


# INVESTIGACIÓN

## TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Volumen 8 · Número 1 · Junio 2026 · Publicación semestral

A photograph of a gas station at night. In the foreground, a three-wheeled wheelchair is parked on the asphalt. The wheelchair is light blue and has a large, stylized '3' on its side. In the background, there are several gas pumps under a canopy. The canopy has a sign that says 'with TECHRON 8'. The pumps are orange and black. The scene is lit by the station's lights, creating a blue and orange color palette.

***Silla de ruedas de tres llantas  
para la optimización  
arquitectónica en personas con  
discapacidad física.***

# Three-Wheeled Wheelchair for Improving Architectural Accessibility for People with Physical Disabilities.

## Silla de ruedas de tres llantas para la optimización arquitectónica en personas con discapacidad física

Elva Gioconda Lara Guijarro<sup>1[0000-0003-3025-4792]</sup>, Ángel Freddy Caillagua Castro, Ángel Gabriel Guamán Bauz, José Andrés Beltrán Ruiz<sup>4[0000-0003-2394-0815]</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador  
E-mail: [elvalara@istct.edu.ec](mailto:elvalara@istct.edu.ec)

<sup>2</sup> Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador  
E-mail: [acaillagua@istct.edu.ec](mailto:acaillagua@istct.edu.ec)

<sup>3</sup> Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador  
E-mail: [aquamanbauz@istct.edu.ec](mailto:aquamanbauz@istct.edu.ec)

<sup>4</sup> Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador  
[jbeltran@istct.edu.ec](mailto:jbeltran@istct.edu.ec)

Recibido: 10/05/2026

Aceptado: 15/06/2026

Publicado: 30/06/2026

### RESUMEN

El desplazamiento urbano y doméstico de personas con discapacidad física se ve severamente limitado por barreras arquitectónicas, tales como bordillos, gradas o peldaños carentes de rampas normativas. El presente artículo expone el diseño, cálculo estructural y construcción de un prototipo de silla de ruedas electromecánica equipada con un sistema de rodadura planetaria de tres llantas, concebida para superar obstáculos verticales de hasta 18 cm de altura. Metodológicamente se aplicó un enfoque mixto que integró un análisis situacional por encuestas y el cálculo analítico clásico de elementos de máquinas (ejes, engranajes y selección cinemática de motores). Estructuralmente el chasis fue optimizado en acero estructural A36 debido a su alta resistencia mecánica y viabilidad económica en el mercado local. El sistema de transmisión planetario se configuró utilizando un tren de engranajes rectos de módulo 2. El control eléctrico de potencia se resolvió mediante un arreglo lógico de relays automotrices que sustituyó soluciones electrónicas costosas. Los resultados de campo demostraron que el prototipo requiere una potencia mínima de 0.45 HP y un torque de 105.84 Nm en la posición crítica de ascenso. El artículo concluye validando la factibilidad de manufactura de bajo costo, identificando la necesidad de un asistente secundario para garantizar la estabilidad cinemática en gradas de alta fricción o superficies irregulares.

**Palabras clave:** Mecanismo planetario; Silla de ruedas eléctrica; Torque de ascenso; Lógica de relays.

## ABSTRACT

The urban and domestic mobility of people with physical disabilities is severely limited by architectural barriers, such as curbs and steps lacking standard ramps. This article presents the design, structural calculation, and construction of an electromechanical wheelchair prototype equipped with a three-wheel planetary rolling system, designed to overcome vertical obstacles up to 18 cm in height. Methodologically, a mixed-method approach was applied, integrating a situational analysis through surveys and classic analytical calculations of machine elements (shafts, gears, and kinematic motor selection). Structurally, the chassis was optimized using A36 structural steel due to its high mechanical strength and economic feasibility in the local market. The planetary transmission system was configured using a spur gear train with a module of 2. The electrical power control was resolved through a logical arrangement of automotive relays, substituting expensive electronic solutions. Field results demonstrated that the prototype requires a minimum power of 0.45 HP and a torque of 105.84 Nm at the critical climbing position. The article concludes by validating the feasibility of low-cost manufacturing, identifying the need for a secondary assistant to ensure kinematic stability on high-friction stairs or irregular surfaces.

**Index terms:** Planetary mechanism; Electric wheelchair; Climbing torque; Relay logic.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La silla de ruedas es un dispositivo importante para las personas que tienen algún tipo de discapacidad física o dificultades motoras, ya que facilita la movilidad (Ortiz et al., 2023). Este dispositivo de movilidad, caracterizado usualmente por poseer tres o cuatro ruedas, constituye el principal elemento visible de la discapacidad en entornos urbanos. Como asistencia tecnológica, su propósito es contrarrestar el impacto de patologías, cirugías o el envejecimiento en el aparato locomotor, aminorando las restricciones físicas y facilitando la participación social del usuario (Corredor et al., 2022).

La autonomía motriz constituye un pilar esencial en la calidad de vida de las personas con discapacidad física. A nivel global y regional, los ordenamientos de diseño universal exigen la adecuación de la infraestructura urbana; sin embargo, en la práctica, la cobertura de desniveles técnicos transitables (rampas) se concentra prioritariamente en los núcleos céntricos de las urbes, dejando la periferia y los entornos residenciales desprovistos de accesibilidad. Esto obliga a los usuarios de sillas de ruedas a sortear obstáculos abruptos como veredas y gradas que promedian alturas de hasta 18 cm (Nieto & Barros, 2022).

Las soluciones convencionales en el mercado se dividen en sillas de ruedas manuales, las cuales demandan un esfuerzo biomecánico excesivo que genera fatiga o dependencia, y sillas eléctricas comerciales de alta gama, cuyos elevados costos unitarios limitan su adquisición masiva debido a la falta de líneas de producción industrial locales (Quintero Gamboa & Guzque Llamuca, 2026).

Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar soluciones de ingeniería mecánica que combinen la asequibilidad de los materiales locales con mecanismos cinemáticos avanzados de ascenso. De esta forma se puede apoyar a personas que tengan discapacidad física a que tengan una mejor vida.

Existen ciertas instituciones que han realizado proyectos como Gutama donde abordan el diseño y construcción de una silla de ruedas eléctrica plegable con un sistema de control adecuado para personas con discapacidad motriz en extremidades superiores e inferiores, concluyen que el éxito de la silla de ruedas eléctrica radica en la convergencia de tres ejes: la personalización antropométrica para el confort del usuario, la validación estructural en SolidWorks usando acero ASTM A36 para asegurar su durabilidad, y la implementación de un sistema de control inalámbrico mediante el protocolo ESP-NOW (Gutama & Changoluisa, 2024).

También Díaz de Aguilar implementó una silla de ruedas con mecanismos para subir escalones, en donde el acople de las ruedas más grandes está en una estructura vertical ajustable y móvil que es idónea para elevarlos en relación con el asiento. Además, tiene una segunda estructura de palanca que está conectada por igual a las ruedas grandes, con un travesaño trasero y dos brazos laterales con manijas y frenos (Guerrero Nejer et al., 2022).

El presente trabajo plantea el diseño y la manufactura de una silla de ruedas propulsada eléctricamente que incorpora un sistema de ruedas planetarias dentadas en configuración de tres llantas por lado. Este mecanismo altera el eje de rotación tradicional cuando el neumático delantero impacta contra una contrahuella, permitiendo que el conjunto pivote rebase el escalón.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

La investigación se desarrolló bajo una estructura metodológica dividida en tres etapas secuenciales: análisis situacional y de requerimientos de usuario, diseño analítico-computacional de elementos de máquinas, y construcción/evaluación experimental del prototipo.

### 2.1. Análisis Situacional y Muestreo

Se ejecutó un diagnóstico de campo en la provincia de Pichincha utilizando encuestas estructuradas dirigidas a dos estratos muestrales: 10 usuarios con discapacidad física y 5 directores de infraestructura de centros de salud (clínicas y hospitales). El análisis de los datos se procesó bajo métodos de inducción-deducción y síntesis de variables operativas como el costo admisible, los materiales preferidos, la vida útil esperada y la autonomía funcional.

### 2.2. Diseño Estructural y de Elementos de Transmisión

El dimensionamiento mecánico se rigió bajo criterios de rigidez y resistencia bajo cargas combinadas (torsión y flexión) aplicando un factor de seguridad (F.S.) de 1.5, adecuado para cargas dinámicas moderadas y materiales dúctiles.

**Determinación de Carga Estática:** Se estableció una masa de diseño compuesta por el peso del usuario estándar, la estructura del chasis, los motores y las baterías, totalizando una fuerza normal de trabajo calculada analíticamente.

Cálculo Cinemático de Torque: Se simularon tres posiciones críticas durante el ciclo de ascenso de un peldaño tipo (huella y contrahuella estándar) para ubicar el instante de máxima resistencia. El torque de diseño se obtuvo mediante la sumatoria de momentos sobre el eje motriz empleando la distancia geométrica ( $m = 0.147\text{m}$ ) entre el centro de la rueda y el eje de porta planetarios:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow T = G' \cdot m$$

Ejes y Engranajes: Para el cálculo de los diámetros de los dos ejes motrices se utilizó la teoría del máximo esfuerzo cortante recomendada por el código ASME para aceros dúctiles:

$$\tau_d = 0.18 \cdot S_{ut}$$

El tren de engranajes rectos planetarios fue dimensionado mediante un proceso iterativo fijando un módulo técnico ( $m = 2$ ), determinando el paso circular ( $p$ ), el paso diametral ( $P_d$ ) y el número de dientes ( $N$ ) bajo la restricción geométrica de un diámetro de paso menor a 100 mm para no interferir con el radio de las ruedas traseras:

$$N = d \cdot P_d$$

### 2.3. Manufactura y Selección de Componentes

El chasis se construyó mediante uniones soldadas utilizando el proceso de arco eléctrico y soldadura MIG debido a su óptima penetración y acabado estructural en perfiles huecos. Los engranajes planetarios secundarios se fabricaron en duralón (polímero técnico de alta densidad) con el fin de reducir la inercia rotacional y el peso suspendido del mecanismo de tres ruedas. El circuito de control de potencia se implementó mediante una matriz lógica cableada basada en relays electromecánicos industriales y un joystick de mando analógico de 12/24 VDC.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Hallazgos del Análisis Situacional (Encuestas)

El procesamiento estadístico arrojó los siguientes datos críticos para el diseño:

- **Aceptación de mercado:** El 100% de las instituciones de salud y los usuarios individuales validaron la pertinencia de adquirir un dispositivo con este principio cinemático.
- **Durabilidad y Viabilidad de Materiales:** El 60% de los expertos indicaron que el ciclo de vida útil mínimo requerido debe ser de 1 a 3 años. En cuanto al material del chasis, el 50% de los encuestados coincidió en que el acero es la alternativa óptima debido a que equilibra resistencia y bajo costo de manufactura en comparación con el aluminio o el titanio, cuyos costos de adquisición y soldadura especializada elevarían exponencialmente el valor unitario.

- **Operación Asistida:** El análisis cualitativo determinó la necesidad obligatoria de incorporar empuñaduras traseras estructurales. Esto obedece a que los usuarios reportaron mayor confianza y seguridad psicológica al realizar el ascenso de escaleras si cuentan con la supervisión o asistencia manual de una segunda persona en la parte posterior.

**Tabla 1.**

*Resultados de las encuestas realizadas al público en general*

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
¿Conoce el tiempo aproximado de durabilidad de su silla de ruedas?	Desconocido	40%
	1 a 3 años	40%
	4 a 7 años	20%
¿Qué busca al elegir una silla de ruedas?	Precio	0%
	Comodidad	70%
	Funcionalidad	30%
¿Usted desearía una silla de ruedas con un dispositivo que permita subir gradas?	SI	60%
	NO	40%
¿El dispositivo debería necesitar de una persona externa para operarlo?	SI	80%
	NO	20%
¿Quisiera que el dispositivo fuera silencioso?	SI	100%
	NO	0%
¿Le gustaría que el sistema fuera rápido (1 minuto máximo) en accionarse para subir o bajar las escaleras?	SI	100%
	NO	0%
¿Qué tipo de material cree conveniente en la estructura de una silla de ruedas?	Acero	50%
	Aluminio	40%
	Titanio	10%
	\$150 manual	50 %
¿Según los costos de sillas de ruedas cuál de estas sillas usaría?	\$1.600	0%
	semiautomática	
	\$2.600	50 %
	automática	

**Tabla 2.**

*Resultados de las encuestas realizadas a empresas*

Pregunta	Respuesta	Porcentaje
¿Qué tipo de silla de ruedas tienen actualmente?	Manual	80%
	Eléctrica	20%
¿Qué tiempo aproximado de durabilidad tiene las sillas de ruedas?	1 a 3 años	60%
	4 a 7 años	20%
	Desconozco	20%
	Precio	0%
¿Qué mejoras buscan en una silla de ruedas?	Comodidad	0%
	Funcionalidad	100%
	Acero	0%

¿Qué tipo de material cree conveniente en una silla de ruedas?	Aluminio	60%
	Titanio	40%
¿Las sillas de ruedas con dispositivos le permiten desplazarse por lugares planos?	SI	100%
	NO	0%
¿Las sillas de ruedas que tienen es de sistema rápido (1 minuto máximo) en accionarse?	SI	60%
	NO	40%
¿Tienen modelos de silla de ruedas con un sistema que permita subir gradas?	SI	0%
	NO	100%
¿Las sillas de ruedas con sistemas para subir gradas debería necesitar de una persona externa para operarlo?	SI	60%
	NO	40%
Si existiera una silla que cumpla con las necesidades especificadas en las preguntas anteriores y además le ofreciera el poder subir escaleras y veredas de manera autónoma, ¿la compraría?	SI	100%
	NO	0%

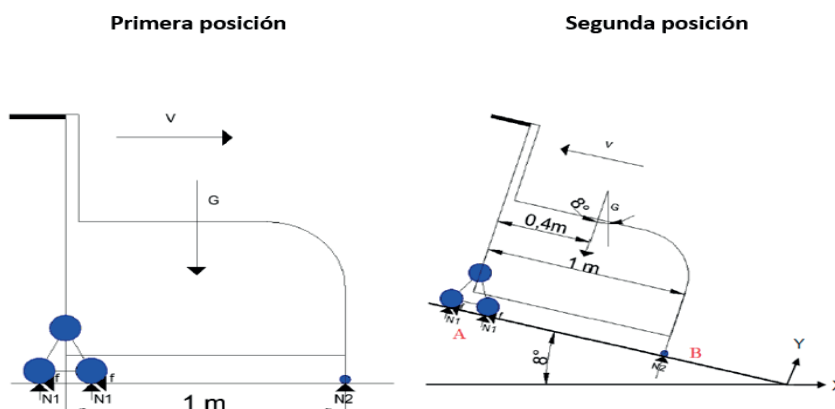
Los datos recopilados con las encuestas a los diferentes actores se tomaron en cuenta para el diseño de propuesta planteado, con el propósito de que beneficie de una forma adecuada a las personas que sufren de esta discapacidad.

### 3.2. Resultados del Diseño y Pruebas Mecánicas

A través del análisis analítico en las tres posiciones del ciclo de elevación, se determinó que en la Posición 1 (rodadura plana) el torque requerido es despreciable (0 Nm), incrementándose a 18 Nm en la Posición 2 (contacto inicial). La condición más severa se localizó en la **Posición 3**, donde la fuerza normal de reacción  $N_1 = 720$  N se transfiere íntegramente al brazo del mecanismo planetario, generando un **torque máximo de 105.84 Nm**. En la siguiente figura se puede ver las gráficas con las posiciones obtenidas después de aplicar el análisis de torque máximo que actúan sobre las ruedas.

**Figura 1.**

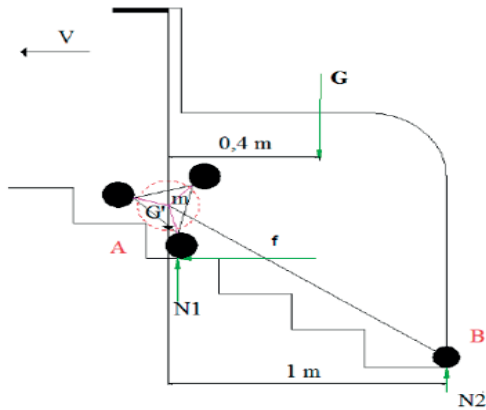
*Posiciones para el desarrollo del diseño mecánico (primera y segunda)*



**Figura 2.**

*Posiciones para el desarrollo del diseño mecánico (primera y segunda)*

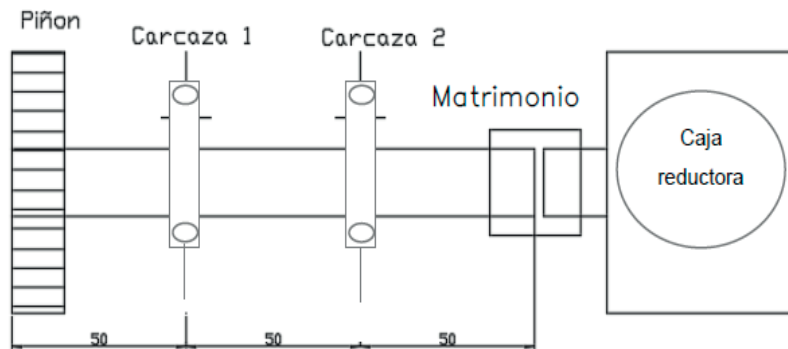
**Tercera posición**



Con base en este torque crítico, las iteraciones de potencia determinaron que la silla requiere un motorreductor con una potencia neta mínima de **0.45 HP** y un torque nominal de salida superior a **45 Nm** por eje. Para la estructura, las dimensiones finales del chasis y los esfuerzos calculados bajo el criterio de Von Mises validaron que el tubo de acero de  $\$1''$  estructural cumple con el factor de seguridad planteado, evitando deformaciones plásticas permanentes.

**Figura 3.**

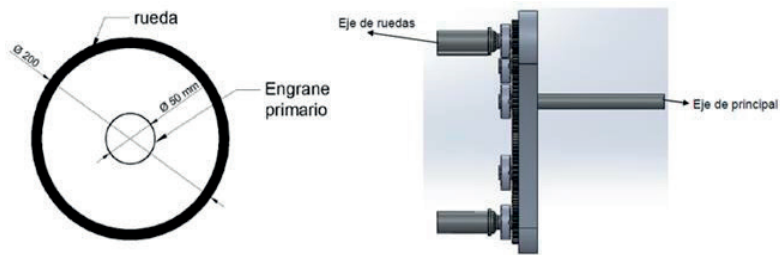
*Diseño de los ejes*



El tren de engranajes rectos planetarios fue configurado con tres piñones dispuestos a 120 grados. La selección final del módulo  $m=2$  permitió un engranamiento fluido sin interferencias. Las pruebas de campo con el prototipo finalizado arrojaron una autonomía operativa continua de **1 hora** de trabajo bajo carga máxima con baterías selladas de libre mantenimiento de 40 Ah, limitado por el alto consumo de corriente demandado por los motores al romper la inercia del escalón.

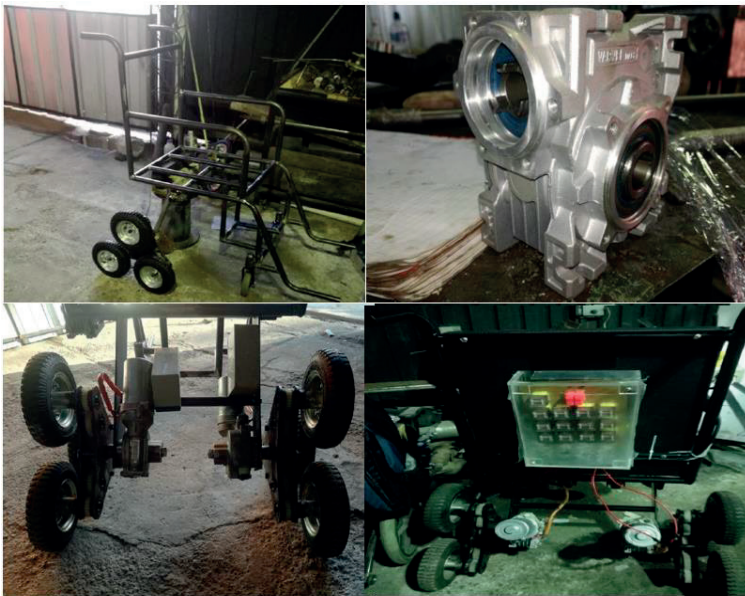
**Figura 4.**

*Diámetro del engranaje primario y caja de engranajes*



**Figura 5.**

*Implementación de la silla de ruedas con los cálculos obtenidos*



**Figura 6.**

*Diseño final de la silla de ruedas de tres llantas*



### 3.3. Evaluación Económica del Prototipo

Se tabuló el costo directo de fabricación del prototipo mecánico-eléctrico:

Ítem	Material / Componente Principal	Cantidad	Valor Total (USD)
1	Tubería de acero para mueble \$1"§	2.00	\$ 13.92
2	Motores de alto torque (12VDC / 24VDC)	2.00	\$ 800.00
3	Caja reductora ORT SRT 40/80 e industriales con kit de acople	3.00	\$ 465.22
4	Joystick analógico de control	1.00	\$ 15.00
5	Banco de baterías 12VDC (40 Ah)	1.00	\$ 68.00
6	Matriz de <i>relays</i> de potencia automotriz y sockets	17.00	\$ 136.00
7	Rodamientos de bolas, ruedas traseras/delanteras y misceláneos	--	\$ 410.37
<b>Total</b>	<b>Costo Directo de Fabricación (Con IVA 12%)</b>		<b>\$ 2,137.53</b>

*Nota:* Datos adaptados del presupuesto real del proyecto

## 4. DISCUSIÓN

Durante los ensayos dinámicos en entornos no controlados se evidenciaron limitaciones operativas: el deslizamiento o pérdida de tracción de los neumáticos traseros al operar sobre superficies de baja adherencia, tales como baldosas húmedas o desniveles con presencia de partículas de arena. Asimismo, cuando las contrahuellas superaban los 18 cm nominales de diseño, el ángulo de ataque del mecanismo planetario variaba drásticamente, incrementando la demanda de corriente por encima del límite térmico de los conductores eléctricos.

Desde la perspectiva del control, la sustitución de una tarjeta electrónica programable por una lógica cableada de 17 *relays* demostró ser altamente robusta frente a picos de corriente y mecánicamente robusta, abaratando sustancialmente el costo final del sistema de control y facilitando el mantenimiento técnico postventa.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema de tres llantas en configuración triangular (120 grados) funciona correctamente para superar obstáculos y escalones de hasta 18 cm de altura, tal como lo prevé la teoría de diseño mecánico para este tipo de mecanismo (Mejía Herrera et al., 2022). Durante los ensayos dinámicos en entornos no controlados se evidenciaron limitaciones operativas: el deslizamiento o pérdida de tracción de los neumáticos traseros al operar sobre superficies de baja adherencia, tales como baldosas húmedas o desniveles con presencia de partículas de arena, es decir, al evaluar cómo responde el prototipo en situaciones reales y analizar sus costos, aparecen desafíos físicos y de diseño que requieren un análisis más profundo (Pérez, 2024).

Luego, el torque crítico determinado analíticamente en la **Posición 3** (105.84 Nm) representa el punto de máxima sollicitación a la flexo-torsión en los ejes motrices. Este valor tan elevado responde al efecto del brazo de palanca instantáneo que se genera cuando el portaplanetarios

pivota y suspende momentáneamente toda la masa del sistema (50kg del prototipo más la carga útil del usuario) sobre un solo vértice geométrico. Esta condición crítica justifica con creces la selección de acero estructural A36 para el chasis; cualquier intento de aligerar la estructura utilizando aleaciones de aluminio comerciales sin el debido tratamiento térmico habría derivado en fallas por fatiga prematura o deformaciones plásticas en las uniones soldadas bajo el proceso MIG, dadas las concentraciones de esfuerzo calculadas mediante el criterio de Von Mises (Perales et al., 2026).

Un hallazgo metodológico de gran relevancia técnica fue el comportamiento del tren de engranajes rectos de módulo 2. La decisión de manufacturar los piñones planetarios secundarios en duralón (polímero de ingeniería de alta densidad) demostró ser una solución óptima para mitigar la inercia rotacional del conjunto de las tres llantas. Desde una perspectiva tribológica, la interfaz duralón-acero reduce drásticamente el coeficiente de fricción interno y el ruido mecánico durante la marcha plana regular, un problema común reportado en patentes similares que utilizan trenes de engranajes completamente metálicos (Sánchez Flores, 2025). Sin embargo, el duralón presenta limitaciones en su resistencia al corte ante cargas de impacto severas, las cuales ocurren si el usuario impacta bruscamente la contrahuella del escalón a velocidad nominal.

El comportamiento dinámico en pruebas de campo reveló una notable discrepancia entre la teoría cinemática pura y las condiciones ambientales reales. En superficies homogéneas y de alta fricción (como hormigón rugoso), el principio de pivoteo funcionó en estricta conformidad con el diseño. No obstante, al operar sobre superficies de baja adherencia o con presencia de partículas sueltas (arena, agua o baldosas pulidas), se manifestó un fenómeno de deslizamiento (*slippage*) en los neumáticos traseros. Físicamente, al iniciar el ascenso del escalón, la fuerza normal necesaria para generar tracción se desplaza hacia el eje que está escalando, reduciendo la fuerza de adherencia en el neumático de apoyo en el suelo según la ley de Coulomb:

$$F_{fricción} = \mu \cdot N$$

Al caer drásticamente la fuerza normal (N) en el plano horizontal, las llantas giran en falso, comprometiendo la estabilidad cinemática.

Este comportamiento justifica directamente el hallazgo cualitativo derivado de las encuestas: la necesidad imperativa de un asistente secundario mediante empuñaduras estructurales traseras. Más allá de una percepción de seguridad psicológica por parte del usuario, el asistente actúa como un vector de fuerza externa que estabiliza el centro de gravedad (CDG) del sistema. Cuando el mecanismo planetario eleva el eje delantero, el CDG de la silla se desplaza peligrosamente hacia atrás, rozando el límite del volcamiento sopesado por los vectores de estabilidad geométrica. La intervención del asistente mitiga este riesgo hidrodinámico y compensa la pérdida de tracción en terrenos resbaladizos.

Finalmente, desde la arquitectura eléctrica, la implementación de una lógica cableada basada en 17 *relays* automotrices, en lugar de un microcontrolador o una tarjeta electrónica de potencia programable, constituyó un acierto metodológico en términos de robustez y costo. Si bien los microcontroladores permiten rampas de aceleración suaves y control PWM, son altamente vulnerables a los picos de fuerza electromotriz inversa (f.e.m.) generados por los motores de 0.45

HP cuando se ven sometidos al torque máximo de retención en la Posición 3. La matriz de *relays*, aunque geoméricamente más voluminosa, absorbe eficientemente estas demandas térmicas y de sobrecorriente, ofreciendo un mantenimiento postventa simplificado y de muy bajo costo, factor crucial para la sostenibilidad económica del dispositivo en el contexto local.

## 5. CONCLUSIONES

Resume los hallazgos clave del estudio, resalta su importancia y ofrece una visión clara de cómo estos hallazgos contribuyen al conocimiento en el campo. Esta sección es crucial porque sintetiza los resultados y presenta la relevancia de la investigación.

1. Se validó con éxito el diseño y la construcción de una silla de ruedas eléctrica con mecanismo planetario de tres llantas utilizando software de simulación y cálculo analítico clásico de elementos de máquinas, cumpliendo con los parámetros geométricos exigidos para el franqueo de obstáculos de 18 cm de altura.
2. La selección de acero estructural A36 garantizó la viabilidad económica del proyecto y la rigidez estructural requerida bajo cargas de flexo-torsión combinada, operando de manera segura dentro del factor de seguridad estipulado de 1.5.
3. El torque crítico de operación fue cuantificado en 105.84 Nm en la fase de elevación vertical más severa, determinando que para aplicaciones comerciales se requiere una motorización mínima obligatoria de 0.45 HP por eje para mitigar el riesgo de estancamiento cinemático.
4. La implementación de control mediante relays automotrices representó una ventaja económica sustancial frente a los controladores electrónicos comerciales, cumpliendo eficientemente con la inversión de giro y detención del sistema motor.
5. Experimentalmente se demostró que, para garantizar la seguridad física absoluta del usuario, el dispositivo debe ser operado en modalidad asistida (con un ayudante en la parte posterior) durante el ascenso de escaleras, previniendo volcamientos causados por deslices imprevistos en superficies de baja fricción.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corredor, F. O., Roncancio, M. R., & Pulido, J. C. M. (2022). *Texto de medicina física y rehabilitación*. Editorial El Manual Moderno.
- Guerrero Nejer, R. A., Caiza Quishpe, L., & Pinto Ayala, S. L. (2022). Evolución de vehículos adaptados con controles manuales para discapacitados. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 7(9 (SEPTIEMBRE 2022)), 1591-1608.
- Gutama, A., & Changoluisa, C. (2024). *Diseño y construcción de una silla de ruedas eléctrica plegable implementando un sistema de control automático* [Institucional]. Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28662>
- Mejía Herrera, M. C., Pincay Pillasagua, F. A., & Maldonado, F. (2022). *Diseño mecánico con simulación 3D de un columpio automatizado y desmontable para personas que utilizan sillas de ruedas* [Thesis, ESPOL. FIMCP]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56085>

- Nieto, A., & Barros, G. (2022). *Espacios inclusivos para personas con discapacidad motriz y sensorial*. 83.
- Ortiz, G., Quintana, E., Ortigoza, E., Cabañas, L., Ortiz, G., Quintana, E., Ortigoza, E., & Cabañas, L. (2023). Tendencias del mercado de sillas de ruedas para personas con discapacidad en Paraguay: Año 2022. *Población y Desarrollo*, 29(56), 72-81. <https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2023.029.56.072>
- Perales, J. F. L., Casas, J. G., Solís, L. E. C., Ávila, J. R., Flores, J. S. O., & Bravo, E. G. (2026). Diseño y análisis mecánico mediante método de elemento finito de una impresora 3D para el vaciado de concreto de bajo revenimiento mediante tornillo sinfín. *Cienciacierta*, 22(86), 113-130.
- Pérez, C. (2024). *Diseño de una silla de ruedas con tracción bilateral para la mejora de la salud de los usuarios*. <https://upcommons.upc.edu/entities/publication/827a4ee3-d031-48d0-8bed-f9523dc359d1>
- Quintero Gamboa, H. J., & Guzque Llamuca, H. L. (2026). *Sistema de control para sillas de ruedas mediante seguimiento ocular para mejorar la movilidad de personas con discapacidad motriz*. [bachelorThesis, Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/16429>
- Sánchez Flores, R. (2025). *Diseño, fabricación y control de trenes de engranajes epicicloidales como recursos didácticos*. <https://hdl.handle.net/2117/427745>