



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CUATRICICLO BIPLAZA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA

AUTORES: ADRIANA SALINAS

IVAN ORTIZ

DIRECTOR: ING. EURO MENA

CODIRECTOR: ING. HENRY IZA



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***OBJETIVO GENERAL***

- **Diseñar y construir un cuatriciclo biplaza para personas con discapacidad física e incentivar la movilidad y la actividad física.**

# ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Determinar los requerimientos para el diseño y construcción del bastidor de un cuatriciclo biplaza para personas con discapacidad física.
- Seleccionar el sistema de tracción mecánica y eléctrica del cuatriciclo.
- Diseñar, construir, ensamblar el bastidor y el sistema de tracción.
- Seleccionar e implementar los sistemas de frenos adecuado para el cuatriciclo.
- Realizar las pruebas de maniobrabilidad y asequibilidad del producto por parte de cinco personas.

# ANTECEDENTES

No existen  
cuatriciclos para  
personas con  
discapacidad



Fabricados con  
materiales  
nacionales



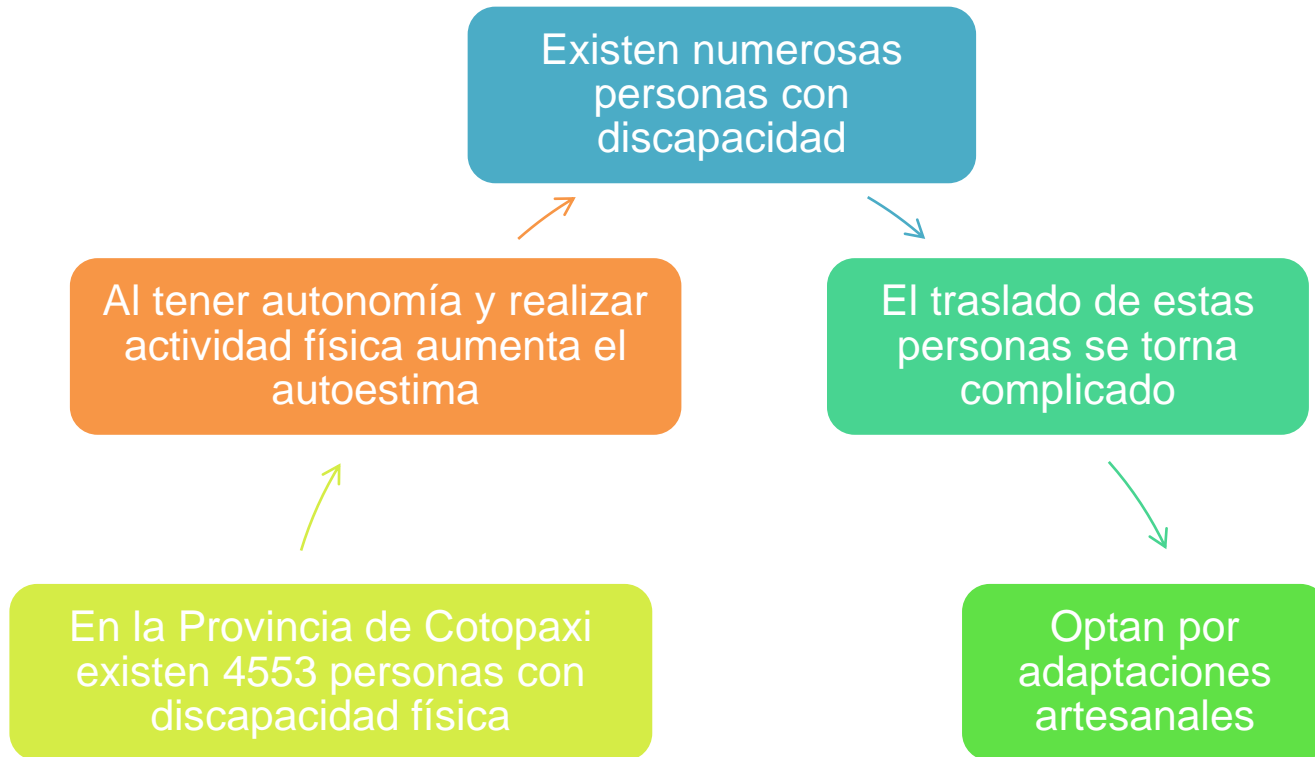
Fabricados sin  
consideraciones de  
ingeniería



Existen  
triciclos  
importados



# DEFINICIÓN DEL PROBLEMA



# ALCANCE DEL PORYECTO

El diseño estructural fue sometido a cargas puntuales para determinar posibles fallas

Se consideró la utilización de un motor eléctrico como asistencia para la tracción en caso de que los ocupantes lo ameriten.

Los materiales utilizados son de fabricación nacional, a excepción de el motor eléctrico y las baterías.

La tracción se la puede realizar desde cualquiera de los dos asientos.



# IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

Buscar nuevas alternativas para la actividad física



Utilizando el ingenio, herramientas y tecnología



Además de brindar todo el confort necesario



# ***DINÁMICA VEHICULAR***

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CUATRICICLO





# ***DIMENSIONAMIENTO***

Ofrecer comodidad y optimizar espacios

Se considera que el sobrepeso es un tema común en el país

Tiene espacio suficiente para maniobrar el vehículo



# ***CRITERIOS SOBRE RIGIDEZ***

El sistema de suspensión ayuda a disminuir la masa no suspendida y aumentar la rigidez

A mayor peso corresponde mayor fuerza centrífuga al curvar.



# DISEÑO Y ANÁLISIS DEL BASTIDOR



# ESTRUCTURA DEL BASTIDOR

Estructura rígida  
donde van montados  
todos los elementos



El bastidor tubular es  
la opción mas viable  
para realizar nuestro  
proyecto



La estructura debe  
ser sólida para  
soportar todas las  
cargas aplicadas



El bastidor está formado  
por dos fuertes largueros  
y varios travesaños similar  
como un automóvil



Triangulación de  
elementos, con el fin  
de disipar de mejor  
manera los esfuerzos  
mecánicos

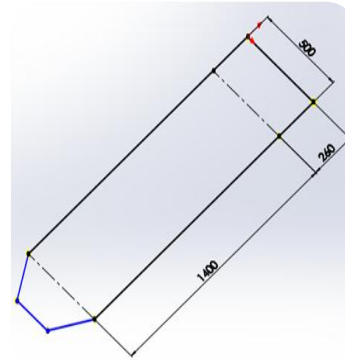


# PROCESO DE DISEÑO DEL BASTIDOR

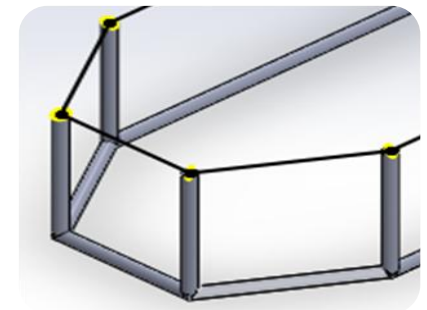
Dibujar posibles bocetos del diseño



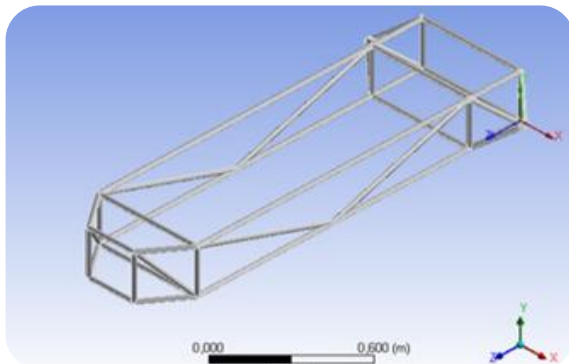
Base diseños tubulares diseñados con anterioridad



Bocetos de cajas posteriores, delanteras, y largueros laterales del diseño



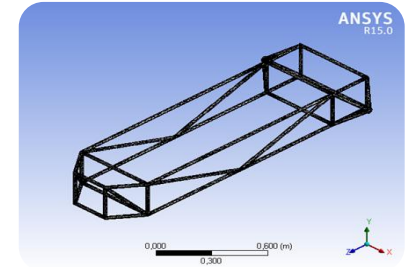
Terminado el boceto, se lo dibuja en 3D usando programas CAD



# ANÁLISIS DEL BASTIDOR

Usando ANSYS 2016, se analiza el diseño

Generación de nodos para formar la malla en toda la superficie



Se insertan las diferentes cargas en el diseño

Cargas muertas en el bastidor	Masa (Kg)
Motor eléctrico	7
Baterías	3
Conjunto transmisión	10
Asientos	10
Estructura	13
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>

Las cargas son cargas vivas y muertas

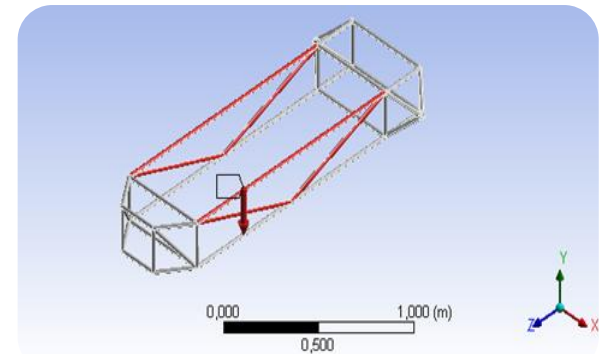
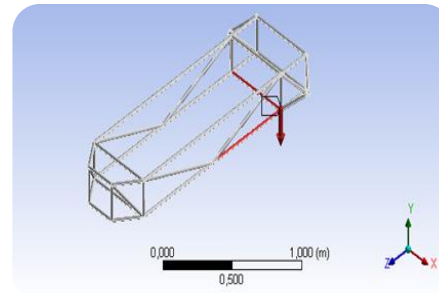
El peso de los ocupantes es de 150 kg

Se considera los puntos de anclaje del diseño para el análisis del mismo



# ANÁLISIS DEL BASTIDOR

Se insertan las cargas del motor y baterías.



Se insertan las diferentes cargas en el diseño



Una vez que todas las cargas fueron colocadas en el diseño, se procede al análisis mediante el software

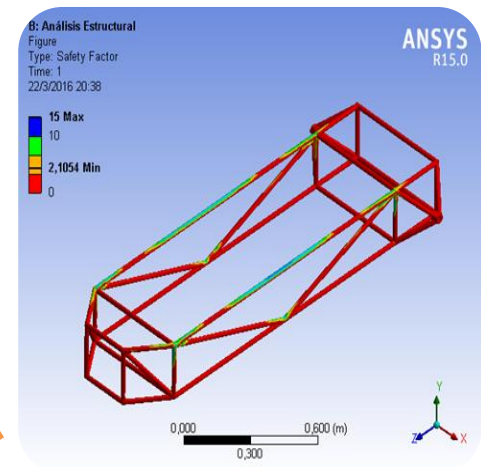


# ANÁLISIS DEL BASTIDOR

Dependiendo de los resultados obtenidos por el análisis, se conocerá si el diseño es válido o no.



Se obtuvo como factor de seguridad mínimo de 2,1054, en las zonas en donde se concentran más los esfuerzos



El diseño es válido y no existe el riesgo de puntos de ruptura.





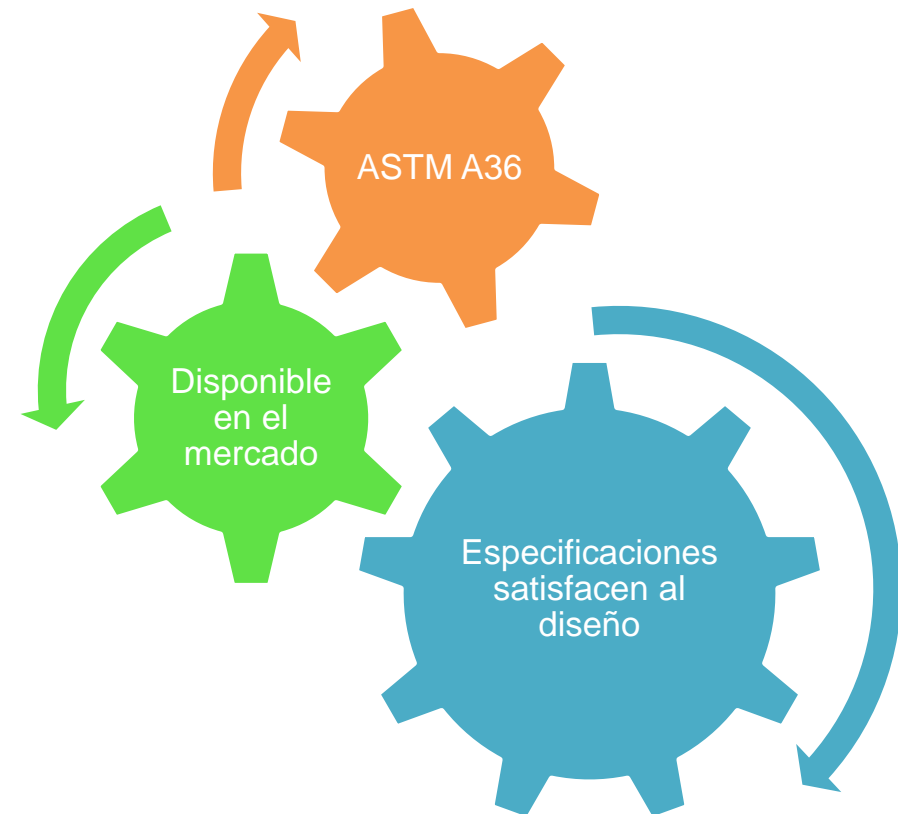
# MATERIALES

Tipo de Acero	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Estructural</b>	Contiene una aleación mínimo de 98% de hierro, con contenido de carbono menores del 1%.	Poseen elevada resistencia mecánica y una adecuada tenacidad	Debido a su estructura molecular, tiende a tener un peso medio-alto
<b>Inoxidable</b>	Contiene cromo en un porcentaje superior al 11%.	Enorme resistencia a la corrosión. Puede trabajar a la intemperie, en cualquier tipo de circunstancia, clima o habita	Debido a sus características y a su composición, su costo es elevado a comparación de los otros tipos de aceros
<b>Herramientas y Matrices</b>	Presencia de tungsteno y molibdeno en su composición química, los cuales elevan la dureza a las altas temperaturas.	Posee alta resistencia al desgaste en frío como en caliente, elevada tenacidad y poca distorsión al ser sometidos a cualquier tipo de tratamiento térmico.	Ya que deben ser resistentes al desgaste, son mucho más difíciles de maquinar que los otros tipos de aceros.
<b>Otras aplicaciones</b>	Son utilizados para la fabricación de diferentes tipos de piezas en todo ámbito.	Se puede realizar resortes, rodamientos, pernos, etc.	Al poseer una alta resistencia al desgaste, al igual que los aceros para herramientas son difíciles de maquinar.



# MATERIALES

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415



# ***SISTEMAS***



# Tracción con motor eléctrico

Tipo de Motor	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Imanes permanentes</b>	Utiliza imanes permanentes y bobinas.	No necesita de alimentaciones de energía eléctrica para excitación. No presente una sobrevelocidad.	Frenado magnético. Pérdida de potencia.
<b>Excitación independiente</b>	Alimentaciones eléctricas independientes para el rotor y del estator.	El campo del estator es constante. Par de fuerza estable.	Problemas por variaciones de velocidad. Alimentación externa.
<b>Shunt o derivación</b>	Se alimenta a las dos ramas, es decir, el devanado del inductor está conectado en paralelo con el devanado del inducido	No tiene un par elevado.	Pequeñas velocidades.
<b>Serie</b>	Está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar	Gran par- motor al arrancar bruscamente.	Par reducido a grandes velocidades.
<b>Sin escobillas</b>	Realiza el cambio de polaridad en sus bobinas electrónicamente.	Es más rápido y eficiente. Mayor control sobre la velocidad y posición. Reduce mantenimiento.	Es más costoso.



# CÁLCULO DE TORQUE Y POTENCIA

- Para poder de terminar el Torque debemos encontrar la fuerza necesaria para mover al cuatriciclo del reposo, que se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$F = C_{rr} Nf$$

- Donde:
  - $F$ = Fuerza para mover del reposo el cuatriciclo
  - $C_{rr}$ = Coeficiente de resistencia a la rodadura que es 0.03
  - $Nf$ = Fuerza normal que es igual al peso
- Por lo tanto la fuerza para mover el cuatriciclo del reposo es de **104,47 N**



# CÁLCULO DE TORQUE Y POTENCIA

- Una vez encontrada la fuerza necesaria para mover el cuatriciclo realizamos en cálculo del torque para eso utilizamos la ecuación siguiente:

$$T_n = R * F$$

- Donde:
  - $T_n$ = Torque
  - $F$ = Fuerza para mover del reposo el cuatriciclo
  - $R$ = Radio de la rueda
- Por lo tanto el Torque es de **26.11 Nm**



# CÁLCULO DE TORQUE Y POTENCIA

- Para el cálculo de la potencia se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ La velocidad máxima debe ser 25 km/h (6.94 m/s) según Directiva Europea 2002/24/CE.

- La potencia se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_{Vmax} = F \cdot Vmax$$

- Entonces la potencia tendrá un valor de **725,02 Watt**  $\approx$  **0,97 HP**



# DIRECCIÓN

## Seguridad

- Está relacionada directamente con la fiabilidad del mecanismo realizado y los materiales utilizados

## Suavidad

- Se logra con un acople preciso entre los elementos que conforman la dirección además de realizar un perfecto engrase en cada una de las partes móviles

## Precisión

- El movimiento del mecanismo es proporcional y precisa logrando una simetría entre los movimientos y el giro de las ruedas

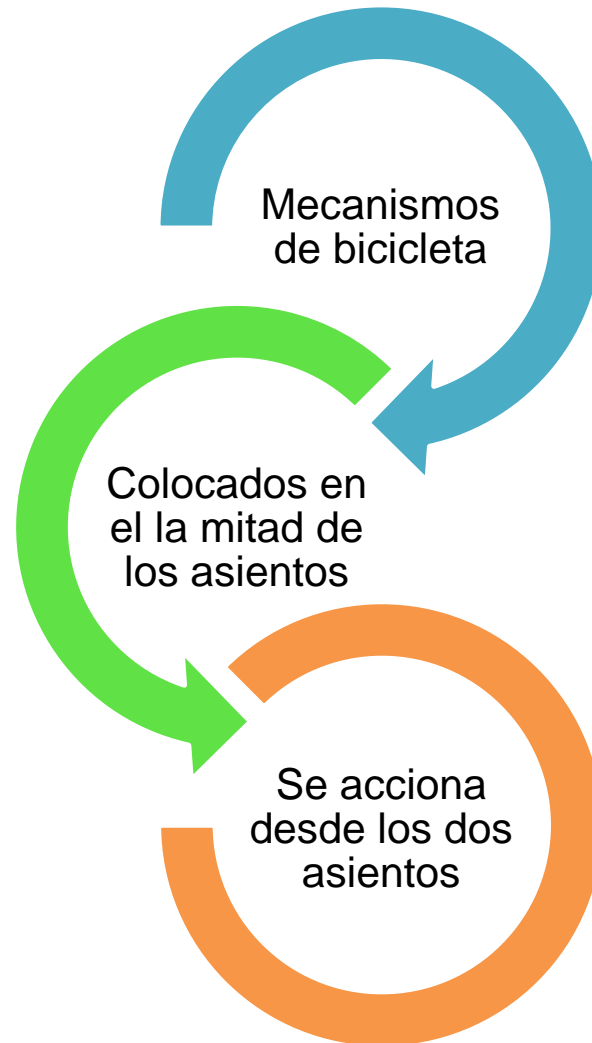




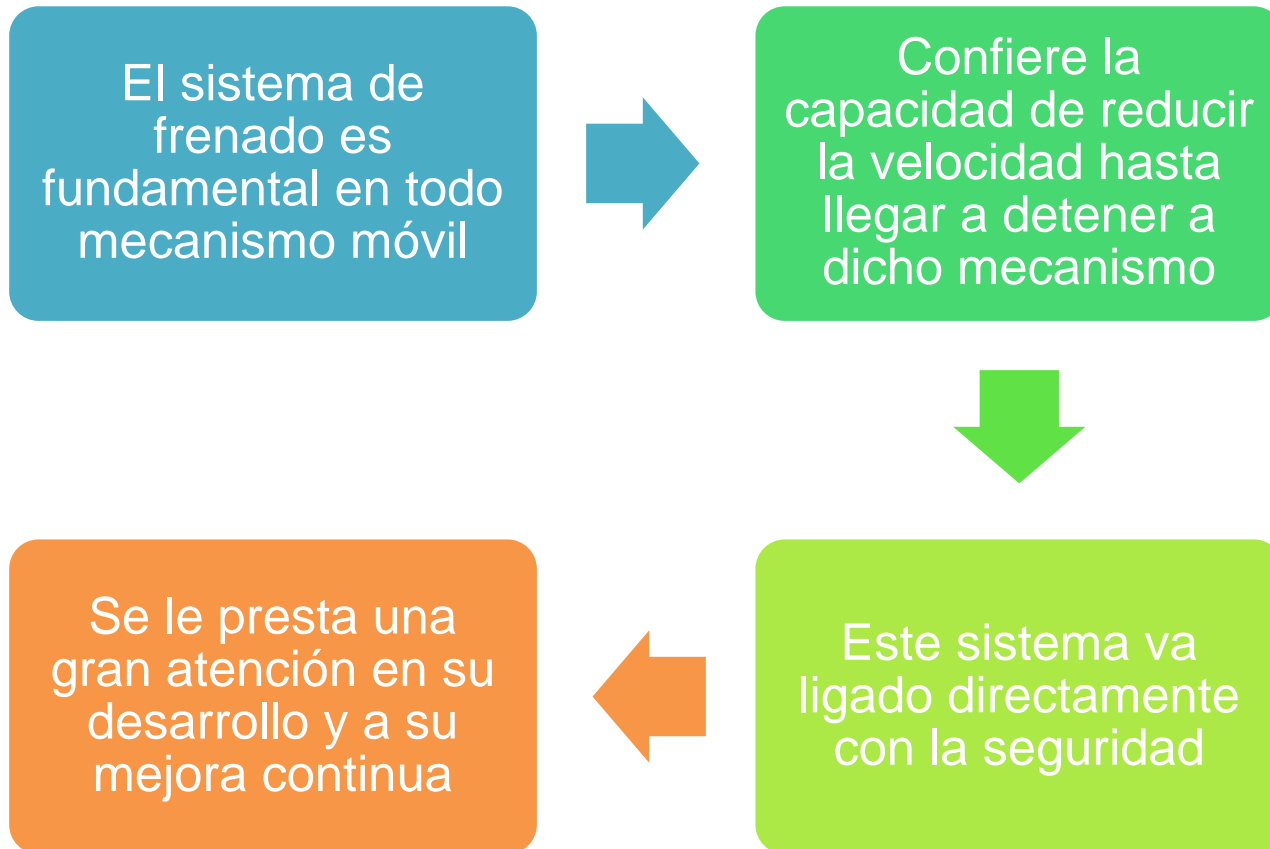
Tipo de Dirección	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Mecánica del Automóvil</b>	Utiliza mecanismos para lograr que el movimiento del volante sea enviado a las ruedas.	Control más real No es un sistema complejo	Se necesita un gran esfuerzo Costo elevado Peso elevado
<b>Hidráulica del Automóvil</b>	Se utiliza presión hidráulica para disminuir el esfuerzo a direccionar el vehículo.	Menor esfuerzo para curvar Mayor precisión Mayor control	Sensible a cualquier movimiento Costo elevado Mayor peso
<b>Mecánica de Bicicleta</b>	Son de funcionamiento simple y con un sistema de varillaje o eje giratorio.	Bajo costo Libertad de adaptación Ocupa poco espacio	Construir piezas



# SISTEMA DE DIRECCIÓN



# FRENOS



# FRENOS

Existen varios tipos de sistemas de frenos



**Frenos de Aro:**  
- Frenos de Caliper  
- Frenos Cantilever

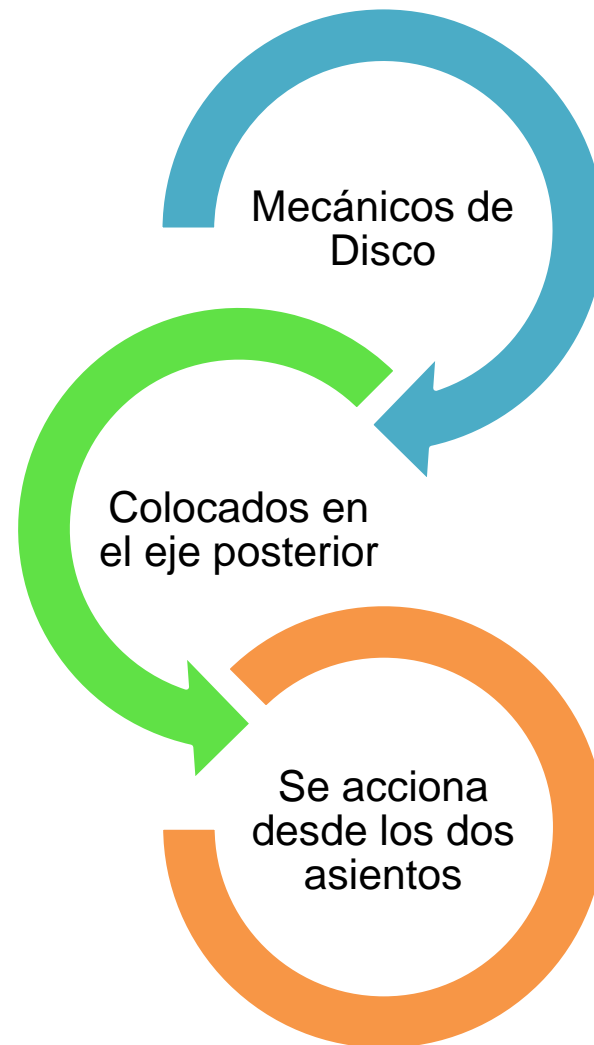
**Frenos de Disco**

**Frenos de Maza**

**Frenos Contrapedal**



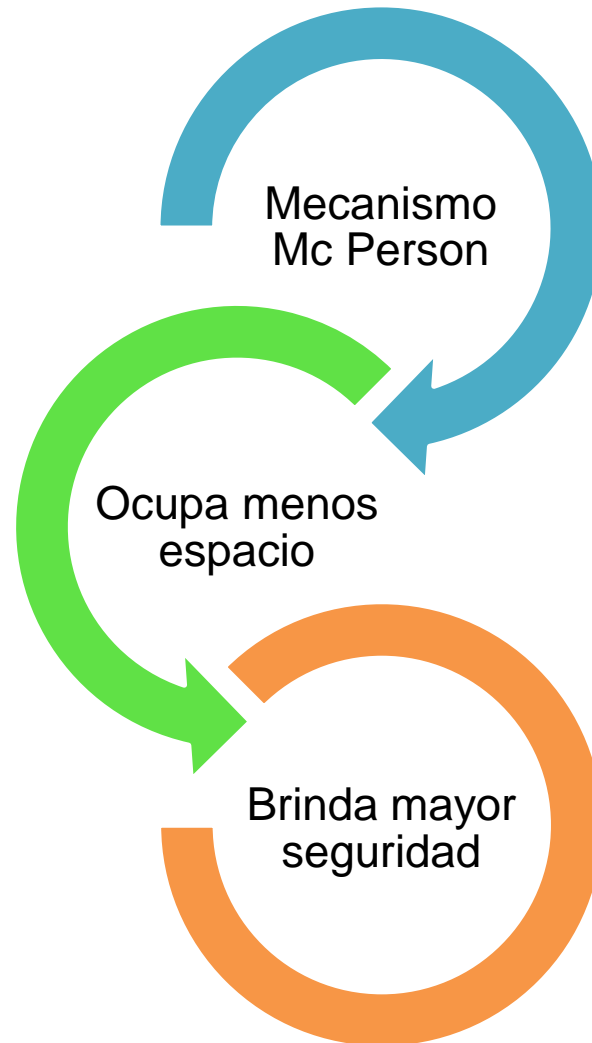
# SISTEMA DE FRENOS



# Sistemas de Suspensión



# Sistema de suspensión



# PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Se miden los tubos, con la ayuda de un flexómetro, según los planos



Los tubos se cortan con una tronadora o con cierra y se coloca en un boceto impreso



Se los perfila los tubos para soldarlos



Terminado el proceso de soldadura, el bastidor quedará armado





# PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Para empezar el proceso de pintura, se toma como base la NORMA ISO 12944



Primero se lija todas las superficies, para eliminar posible acumulación de óxido



Cuando ya se haya lijado las superficies se puede realizar el proceso de pintado



Para este proceso, se toman todas las medidas de seguridad



El color que se eligió es un negro luminoso, anticorrosivo de uso automotriz

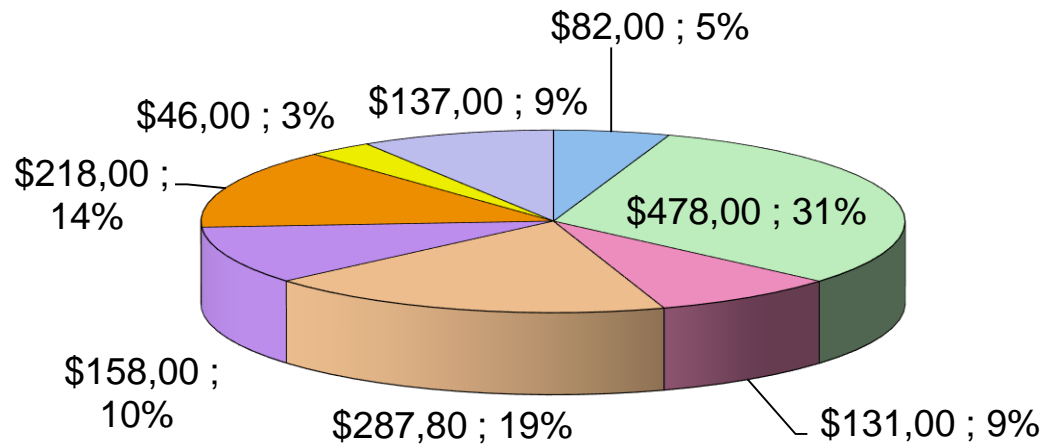


El proyecto terminado se verá así



# PRESUPUESTO

Area Total



- Sistema de Frenos
- Sistema de Transmisión y motor
- Estructura
- Electrica
- Acabados y varios
- Sistema de Dirección
- Suspensión y Amortiguadores
- Ruedas y Neumáticos



Sistemas	Sub-Total	Trabajo para el ensamblaje del vehículo	Total
Sistema de Frenos	\$ 82,00	0,40	\$ 82,00
Sistema de Transmisión y motor	\$ 478,00	0,65	\$ 478,00
Estructura	\$ 131,00	1,78	\$ 131,00
Eléctrica	\$ 259,80	0,77	\$ 259,80
Acabados y varios	\$ 158,00	1,10	\$ 158,00
Sistema de Dirección	\$ 218,00	0,90	\$ 218,00
Suspensión y Amortiguadores	\$ 46,00	0,45	\$ 46,00
Ruedas y Neumáticos	\$ 137,00	0,25	\$ 137,00
<b>Total del Vehículo</b>	<b>\$ 1.509,80</b>	<b>\$ 6,30</b>	<b>\$ 1.509,80</b>

# CONCLUSIONES

- Es factible diseñar y construir un bastidor seguro con materiales de producción nacional para personas con discapacidad física, por medio de programas que ayudan a diseñar y analizar las cargas que va a soportar para su posterior construcción.



# CONCLUSIONES

- Para el cuatriciclo biplaza para personas con discapacidad física se eligió la tracción mecánica por medio de cadenas, el proyecto está destinado a personas que posean o no sus extremidades superiores o inferiores, de esta forma ayuda a incentivar la actividad física en personas con discapacidad, la asistencia electrónica se la realiza por parte de un motor eléctrico de corriente continua sin escobillas de 1 HP.



# CONCLUSIONES

- Se diseñó el cuatriciclo biplaza para personas con discapacidad física usando criterios de ingeniería, obteniendo un factor de seguridad mínimo de 2,1054; por lo tanto el diseño es válido.



# RECOMENDACIONES

- Utilizar manufactura local para realizar la construcción de elementos que no existen en el mercado.
- No sobrepasar los 25 km/h debido al diseño del proyecto.
- Realizar un mantenimiento constante de las partes móviles del cuatriciclo principalmente la regulación de frenos.



