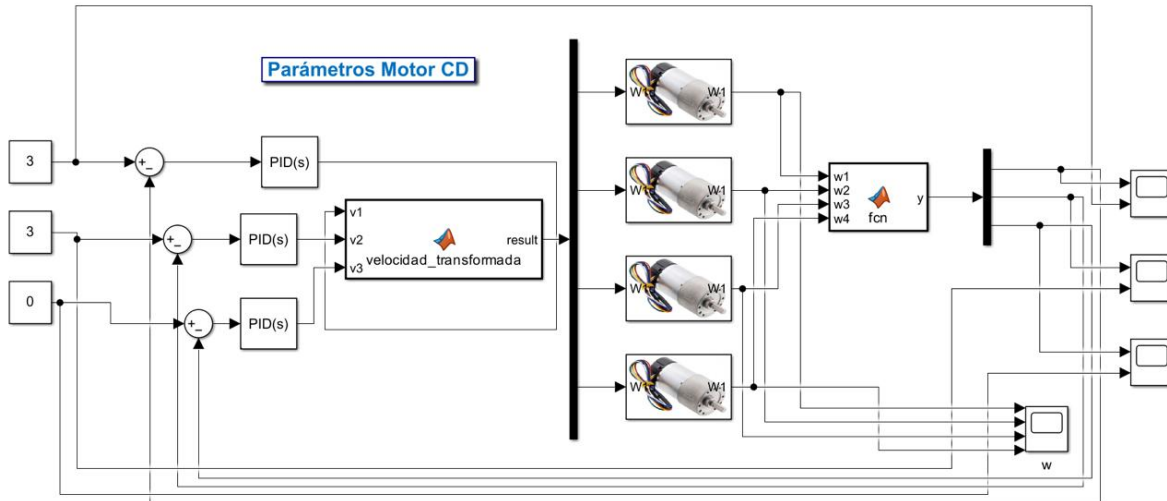


Figura 1. Modelo del sistema completo implementado en Simulink

Simulación de trayectorias:
 Posteriormente, se realizó una prueba física sobre la plataforma JetAuto con un controlador PID implementado en Arduino. En la Figura 2 se observa la respuesta del motor, en donde la señal real sigue adecuadamente la referencia deseada.

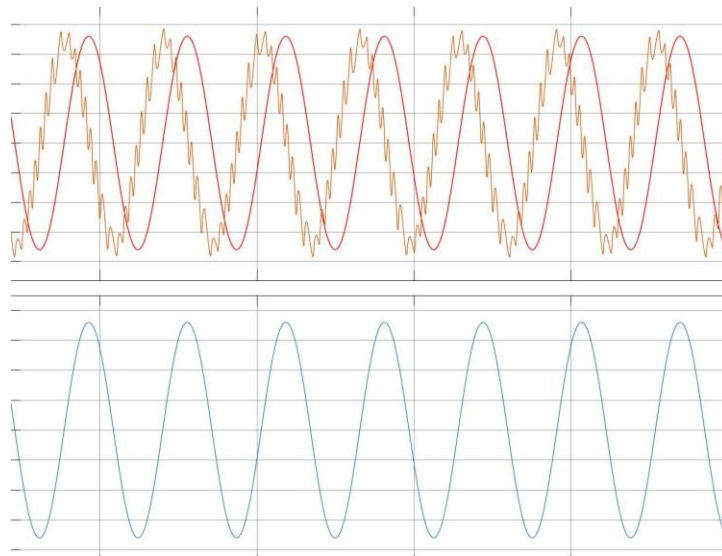


Figura 2. Respuesta del sistema en la prueba física con Arduino (PID)

Diseño de la GUI:
 La interacción con el robot se logró a través de una interfaz gráfica desarrollada en React y conectada con Firebase, lo cual permitió enviar comandos en tiempo real. La Figura 3 muestra la interfaz utilizada durante las pruebas.

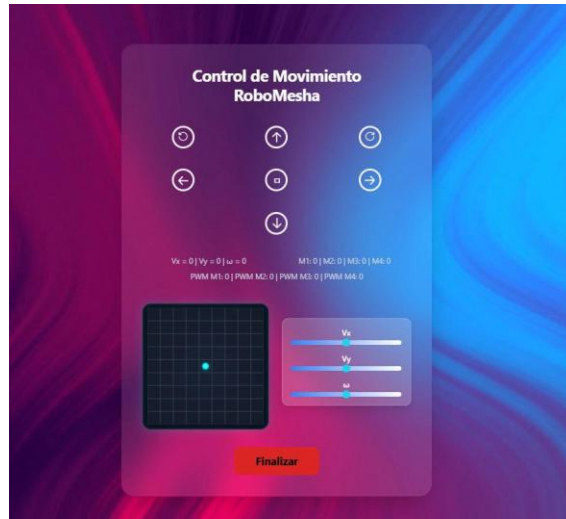


Figura 3. Interfaz gráfica para el control de RoboMesha

Montaje e integración física:
 La integración final del sistema se logró sobre la plataforma JetAuto, con la Raspberry Pi 4B, controladores de motor, batería y módulos de comunicación montados. En la Figura 4 se presenta el montaje físico completo del robot RoboMesha, validado en pruebas funcionales.



Figura 4. Montaje físico final del robot RoboMesha

Evidencias del proceso y resultados

Sistema de control funcional con pruebas exitosas de desplazamiento omnidireccional y respuesta a comandos enviados desde la interfaz.

Simulaciones validadas mediante comparación con datos reales del prototipo.

GUI interactiva conectada en tiempo real, operable desde una laptop o smartphone.

Documentación de arquitectura del sistema, diagramas funcionales y esquemas eléctricos.

Pruebas físicas documentadas con imágenes del prototipo en movimiento, gráficas de respuesta de los PID, y capturas de pantalla del entorno de control.

Repositorio técnico abierto: [GitHub – RoboMesha-Control-Documentation](#)

Limitaciones técnicas y aprendizajes derivados

Durante el desarrollo e implementación del sistema de control de RoboMesha, se enfrentaron diversas limitaciones técnicas que fueron abordadas de forma colaborativa y con criterio ético, permitiendo fortalecer las habilidades prácticas del equipo. Estas limitaciones formaron parte esencial del proceso de aprendizaje del proyecto:

- **Ruido en señales de retroalimentación:**
Los encoders utilizados para la medición de velocidad presentaron ruido significativo, afectando la estabilidad del sistema de control. Se solucionó mediante la implementación de filtros digitales básicos (media móvil) y validación cruzada de datos.
- **Desfase en la comunicación entre controladores:**
La conexión entre la interfaz, el controlador central (Raspberry Pi) y los motores mostró desfases ocasionales en la recepción de comandos. Se mitigó reestructurando la frecuencia de lectura y mejorando el manejo de paquetes en Firebase, priorizando comandos críticos.
- **Ajuste fino de parámetros PID en entorno físico:**
Los controladores PID funcionaban adecuadamente en simulación, pero su rendimiento disminuía al integrarse al sistema real. Se realizaron múltiples iteraciones de sintonización utilizando observación empírica, prueba y error, y aproximaciones heurísticas como Ziegler–Nichols.
- **Limitaciones de hardware y entorno de pruebas:**
La disponibilidad de componentes electrónicos y el entorno limitado para pruebas físicas obligaron a realizar ajustes dinámicos al plan de integración. Esto favoreció la toma de decisiones técnicas bajo condiciones reales, un aprendizaje clave del proceso.

Estas dificultades no solo fueron resueltas con soluciones funcionales, sino que permitieron al equipo reforzar su capacidad de diagnóstico, adaptación y trabajo interdisciplinario, elementos fundamentales en la ingeniería aplicada con compromiso profesional y ético.

1.6 Valoración de Productos, Resultados e Impactos

La experiencia del Proyecto de Aplicación Profesional **RoboMesha** representó una oportunidad significativa para enfrentar una problemática real con un enfoque interdisciplinario, técnico y social. El proyecto logró avanzar en la propuesta y desarrollo de una **mesa robótica móvil omnidireccional**, programable e interactiva, pensada como una herramienta educativa que atiende directamente las carencias identificadas en eventos tecnológicos organizados por la IEEE Sección Guadalajara.

Problemática identificada	Producto técnico generado	Contribución a la solución
---------------------------	---------------------------	----------------------------

Falta de plataformas educativas que integren programación, control y robótica en eventos IEEE	Mesa robótica móvil omnidireccional, programable e interactiva	Herramienta tangible para prácticas en talleres, ferias y actividades tecnológicas
Dificultad para experimentar con modelos reales de control jerárquico y sistemas integrados	Modelo cinemático, controladores PID y simulaciones con validación física	Aplicación práctica de teoría de control en condiciones reales
Ausencia de una interfaz de usuario intuitiva para operar sistemas robóticos	Interfaz gráfica desarrollada en React conectada a Firebase	Tele operación accesible desde múltiples dispositivos, con retroalimentación en tiempo real
Falta de recursos replicables que fortalezcan el aprendizaje interdisciplinario	Documentación técnica, manual de usuario y cartel científico	Base para replica, mantenimiento y difusión en futuras generaciones de PAP
Poca articulación entre herramientas tecnológicas y espacios de divulgación educativa	Propuesta para uso en eventos IEEE y continuidad institucional	Fortalece el vínculo entre tecnología, academia y comunidad educativa

Resultados alcanzados

- **Desarrollo funcional de un sistema robótico completo**, integrando hardware, software, control e interfaz en una sola plataforma.
- **Implementación de un sistema de control jerárquico**, validado mediante simulaciones y pruebas físicas en condiciones reales.
- **Diseño e integración de una interfaz gráfica interactiva**, conectada a Firebase, que permite el control remoto del robot desde cualquier dispositivo.
- **Estructura mecánica optimizada** que garantiza estabilidad y compatibilidad con los demás subsistemas.
- **Documentación técnica, materiales de divulgación y reporte final** elaborados y preparados para su consulta y posible réplica.

Estos resultados permiten afirmar que la propuesta diseñada no solo respondió adecuadamente a la problemática planteada, sino que también **generó un impacto positivo al establecer un prototipo replicable** que puede ser utilizado en entornos reales de aprendizaje.

Impactos del proyecto

- **Educativo:** los estudiantes desarrollaron habilidades técnicas avanzadas (simulación, modelado, integración de sistemas) y blandas (trabajo en equipo, toma de decisiones, comunicación técnica).
- **Tecnológico:** se generó una plataforma que puede ser utilizada en talleres, ferias o eventos educativos, mejorando la participación activa de los estudiantes.
- **Institucional:** el proyecto refuerza el enfoque del ITESO en la formación práctica, socialmente comprometida y tecnológicamente pertinente.
- **Comunidad académica:** sienta las bases para que futuras generaciones del PAP continúen desarrollando e iterando sobre esta solución.

Aspectos pendientes y recomendaciones

Aunque se logró una integración funcional, quedaron aspectos que podrían fortalecerse en una siguiente etapa:

- **Navegación autónoma:** el sistema actual es teleoperado, pero podría evolucionar hacia una versión con planificación de trayectorias autónomas o detección de obstáculos.
- **Mejoras en retroalimentación sensorial:** integrar sensores adicionales para monitorear el entorno y ajustar el movimiento en tiempo real.
- **Robustecimiento de la interfaz:** expandir funciones como visualización de trayectoria, historial de comandos o panel de diagnóstico.
- **Divulgación y documentación extendida:** generar tutoriales interactivos o talleres guiados que acompañen el uso de RoboMesha en escenarios reales.

El proyecto también abre la posibilidad de **establecer una colaboración más directa con IEEE Guadalajara**, donde RoboMesha pueda ser utilizado de forma oficial en sus eventos, validando aún más su utilidad como plataforma educativa.

1.7. Bibliografía y otros recursos

Bibliografía teórica y metodológica

- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
- Resnick, M. (2007). *Sowing the Seeds for a More Creative Society*. *Learning and Leading with Technology*, 35(4), 18–22.
- Piaget, J. (1972). *The Psychology of the Child*. Basic Books.
- González, M. (2016). *Educación y tecnología: claves para la innovación educativa*. Ediciones Morata.
- ITESO. (s.f.). *Orientaciones Fundamentales del ITESO*. https://www.iteso.mx/web/general/detalle?group_id=8933308

Bibliografía técnica y de desarrollo

- Doroftei, I., Grosu, V., & Spinu, V. (2007). *Omnidirectional mobile robot—Design and implementation. International Conference on Mechatronics and Robotics.*
- Franklin, G. F., Powell, J. D., & Emami-Naeini, A. (2015). *Feedback Control of Dynamic Systems* (7th ed.). Pearson.
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2011). *Modern Control Systems* (12th ed.). Pearson.
- MathWorks. (2024). *Simulink Documentation.* <https://www.mathworks.com/help/simulink/>

Recursos digitales y prácticos

- GitHub – RoboMesha Control Documentation: <https://github.com/Bmo411/RoboMesha-Control-Documentation>
- GitHub – RoboMesha Implementation: <https://github.com/Bmo411/RoboMesha-Implementation>
- Firebase Realtime Database Documentation: <https://firebase.google.com/docs/database>
- Arduino. (n.d.). *Arduino Documentation.* <https://docs.arduino.cc/>
- Raspberry Pi Foundation. (n.d.). *Documentation.* <https://www.raspberrypi.com/documentation/>

Recursos visuales y herramientas empleadas

- Figma. (2025). *Prototipado de interfaz gráfica.* <https://www.figma.com>
- Canva. (2025). *Herramientas para cartel científico y materiales de divulgación.* <https://www.canva.com>
- SolidWorks. (2025). *Modelado 3D del chasis robótico.*

1.8. Anexos generales

A continuación, se incluyen materiales complementarios que dan sustento al desarrollo del Proyecto de Aplicación Profesional **RoboMesha**. Estos recursos permiten comprender con mayor profundidad los procesos técnicos, organizativos y metodológicos implementados durante el periodo enero–mayo 2025.

Los anexos permiten visualizar los avances alcanzados por cada área, así como las estrategias empleadas para integrar un sistema funcional de robótica móvil desde un enfoque interdisciplinario. También sirven como evidencia de la aplicación práctica del conocimiento técnico en un escenario educativo real.

Contenido de los anexos:

- **Anexo 1. Cronograma base del proyecto**
Fases mensuales (enero–mayo 2025) organizadas por área (Mecánica, Electrónica, Control e Interfase), con asignaciones específicas y dependencias cruzadas.

- **Anexo 2. Diagrama jerárquico de control**
Esquema visual de la arquitectura de control de RoboMesha, incluyendo niveles global (PID para V_x , V_y , ω_z) y local (PID por motor).
- **Anexo 3. Modelo cinemático y simulaciones en MATLAB/Simulink**
Capturas de trayectorias simuladas y respuesta a entradas controladas.
- **Anexo 4. Fotografías del prototipo físico**
Imágenes del chasis montado, conexiones electrónicas, pruebas funcionales sobre la base JetAuto.
- **Anexo 5. Capturas de la interfaz gráfica**
GUI desarrollada en React conectada a Firebase, con paneles para control de velocidad y dirección.
- **Anexo 6. Material de divulgación**
Cartel científico, plantilla de presentación final y materiales gráficos elaborados en Canva para comunicación del proyecto.
- **Anexo 7. Bitácora técnica de trabajo (extracto)**
Registro de actividades semanales, acuerdos entre áreas, y seguimiento de tareas críticas.

2. Productos

Nombre y código del PAP (como en la carátula):	4D08A Programa de Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad Ambiental Energética y Alimentaria I
Nombre del sub proyecto (como en la carátula):	Robomesha
Nombre del producto:	Manual técnico del sistema de control
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Documento técnico que detalla el desarrollo e implementación del sistema de control jerárquico basado en velocidad para el robot móvil RoboMesha. Incluye el modelo cinemático, diseño de controladores PID, simulaciones en MATLAB/Simulink, pruebas físicas con Raspberry Pi y Arduino, y sincronización de datos vía Firebase. Elaborado para ser una guía técnica para estudiantes y desarrolladores futuros.
Autores:	Estudiantes del Área de Control – PAP RoboMesha

Manual técnico / Tecnología aplicada

Nombre y código del PAP (como en la carátula):	4D08A Programa de Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad Ambiental Energética y Alimentaria I
Nombre del sub proyecto (como en la carátula):	Robomesha
Nombre del producto:	Cartel científico del sistema de control
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Cartel gráfico informativo diseñado para presentar el desarrollo del sistema de control de RoboMesha en espacios de divulgación científica como ferias o congresos. Resume el modelo cinemático, estructura del control PID y resultados de simulaciones y pruebas físicas. Elaborado como material de comunicación visual para público técnico y no técnico.
Autores:	Estudiantes del Área de Control – PAP RoboMesha

Material de divulgación científica

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

3.1 Sensibilización ante las realidades

Durante el desarrollo del PAP RoboMesha, me enfrenté por primera vez a una experiencia de colaboración interdisciplinaria con un propósito concreto: reducir la brecha entre teoría y práctica en la enseñanza de la robótica. Esta realidad me hizo consciente de las limitaciones que existen en espacios educativos para acceder a herramientas tecnológicas significativas, especialmente en contextos donde los recursos son limitados.

Participar en un proyecto con impacto social me llevó a reflexionar sobre el papel que tengo como estudiante de ingeniería: no se trata solo de diseñar sistemas funcionales, sino de hacerlo con una intención ética y formativa. El hecho de saber que este robot puede llegar a manos de estudiantes en ferias o talleres me motivó a comprometerme más con la calidad y claridad de los desarrollos.

Mis decisiones técnicas estuvieron siempre guiadas por la posibilidad de que otro estudiante pudiera entender y continuar el trabajo. En ese sentido, aprendí que la ingeniería con propósito social exige no solo precisión técnica, sino empatía, claridad y apertura al trabajo en equipo.

3.2 Aprendizajes logrados

A lo largo del PAP desarrollé habilidades disciplinares como el modelado cinemático de sistemas robóticos, diseño e implementación de controladores PID, y el uso de herramientas de simulación como MATLAB/Simulink. Técnicamente fue un reto comprender cómo trasladar los modelos a pruebas físicas con microcontroladores, y lograr una validación exitosa fue una experiencia muy gratificante.

En el ámbito social, aprendí a comunicarme con otras áreas (como interfaz o electrónica), a reconocer los límites de mi especialidad y a valorar la importancia de la colaboración para lograr un sistema funcional. A nivel personal, fortalecí mi capacidad para organizarme, tomar decisiones en momentos de incertidumbre y sostener una actitud constante de mejora.

En resumen, el PAP no solo me enseñó más de lo que puedo hacer técnicamente, sino también de quién puedo ser profesionalmente: una persona comprometida, capaz de aprender en equipo, con conciencia social y pasión por transformar la realidad desde la ingeniería.