



Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

## Diseño de la carcasa de un prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo para el testeo de electrónica interna y motorización eléctrica del Laboratorio de Investigación de Vehículos Eléctricos del Instituto Tecnológico de Costa Rica

para obtener el título de  
Ingeniero en Diseño Industrial  
con el grado académico de  
Bachillerato

**Bárbara Herrera**

Cartago Noviembre, 2019

## RESUMEN

El Laboratorio de Investigación de Vehículos Eléctricos (LIVE), con origen en la Sede Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), tiene como meta a largo plazo desarrollar el primer Vehículo Eléctrico Autónomo de Costa Rica (VEA). Para ello, el Ingeniero en Electrónica Eduardo Calvo ha diseñado un Sistema Embebido para el Control de un Vehículo Autónomo a Escala, logrando con éxito que este recorriera una ruta dentro del campus de manera autónoma.

Ahora el siguiente reto es transferir este conocimiento a un auto a escala real. Por ello el laboratorio adquirió la donación de un auto usado modelo Honda H4514H, cuyo fin original era cortar césped. Este carro se desmanteló para obtener de él el chasis y tomarlo como la piedra angular del proyecto. Ante esto entra el papel del Ingeniero en Diseño Industrial en diseñar una carcasa que se adapte a este chasis existente, y que además permita el testeado de electrónica interna y motorización eléctrica para transferir el conocimiento del Sistema Embebido para el Control de un Vehículo Autónomo a Escala a escala real.

### Palabras clave:

diseño, producto, carro, eléctrico, autónomo, testeado, prototipo, carcasa.

## ABSTRACT

The Electric Vehicle Research Laboratory (LIVE), from the Technological Institute of Costa Rica (ITCR), has the long-term goal of developing the first Autonomous Electric Vehicle of Costa Rica (VEA). For this, the Electronics Engineer Eduardo Calvo has designed an Embedded System for the Control of an Autonomous Vehicle at Scale, successfully making it travel a route within the campus autonomously.

Now the next challenge is to transfer this knowledge to a real-scale car. Therefore, the laboratory acquired the donation of a used Honda H4514H model car, whose original purpose was to cut grass. This car was dismantled to obtain the chassis from it and take it as the cornerstone of the project. Before this comes the role of the Industrial Design Engineer in designing a housing that adapts to this existing chassis, and that also allows the testing of internal electronics and electric motorization to transfer the knowledge of the Embedded System for the Control of an Autonomous Vehicle at Scale on a real scale

### Keywords:

design, product, car, electric, autonomous, testing, prototype, housing.



# CONTENIDOS

Antecedentes .....	4
Definición del problema .....	11
Justificación .....	18
Objetivos .....	20
Alcances y limitaciones .....	22
Metodología a seguir .....	24
Usuario .....	28
Contexto de uso .....	42
Investigación y análisis .....	48
Diseño .....	76
Producto final .....	102
Recomendaciones .....	133
Bibliografía .....	135
Anexos .....	142
Constancia .....	153



# 1. ANTECEDENTES

1.1. Ampliación del campus de la sede central del TEC .....	5
1.2. TEC, Primera universidad pública carbono neutral de Costa Rica .....	7
1.3. Laboratorio de Investigación de Vehículos Eléctricos .....	8

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. AMPLIACIÓN DEL CAMPUS DE LA SEDE CENTRAL DEL TEC

Desde el año 2016 el Instituto Tecnológico de Costa Rica ha inaugurado nuevos edificios alrededor del Campus Central en Cartago, gracias al Proyecto de Mejoramiento Institucional con financiamiento del Banco Mundial o con recursos del Fondo Especial para la Educación Superior (FEES). Entre las nuevas instalaciones se encuentran el Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación, Núcleo Integrado de Seguridad Laboral, Núcleo Integrado de la Escuela de Diseño Industrial, Núcleo Integrado Química-Ambiental, Biblioteca Learning Commons y el nuevo Comedor Institucional, tal y como se muestra en la imagen 1 (Jiménez-Mata, 2016).



**Imagen 1.** Sede central del TEC y sus nuevos edificios. Google Earth. (s.f.). [Mapa del TEC Cartago, Costa Rica en Google Earth]. Recuperado el 10 de Septiembre, 2019.

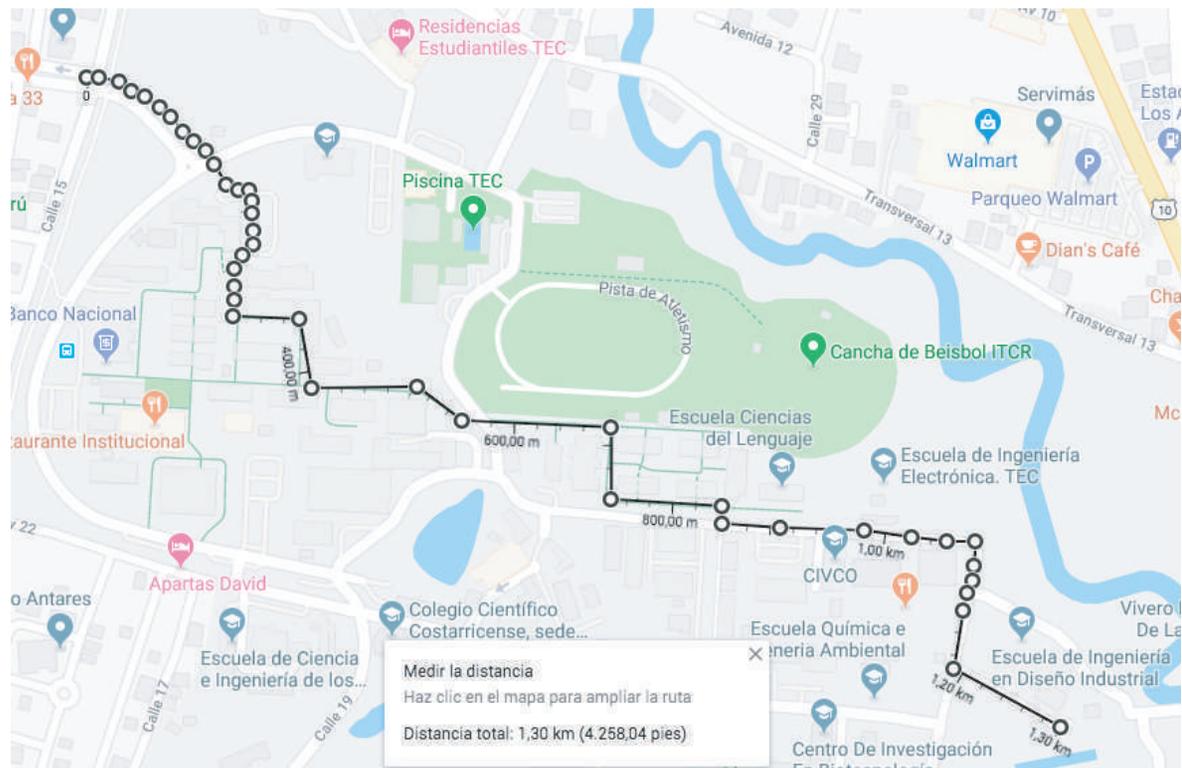
### Nuevos edificios

1. Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación.
2. Núcleo Integrado de Seguridad Laboral.
3. Núcleo Integrado de la Escuela de Diseño Industrial.
4. Núcleo Integrado Química-Ambiental.
5. Biblioteca Learning Commons.
6. Nuevo Comedor Institucional.

### Otras referencias

7. Entrada principal.
8. Pista de atletismo.
9. Escuela de Ingeniería Forestal.

Estas mejoras han provocado una notable expansión de la sede central que no se daba desde la apertura misma del TEC. Los estudiantes ahora deben movilizarse mayores distancias, por lo que un servicio interno institucional que ayude a minimizar los tiempos de desplazamiento se ha convertido en toda una necesidad. Por ejemplo, la distancia que debe desplazarse un estudiante desde la entrada principal del TEC hacia el Núcleo Integrado de la Escuela de Diseño Industrial, uno de los nuevos edificios, es de 1.3 km aproximadamente, tal y como se ilustra en la imagen 2. Este recorrido a pie dura hasta 20 min.



**Imagen 2.** Recorrido desde la entrada principal del TEC hacia la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial. Google. (s.f.). [Mapa del TEC Cartago, Costa Rica en Google maps]. Recuperado el 6 de Agosto, 2019, de: <https://www.google.com/maps/@9.8556297,-83.909557,17z>

## 1.2. TEC, PRIMERA UNIVERSIDAD PÚBLICA CARBONO NEUTRAL DE COSTA RICA

Por otro lado, el 30 de octubre del 2018 el TEC obtuvo una certificación de Carbono Neutralidad emitida por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), la universidad trabaja arduamente en la disminución de emisiones de carbono a través del trato de tres temas: Residuos sólidos, consumo de electricidad y flotilla vehicular. Este último toma acciones concretas al iniciar el empleo de vehículos híbridos y eléctricos, tal y como se ve en la imagen 3 (Grajales-Navarrete, 2019).

Actualmente existe un servicio de autobús Cartago-TEC y TEC-Cartago valorado en 150 colones, sin embargo, si es usado dentro del campus es gratuito. Estos

buses parten cada hora aproximadamente y cuentan con una ruta fija ("Servicios públicos", s.f). Además se alimentan por combustión, siendo un problema para la institución por la emisiones de carbono.

Por los motivos anteriores de la expansión del campus y de la certificación de Carbono Neutralidad del TEC, LIVE trabaja en el desarrollo de un prototipo para una futura flotilla de vehículos eléctricos que sirva de transporte interno en la sede central del TEC, donde sustituir el motor de combustión evite un impacto negativo al ambiente.

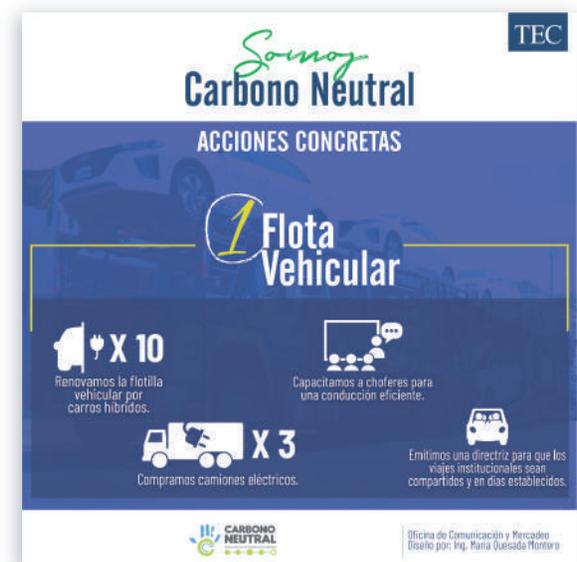


Imagen 3. Acciones concretas en la flota vehicular institucional. Google. (2019). Recuperado el 27 de Agosto, 2019, de: <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2019/02/27/tec-se-convierte-primera-universidad-publica-carbono-neutral-pais>

### 1.3. LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

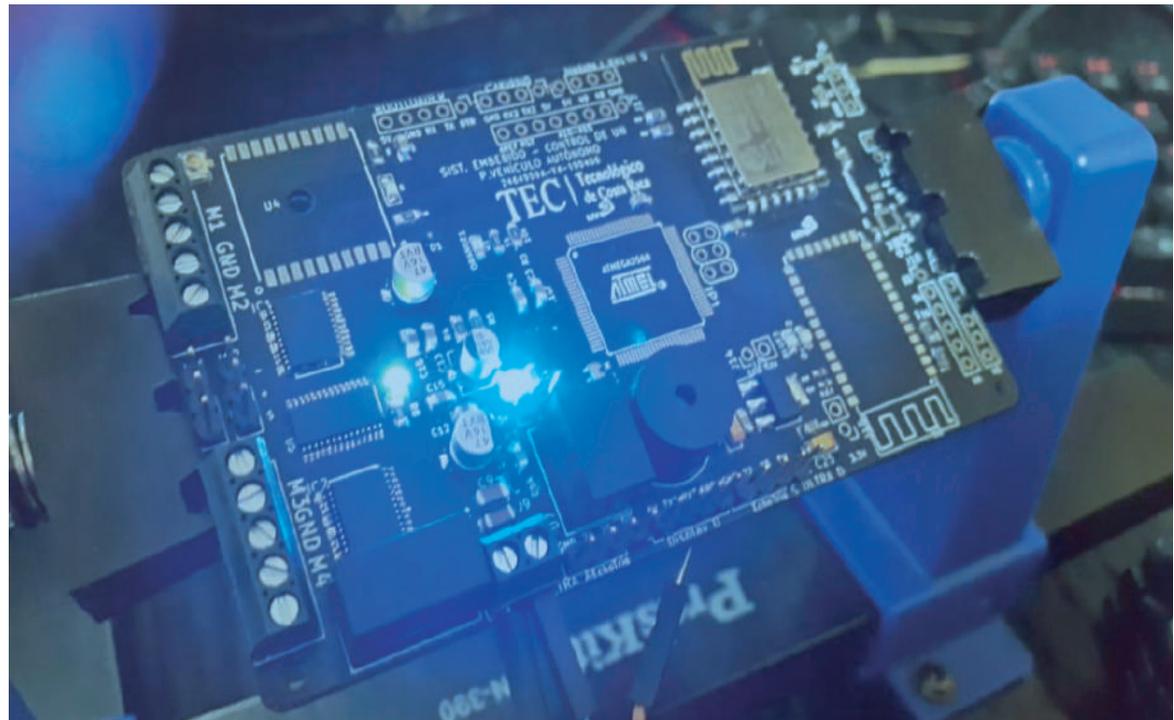
El Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE) está ubicado en la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Se fundó en enero del 2018 como parte de las nuevas instalaciones de la Escuela de Ingeniería en Electrónica. El responsable a cargo de LIVE es el profesor Ingeniero Sergio Morales, coordinador que en conjunto con un grupo interdisciplinario de treinta y seis estudiantes da vida a este laboratorio (imagen 4). Las carreras involucradas son: Administración de Empresas, Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Computadores, Ingeniería en Diseño Industrial, Ingeniería en Electrónica, Ingeniería Forestal e Ingeniería en Mantenimiento Industrial.



**Imagen 4.** El laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos está conformado por estudiantes de las carreras: Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Ingeniería en Diseño Industrial, Ingeniería Ambiental e Ingeniería Forestal. Hoy en el TEC. (2018). Recuperado el 10 de Septiembre, 2019, de: <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2018/09/26/se-fortalece-movilidad-electrica-tec>

Desde los inicios del laboratorio el proyecto destacado es el desarrollo del primer vehículo eléctrico autónomo costarricense, definiéndose como aquel equipado con tecnología que permita su conducción sin precisar el control de un conductor, y que se alimente de energía eléctrica para evitar la emisión de gases contaminantes al entorno (“El primer coche autónomo, ya en carretera”, 2015).

Dentro de los esfuerzos de LIVE se encuentra el Sistema Embebido para el Control de un Vehículo Autónomo a Escala (imagen 5), por el Ingeniero Eduardo Calvo, el cual logró que un carro escala siguiera una ruta preestablecida alrededor del campus central.



**Imagen 5.** Sistema Embebido para el Control de Vehículo Autónomo a Escala. Calvo, Eduardo. (2019). Recuperado el 10 de Septiembre, 2019, de: Diseño de un Sistema Embebido para el Control de un Prototipo de Vehículo Autónomo a Escala.pdf

En la figura 1 se muestra un resumen de los componentes electrónicos que la nueva carcasa tendrá que albergar.



Figura 1. *Funciones inteligentes VEA*. Elaboración propia.



## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Problema de diseño .....	12
2.2. ¿Cuál será la función de la nueva carcasa? .....	13
2.3. Piezas a la que la carcasa deberá adaptarse .....	14
2.4. Disciplinas involucradas en el prototipo eléctrico semiautónomo .....	15
2.5. Línea de tiempo del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo: Acciones e involucrados .....	16
2.6. Manufactura de un prototipo único .....	17

¿Cómo diseñar la carcasa de un prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo que se usará para testear electrónica y que tenga que adaptarse a un chasis ya existente?

## 2.1. ¿CUÁL SERÁ LA FUNCIÓN DE LA NUEVA CARCASA?

La carcasa por diseñar además de proteger todo lo que esté en su interior deberá también facilitar el testeado de la electrónica interna. Los componentes electrónicos aún no se definen, por lo que la carcasa deberá adaptarse a ellos. Además debe brindar un fácil acceso al interior del prototipo para la inserción o cambio de un componente.



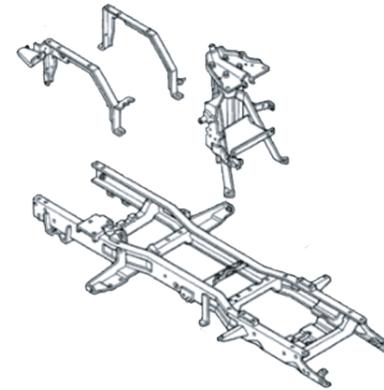
**Imagen 6.** La carcasa debe de proteger y permitir la fácil instalación de la ingeniería interna que requiera fijarse a ella, imagen con fines ilustrativos. Thayer School of Engineering at Dartmouth. (2019). [Formula Hybrid Competition]. Recuperado el 10 de Septiembre, 2019, de: <https://engineering.dartmouth.edu/events/formula-hybrid-competition-2019>

## 2.2. PIEZAS A LA QUE LA CARCASA DEBERÁ ADAPTARSE

Para el desarrollo del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo, LIVE consiguió la donación de un carro (imagen 7). Se desmontó y obtuvo el chasis, según el Diccionario de la Real Academia Española es la armazón del automóvil que soporta la carrocería (imagen 8). El chasis servirá de base para construir el prototipo, por lo que la carcasa deberá adaptarse a esta pieza, además que también deberá hacerlo con el asiento y manubrio originales del Honda H4514, ya que se debe reutilizar la mayor cantidad de partes por falta de presupuesto.



**Imagen 7.** *Honda H4514 es el modelo del vehículo usado que se desmontó para obtener el chasis base sobre el que se construirá el prototipo.* Honda. (s.f.). [Honda H4514 / H4518 Lawn Tractor Parts Diagrams]. Recuperado el 14 de Mayo, 2019, de: <https://www.hondalawnparts.com/honda-h4514-h4518-lawn-tractor-parts>



**Imagen 8.** *Chasis base para la futura adición de la nueva carcasa, componentes electrónicos y motor eléctrico.* Honda. (s.f.). [Honda power equipment H4514H HSA/A - MZAS 1000001-1999999 frame]. Recuperado el 14 de Mayo, 2019, de: <https://www.hondalawnparts.com/oemparts/a/hpe/505ce77df870022d24bdf8ac/frame>

## 2.3. DISCIPLINAS INVOLUCRADAS EN EL PROTOTIPO ELÉCTRICO SEMIAUTÓNOMO

Hay dos departamentos involucrados en el desarrollo del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo con los que el diseñador industrial puede contar para asesoría y detección de necesidades: El Departamento de Electrónica trabaja en los INPUTs del Vehículo Eléctrico Autónomo y la carga inalámbrica. Luego el Departamento de Mantenimiento Industrial hace un estudio del chasis base para hacer modificaciones futuras y poder agregar el motor eléctrico, baterías, demás electrónica interna y la nueva carcasa.

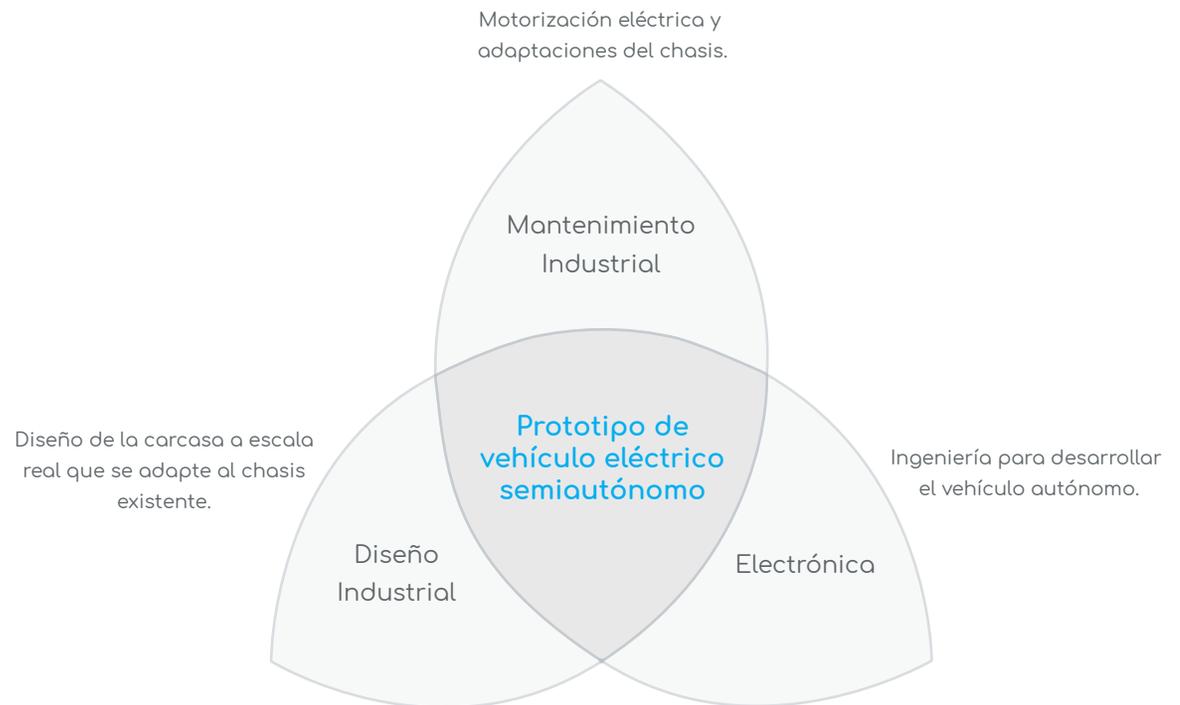


Figura 2. Disciplinas involucradas en el desarrollo del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo. Elaboración propia.

## 2.4. LÍNEA DE TIEMPO DEL PROTOTIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO SEMIAUTÓNOMO: ACCIONES E INVOLUCRADOS

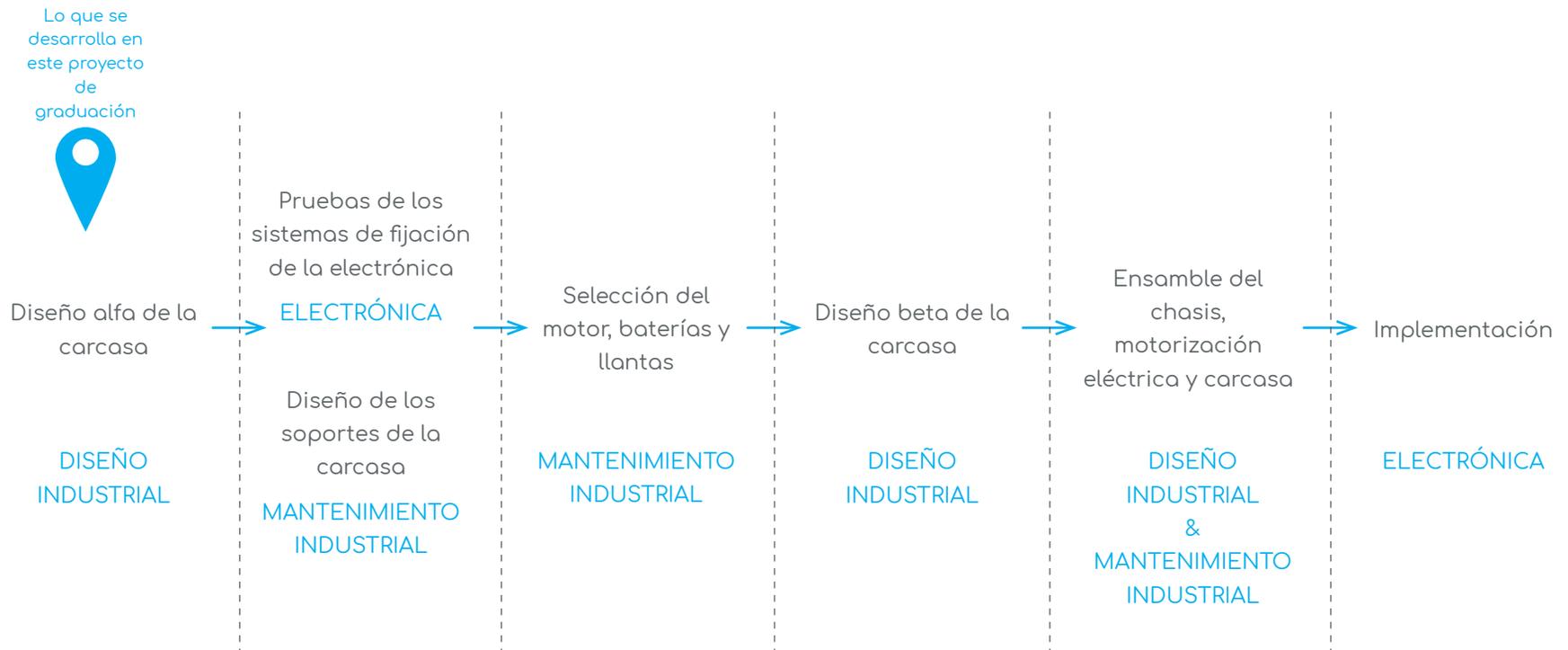
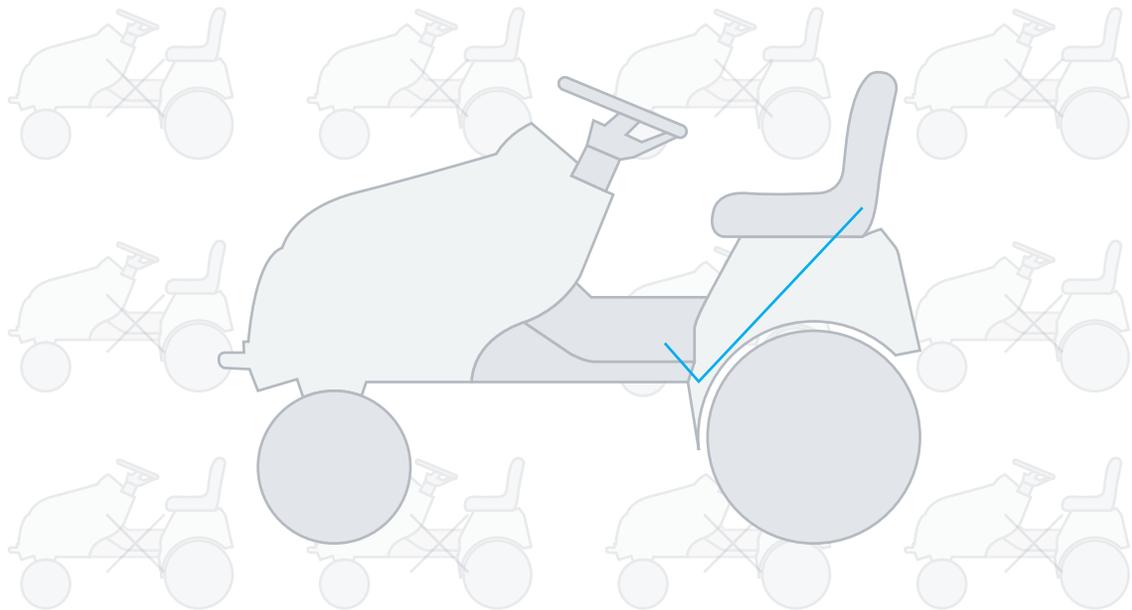


Figura 3. Línea de tiempo de la confección del prototipo eléctrico semiautónomo y sus involucrados. Elaboración propia.

## 2.5. MANUFACTURA DE UN PROTOTIPO ÚNICO

Para el prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo se requerirá de un único ejemplar que permita el testeo de la electrónica interna.



**Figura 4.** El reto de la manufactura se centra en la producción de un único ejemplar de la carcasa para el prototipo de vehículo eléctrico. Elaboración propia.

### 3. JUSTIFICACIÓN

19



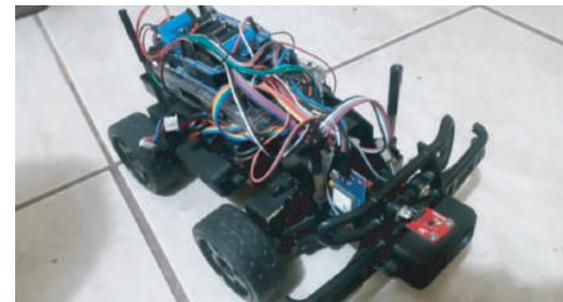
### 3. JUSTIFICACIÓN

LIVE debe su fundación al nuevo paradigma de vehículo eco amigable, inclinándose a la investigación de vehículos eléctricos.

Para la creación del primer vehículo eléctrico autónomo hecho en Costa Rica el laboratorio diseñó el Sistema Embebido para el Control de un Vehículo Autónomo a Escala (ver imagen 9). El sistema funcionó perfectamente, y ahora el objetivo de los investigadores es trasladar ese conocimiento a tamaño real, trabajo que no es sencillo.

Por el motivo anterior LIVE requiere de un objeto que pueda reunir toda esta ingeniería en desarrollo y permita su testeo, por lo que entra en la ecuación el papel del Ingeniero

en Diseño Industrial. La carcasa es la respuesta a esta necesidad ya que resguardaría todos los componentes en su interior y facilitaría la inserción o remoción de los elementos a prueba. Además daría un aporte estético que ayudaría a LIVE a posicionarse en terreno nacional como un referente de la motorización eléctrica.



**Imagen 9.** Ya el laboratorio ha hecho pruebas de la electrónica en prototipos escalados, mas ahora quiere iniciar la pruebas a escala real y evaluar el estudio del prototipo de vehículo eléctrico autónomo desde un punto de vista más realista. Calvo, Eduardo. (2019). [Prototipo de Vehículo Autónomo Proyecto Laboratorio de Transformadores y Máquinas Eléctricas (ITCR)]. Recuperado el 11 de Septiembre, 2019, de: Diseño de un Sistema Embebido para el Control de un Prototipo de Vehículo Autónomo a Escala.



## 4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General .....	21
4.2. Objetivos Específicos .....	21

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la carcasa del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo para el testeo de electrónica interna y motorización eléctrica del Laboratorio de Investigación de Vehículos Eléctricos del Instituto Tecnológico de Costa Rica, sobre un chasis ya existente.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer una carcasa que se ensamble al chasis existente y que permita la adición y correcto desempeño de componentes electrónicos.
- Facilitar a través de la carcasa el testeo de los componentes electrónicos y motorización.
- Proteger al usuario durante el testeo del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo.

## 5. ALCANCES Y LIMITACIONES

23



## 5. ALCANCES Y LIMITACIONES

### 5.1. ALCANCES

- Modelo virtual detallado, funcional y estético.
- Modelo físico final escalado.

### 5.2. LIMITACIONES

- Dificultad para producir una carcasa en tamaño real por falta de apoyo económico.

## 6. METODOLOGÍA A SEGUIR

6.1. Planeación .....	25
6.2. Usuario .....	25
6.3. Contexto de uso .....	25
6.4. Investigación y análisis .....	26
6.5. Concepto de diseño .....	26
6.6. Propuesta de diseño .....	26
6.7. Diseño .....	27
6.8. Prototipado .....	27

## 6. METODOLOGÍA A SEGUIR

Diseñar la carcasa de un vehículo sobre un chasis es un tema complejo, y más aún cuando lo que debe proteger en su interior es ingeniería delicada y permitir el testeo de electrónica y motorización eléctrica. Por ello, el proceso de investigación es vital para comprender el paradigma básico del vehículo eléctrico y las necesidades de un usuario difícil, tal y como lo son los ingenieros en Electrónica y Mantenimiento Industrial.

Para lograr diseñar exitosamente se propone las siguientes etapas:

### 6.1. PLANEACIÓN

Funcionará como primer acercamiento del diseñador al reto. Esta etapa ayudará a definir la dirección hacia la que se dirigirá el proyecto. Sus secciones serán:

- Antecedentes.
- Definición del problema.
- Justificación.
- Objetivo del producto.
- Alcances y limitaciones.
- Metodología y cronograma.

### 6.2. USUARIO

Conocer las necesidades de los investigadores de LIVE, Ingenieros Electrónicos y en Mantenimiento Industrial, para desarrollar una buena experiencia de uso durante el testeo de la electrónica y motorización eléctrica:

- ¿Quién es el usuario?
- Análisis de uso: ¿Cómo se instala la electrónica?, ¿cómo se instala la motorización eléctrica?, empleo del carro con conducción manual y autónoma, carga por conexión.
- Análisis ergonómico: ergonomía durante la conducción manual.

### 6.3. CONTEXTO DE USO

- Determinar las variables que presenta el terreno de la Sede Central del TEC en las que se planea hacer testeos del futuro prototipo, y ver cómo éstas afectarán el diseño.

### 6.4. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

Sección vitalísima del proyecto, se investigará sobre:

- Carcasa original Honda H4514.
- Chasis original Honda H4514.
- Uniones originales carcasa-chasis Honda H4514
- Funcionamiento de la electrónica interna.
- Dimensiones y geometría de la electrónica interna
- Componentes que se fijarán a la carcasa.
- Ubicación de la electrónica en la carcasa.
- Carga inalámbrica.
- Ubicación y proporción de las partes de la motorización eléctrica en modelos ya existentes.
- Requerimientos de la motorización eléctrica.

### 6.5. DISEÑO

Síntesis de la investigación y análisis en función al diseño:

- Producto, usuario y necesidad
- Concepto de diseño
- Frase semántica
- Moodboard: Tecnológico
- Análisis cromático. Monocromático
- Análisis formal
- Análisis de referenciales
- Necesidades, requerimientos y especificaciones tangibles
- Necesidades, requerimientos y especificaciones intangibles
- Arquitectura del producto
- Propuestas de diseño
- Matriz de decisión

## 6.6. PRODUCTO FINAL

Concepción del diseño:

- Descripción
- Partes
- ¿Cómo cumple con el concepto de diseño?
- Ensamblajes
- Interacción con el usuario
- Materiales
- Planos Técnicos
- Gradiente de mejora del producto

## 6.7. PROTOTIPADO

Materialización del diseño:

- Prototipo alfa escalado que respete la geometría y se aproxime a los materiales propuestos en el diseño, pero no necesariamente fabricado con los procesos reales a usarse en la producción.



## 7. USUARIO

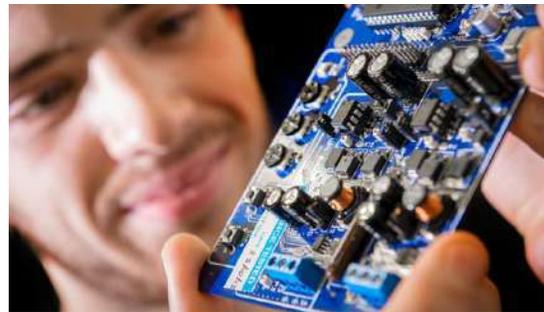
7.1. ¿Quién es el usuario? .....	29
7.2. Análisis de uso: ¿Cómo se instala la electrónica? .....	30
7.3. Análisis de uso: ¿Cómo se instala la motorización eléctrica? .....	31
7.4. Análisis de uso: Empleo del carro con conducción manual .....	32
7.5. Análisis de uso: Empleo del carro con conducción autónoma .....	33
7.6. Análisis de uso: Colisión o volcamiento .....	34
7.7. Análisis de uso: Carga por conexión .....	35
7.8. Consolidado del análisis de uso .....	36
7.9. Ergonomía durante la conducción manual .....	37
7.10. Análisis ergonómico .....	38
7.11. Traducción del análisis ergonómico a la carcasa .....	39

## 7. USUARIO

### 7.1. ¿QUIÉN ES EL USUARIO?

Todos los ingenieros involucrados en el desarrollo de la electrónica interna y motorización eléctrica del prototipo eléctrico autónomo. Son adultos de edades y géneros variados, y con habilidades técnicas muy desarrolladas.

#### Ingeniero en Electrónica



Maneja todo lo relevante a dispositivos electrónicos y de comunicaciones, donde sus habilidades son (Comisión de Ingeniería en Electrónica y de Telecomunicaciones, 2013):

- Diseñar.
- Adaptar.
- Instalar.
- Operar.
- Dar mantenimiento.

#### Ingeniero en Mantenimiento Industrial



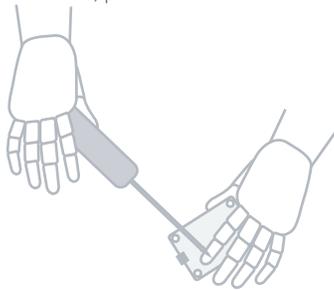
Manejo de conocimientos electromecánicos, donde sus habilidades son (Asociación Costarricense de Ingeniería en Mantenimiento y Gestión de Activos, s.f.):

- Diseñar.
- Inspeccionar.
- Instalar sistemas electromecánicos.
- Fabricar maquinaria, equipos y repuestos.

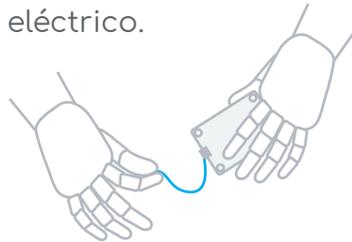
## 7.2. ANÁLISIS DE USO: ¿CÓMO SE INSTALA LA ELECTRÓNICA?

- ① El investigador fija la electrónica a la carcasa o al chasis.

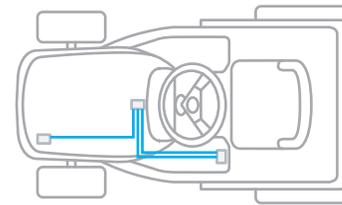
\*atornillado, cinta de doble contacto, prensas.



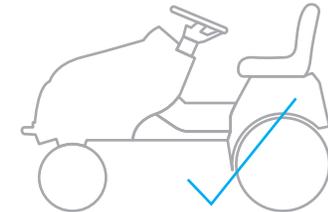
- ② Se realizan las conexiones para intercomunicar componentes o para alimentarlos de flujo eléctrico.



- ③ Se organiza el cableado.



- ④ Se realizan los testeos.



---

### Conclusiones:

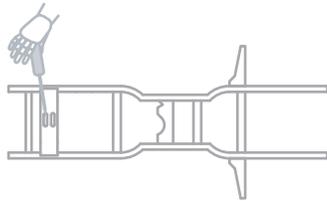
🔑 Brindar fácil acceso al interior del prototipo.

↕ Proveer sistema de fijación para componentes que se adapte de tamaño.

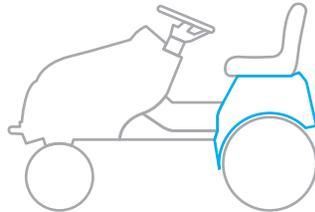
⌋ Facilitar un mecanismo para la organización interna de la circuitería.

### 7.3. ANÁLISIS DE USO: ¿CÓMO SE INSTALA LA MOTORIZACIÓN ELÉCTRICA?

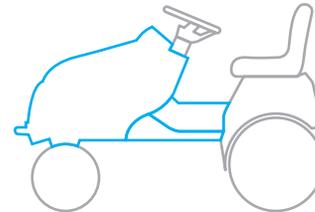
① Se toma el chasis base y se modifica para que pueda instalarse en él el la motorización eléctrica.



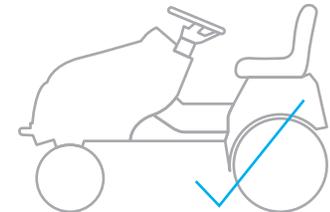
② Se instala el motor eléctrico, el controlador, el sistema de enfriamiento y otros en el guardabarros trasero.



③ Se instalan las baterías en el panel de piso y en la capucha, cuyo número está indefinido



④ Se hacen las conexiones respectivas entre la motorización eléctrica y las baterías.



---

#### Conclusiones:

🔑 Brindar fácil acceso al interior del prototipo.

📦 Proveer un espacio para colocar los componentes de la motorización eléctrica.

🌬️ Brindar ventilación a la zona de las baterías.

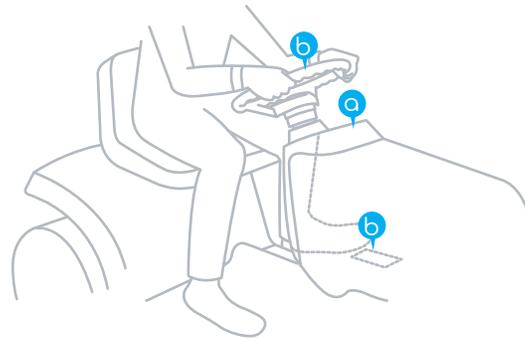
## 7.4. ANÁLISIS DE USO: EMPLEO DEL CARRO CON CONDUCCIÓN MANUAL

① El investigador se monta al vehículo.

② Se enciende el vehículo.  
a. Puede ser a través de una llave o un botón

③ Se conduce el vehículo  
b. Con ayuda del manubrio y los pedales de aceleración y frenado.

④ Una vez acabada la actividad, se apaga el vehículo.  
a. Puede ser a través de una llave o un botón



---

### Conclusiones:

↕ Análisis ergonómico para la altura de la silla.

 Proveer un espacio para el tablero de control del vehículo.

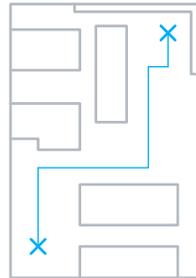
 Brindar un compartimentos donde entren los pies y controlen los pedales.

## 7.5. ANÁLISIS DE USO: EMPLEO DEL CARRO CON CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

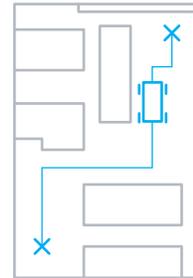
- ① Se enciende el  
vehículo  
\* Puede ser a través de una  
llave o un botón.



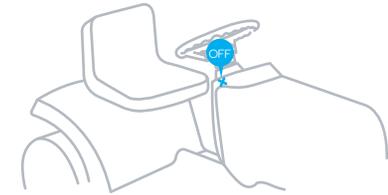
- ② De forma remota, se  
establece la ruta.



- ③ El carro ejecuta la  
ruta.



- ④ Concluída la ruta, se  
apaga el sistema.  
\* Puede ser a través de una  
llave o un botón



---

### Conclusiones:

 Proveer la carcasa con  
parachoques.

 Brindar una salida para la  
antena de los componentes  
inalámbricos.

## 7.4. ANÁLISIS DE USO: COLISIÓN O VOLCAMIENTO

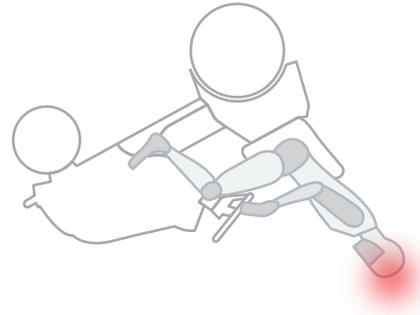
- ① Choque frontal o trasero contra un obstáculo u otro vehículo.



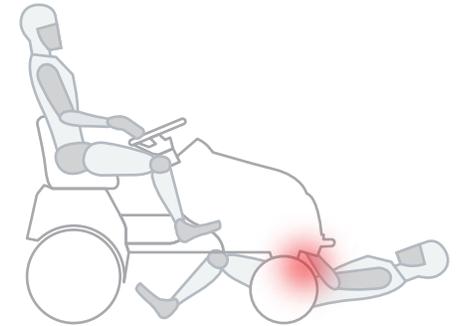
- ② Choque lateral al ser colisionado por otro vehículo.



- ③ Volcamiento por perder la estabilidad en una curva o una pendiente, o al ser colisionado.



- ④ Atropello de un peatón.



---

### Conclusiones:

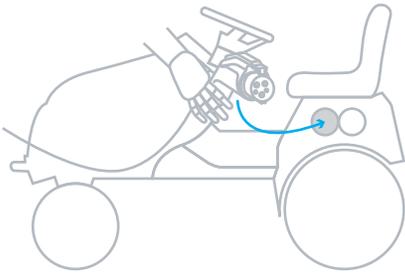
Sistema para la protección del vehículo.

Sistema de seguridad para el conductor.

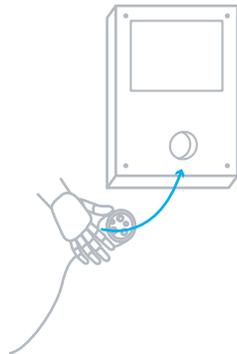
Sistema de prevención de atropellamiento de peatones.

## 7.6. ANÁLISIS DE USO: CARGA POR CONEXIÓN

① Se conecta el cargador L2 al auto.



② Se conecta el cargador a la fuente de energía.



③ Se pasa una tarjeta de acceso para habilitar la carga.



④ Se inicia la carga.



---

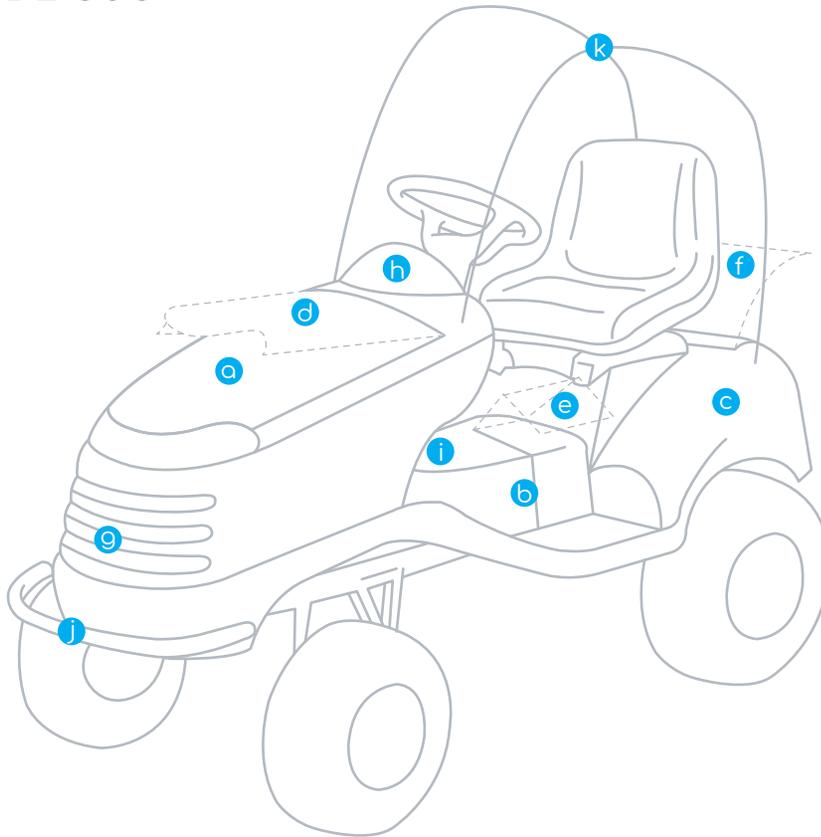
### Conclusiones:

🔑 Brindar un acceso para el cargador L2.

⚠️ Implementar las medidas de seguridad que requiera el cargador L2 para acceder a la conexión.

💡 Emplear un output indicador para la conexión cargador-vehículo que comunique cuando el auto está cargando y cuando no.

## 7.7. CONSOLIDADO DEL ANÁLISIS DE USO

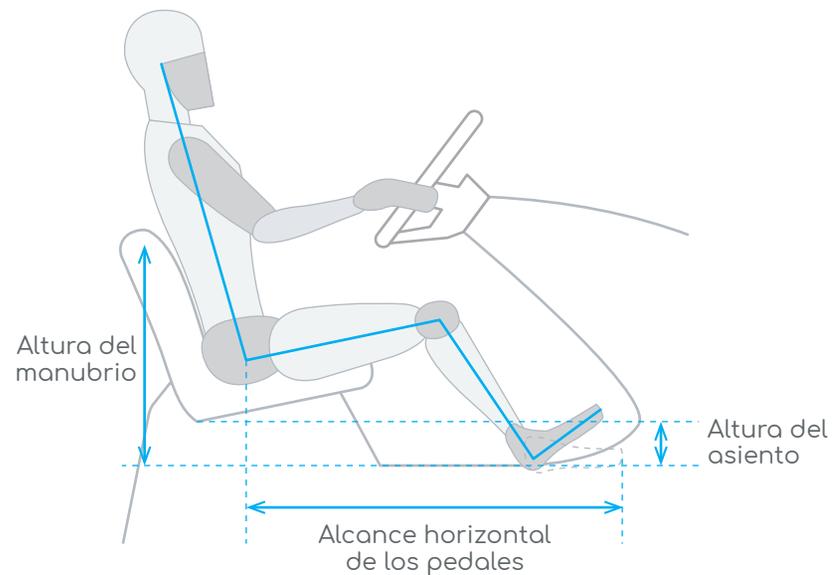


**Figura 5.** Resumen de todas las necesidades detectadas en el análisis de uso. Elaboración propia.

- ① Espacio para colocar los componentes (a, b, c).
- ② Fácil acceso al interior (d, e, f).
- ③ Sistema de fijación para componentes de tamaño adaptable.
- ④ Mecanismo para organización de la circuitería interna.
- ⑤ Ventilación para las baterías (g).
- ⑥ Espacio para el tablero de control (h).
- ⑦ Compartimentos donde entren los pies y controlen los pedales (i).
- ⑧ Parachoques (j).
- ⑨ Salida para antena de componentes inalámbricos (h).
- ⑩ Acceso para el cargador L2 (c).
- ⑪ Medidas de seguridad para el puerto de conexión del L2 (c).
- ⑫ Output indicador de carga (c).
- ⑬ Sistema de protección del usuario.

## 7.8. ERGONOMÍA DURANTE LA CONDUCCIÓN MANUAL

Durante la conducción manual el usuario interactuará con el asiento, manubrio y pedales de aceleración y frenado, por lo que es importante conocer qué medidas utilizar en la distancia horizontal usuario-manubrio, la altura del asiento y el alcance horizontal de los pedales, tal y como se ilustra en la figura 6. Por ello se realizará un análisis ergonómico y luego este se traducirá en medidas para la cabina del conductor.



**Figura 6.** Datos cuantitativos que se obtendrán a partir del análisis ergonómico. Elaboración propia.

## 7.10. ANÁLISIS ERGONÓMICO

Tomando como referencia un percentil 5 y 95 femenino para los alcances dentro del vehículo (Carmona-Benjumea, 1999), además de los ángulos de confort recomendados para la conducción de automóviles (Peritos de accidentes, 2018), sin olvidar que se debe reutilizar la silla original del Honda H4514, se realiza un análisis para la conducción manual del vehículo expuesta en la figura 7.

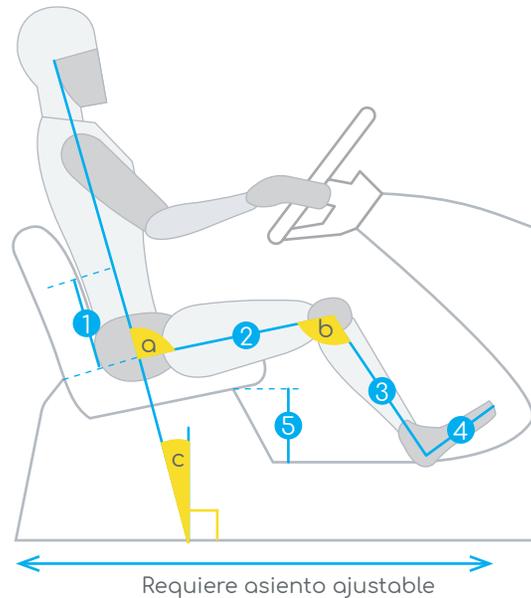


Figura 7. Datos cuantitativos requeridos para el análisis ergonómico. Elaboración propia.

### Medidas antropométricas (P5 y P95 femenino)

1. Altura del codo, sentado: P5 182 mm
2. Profundidad de asiento: P5 450 mm y P95 531 mm
3. Altura del poplíteo: P5 356 mm y P95 445 mm
4. Longitud del pie: P5 215 mm y P95 257 mm
5. Altura de asiento para vehículo: 300 mm

### Ángulos recomendados:

- a. 120°
- b. 135°
- c. 30° (afecta las medidas antropométricas, ya que no estarán paralelas al suelo)

### Conclusiones:

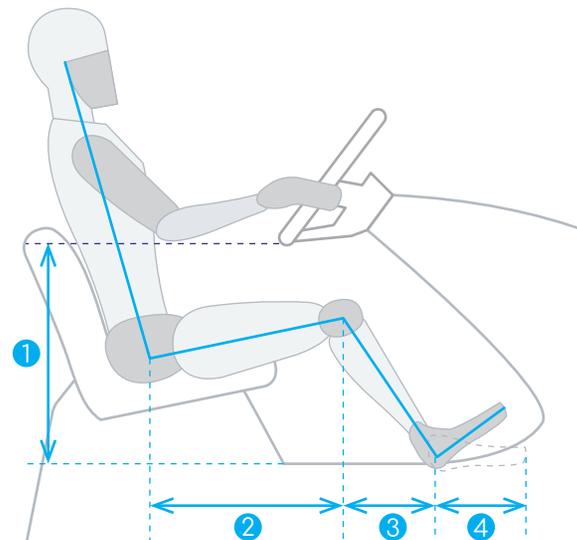
↔ La profundidad de asiento, altura poplíteo y ángulos recomendados afectan la longitud horizontal en la cabina del conductor (manipulación de los pedales)

↔ La longitud hombro-codo-puño en juego con los ángulos recomendados afectan la distancia entre el usuario y el manubrio.

↕ La altura del codo sentado en conjunto con los ángulos recomendados afectan la altura del manubrio con respecto al panel de piso.

## 7.11. TRADUCCIÓN DEL ANÁLISIS ERGONÓMICO A LA CARCASA

Conociendo los datos antropométricos que conviene aplicar, se hace una propuesta de dimensiones de la sección de la carcasa que interactúa con el usuario cuando este hace una conducción manual del vehículo (figura 8). No se puede hacer un uso directo de las medidas antropométricas porque estas se alteran por el ángulo  $\alpha$  de la imagen anterior, por lo que se recurre a la trigonometría, obteniendo diferentes dimensiones, en milímetros, enlistadas a continuación:



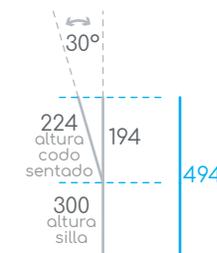
**Figura 8.** Distancias que se desean conocer para lograr una buena interacción usuario-carcasa durante la conducción manual del vehículo. Elaboración propia.

- ① Altura manubrio:  
Será igual a la altura de la silla recomendada para vehículos más la interpretación trigonométrica de la altura de codo sentado de un P5 femenino.

$$\text{alturaCodoSentadoCorregido} = x$$

$$\begin{aligned} \cos 30^\circ &= x/224 \\ \Rightarrow x &= \cos 30^\circ \cdot 224 \\ \Rightarrow x &= 193,98 \approx 194 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{alturaManubrio} &= \text{alturaSilla} + \\ &\text{alturaCodoSentadoCorregido} \\ \Rightarrow \text{alturaManubrio} &= 300 + 194 \\ \Rightarrow \text{alturaManubrio} &= 494 \end{aligned}$$



- ② Profundidad de asiento:  
Será la interpretación trigonométrica de la profundidad de asiento de un P5 y P95, ambos femeninos, esto dado que se plantea que el asiento sea ajustable en su profundidad, y se necesita saber la profundidad máxima y mínima para una buena experiencia de uso:

profundidadMínima = x  
profundidadMáxima = y

$$\begin{aligned} \cos 30^\circ &= x/P5 \\ \Rightarrow \cos 30^\circ &= x/450 \\ \Rightarrow x &= \cos 30^\circ \cdot 450 \\ \Rightarrow x &= 389,71 \approx 390 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \cos 30^\circ &= y/P95 \\ \Rightarrow \cos 30^\circ &= y/531 \\ \Rightarrow y &= \cos 30^\circ \cdot 531 \\ \Rightarrow y &= 459,86 \approx 460 \end{aligned}$$



- ③ Altura del poplíteo:  
Será la interpretación trigonométrica de la altura del poplíteo de un P5 y P95, ambos femeninos, esto dado que se plantea que el asiento sea ajustable en su profundidad, y se necesita saber la profundidad máxima y mínima para una buena experiencia de uso:

profundidadMínima = x  
profundidadMáxima = y

$$\begin{aligned} \cos 15^\circ &= x/P5 \\ \Rightarrow \cos 15^\circ &= x/356 \\ \Rightarrow x &= \cos 15^\circ \cdot 356 \\ \Rightarrow x &= 343,87 \approx 344 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \cos 15^\circ &= y/P95 \\ \Rightarrow \cos 15^\circ &= y/445 \\ \Rightarrow y &= \cos 15^\circ \cdot 445 \\ \Rightarrow y &= 429,84 \approx 430 \end{aligned}$$



- ④ Longitud del pie:  
No requerirá de una interpretación trigonométrica. Al igual que la profundidad de asiento y altura del poplíteo, es necesario conocer el P5 y P95 femenino:

min: P5



MAX: P95



### Medidas de la carcasa en función del análisis antropométrico:

Para obtener la distancia horizontal usuario-manubrio, la altura del asiento y el alcance horizontal de los pedales se hace la sumatoria de los datos antropométricos que se afectaron por el ángulo  $c$  de la figura 7, calculados en la sección anterior, obteniéndose (figura 9):

① Altura manubrio: 494 mm

② + ③ + ④ Alcance horizontal de los pedales:

· Alcance mínimo horizontal de los pedales=  
 $390\text{mm} + 344\text{mm} + 215\text{mm} = 949\text{mm}$

· Alcance máximo horizontal de los pedales=  
 $460\text{mm} + 430\text{mm} + 257\text{mm} = 1147\text{mm}$

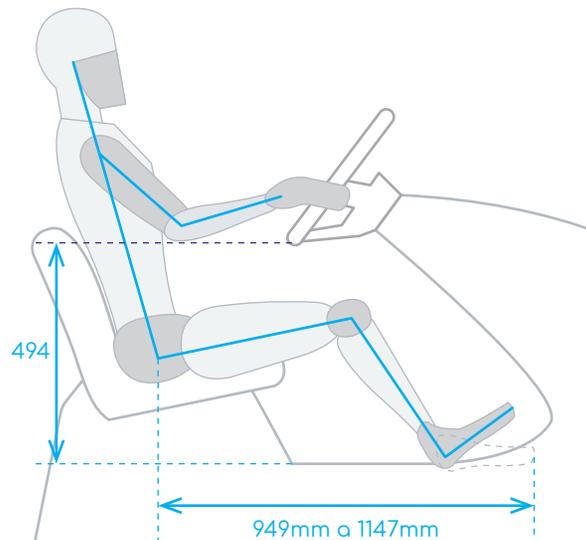


Figura 9. Resultado de la traducción del análisis ergonómico a la carcasa. Elaboración propia.



## 8. CONTEXTO DE USO

8.1. Topología de la red vial de la sede central del TEC .....	43
8.2. Condiciones climáticas de la sede central del TEC .....	45
8.3. Ley 9078. Ley de tránsito por vías públicas terrestres y seguridad vial .....	46
8.4. Consolidado del contexto de uso .....	47

## 8. CONTEXTO DE USO

### 8.1. TOPOLOGÍA DE LA RED VIAL DE LA SEDE CENTRAL DEL TEC

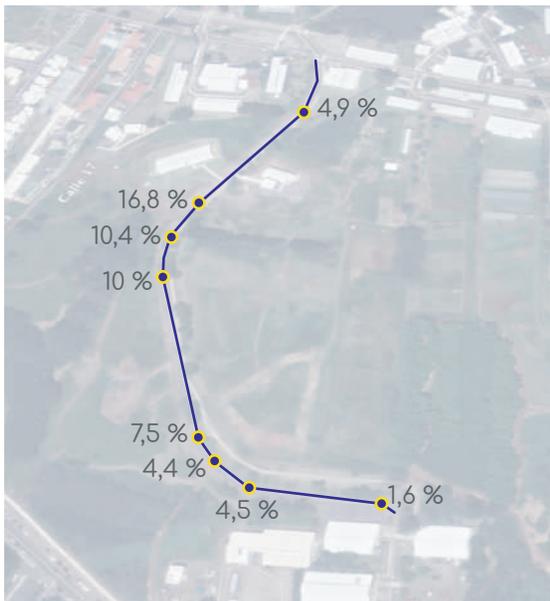
La visión de este prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo es consolidar toda la ingeniería que dará paso a la fase dos del proyecto, el Vehículo Eléctrico Autónomo, que servirá para el transporte de estudiantes dentro del campus. Por ello ***todas las calles*** del sistema vial de la sede central será el escenario para dichas pruebas, contando con calles asfaltadas y demarcadas.

Las variables del entorno con las que interactuará el prototipo será la topología de la red vial vehicular del TEC, las condiciones climáticas de esta zona y la Ley de Tránsito .

Valiéndose de la herramienta Google Earth se toma un trayecto comprendido entre la Escuela de Ingeniería Forestal y el Colegio Científico, ruta retadora para un vehículo por las pendientes que posee, como se ve en la imagen 5. En el tramo ilustrado con línea roja recorre 576 m, se divide en trectos y se calcula el perfil de elevación de cada uno.

Según el Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales (Leclair, Raúl (Ed.), 2004), dependiendo del tipo de carretera hay un porcentaje de pendiente longitudinal máximo recomendado: 6% para autopistas regionales, 8% para troncales y 10% para colectoras.

En la imagen 11, tres de los ocho puntos que representan los porcentajes de pendiente longitudinal superan los máximos recomendados, poniendo a prueba la estabilidad del vehículo. Variables como el centro de gravedad (peso y geometría del automóvil) y agarre de los neumáticos son importantes a considerar.

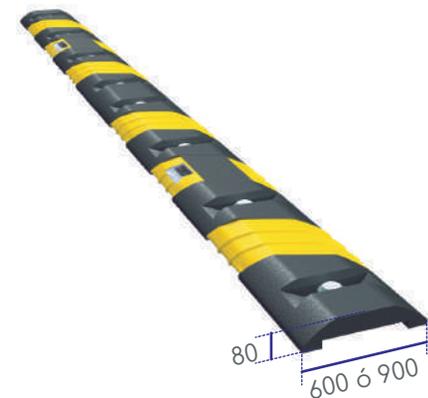


**Imagen 11.** Recorrido de 576 m desde la Escuela de Ingeniería Forestal hacia el Colegio Científico. Google Earth. (s.f.). [Mapa del TEC Cartago, Costa Rica en Google Earth]. Recuperado el 6 de Agosto, 2019.

Por último se tiene el estado de las calles del campus. Todas están asfaltadas, gozan de excelente estado y presentan reductores de velocidad (ver imagen 12) cuyas características, según Decreto ejecutivo N° 17415-MOPT, Reglamento para la instalación de reductores de velocidad en vías públicas (1987) son:

- En su punto más alto medirán 0,08 metros.
- El ancho podrá variar entre 0,6 y 0,9 metros, a juicio del ingeniero de tránsito responsable.
- El largo del reductor cubrirá solamente el ancho de la superficie de rodamiento, sin obstruir la cuneta o caño, de tal manera que permita el libre flujo del agua.

Estos reductores de velocidad inciden en la altura del prototipo eléctrico semiautónomo, donde menor sea más favorable será para el sistema de recarga inalámbrica.



**Imagen 12.** Dimensiones, en milímetros, de un reductor de velocidad según Decreto ejecutivo N° 17415-MOPT. Elaboración propia.

## 8.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA SEDE CENTRAL DEL TEC

El Campus Tecnológico Central del Tecnológico de Costa Rica se encuentra en Cartago, una ciudad que se ubica 24 kilómetros al sureste de San José, a una altitud de 1,435 metros sobre el nivel del mar y con un clima tropical húmedo, aunque suele ser más templado debido a su ubicación geográfica y altura, con lluvias moderadas y temperaturas frescas que varían entre 15 y 26 grados centígrados la mayor parte del año (Campus Tecnológico Central Cartago, s.f.).

La carcasa debe resguardar la electrónica interna y motorización eléctrica de la lluvia y la humedad, por lo que sellar compartimentos y el empleo de materiales impermeables para evitar la

filtración de agua al interior es fundamental. Al mismo tiempo se debe lidiar contra altas temperaturas en días cálidos, por lo que un sistema de ventilación y el empleo de materiales que eviten la entrada de rayos UV es importante.

Por último, la adición de techo al cuerpo del vehículo adquiere relevancia para combatir las condiciones climáticas de Cartago, tanto contra la lluvia como el los rayos UV, tal y como se ve en la imagen 17.



Figura 10. Resumen de las condiciones climáticas y cómo combatirlas. Elaboración propia.

### 8.3. LEY 9078. LEY DE TRÁNSITO POR VÍAS PÚBLICAS TERRESTRES Y SEGURIDAD VIAL

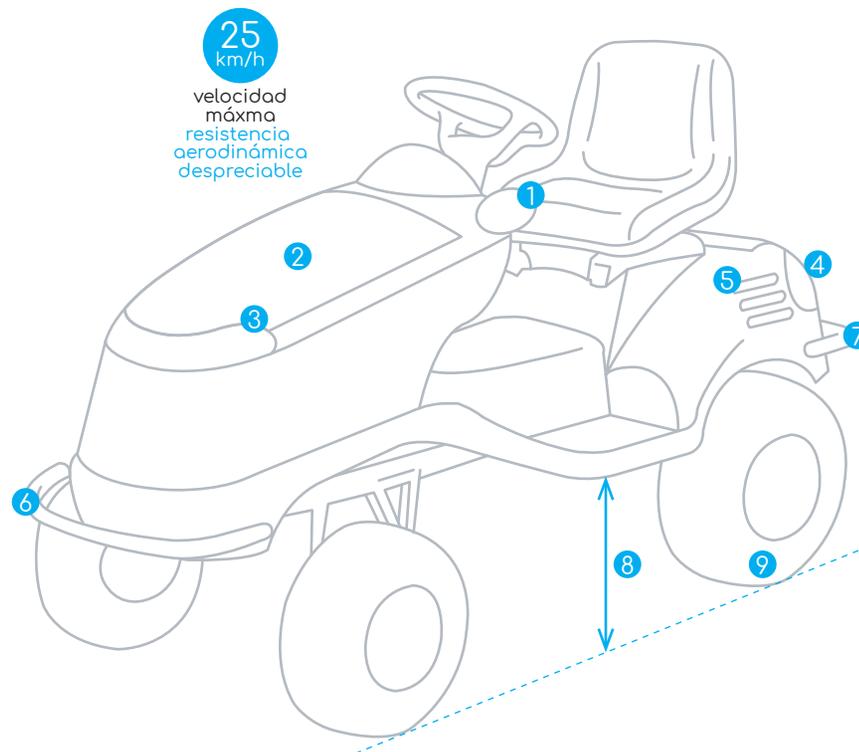
En el Reglamento de circulación y estacionamiento de vehículos en la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica, artículo 4 (s.f.) se estipula:

*“Las vías de tránsito que atraviesan las instalaciones del ITCR se controlará y restringirá la circulación de vehículos de acuerdo a lo que dicta la Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial N° 9078 y su Reglamento (en adelante Ley de Tránsito), así como el Decreto Ejecutivo N°38164”*

Es necesario conocer la velocidad máxima para circular dentro de las vías vehiculares el campus, y evaluar si es necesario o no considerar la aerodinámica. La Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y

Seguridad Vial N°9078, capítulo III, artículo 98, dicta que en pasos peatonales de vías públicas localizadas alrededor de planteles educativos con estudiantes presentes, centros de salud y donde se realicen actividades o concentraciones masivas, el límite será de 25 km/h. Al ser una velocidad tan baja, la resistencia aerodinámica no afectará en gran medida al vehículo (Artés, s.f.).

## 8.4. CONSOLIDADO DEL CONTEXTO DE USO



**Figura 11.** Resumen de todas las necesidades detectadas en el estudio del contexto de uso. Elaboración propia.

- ① Espejos retrovisores o cámaras.
- ② Material resistente a la humedad y rayos UV.
- ③ Luces delanteras.
- ④ Luces traseras.
- ⑤ Ventilación para la motorización eléctrica.
- ⑥ Parachoques delantero.
- ⑦ Parachoques trasero.
- ⑧  $200\text{ mm} < \text{Altura suelo-chasis} < 240\text{ mm}$
- ⑨ Neumático con las siguientes características:
  - Mixto (verano-invierno).
  - Baja resistencia a la rodadura (ciudad).



## 9. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

9.1. Carcasa original Honda H4514 .....	49
9.2. Chasis original Honda H4514 .....	53
9.3. Uniones originales carcasa-chasis Honda H4514 .....	55
9.4. Conclusiones de las uniones del Honda H4514 .....	58
9.5. Funcionamiento de la electrónica interna .....	59
9.6. Dimensiones y geometría de la electrónica interna .....	60
9.7. Componentes que se fijarán en el exterior de la carcasa .....	68
9.9. Ubicación de los Componentes que se fijarán en el exterior de la carcasa .....	70
9.10. Ubicación y proporción habitual de la motorización eléctrica en modelos ya existentes .....	71
9.11. Consolidado proporciones y ubicación de la motorización eléctrica .....	74
9.12. Requerimientos de la motorización eléctrica .....	75

## 9. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

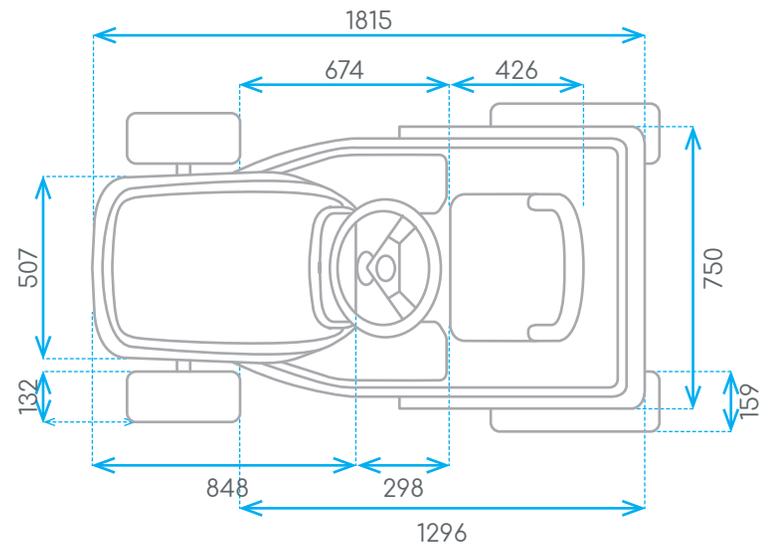
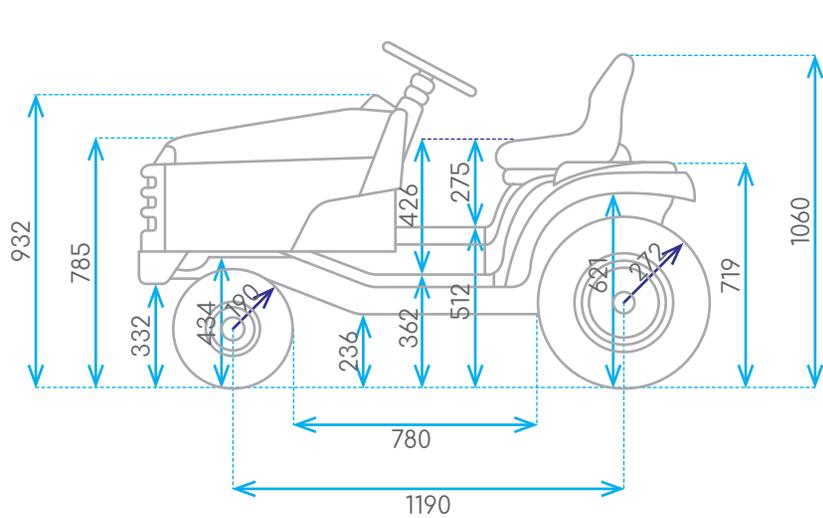
### 9.1. CARCASA ORIGINAL

#### HONDA H4514

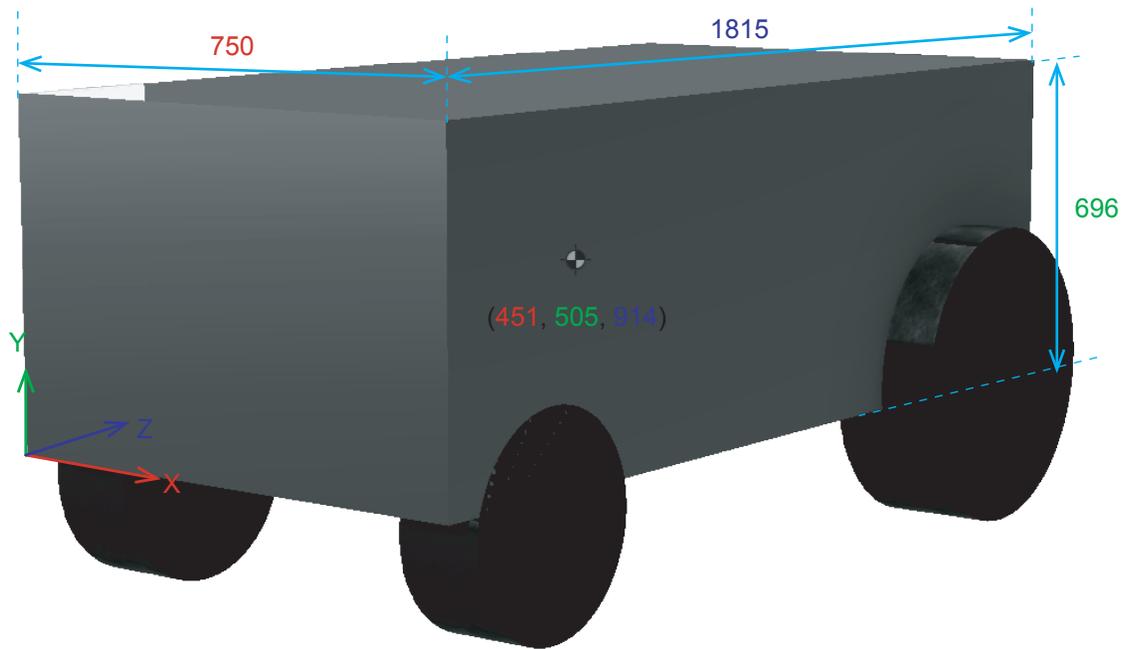
Tomando como guía el Shop Manual Lawn Tractor H4514H (Honda Motor Co, 1990), se obtiene ilustraciones del modelo original con las dimensiones generales. Luego se realiza un dibujo con base a las cotas originales y se calculan otras medidas, como se muestra en la figura 12. Estas son aproximadas y se expresan en milímetros.

Para el diseño de la nueva carcasa se puede tomar como referencia dimensional un volumétrico con las dimensiones más importantes de la figura 12. El nuevo diseño se puede desarrollar dentro de este volumétrico y así no alterar dramáticamente el centro de gravedad del vehículo original. El resultado se plasma en la figura 13,

donde se respeta el tamaño y posición de los neumáticos originales, además de que no se contempla la altura de la silla sino el punto más alto de la carcasa original. Por último se muestra el centro de gravedad aproximado, ya que no se contemplan materiales.



**Figura 12.** Dimensiones del modelo original Honda H4514H. Honda Motor Co (Junio, 1990). [Dimensional drawings]. Recuperado el 12 de Agosto, 2019, de Shop Manual Lawn Tractor H4514H. Elaboración propia.



Es importante definir las partes que compondrán la carcasa y así conocer el volumen máximo de cada pieza y aplicarlo de forma aproximada en la nueva carcasa. La identificación de las secciones de la carcasa original juntos con su volumen se muestra en la figura 14.

**Figura 13.** Volumétrico general de referencia para el desarrollo de la nueva carcasa, cuyos valores se expresan en milímetros. Elaboración propia.



**Figura 14.** Partes originales con sus medidas, funciones y piezas que las componen. Elaboración propia.

## 9.2. CHASIS ORIGINAL HONDA H4514

### 9.2.1. Cotas más relevantes del chasis.

El Departamento de Mantenimiento Industrial ha generado un modelo tridimensional del chasis original del Honda H4514 en el programa Solid Works (figura 15). Es importante estudiar las dimensiones y geometría de este para proponer uniones carcasa-chasis coherentes, y así en una etapa futura facilitarle a este departamento el diseño de las adaptaciones del chasis correspondientes para que la nueva carcasa se ensamble a esta.

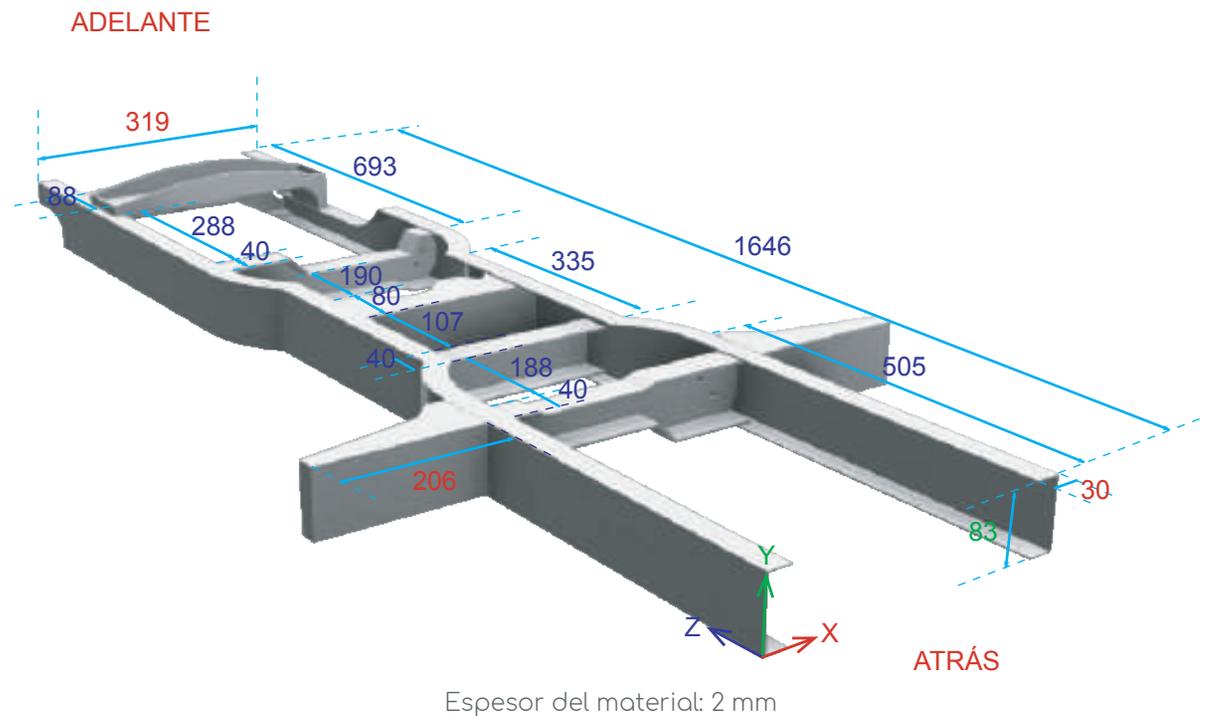


Figura 15. Cotas importantes del chasis. Cortesía del Departamento de Mantenimiento Industrial.

### 9.2.2. Funciones del chasis original y la adaptación que estas tendrán.

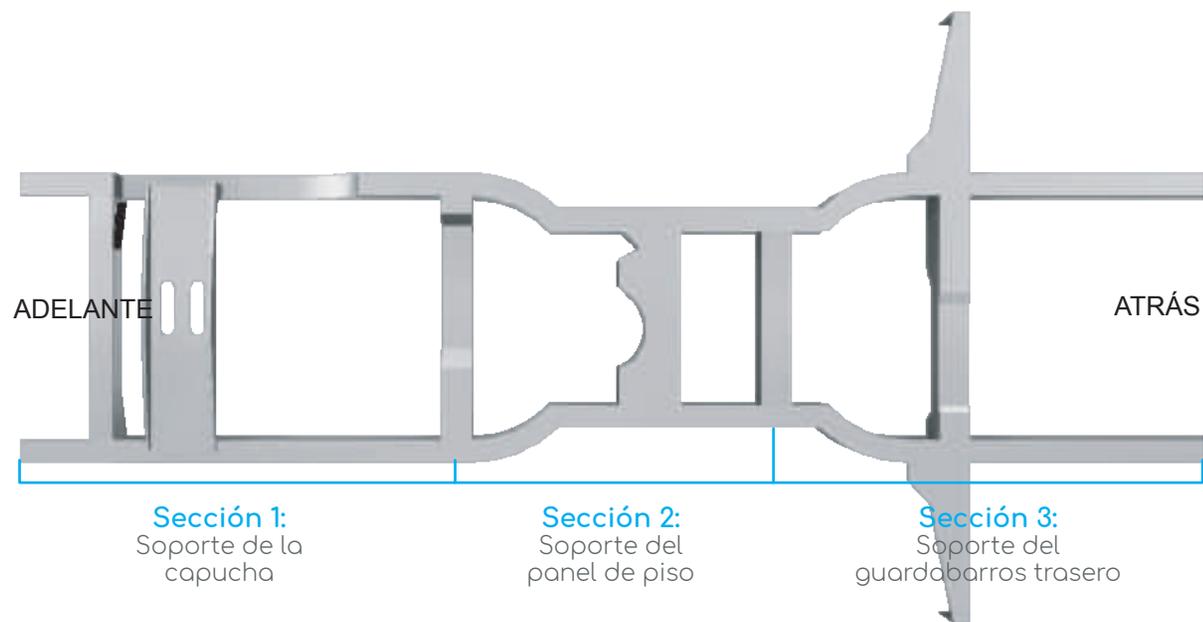


Figura 16. Funciones originales del chasis. Cortesía del Departamento de Mantenimiento Industrial.

En la figura 16 se puede apreciar las funciones originales del chasis. Si tomamos las secciones del chasis y las adaptamos a las necesidades del prototipo eléctrico semiautónomo se tendría:

- **Sección 1:** Capucha que albergará los componentes electrónicos y parte del banco de baterías.
- **Sección 2:** Panel de piso que guardará bajo de él la mayor parte del banco de baterías. Debajo del banco de baterías habrá una lámina metálica que evitará que la bobina eléctrica interfiera con el funcionamiento de la ingeniería interna.
- **Sección 3:** Guardabarros trasero que contendrá la motorización eléctrica.

### 9.3. UNIONES ORIGINALES CARCASA-CHASIS HONDA H4514

#### 9.3.1. Capucha.

- ① Capucha-Chasis: Locking striker y Perno
- ② Luces-Capucha: Tornillos.
- ③ Parachoques-Capucha: Uñas.
- ④ Parachoques-Capucha: Cuña.
- ⑤ Parachoques-Capucha: Tornillos.
- ⑥ Capucha-Chasis: Pernos.

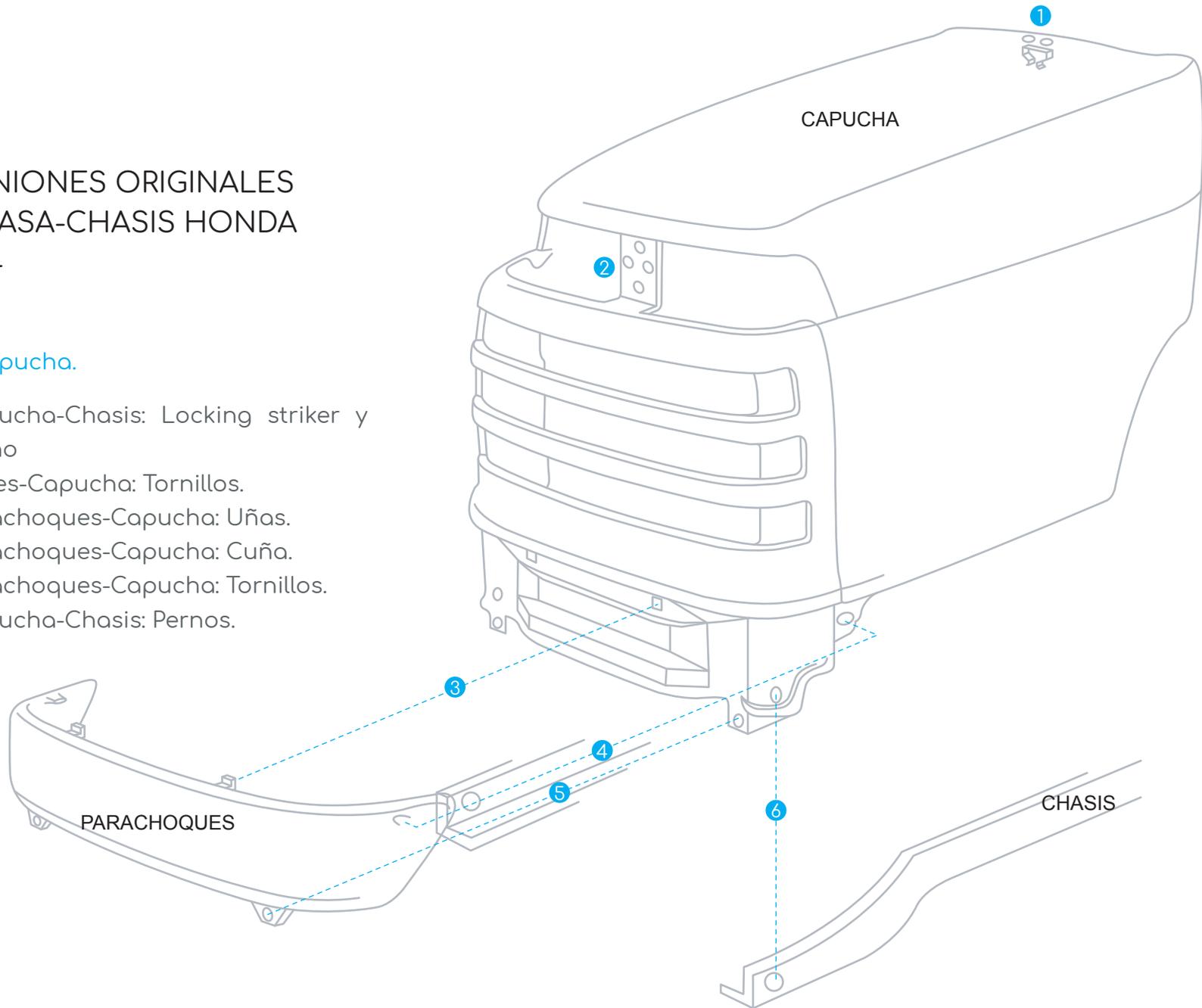
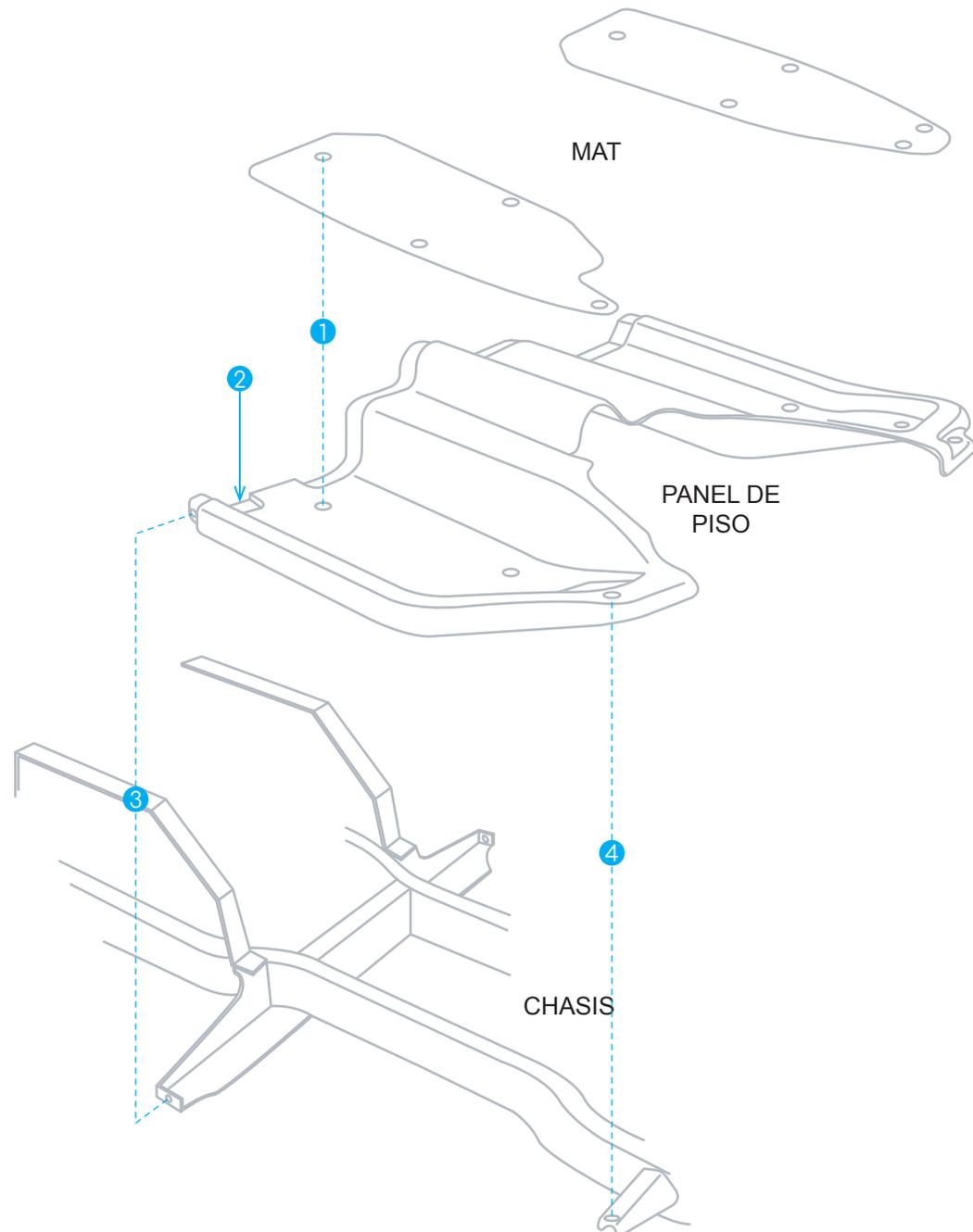


Figura 17. Capucha de la carcasa del H4514H. Honda Motor Co (Junio, 1990). [Engine hood. Disassembly/Reassembly]. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de Shop Manual Lawn Tractor H4514H. Elaboración propia.

### 9.3.2. Panel de piso.

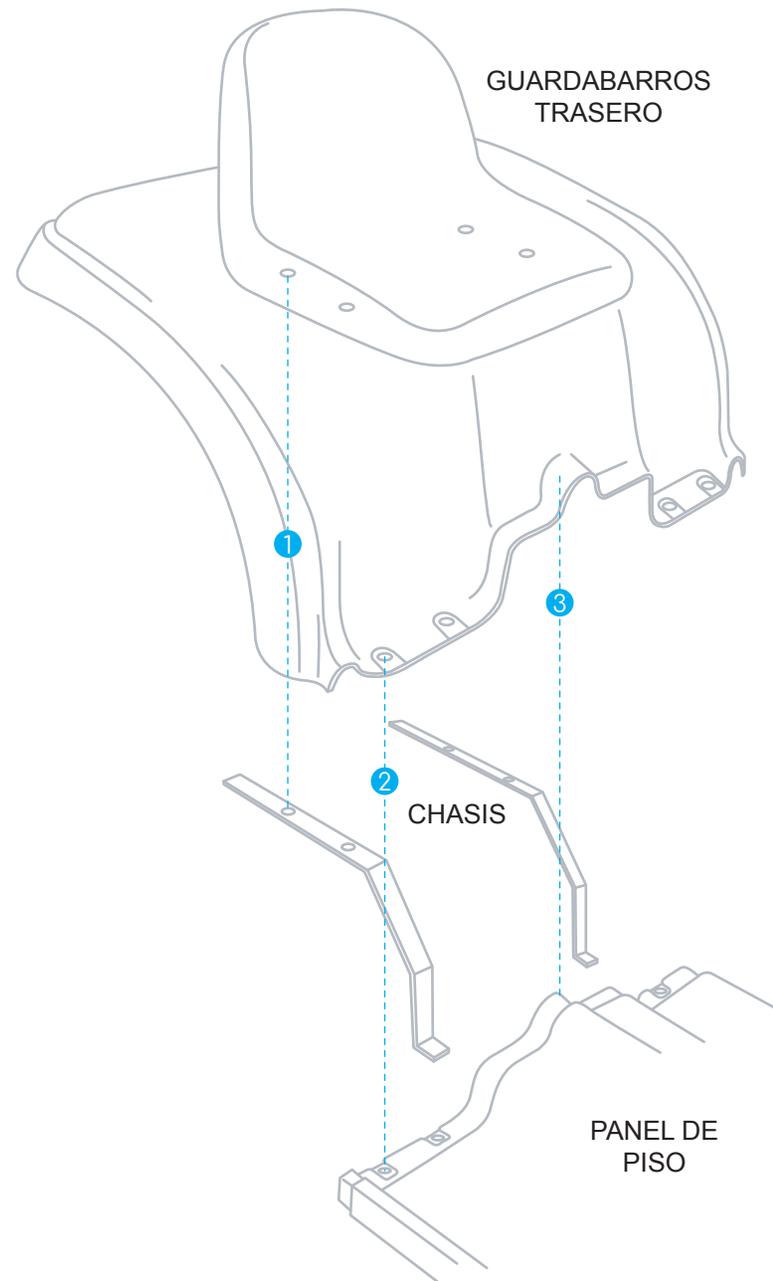
- ① Mat-Panel de piso: Tornillos.
- ② Panel de piso - Guardabarros trasero: Desnivel que permite que dos componentes de la carcasa calcen.
- ③ Panel de piso-Chasis. Pernos.
- ④ Panel de piso-Chasis. Pernos.



**Figura 18.** Panel de piso de la carcasa del H4514H. Honda Motor Co (Junio, 1990). [Floor. Disassembly/Reassembly]. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de Shop Manual Lawn Tractor H4514H. Elaboración propia.

### 9.3.3. Guardabarros trasero.

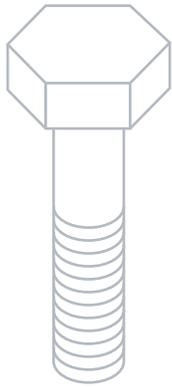
- ① Silla - Guardabarros trasero - Chasis: Pernos.
- ② Guardabarros trasero - Panel de piso - Chasis: Pernos.
- ③ Guardabarros trasero - Panel de piso: Desnivel que permite que dos componentes de la carcasa calcen.



**Figura 19.** Guardabarros trasero de la carcasa del H4514H. Honda Motor Co (Junio, 1990). [Seat/Rear fender. Removal/Installation]. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de Shop Manual Lawn Tractor H4514H. Elaboración propia.

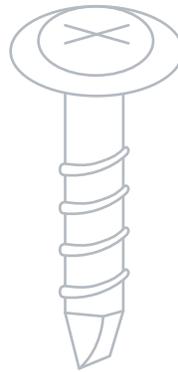
## 9.4. CONCLUSIONES DE LAS UNIONES DEL HONDA H4514

Perno



- Removible.
- Excelente resistencia mecánica.
- Ensamble entre elementos de elevada resistencia mecánica.
- Requiere de tuercas para fijar la unión.
- El uso de arandelas aumenta su rendimiento.

Tornillo



- Removible.
- Buena resistencia mecánica.
- Ensamblajes que demandan resistencia mecánica.
- No requiere de tuercas para fijar la unión.
- El uso de arandelas aumenta su rendimiento.

Cuña



- Removible.
- Se usa como unión complementaria.
- Requiere de otro elemento de unión si se quiere que esta sea fuerte (perno, tornillo).

Encoje



- Removible.
- Intersección de piezas.
- Genera transiciones suaves entre una figura y otra.
- Requiere de otro elemento de unión si se quiere que esta sea fuerte (perno, tornillo).

## 9.5. FUNCIONAMIENTO DE LA ELECTRÓNICA INTERNA

**Tabla 1.** Componentes electrónicos del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo

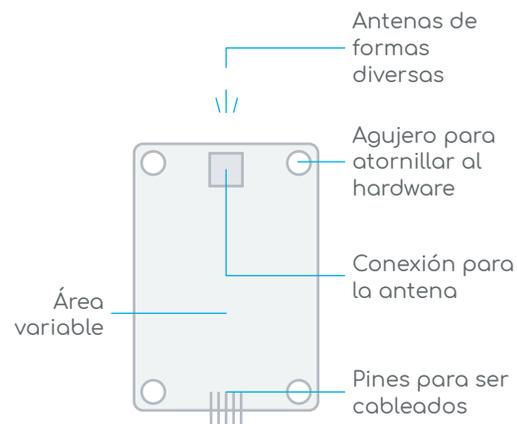
Componente	¿Cómo funciona?	Función en el prototipo	¿Cómo se fija?	¿Dónde se coloca?
Global Positioning System (GPS)	Determina la ubicación de un punto sobre la Tierra con la ayuda de una red de 24 satélites que orbitan a 20,200 km de la Tierra. La ubicación detectada tiene una precisión de +10 m.	Proporcionar la ubicación del vehículo para así darle un ruta a seguir.	Su antena se atornilla en las afueras de la carcasa.	El frente, el techo o la parte posterior.
Sensor capacitivo	Condensador que genera un campo eléctrico y forma parte de un circuito resonador, de manera que cuando un objeto se acerca los detecta.	Detectar obstáculos para evitar una colisión.	Se atornilla	Parachoques delantero y trasero
Cámara de video	Captura una secuencia de imágenes del entorno y los transforma en video.	Monitorear el viaje mientras haya luz en el ambiente. Junto con inteligencia artificial detectará señales del camino, reconocerá seres vivos y así reaccionará a estos estímulos.	Se atornilla	Parachoques delantero y trasero
Bluetooth	Transmite datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia, permitiendo una comunicación inalámbrica	Obtener datos del viaje para luego ser procesados.	Su antena se atornilla en las afueras de la carcasa.	El frente, el techo o la parte posterior.
WiFi	Permite el envío y recepción de información de forma remota	Obtener datos del viaje para luego ser procesados.	Su antena se atornilla en las afueras de la carcasa.	El frente, el techo o la parte posterior.
Brújula	Localiza el norte magnético	En conjunto con el GPS generan una ubicación más exacta del vehículo.	Se atornilla	Centro transversal de la superficie de la carcasa

## 9.6. DIMENSIONES Y GEOMETRÍA DE LA ELECTRÓNICA INTERNA

Conocer la geometría y dimensiones de cada componente ayudará a diseñar un sistema de fijación de estos a la carcasa, por lo que a continuación se realiza un estudio de cada uno de los miembros de la electrónica interna involucrada en este proyecto.

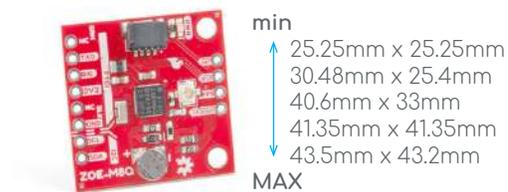
## 9.6.1. Global Positioning System (GPS).

### Forma y partes



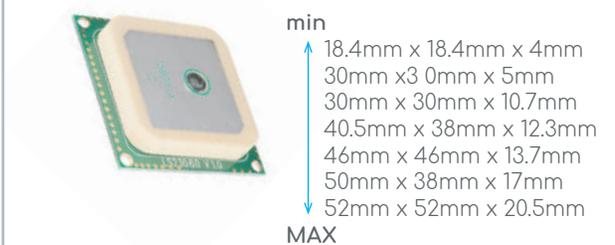
**Figura 20.** Configuración geométrica y partes del módulo GPS. Elaboración propia.

### GPSs en el mercado y dimensiones



**Imagen 13.** Dimensiones, en milímetros, de un módulo GPS. Recuperado el 30 de Septiembre, de: [https://www.sparkfun.com/GPS\\_Guide](https://www.sparkfun.com/GPS_Guide)

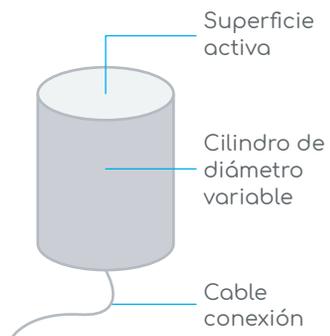
### Antenas en el mercado y dimensiones



**Imagen 14.** Dimensiones, en milímetros, de una antena para un módulo GPS. Recuperado el 30 de Septiembre, de: [https://www.sparkfun.com/GPS\\_Guide](https://www.sparkfun.com/GPS_Guide)

## 9.6.2. Sensor capacitivo

### Forma y partes



**Figura 21.** Configuración geométrica y partes del sensor capacitivo. Elaboración propia.

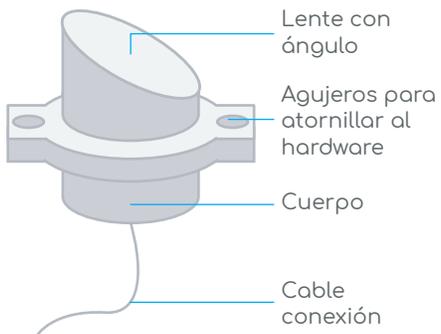
### GPSs en el mercado y dimensiones



**Imagen 15.** Dimensiones, en milímetros, de un sensor capacitivo. Recuperado el 30 de Septiembre, de: <https://www.baumer.com/de/en/product-overview/object-detection/capacitive-sensors/c/283>

### 9.6.3. Cámara

#### Forma y partes



**Figura 22.** Configuración geométrica y partes de la cámara de parachoques. Elaboración propia.

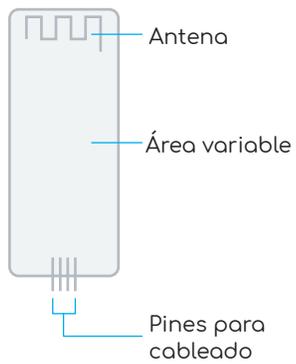
#### GPSs en el mercado y dimensiones



**Imagen 16.** Dimensiones, en milímetros, de una cámara de parachoques. Recuperado el 7 de Septiembre, 2019, de <https://spanish.globalsources.com/gsol/1/Rearview-camera/p/sm/1152125197.htm#1152125197>

## 9.6.4. Bluetooth

### Forma y partes



**Figura 23.** Configuración geométrica y partes del módulo bluetooth. Elaboración propia.

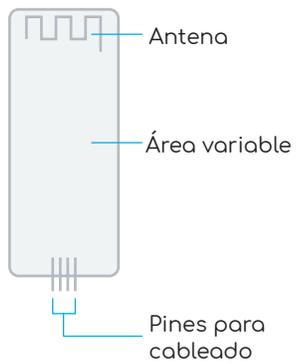
### Bluetoths en el mercado y dimensiones



**Imagen 17.** Dimensiones, en milímetros, de un módulo bluetooth. Recuperado el 1 de Septiembre, 2019, de <https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/LCBTHT6/modulos-electronicos/modulos-bluetooth/modulo-bluetooth-hc-06>

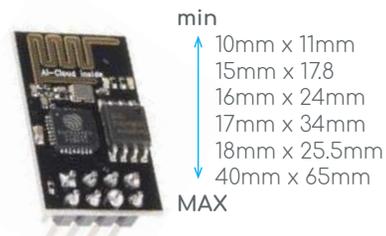
### 9.6.5. WiFi

#### Forma y partes



**Figura 24.** Configuración geométrica y partes del módulo WiFi. Elaboración propia.

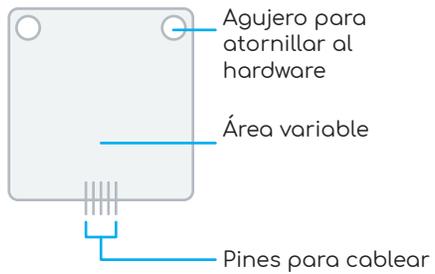
#### Bluetooths en el mercado y dimensiones



**Imagen 18.** Dimensiones, en milímetros, de un módulo WiFi. Recuperado el 1 de Septiembre, 2019, de <https://www.330ohms.com/products/wifi-serial-transceptor-con-esp8266-lmb-flash>

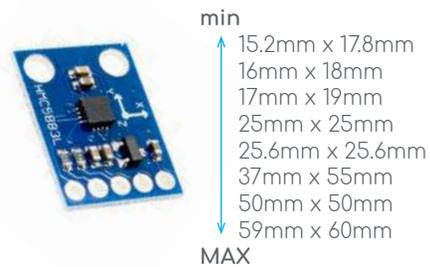
### 9.6.6. Brújula digital

#### Forma y partes



**Figura 25.** Configuración geométrica y partes de una brújula digital. Elaboración propia.

#### Bluetooths en el mercado y dimensiones



**Imagen 19.** Dimensiones, en milímetros, de una brújula digital. Recuperado el 1 de Septiembre, 2019, de <https://naylampmechatronics.com/sensores-varios/89-modulo-brujula-digital-hmc5883l.html>

### 9.6.7. Dimensiones máximas y mínimas de los componentes anteriores.

Después de estudiar la forma y dimensiones de todos los componentes electrónicos, se construye el siguiente consolidado:



Figura 25. Dimensiones mínimas y máximas de los componentes electrónicos que requieren ser fijados en el interior de la carcasa. Elaboración propia.

## 9.7. COMPONENTES QUE SE FIJARÁN EN EL EXTERIOR DE LA CARCASA

### 9.7.1. Sensor capacitivo roscado

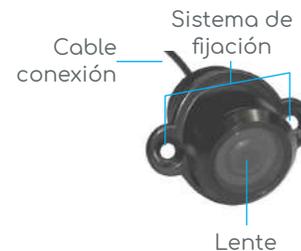


**Imagen 20.** Cuerpo metálico cilíndrico con rosca. Recuperado el 1 de Septiembre, 2019, de [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas-y-Sensores-Industriales/Sensores-Industriales/Sensores-Capacitivos/Sensores-Capacitivos/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_SENSORS\\_CAPACITIVE\\_SENSORS](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas-y-Sensores-Industriales/Sensores-Industriales/Sensores-Capacitivos/Sensores-Capacitivos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_CAPACITIVE_SENSORS)

#### Conclusiones:

- Proveer superficie para ser fijado.
- Brindar salida para la superficie activa para evitar interferencia con materiales.
- Permitir salida del cable para conexiones internas.

### 9.7.2. Cámara



**Imagen 221.** Cámara de parachoques. Recuperado el 7 de Septiembre, 2019, de <https://spanish.globalsources.com/gsol/1/Rearview-camera/p/sm/1152125197.htm#1152125197>

#### Conclusiones:

- Proveer superficie para ser fijado.
- Brindar salida para el lente para buena visibilidad.
- Permitir salida del cable para conexiones internas.

### Ubicación de los componentes en el parachoques



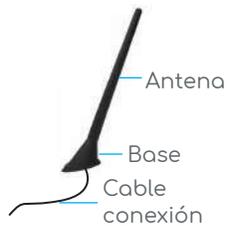
#### Imagen 22.

*Fascione Parachoques Trasero para Toyota Corolla Verso 2004 Al 2006.* Recuperado el 7 de Septiembre, 2019, de <https://www.ebay.es/itm/Fascione-Parachoques-Trasero-para-Toyota-Corolla-Verso-2004-Al-2006-/122975970932>

#### Conclusiones:

- Ambos tipos de sensores deben ir tanto en el parachoques trasero como en el delantero.
- El número de sensores capacitivos pueden variar entre 2 y 4 por parachoques.

### 9.7.3. Antena



**Imagen 23.** Antena de Carro Curta. Recuperado el 7 de Septiembre, 2019, de <https://www.sextaafundo.pt/inicio/148-antena-de-carro-normal.html>

#### Conclusiones:

- Proveer superficie para ser fijado.
- Permitir entrada del cable para conexiones internas.

### Ubicación de la antena



**Imagen 24.** Renault Twizy. Recuperado el 7 de Septiembre, 2019, de <https://www.diariomotor.com/coche/renault-twizy/>

#### Conclusiones:

- Sus posibles ubicaciones son: lateral frontal, superior frontal o superior trasera.

### 9.7.4. Faros

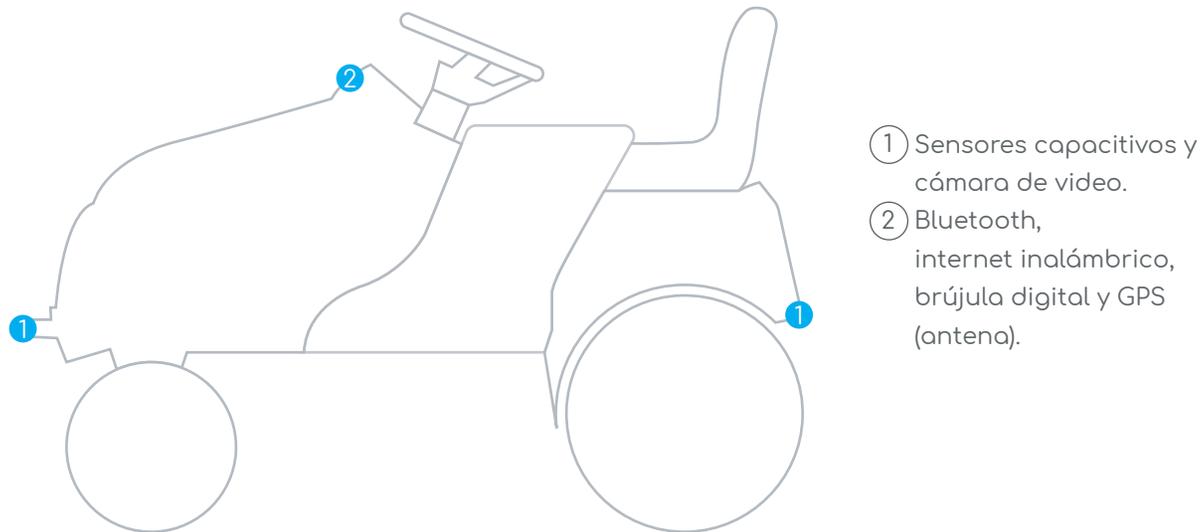


**Imagen 25.** Faros delanteros Ojos De Angel Volkswagen Golf 4 Black. Recuperado el 7 de Septiembre, 2019, de <https://malagasporttuning.com/tienda/iluminacion/faros-delanteros/faros-delanteros-ojos-de-angel-volkswagen-golf-4-black/>

#### Conclusiones:

- Proveer superficie para ser fijado.
- Brindar salida para la burbuja del faro.
- Permitir salida del cable para conexiones internas.

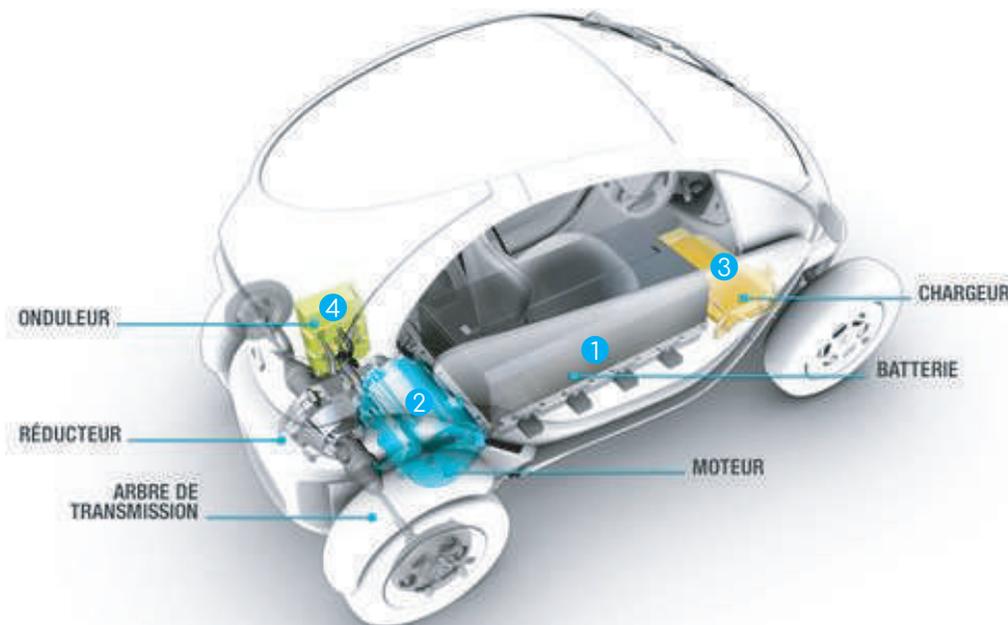
## 9.9. UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES QUE SE FIJARÁN EN EL EXTERIOR DE LA CARCASA



**Figura 26.** Componentes electrónicos y su posible ubicación en la nueva carcasa en función de su correcto funcionamiento.  
Elaboración propia.

## 9.10. UBICACIÓN Y PROPORCIÓN HABITUAL DE LA MOTORIZACIÓN ELÉCTRICA EN MODELOS YA EXISTENTES

### 9.9.1. Twizy Renault



**Imagen 26.** Distribución de la motorización eléctrica Twizy Renault. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de <https://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/04/primer-prueba-del-twizy-el-urbanita-alternativo-y-electrico-de-renault.html>

- ① Baterías: Se localizan estratégicamente debajo del asiento del conductor. Abarcan casi la totalidad del piso de la cabina del conductor.
- ② Motor eléctrico: Se ubica en la parte trasera de auto. Abarcan 1/4 del volumen total de las baterías.
- ③ Cargador: Se encuentra en la trompa del vehículo, al frente en el centro. Tiene la mitad del volumen del motor.
- ④ Inversor: Va contiguo al motor y su tamaño es 1/3 del volumen del motor.

## 9.9.2. Citroën C-Zero

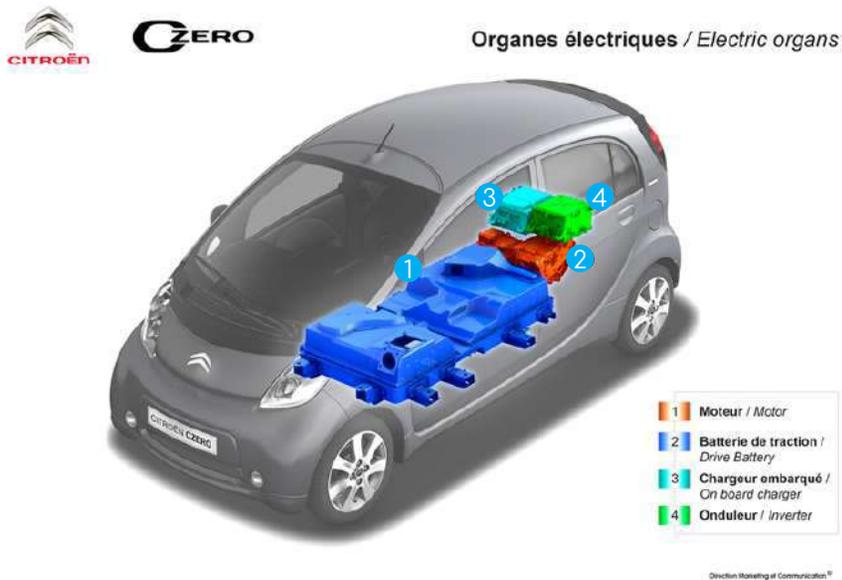


Imagen 27. Distribución de la motorización eléctrica Citroën C-Zero. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de <https://motorgiga.com/citroen/c-zero/fotos/foto-tecnicas-2-citroen-c-zero-dos-volumenes-2010/211448>

- ① Baterías: Se localizan estratégicamente debajo del asiento del conductor. Abarcan casi la totalidad del piso de la cabina del conductor.
- ② Motor eléctrico: Se encuentra en la parte trasera en medio del resto de componentes. Es 1/4 del volumen total de la batería.
- ③ Cargador: Se encuentra en un costado trasero del vehículo.
- ④ Inversor: Junto al cargador se ubica encima del motor, y juntos tienen un volumen muy parecido al del motor.

### 9.9.3. Mitsubishi iMiEV



**Imagen 28.** Distribución de la motorización eléctrica Mitsubishi iMiEV. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de <https://insideevs.com/reviews/316829/long-term-review-10000-miles-in-my-mitsubishi-imiev/>

- ① Baterías: Se localizan estratégicamente debajo del asiento del conductor. Abarcan casi la totalidad del piso de la cabina del conductor.
- ② Motor eléctrico: Se encuentra en la parte trasera en medio del resto de componentes. Es 1/4 del volumen total de la batería.
- ③ Cargador: Se encuentra en un costado trasero del vehículo.
- ④ Inversor: Junto al cargador se ubica encima del motor, y juntos tienen un volumen muy parecido al del motor.

## 9.11. CONSOLIDADO PROPORCIONES Y UBICACIÓN DE LA MOTORIZACIÓN ELÉCTRICA

Como aún el Departamento de Mantenimiento no define las características de la motorización eléctrica, se hace un estudio en el apartado anterior para conocer la proporción y ubicación usual de los componentes de la motorización en autos pequeños, obteniéndose los resultados expresos en la figura 27:

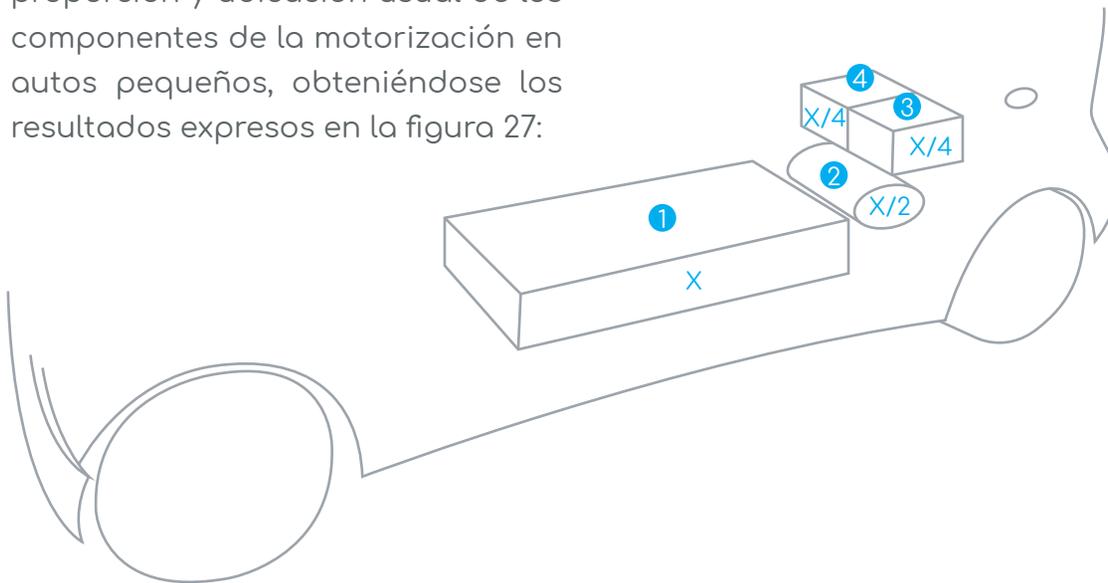
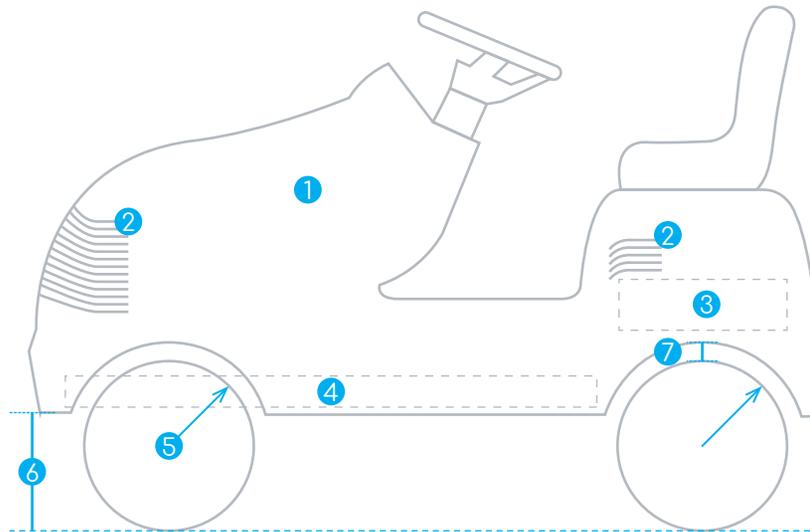


Figura 27. Consolidado de las proporciones y ubicación de los componentes de la motorización eléctrica. Elaboración propia.

- ① Baterías:
  - Se localizan debajo del asiento del conductor.
  - Abarcan casi la totalidad del piso de la cabina del conductor.
- ② Motor eléctrico:
  - Se encuentra en la parte trasera en medio del resto de componentes.
  - Es 1/4 del volumen total de las baterías.
- ③ Cargador:
  - Se encuentra en un costado trasero del vehículo sobre el motor.
  - Es 1/2 del volumen total del motor.
- ④ Inversor:
  - Se ubica encima del motor, junto al cargador.
  - Es 1/2 del volumen total del motor.

## 9.12. REQUERIMIENTOS DE LA MOTORIZACIÓN ELÉCTRICA

Todo lo competente a la motorización eléctrica corresponde al Departamento de Mantenimiento Industrial. Dependiendo de las características que vaya a tener la carcasa, el sistema del motor se adecuará. Sin embargo es importante contemplar las demandas del Departamento de Mantenimiento Industrial donde la carcasa colabore a un mejor desempeño del sistema, esto se explica en la figura 28:



**Figura 28.** Requerimientos de la motorización eléctrica según las demandas expresadas por el Departamento de Mantenimiento Industrial. Elaboración propia.

- ① Carcasa ligera y resistente.
- ② Brindar ventilación al motor y baterías.
- ③ Dado que la tracción será trasera, el motor se colocará atrás.
- ④ Las baterías se posicionarán en el piso y la parte delantera del vehículo.
- ⑤ Tamaño de neumáticos provisional. Esto lo define Mantenimiento Industrial.
- ⑥ Distancia suelo-chasis provisional porque se ve condicionado por el tamaño de los neumáticos.
- ⑦ Distancia entre la carcasa y las llantas que permita el movimiento de la carrocería que genere la suspensión del vehículo.



## 10. DISEÑO:

10.1. Producto, usuario y necesidad .....	77
10.2. Concepto de diseño .....	78
10.3. Frase semántica .....	79
10.4. Moodboard: Tecnológico .....	80
10.5. Análisis cromático .....	81
10.6. Análisis format .....	83
10.7. Análisis de referenciales .....	84
10.8. Necesidades, requerimientos y especificaciones tangibles .....	87
10.9. Necesidades, requerimientos y especificaciones intangibles .....	93
10.10. Arquitectura del producto .....	95
10.11. Propuestas .....	96

## 10. DISEÑO:

### 10.1. PRODUCTO, USUARIO Y NECESIDAD

#### 10.1.1. ¿Qué?

**El producto** es una carcasa para un prototipo eléctrico semiautónomo de un vehículo. Según la Real Academia Española (2014), una carcasa es una pieza rígida que contiene un dispositivo o mecanismo. En el caso de este proyecto tratamos con la electrónica interna y la motorización eléctrica de un prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo.

#### 10.1.2. ¿Para quién?

**El usuario** son los investigadores del Laboratorio de Investigación de Vehículos Eléctricos, los que tienen amplios conocimientos técnicos y de ingeniería.

#### 10.1.3. ¿Para qué?

**La necesidad** es permitir el testeo de la electrónica interna y la motorización eléctrica. El laboratorio ha hecho modelos a escala, mas desea llevar las pruebas a tamaño real.

## 10.2. CONCEPTO DE DISEÑO

### 10.2.1. Adaptable

La carcasa se tiene que adaptar a un chasis y piezas ya existentes, además que lo debe hacer también con elementos aún no consolidados de la electrónica interna y motorización eléctrica. En otras palabras, debe adaptarse hay lo que hay y a lo que habrá.

### 10.2.2. Amigable con el testeo

El fin de la carcasa es brindar una plataforma donde testear la electrónica y motorización eléctrica, por lo que debe permitir la fácil instalación o desinstalación de componentes y el acceso al interior del vehículo.

## 10.3. FRASE SEMÁNTICA

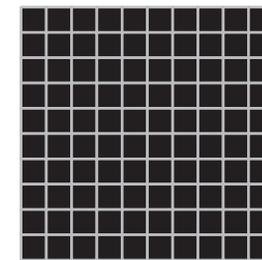
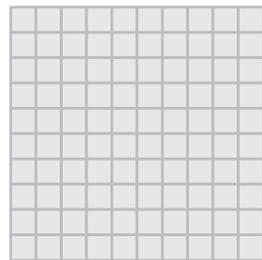
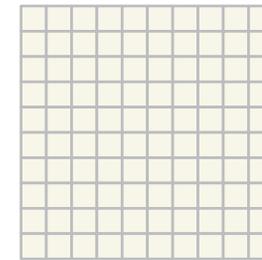
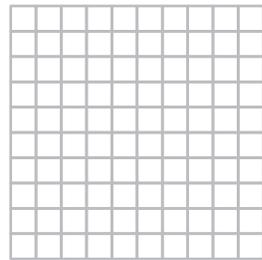
### 10.3.1. Tecnológico

Este prototipo será una herramienta para generar conocimiento en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, por lo que debe representar que es un producto de ingeniería.

Se construirá un moodboard inspirado en esta frase semántica, y se aprovechará para hacer un análisis cromático y formal en base a este.



## 10.5. ANÁLISIS CROMÁTICO. *Monocromático*



### Conclusiones:

· Empleo de colores neutro, sin saturación.

· Tienen alta luminosidad, o no la tienen del todo.

· Acabado mate o brillante.

## 10.5. ANÁLISIS CROMÁTICO. **Bicromático**



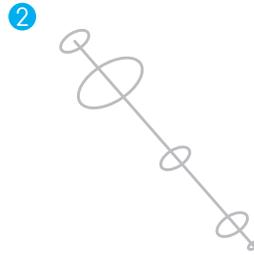
### Conclusiones:

· Empleo de contrastes entre un color luminoso y uno no luminoso, o contraste simultáneo (gris y otro color saturado).

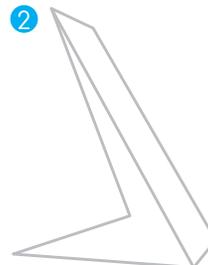
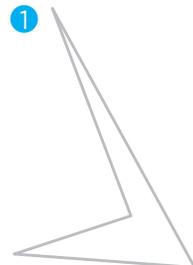
· El color de mayor proporción es un neutro, que puede ser luminoso o no luminoso.

· El color tónico puede tener una proporción entre el 15% y 35%.

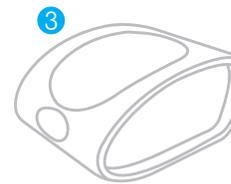
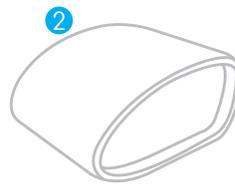
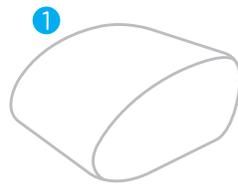
## 10.6. ANÁLISIS FORMAL



- ① Empleo de figuras simples, como el círculo.
- ② Superficies como técnica para crear el volumétrico.
- ③ Transiciones suaves de una forma a otra para crear una figura orgánica.



- ① Empleo de polígonos simples.
- ② Extrusión como técnica para crear el volumétrico.
- ③ Aplicación de redondeos en vértices y aristas para darle un acabado orgánico.



- ① Formas orgánicas como base para la extrusión.
- ② Vaciados sutiles en el volumétrico para generar pequeños contrastes.
- ③ La formas de otros materiales se adapta a las líneas de superficie del volumétrico, generando una armonía.

## 10.7. ANÁLISIS DE REFERENCIALES

Se toma como referenciales un carrito de golf eléctrico y un vehículo unipersonal eléctrico (ver figura 29). El primero presenta una composición simple y plana dada que sus funciones no son tan exigentes como las de un carro para ciudad, por lo que elementos como las puertas y parabrisas no están presentes. Por otro lado, el vehículo eléctrico unipersonal es más complejo por las demandas que debe cumplir. El objetivo será producir un diseño que se encuentre en medio de ambos.



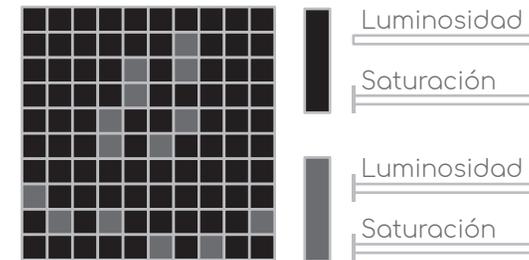
**Figura 29.** El prototipo eléctrico semiautónomo a nivel perceptual debe estar entre un carrito eléctrico de golf y un vehículo unipersonal eléctrico. Pero a pesar de ello tenderá más hacia un carrito de golf dado que se trata de un prototipo único que se empleará para la realización de pruebas de la electrónica interna. Elaboración propia.



Imagen 29. Club Car Onward HP Li-Ion. Recuperado el 14 de Octubre, 2019, de <https://www.clubcar.com/us/en/personal/golf-new/onward-high-performance-lithium.html>

## 10.7.1. Club Car Onward HP Li-Ion

Paleta bicromática



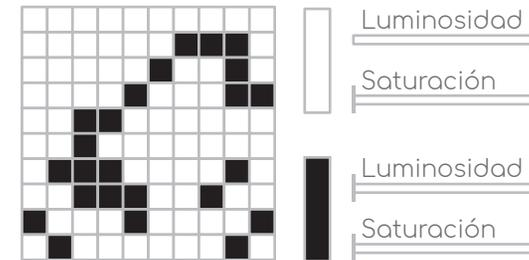
- ① Jaula: Estructura tubular ligera y resistente con un cobertor como techo, y un parabrisas delantero que cubre parcialmente. Se fija a la trompa y a la cola.
- ② Trompa: Forma orgánica fina adelante, que se ensancha conforme se avanza hacia atrás.
- ③ Cola: Sobre ella reposa el asiento del conductor.
- ④ Parachoques: Estructura tubular resistente que sobresale de la trompa y protege el cuerpo del vehículo.
- ⑤ Guardabarros: Forma orgánica que sobresale sutilmente del cuerpo. Cubre la zona superior de los neumáticos.
- ⑥ Piso: Nexo entre la trompa y la cola. Se recubre con una lámina de aluminio con textura de diamante, haciéndola antideslizante.



**Imagen 30.** 4 Reasons Toyota's i-TRIL is the Best Concept Vehicle Ever. Recuperado el 22 de Septiembre, 2019, de <https://carbuyerlabs.com/4-reasons-toyotas-i-tril-is-the-best-concept-vehicle-ever/>

## 10.7.1. Toyota I-TRIL

Paleta tricromática



- ① Cabina: Capsula fina al frente y que se engrosa conforme se avanza hacia atrás.
- ② Guardabarros: Forma orgánica que solo cubre la zona superior del neumático, además sobresalen de forma contrastante con el resto del cuerpo del vehículo.
- ③ ④ Transición de formas y materiales: El cambio de un material a otro ocurre con transiciones orgánicas, suaves y armoniosas.

## 10.8. NECESIDADES, REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES TANGIBLES

**Tabla 2.** *Necesidades, requerimientos y especificaciones tangibles.*

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
5	1. Usar un chasis ya existente por falta de presupuesto.	Carcasa que se adapte al chasis ya existente.	<p><b>1.a.</b> Unión carcasa-chasis a través de pernos en los puntos críticos.</p> <p><b>1.b.</b> Unión carcasa-componente a través de tornillos y/o uñas.</p> <p><b>1.c.</b> Unión pieza-pieza (partes de la carcasa) a través de calces.</p>
4	2. Reutilizar partes por falta de presupuesto.	Reutilización de partes.	<p><b>2.a.</b> Reutilizar el chasis original.</p> <p><b>2.b.</b> Reutilizar el manubrio original.</p> <p><b>2.c.</b> Reutilizar el asiento original.</p>
5	3. Espacio interior para resguardar la electrónica y motorización eléctrica.	Espacio para la colocación de la ingeniería interna.	<p><b>3.a.</b> Trompa: 507mm x 848mm x 600 mm</p> <p><b>3.b.</b> Piso: 750mm x 674mm x 276 mm</p> <p><b>3.c.</b> Cola: 750mm x 622mm x 483 mm</p>

Continuación Tabla 2

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
5	<p>4. Las tarjetas PCB y los otros componentes electrónicos cilíndricos necesitan un sistema de fijación no permanente que le den un buen soporte para no dañar las soldaduras, por lo que la tarjeta necesita estar sujeta al menos en dos de sus aristas. Además debe ajustarse a las diferentes medidas que tengan las tarjetas.</p>	<p>Sistema de sujeción adaptable no permanente con buen soporte para las tarjetas PCB y los componentes cilíndricos.</p>	<p><b>4.a.</b> Prensas ajustables PCBs.                      · Rango mínimo 10mm x 11mm x 4mm                      · Rango máximo 60mm x 85mm x 36mm</p> <p><b>4.b.</b> Su posición debe ser cercana al dashboard.</p> <p><b>4.c.</b> Sujeción en al menos dos aristas</p> <p><b>4.d.</b> Debe sujetar tarjetas PCB y otros componentes electrónicos de forma cilíndrica.</p>
5	<p>5. Las cámaras, sensores capacitivos y la antena necesitan tener una salida de la carcasa para no interferir con su correcto funcionamiento.</p>	<p>Salida de la carcasa para las cámaras, sensores capacitivos y la antena.</p>	<p><b>5.a.</b> 3 agujeros por parachoques.</p> <p><b>5.b.</b> 2 sensores capacitivos y una cámara por parachoques.</p> <p><b>5.c.</b> Sensores capacitivos se ubican en los extremos del parachoques en taladros de 12mm (mín) a 36mm (MAX) de diámetro, con una profundidad de 90 mm</p> <p><b>5.d.</b> Cámaras quedan centradas en el parachoques en taladros de 16,5mm (mín) a 28mm (MAX) de diámetro, con una profundidad de 90 mm</p> <p><b>5.e.</b> Una salida en la carcasa para el cable de la antena en taladro de 5mm. Ubicada en la zona superior de la carcasa cercana al dashboard, sin obstruir la visibilidad.</p>

Continuación Tabla 2

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
5	6. Lograr conectividad de los componentes inalámbricos.	Antena para los componentes inalámbricos.	<p><b>6.a.</b> Una antena que se fije a un costado del conductor, en el techo adelante o atrás.</p> <p><b>6.b.</b> Evitar materiales con alta conductividad eléctrica para la carcasa.</p>
5	7. Evitar que la ingeniería interna se recaliente.	Sistema de ventilación.	<p><b>7.a.</b> Entrada de aire a los costados de la cola (donde están las baterías) que eviten la entrada de agua.</p> <p><b>7.b.</b> Separadores de 5mm de altura para que las tablas impresas no estén pegadas a la carcasa, es decir, espacio para que se ventile.</p> <p><b>7.c.</b> Materiales de baja conductividad térmica.</p>
4	8. No comprometer la autonomía de las baterías o no sobre exigir al moto.	Carcasa ligera.	<p><b>8.a.</b> Fibra de vidrio.</p> <p><b>8.b.</b> Forma geométricas que ahorren material: Curvas.</p>
5	9. La carcasa debe proteger toda la ingeniería que haya en su interior.	Carcasa impermeable y resistente.	<p><b>9.a.</b> Material resistente a los rayos UV y a la humedad.</p> <p><b>9.b.</b> Resistencia mecánica, mas no tanta como la que requeriría un componente estructural.</p> <p><b>9.c.</b> Temperatura de transición vítrea mayor a los 50°C (temperatura que alcanza las baterías de litio durante su funcionamiento).</p> <p><b>9.d.</b> Empleo de empaques en las uniones de la carcasa pieza-pieza que eviten la filtración de agua.</p>

Continuación Tabla 2

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
3	10. El vehículo necesita de luces delanteras y traseras.	Faros delanteros y traseros.	<p><b>10.a.</b> 2 faros delanteros y 2 faros traseros de luz corta y larga.</p> <p><b>10.b.</b> 2 faros delanteros y 2 faros traseros de posición.</p> <p><b>10.c.</b> 1 faro trasero de para indicar marcha atrás.</p> <p><b>10.d.</b> 1 faro trasero de para indicar frenado.</p>
3	11. El tamaño de los neumáticos, la distancia neumáticos-carcasa y la altura entre el suelo y la carcasa están condicionados por la selección de modelo de motor eléctrico y baterías y por la suspensión que se colocará entre el chasis y la carcasa.	Tamaño provisional para neumáticos, distancia neumáticos-carcasa y altura suelo-carcasa.	<p><b>11.a.</b> Neumáticos provisionales de 12" de diámetro externo.</p> <p><b>11.b.</b> Distancia carcasa-neumáticos &gt;1".</p> <p><b>11.c.</b> Distancia suelo-carcasa entre 170mm y 240mm</p>
3	12. Con la electrónica y motorización eléctrica instalados en el prototipo en el futuro, se pretende tener una pantalla y demás outputs necesarios para la visualización de datos.	Contemplar un espacio para el futuro dashboard.	<p><b>12.a.</b> Por debajo de la altura de los ojos sentado de un P5 femenino 673mm</p> <p><b>12.b.</b> Debe estar por encima de la altura del manubrio, por lo que debe ser mayor a 494mm</p>
5	13. Poder tener acceso al interior del vehículo para la instalación, desinstalación y mantenimiento de componentes.	Fácil acceso al interior del vehículo.	<p><b>13.a.</b> Puerta de acceso delantera (trompa).</p> <p><b>13.b.</b> Puerta de acceso trasera (cola).</p> <p><b>13.c.</b> Puertas de acceso laterales (baterías).</p> <p><b>13.d.</b> Puerta de acceso al tomacorriente.</p> <p><b>13.e.</b> Amplios espacios interiores.</p>

Continuación Tabla 2

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
4	14. Los cables de la circuitería requieren ir organizados por un tema de acabado y seguridad.	Sistema organizador de cables.	14.a. Sujetador de diámetro ajustable.
4	15. Durante la conducción manual el conductor debe manipular los pedales de aceleración, frenado y manubrio.	Asiento con profundidad ajustable y altura del manubrio apropiada.	15.a. Distancia horizontal mínima entre la parte posterior del asiento y los pedales 949mm 15.b. Distancia horizontal máxima entre la parte posterior del asiento y los pedales 1147mm 15.c. Altura entre el panel de piso y el manubrio 494mm
5	16. El vehículo requerirá carga por conexión a través de un L2.	Mecanismo de acceso para la carga eléctrica.	16.a. Compuerta de 100mm x 100mm. 16.b. Cerradura de seguridad.
3	17. Cuando el vehículo se esté cargando este debe comunicar al usuario que la conexión ha iniciado.	Output para indicar conexión exitosa baterías - fuente de alimentación.	17.a. LED que se encienda al hacer la conexión.
5	18. Durante la conducción manual o autónoma el vehículo puede colisionar, por lo que se necesita un sistema para mantener la integridad del vehículo y del usuario.	Seguridad para el usuario y vehículo en caso de colisión.	18.a. Parachoques delantero y trasero. 18.b. Jaula para proteger al usuario en caso de volcamiento, cuya altura debe ser mayor a la altura sentado de un P95 masculino 936mm. 18.c. Cinturón de seguridad de 2 puntos.
4	19. La nueva carcasa debe evitar exceder el volumen de la antigua para alterar lo menos posible el centro de gravedad del vehículo.	Centro de gravedad adecuado para la estabilidad del vehículo.	19.a. Volumen total: 750 x 696 x 1815 mm

Continuación Tabla 2

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
3	<p><b>20.</b> Durante la instalación o remoción de componentes en el interior del prototipo, se debe velar por la seguridad del usuario.</p>	<p>Protección del usuario durante la instalación o remoción de ingeniería interna.</p>	<p><b>20.a.</b> Compuertas que eviten en cierre súbito.</p> <p><b>20.b.</b> Aristas redondeadas.</p> <p><b>20.c.</b> Entradas amplias.</p>
5	<p><b>21.</b> La instalación o remoción de la electrónica interna puede resultar tediosa, ya que son piezas delicadas, pequeñas y resguardadas en espacios de incómodo acceso.</p>	<p>Fácil instalación y remoción de la electrónica interna.</p>	<p><b>21.a.</b> Menor número de piezas posibles.</p> <p><b>21.b.</b> Rápida manipulación (tiempo).</p> <p><b>21.c.</b> Fácil fijación a la carcasa.</p>

## 10.9. NECESIDADES, REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES INTANGIBLES

**Tabla 3.** Necesidades, requerimientos y especificaciones intangibles.

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
3	22. Tener una apariencia tecnológica.	Cromática tecnológica.	<p><b>22.a.</b> Monocromática:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de colores neutro, sin saturación.</li> <li>• Alta luminosidad, o no tenerla del todo.</li> <li>• Acabado mate o brillante.</li> </ul> <p><b>ó</b></p> <p><b>22.b.</b> Bicromática</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraste entre un color luminoso y uno no luminoso, o contraste simultáneo (gris y otro color saturado).</li> <li>• Color de mayor proporción debe ser neutro, que puede ser luminoso o no luminoso.</li> <li>• Color tónico puede tener una proporción entre el 15% y 35%.</li> </ul>

Continuación Tabla 3

Importancia relativa	Necesidad	Requerimiento	Especificación
3	23. Tener una apariencia tecnológica.	Topología tecnológica.	<p><b>23.c.</b> Empleo de figuras como el círculo, polígonos y formas orgánicas simples.</p> <p><b>23.d.</b> Superficies y extrusión con redondeos como técnicas para crear el volumétrico.</p> <p><b>23.e.</b> Transiciones suaves de una forma a otra para crear una figura orgánica.</p> <p><b>23.f.</b> La transición de un material a otro, o de una pieza a otra, se hace a través de formas que se adapten a las líneas de relieve del cuerpo del objeto, para lograr así transiciones suaves y armoniosas.</p>
5	24. Al usarse como base el chasis de una cortadora de césped, se espera que la apariencia se aleje lo más posible de esta imagen.	Separación semántica de la antigua cortadora de césped.	<p><b>24.a.</b> Evitar una trompa prominente.</p> <p><b>24.b.</b> Evitar formas de cajón.</p> <p><b>24.c.</b> Homogeneizar tamaño de las llantas delanteras y traseras.</p>

## 10.10. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Tabla 4. Arquitectura del producto y relación entre los elementos.

CARCASA PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO SEMIAUTÓNOMO

SUB SISTEMA	Uniones de la carcasa	Sostén estructural	Sujeción de la electrónica	Ventilación	Recarga eléctrica	Acceso al interior	Seguridad
JERARQUÍA 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trompa-chasis</li> <li>Panel de piso-chasis</li> <li>Cola-chasis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carcasa - chasis</li> <li>Jaula - chasis</li> <li>Adaptaciones del chasis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parachoques</li> <li>Antena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilación baterías</li> <li>Ventilación electrónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por conexión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceso a la electrónica</li> <li>Acceso al motor</li> <li>Acceso a las baterías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parachoques</li> <li>Jaula</li> <li>Faros</li> </ul>
JERARQUÍA 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parachoques-trompa</li> <li>Parachoques-cola</li> <li>Techo-jaula-chasis</li> <li>Asiento-cola</li> <li>Cobertor manubrio-trompa</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensores capacitivos</li> <li>Cámara</li> <li>Bluetooth</li> <li>Internet inalámbrico</li> <li>Brújula digital</li> <li>GPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aberturas trompa</li> <li>Aberturas asiento</li> <li>Aberturas cobertor manubrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceso al tomacorriente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrada trompa</li> <li>Entrada cola</li> <li>Entrada a través del asiento</li> </ul>	

## 10.11. PROPUESTAS

Se realizan cinco propuestas sobre la apariencia que tendrá la carcasa, preocupándose por explorar diferentes geometrías, pero siempre cumpliéndose características como: Contar con una jaula de protección y techo, acceso al interior a través del cofre y la cajuela, y ausencia de puertas.

Luego se toman los requerimientos de diseño como los criterios de evaluación, en base a esto cada propuesta obtuvo su calificación, ganando la de mayor puntaje. A continuación se expondrán de menor a mayor, siendo la última propuesta la ganadora.

### 10.11.1. CARCASA. Propuesta 1

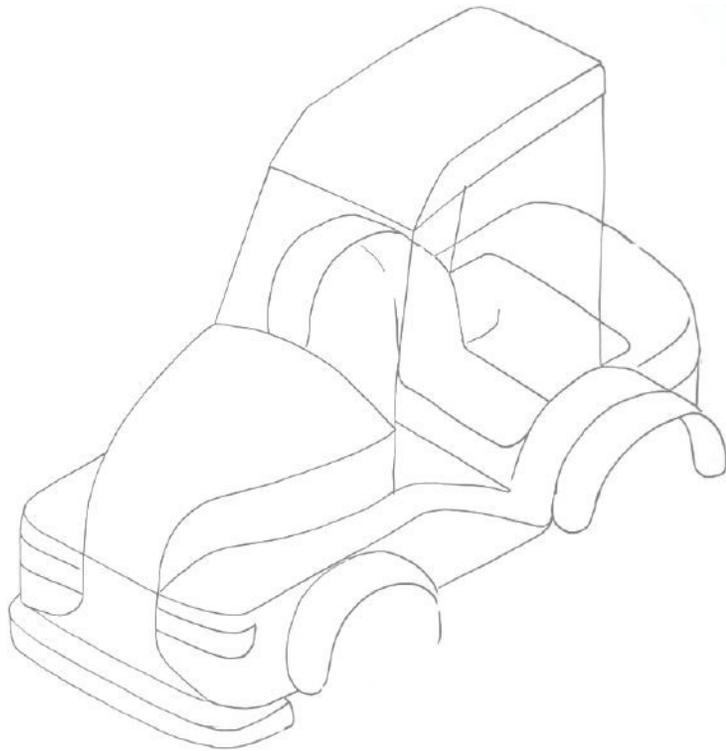


Figura 30. Propuesta 1 de la carcasa. Elaboración propia.

Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Carcasa que se adapte al chasis ya existente.	5 / 25
4	Reutilización de partes.	5 / 20
5	Espacio para la colocación de la ingeniería interna.	5 / 25
4	Carcasa ligera.	2 / 8
3	Contemplar un espacio para el futuro dashboard.	5 / 15
5	Fácil acceso al interior del vehículo.	4 / 20
5	Mecanismo de acceso para la carga eléctrica.	5 / 25
5	Seguridad para el usuario y vehículo en caso de colisión.	5 / 25
3	Topología tecnológica.	1 / 3
5	Separación semántica de la antigua cortadora de césped.	1 / 5
<b>TOTAL</b>		<b>171</b>

### 10.11.2. CARCASA.Propuesta 2.

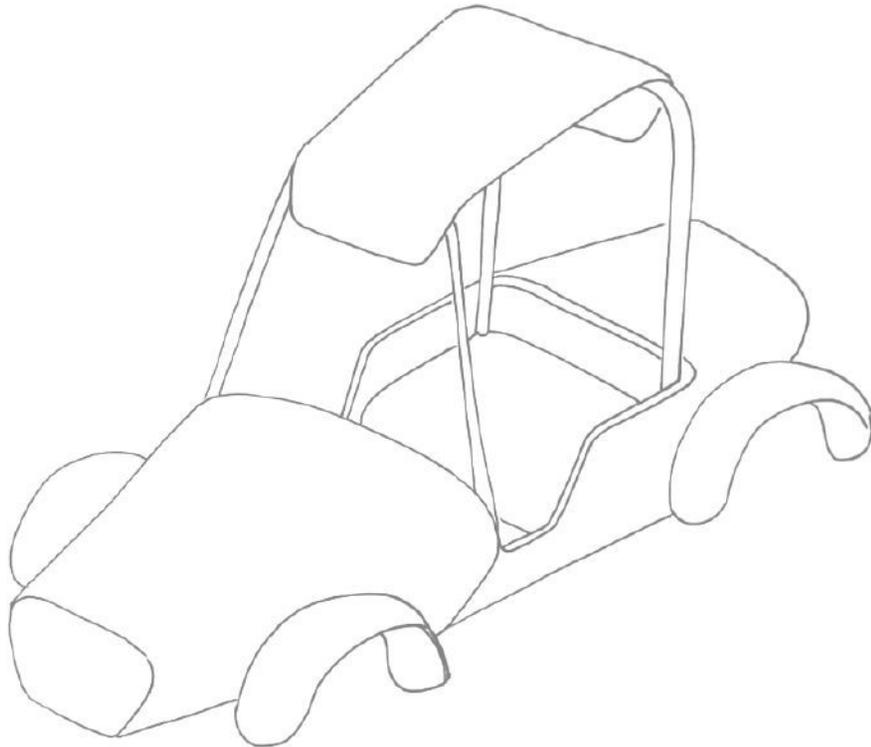


Figura 31. Propuesta 2 de la carcasa. Elaboración propia.

Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Carcasa que se adapte al chasis ya existente.	5 / 25
4	Reutilización de partes.	5 / 20
5	Espacio para la colocación de la ingeniería interna.	5 / 25
4	Carcasa ligera.	4 / 16
3	Contemplar un espacio para el futuro dashboard.	5 / 15
5	Fácil acceso al interior del vehículo.	3 / 15
5	Mecanismo de acceso para la carga eléctrica.	5 / 25
5	Seguridad para el usuario y vehículo en caso de colisión.	5 / 25
3	Topología tecnológica.	3 / 9
5	Separación semántica de la antigua cortadora de césped.	2 / 10
<b>TOTAL</b>		<b>185</b>

### 10.11.3. CARCASA. Propuesta 3.

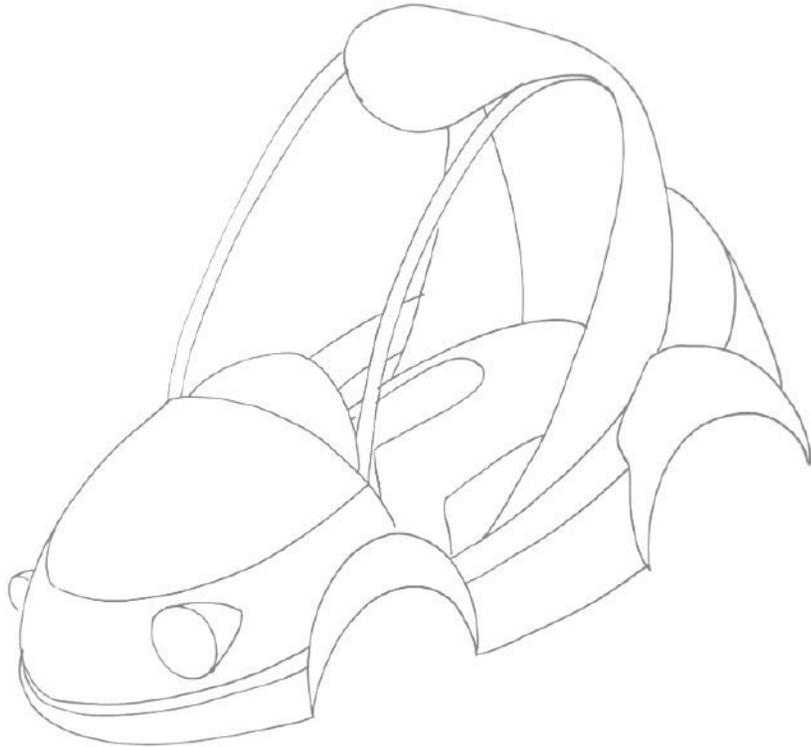


Figura 32. Propuesta 3 de la carcasa. Elaboración propia.

Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Carcasa que se adapte al chasis ya existente.	5 / 25
4	Reutilización de partes.	5 / 20
5	Espacio para la colocación de la ingeniería interna.	5 / 25
4	Carcasa ligera.	3 / 12
3	Contemplar un espacio para el futuro dashboard.	5 / 15
5	Fácil acceso al interior del vehículo.	4 / 20
5	Mecanismo de acceso para la carga eléctrica.	5 / 25
5	Seguridad para el usuario y vehículo en caso de colisión.	5 / 25
3	Topología tecnológica.	5 / 15
5	Separación semántica de la antigua cortadora de césped.	4 / 20
<b>TOTAL</b>		<b>202</b>

#### 10.11.4. CARCASA. Propuesta 4.

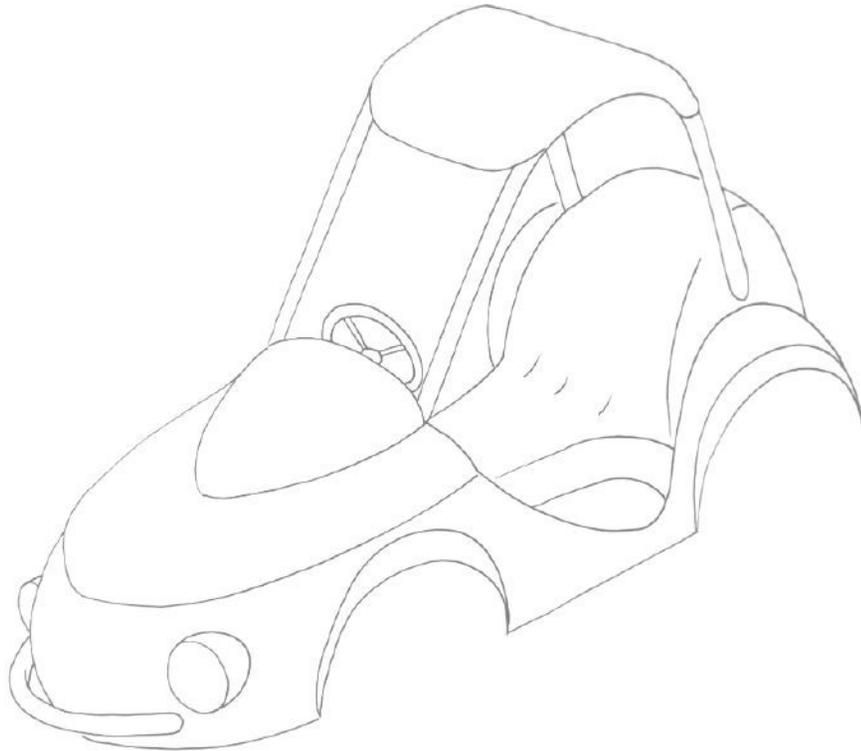


Figura 33. Propuesta 4 de la carcasa. Elaboración propia.

Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Carcasa que se adapte al chasis ya existente.	5 / 25
4	Reutilización de partes.	5 / 20
5	Espacio para la colocación de la ingeniería interna.	5 / 25
4	Carcasa ligera.	4 / 16
3	Contemplar un espacio para el futuro dashboard.	5 / 15
5	Fácil acceso al interior del vehículo.	5 / 25
5	Mecanismo de acceso para la carga eléctrica.	5 / 25
5	Seguridad para el usuario y vehículo en caso de colisión.	5 / 25
3	Topología tecnológica.	5 / 15
5	Separación semántica de la antigua cortadora de césped.	3 / 15
<b>TOTAL</b>		<b>206</b>

### 10.11.5. CARCASA. Propuesta 5.

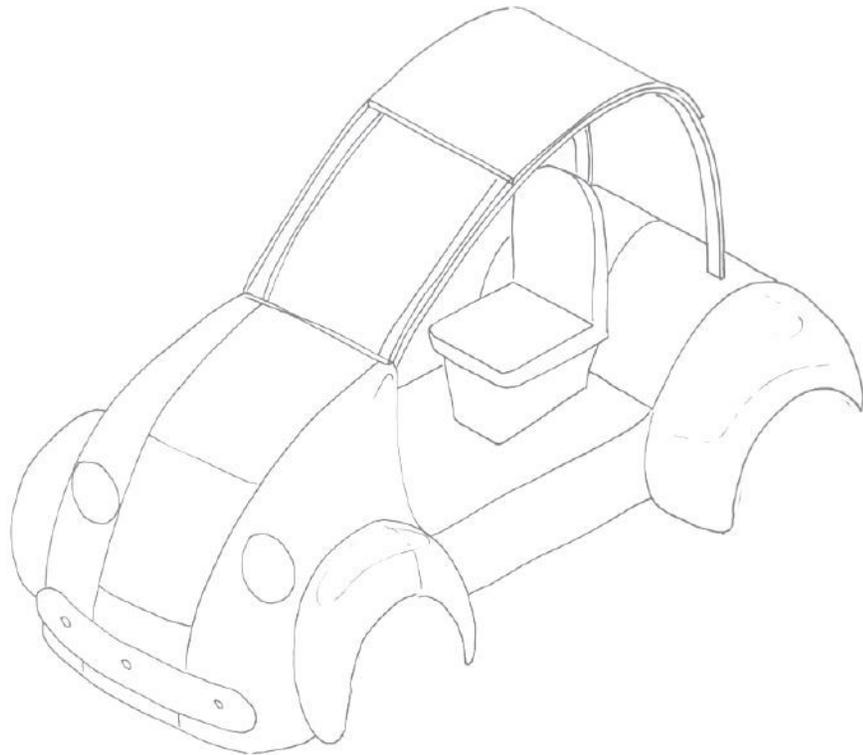


Figura 34. Propuesta 5 de la carcasa. Elaboración propia.

Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Carcasa que se adapte al chasis ya existente.	5 / 25
4	Reutilización de partes.	5 / 20
5	Espacio para la colocación de la ingeniería interna.	5 / 25
4	Carcasa ligera.	4 / 16
3	Contemplar un espacio para el futuro dashboard.	5 / 15
5	Fácil acceso al interior del vehículo.	5 / 25
5	Mecanismo de acceso para la carga eléctrica.	5 / 25
5	Seguridad para el usuario y vehículo en caso de colisión.	5 / 25
3	Topología tecnológica.	5 / 15
5	Separación semántica de la antigua cortadora de césped.	5 / 25
<b>TOTAL</b>		<b>216</b>



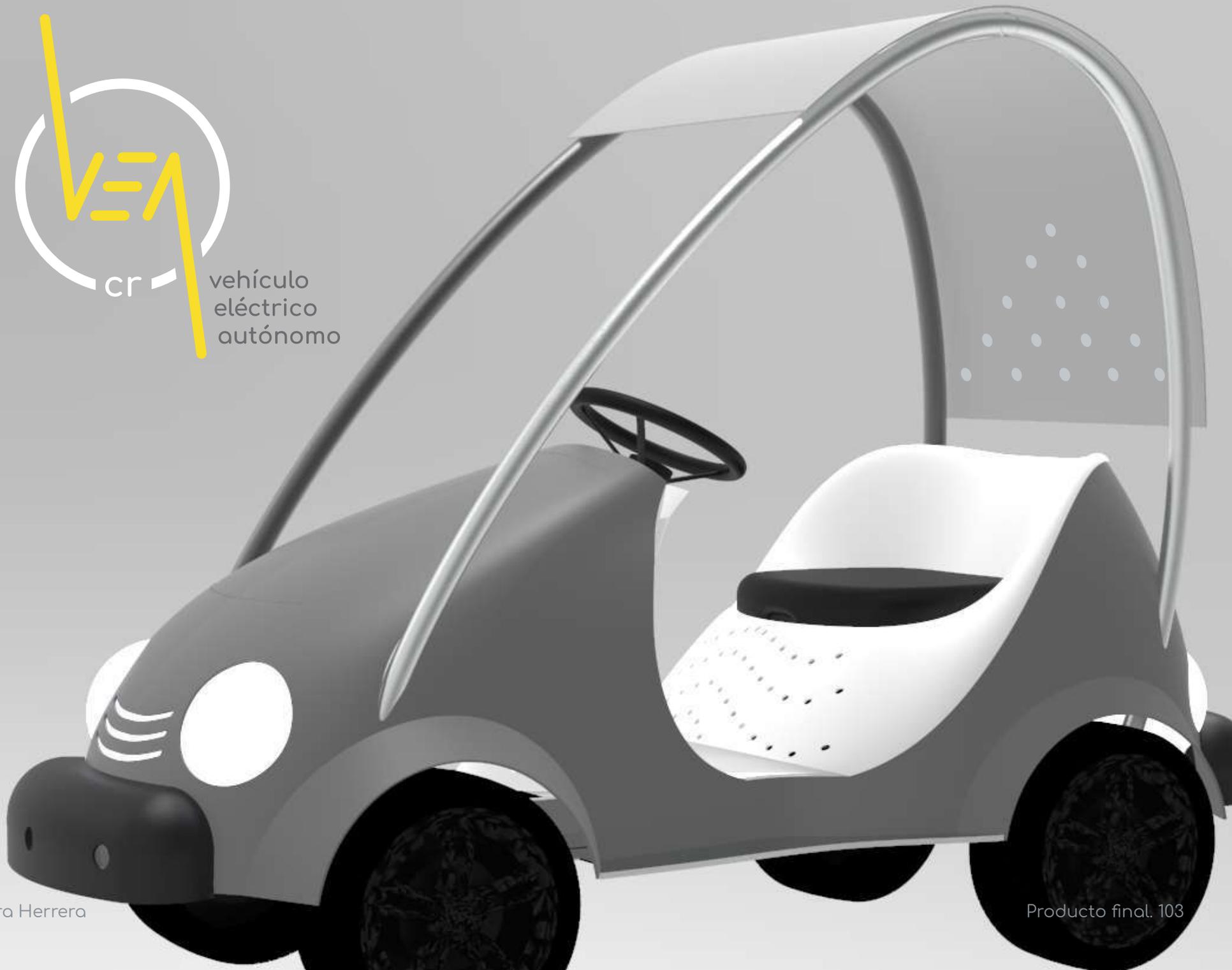


## 11. PRODUCTO FINAL

11.1. Descripción .....	104
11.2. Partes .....	105
11.2. Adaptable .....	106
11.3. Amigable con el testeo .....	108
11.4. Ensamblés .....	111
11.5. Interacción con el usuario .....	115
11.6. Materiales .....	121
11.7. Planos Técnicos .....	122
11.8. Gradiente de mejora del producto .....	128



vehículo  
eléctrico  
autónomo

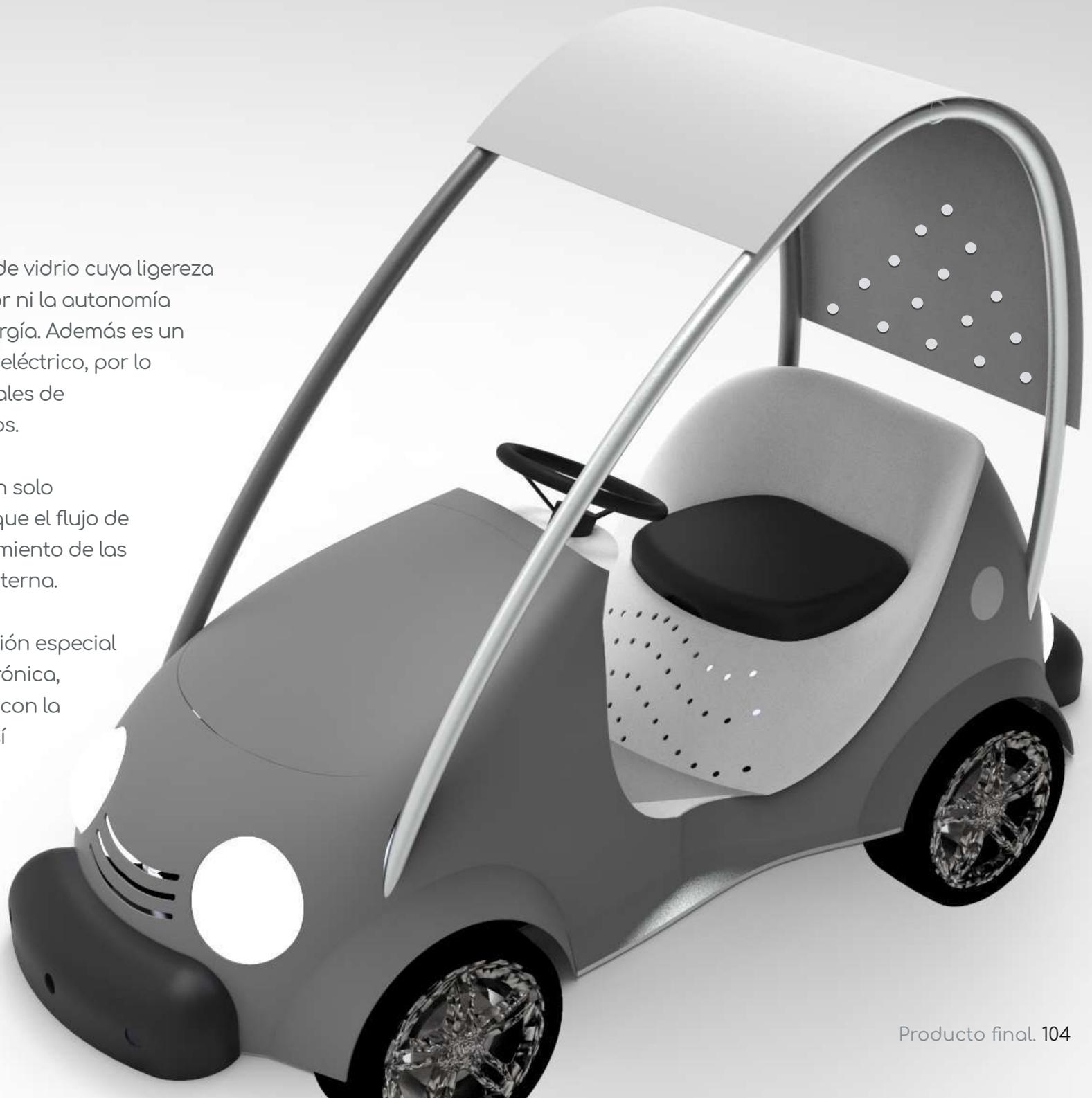


## 11.1. DESCRIPCIÓN

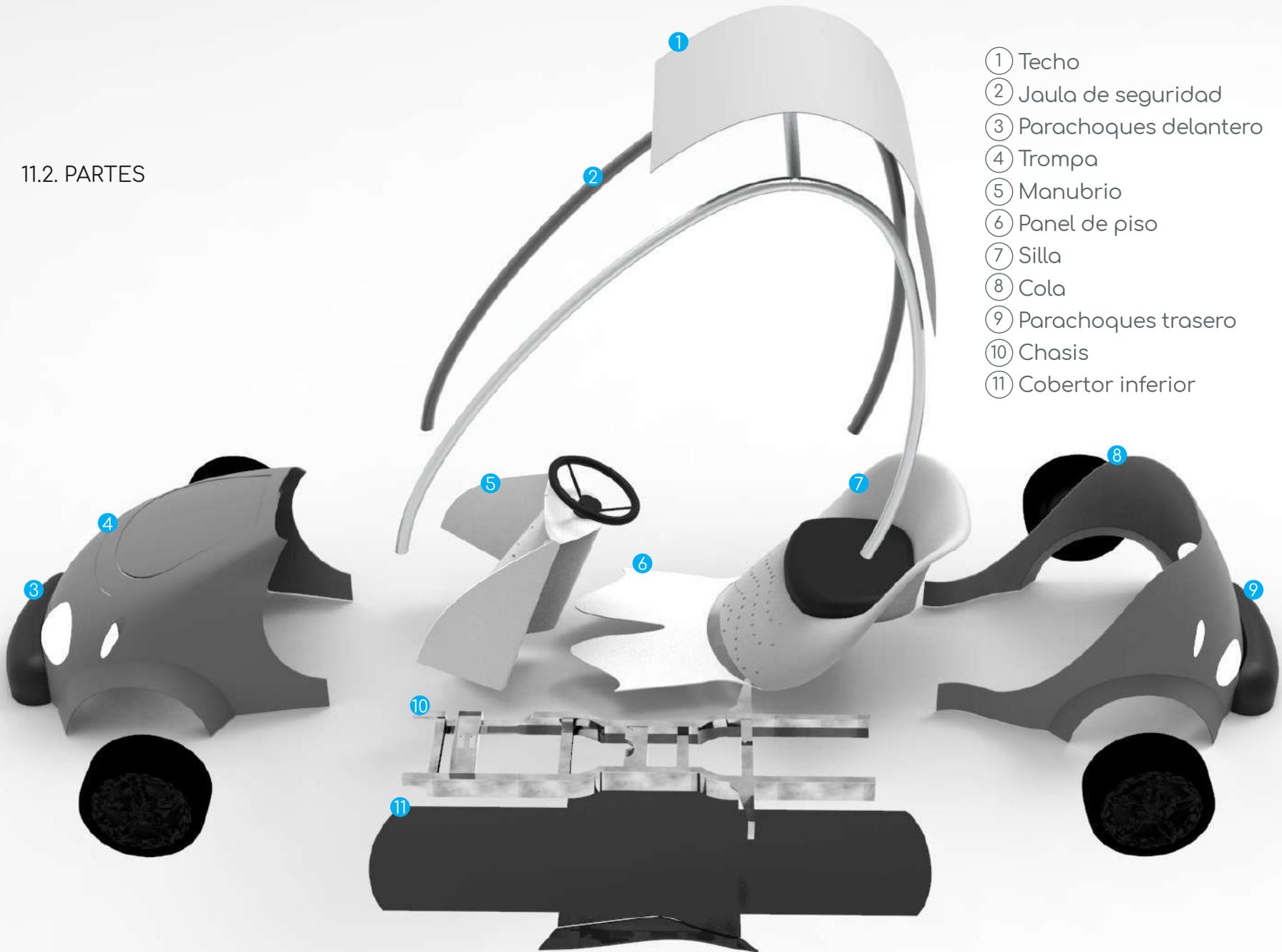
Carcasa única en fibra de vidrio cuya ligereza no compromete al motor ni la autonomía del vehículo, menos energía. Además es un material NO conductor eléctrico, por lo que no bloquea las señales de dispositivos inalámbricos.

En su interior todo es un solo compartimento, por lo que el flujo de aire evitará el recalentamiento de las baterías y electrónica interna.

Por último tiene un sección especial en el cofre para la electrónica, evitando que se mezcle con la motorización y evitar así problemas futuros.



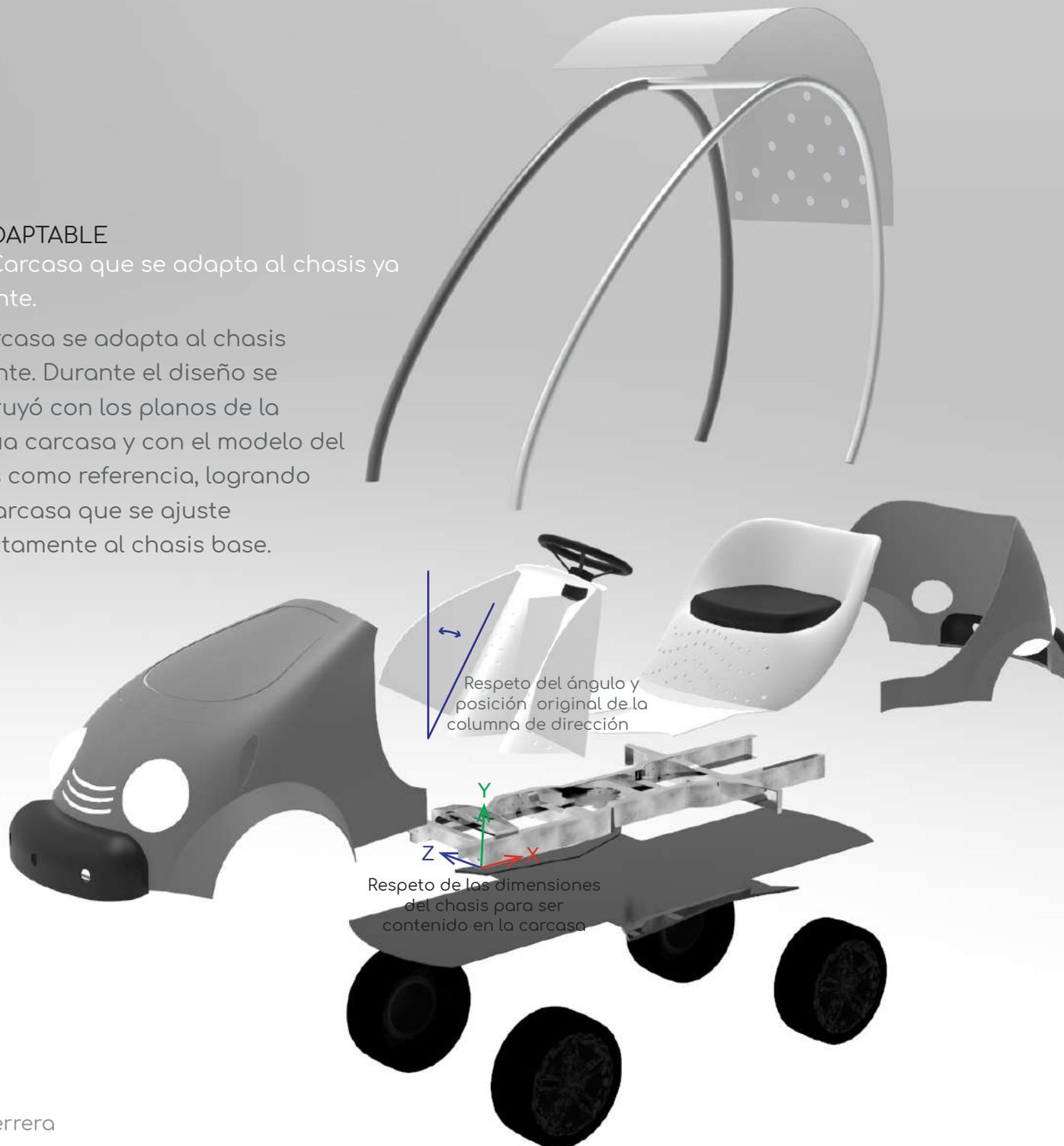
## 11.2. PARTES



## 11.2. ADAPTABLE

11.2.1. Carcasa que se adapta al chasis ya existente.

La carcasa se adapta al chasis existente. Durante el diseño se construyó con los planos de la antigua carcasa y con el modelo del chasis como referencia, logrando una carcasa que se ajuste perfectamente al chasis base.



### 11.2.2. Jaula adaptándose al chasis ya existente

El diseño de la jaula se piensa para ser unido al chasis permanentemente. Los Ingenieros en Mantenimiento Industrial cuentan con un espacio en el eje X de 180 mm entre estos componentes para confeccionar las uniones. Se deberá tener en cuenta la compatibilidad de metales para su soldadura.

Espacio para diseñar las uniones jaula-chasis que corresponde al Departamento de Mantenimiento Industrial

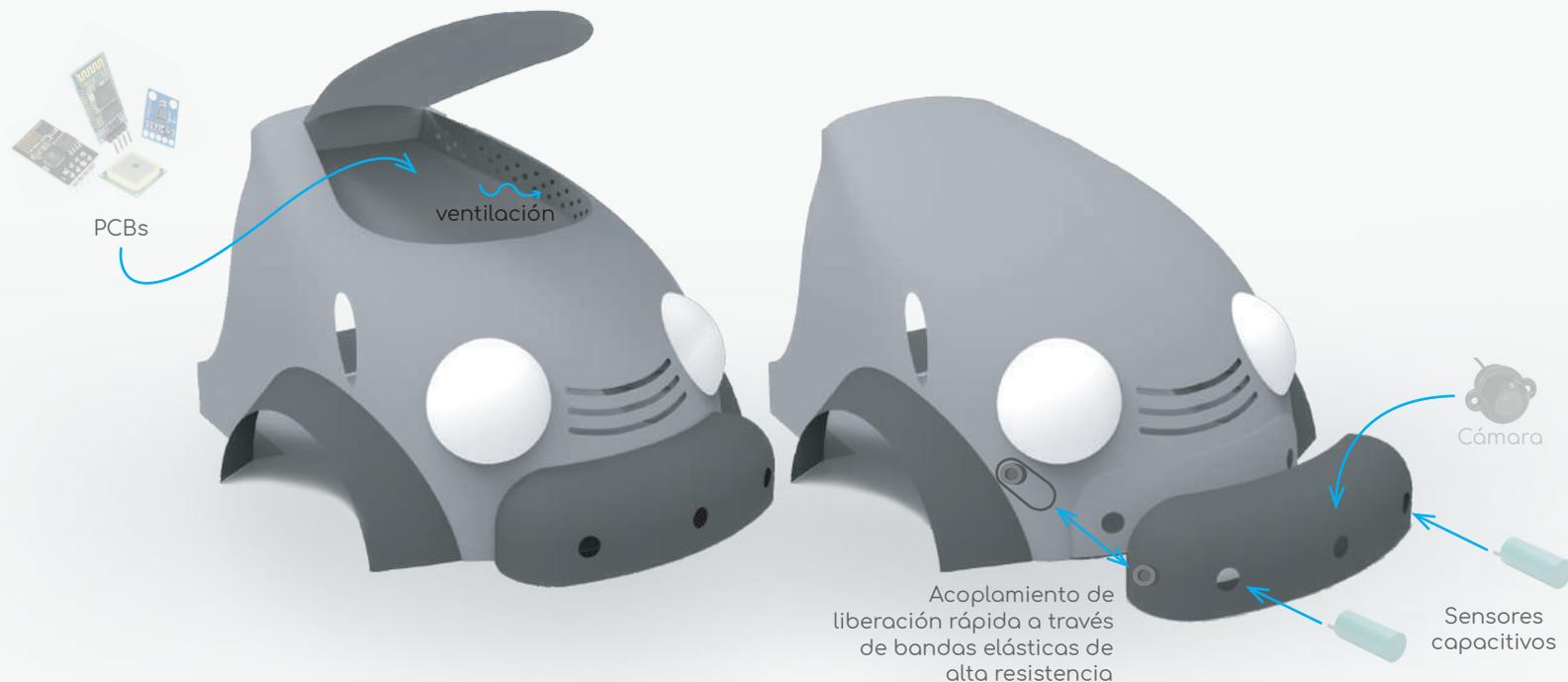


## 11.3. AMIGABLE CON EL TESTEO

### 11.3.1. Testeo de la electrónica.

Sección especial del cofre para la instalación de los diferentes PCBs, perforada con un patrón que permite su ventilación y pasar cables del compartimento al interior de la carcasa.

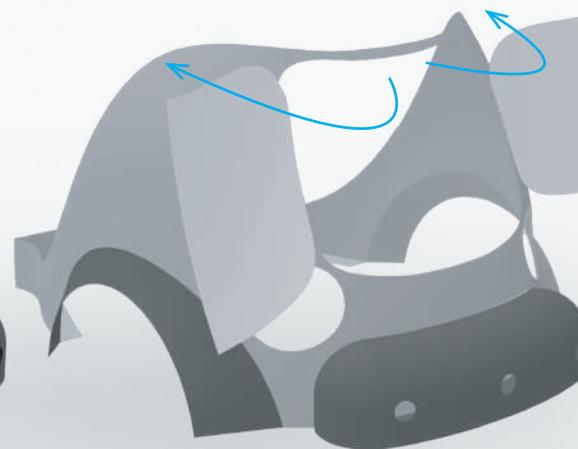
Parachos desmontable que permite instalar los sensores capacitivos y cámara. Los parachos y carcasa poseen perforaciones para la instalación de estos componentes.



### 11.3.2. Testeo de la motorización eléctrica.

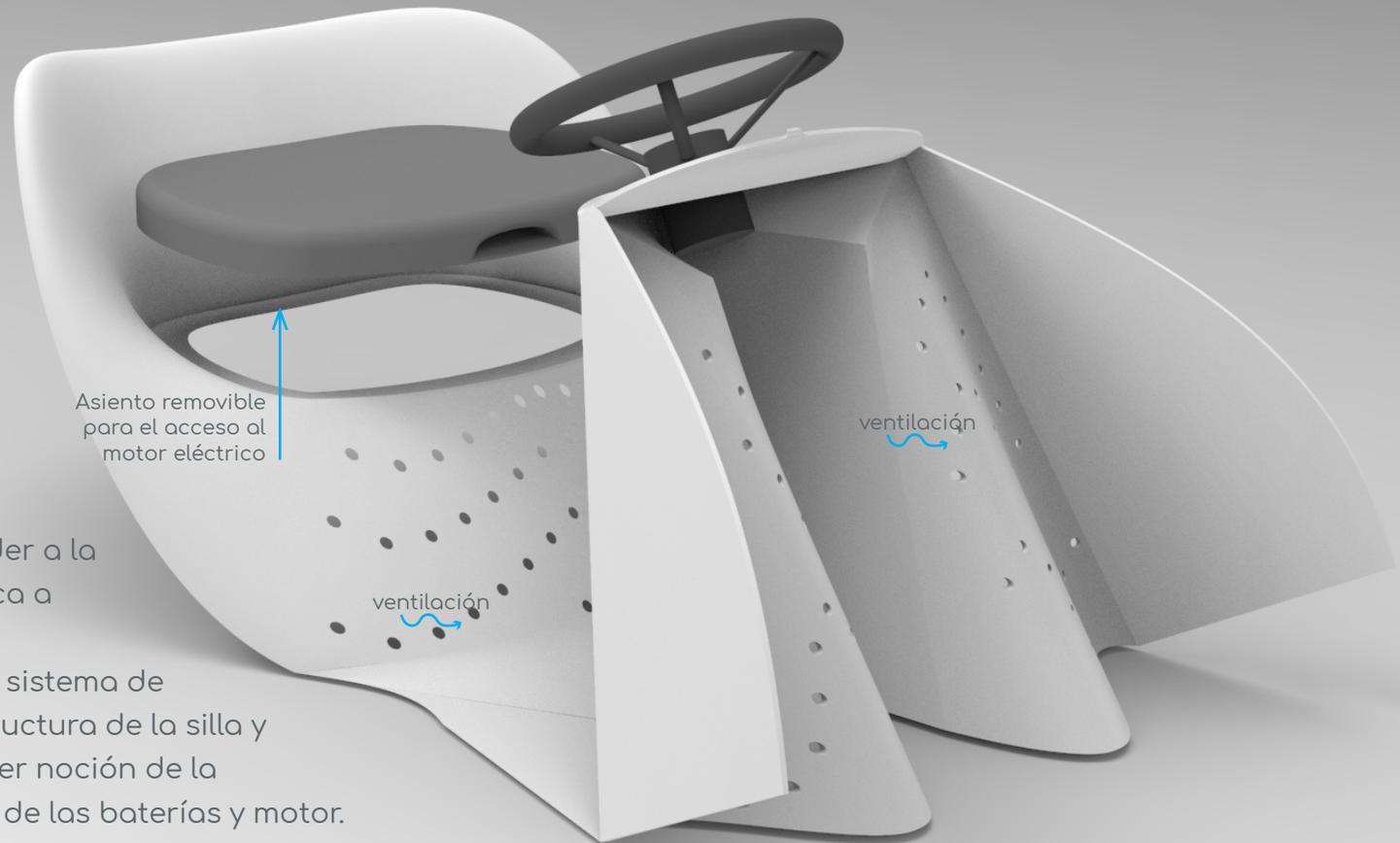
Acceso delantero al interior de la carcasa para la manipulación de la motorización sin dañar los componentes electrónicos.

Acceso trasero con apertura hacia los lados para una experiencia más cómoda. Además de gran amplitud para un mejor control del motor.



Apertura lateral para no obstruir la visión ni comprometer al usuario a una postura incómoda

### 11.3.2. Testeo de la motorización eléctrica.



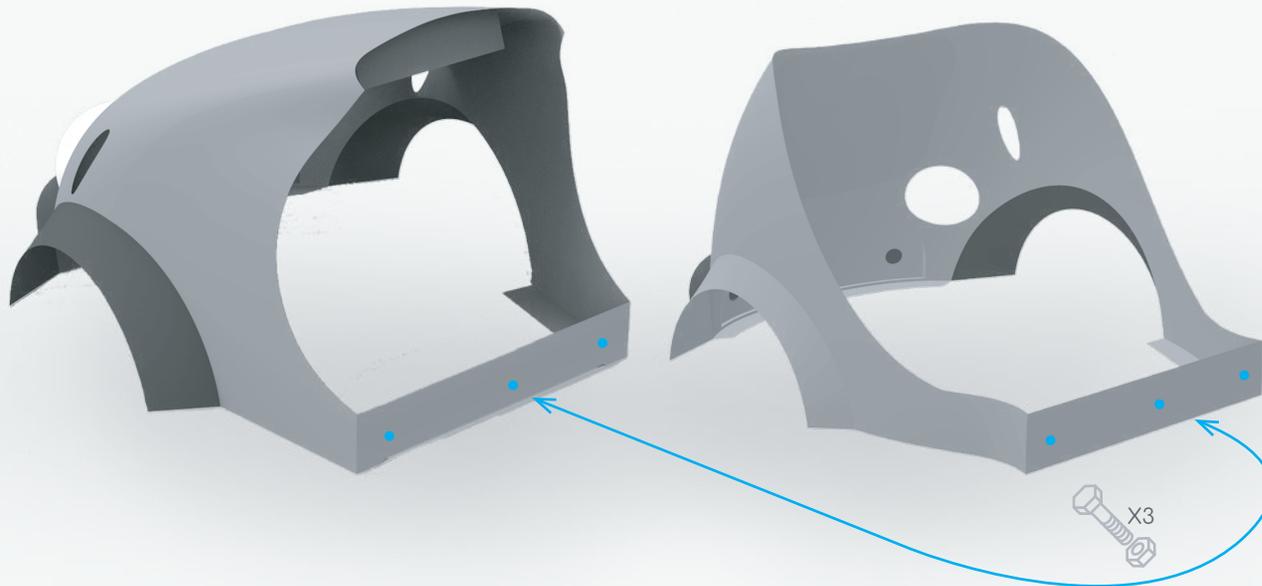
El ingeniero tiene la posibilidad de acceder a la motorización eléctrica a través del asiento.

Además, a través del sistema de ventilación en la estructura de la silla y manubrio puede tener noción de la temperatura interna de las baterías y motor.

## 11.4. ENSAMBLES

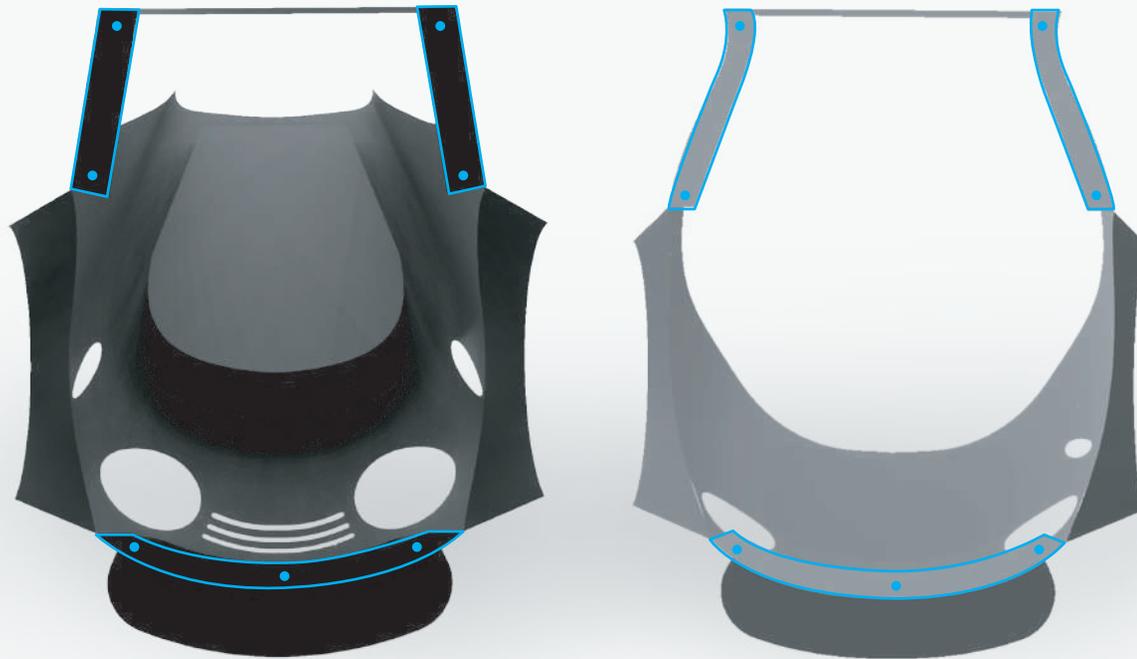
### 11.4.1. Trompa - Cola

Tanto la trompa como la cola poseen una extensión que les permite unirse en el punto medio del vehículo a través de pernos y tuercas.



#### 11.4.2. Trompa - Cola - Cobertor inferior

Tanto la trompa como la cola poseen tres extensiones, cuidadosamente diseñadas para no interferir con los neumáticos, que permiten que el cobertor inferior selle la carcasa desde abajo.



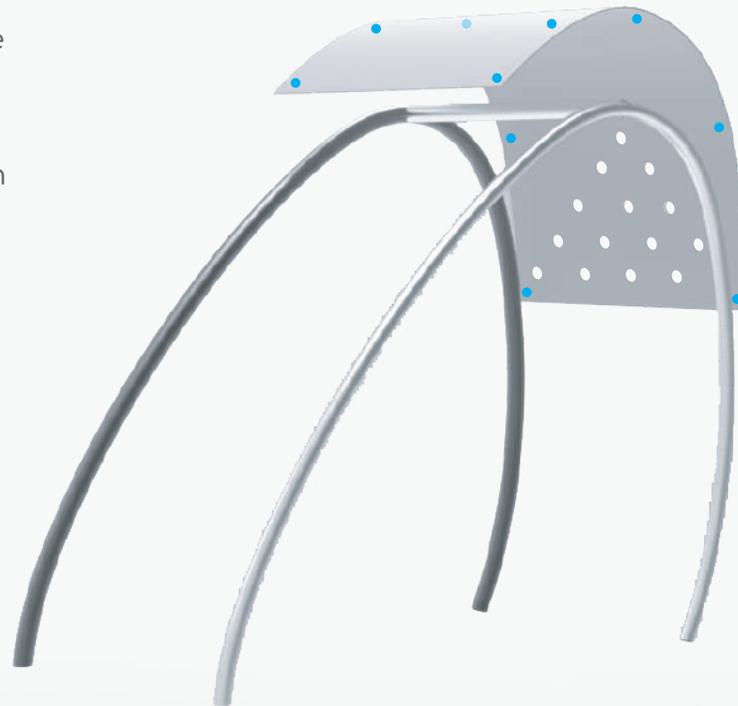
### 11.4.3. Unión del manubrio, panel de piso y silla al resto de la carcasa



La estructura de la silla y el cobertor de la columna de dirección están diseñados para encajar dentro de la cola y trompa, respectivamente. Para su unión se propone emplear resinas adhesivas especializadas para piezas de fibra de vidrio.

#### 11.4.4. Unión techo - jaula.

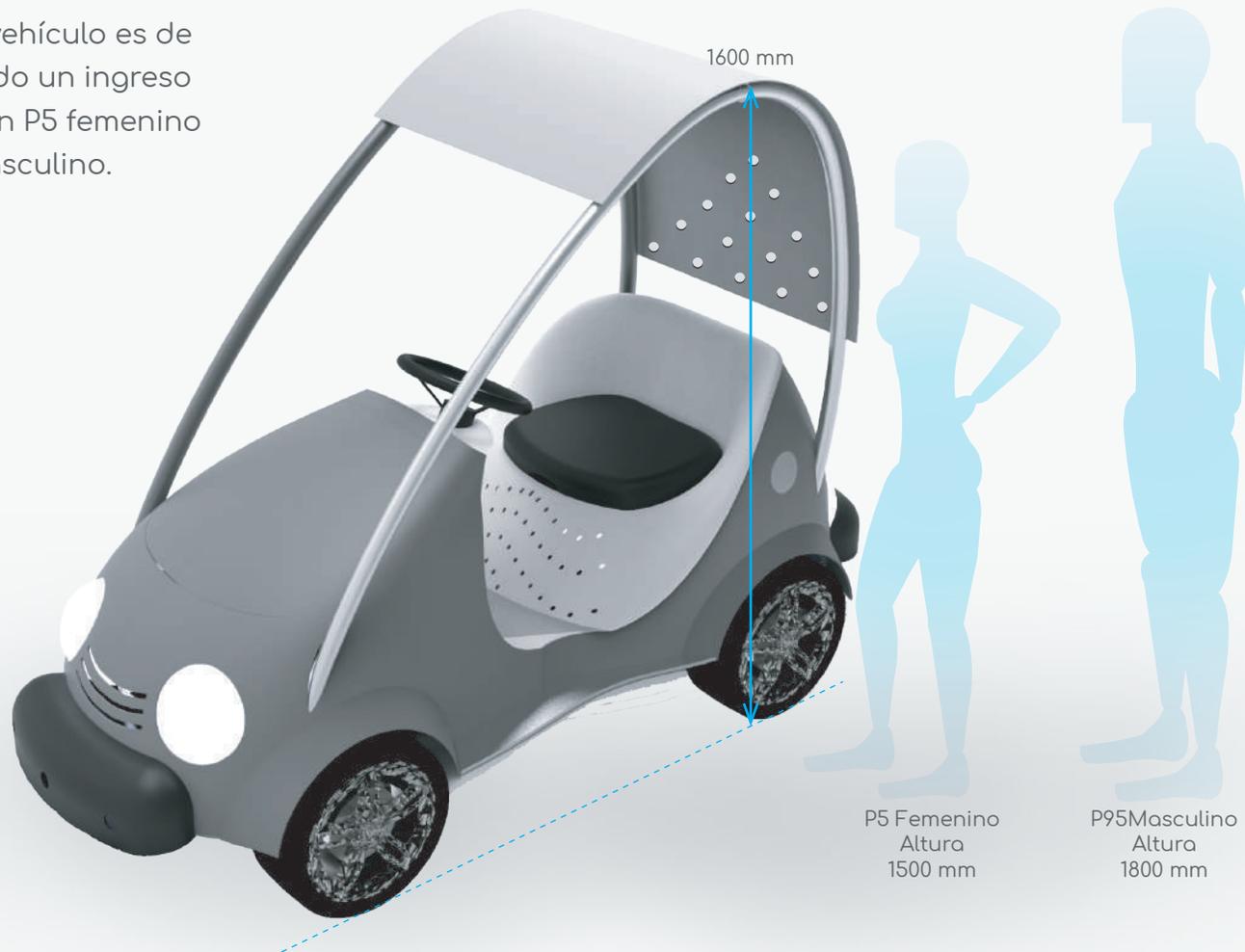
Se plantea una unión permanente entre la lámina y la jaula a partir de remaches en los puntos críticos: Extremos de la lámina, parte superior de la curva de la jaula y en medio de los puntos mencionados.



## 11.5. INTERACCIÓN CON EL USUARIO

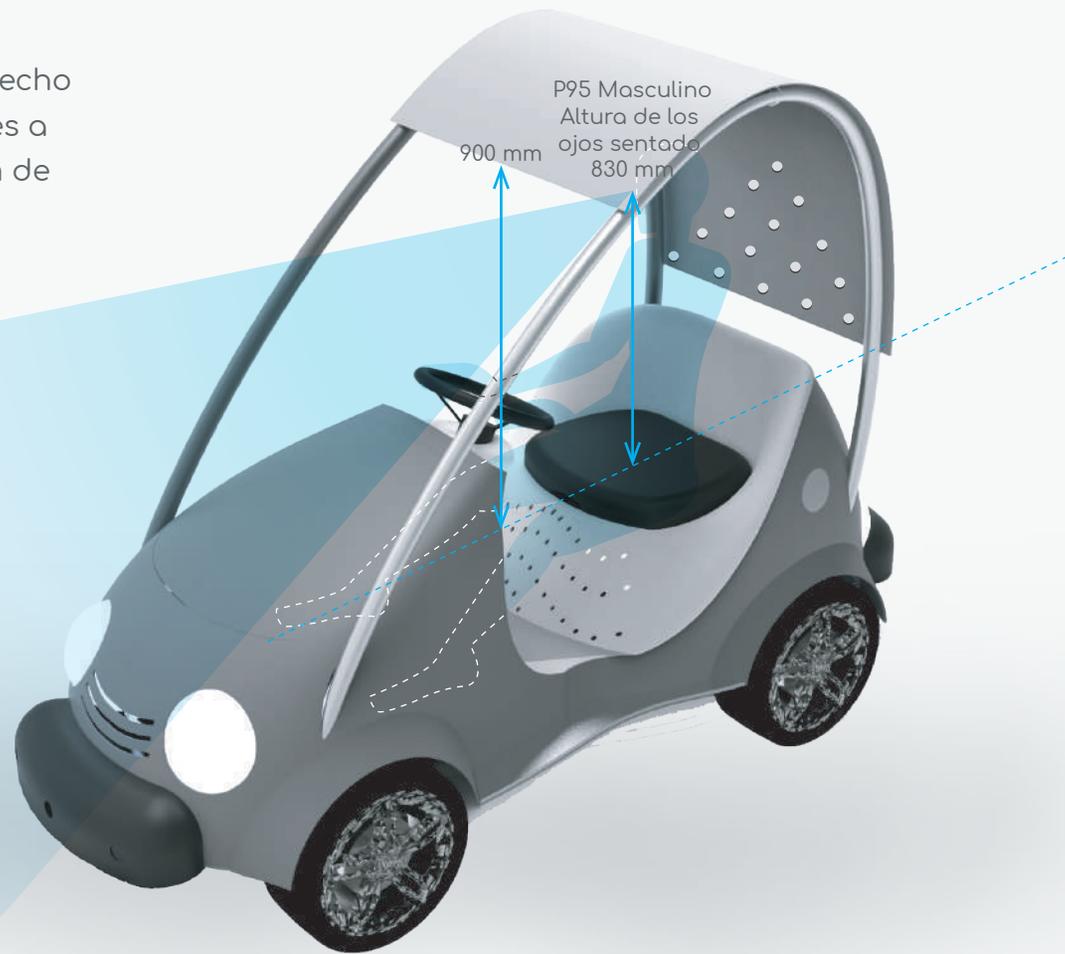
### 11.5.1. Altura del usuario con respecto al prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo

La altura total del vehículo es de 1600 mm, permitiendo un ingreso cómodo tanto de un P5 femenino como de un P95 masculino.



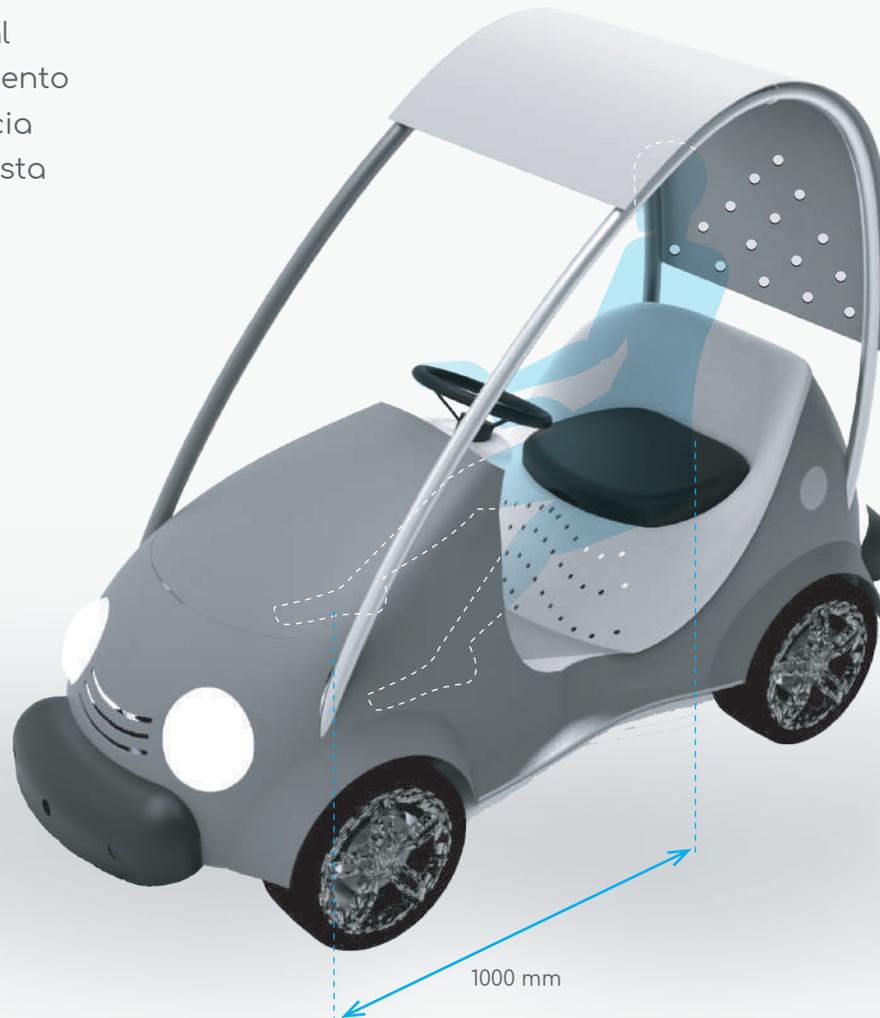
### 11.5.2. Altura del techo

Tomando la cara superior del asiento, la altura en la que el techo comienza a obstruir la visión es a los 900 mm, dejando así 70 mm de seguridad y permitir a un P95 masculino tener una buena visibilidad del camino.



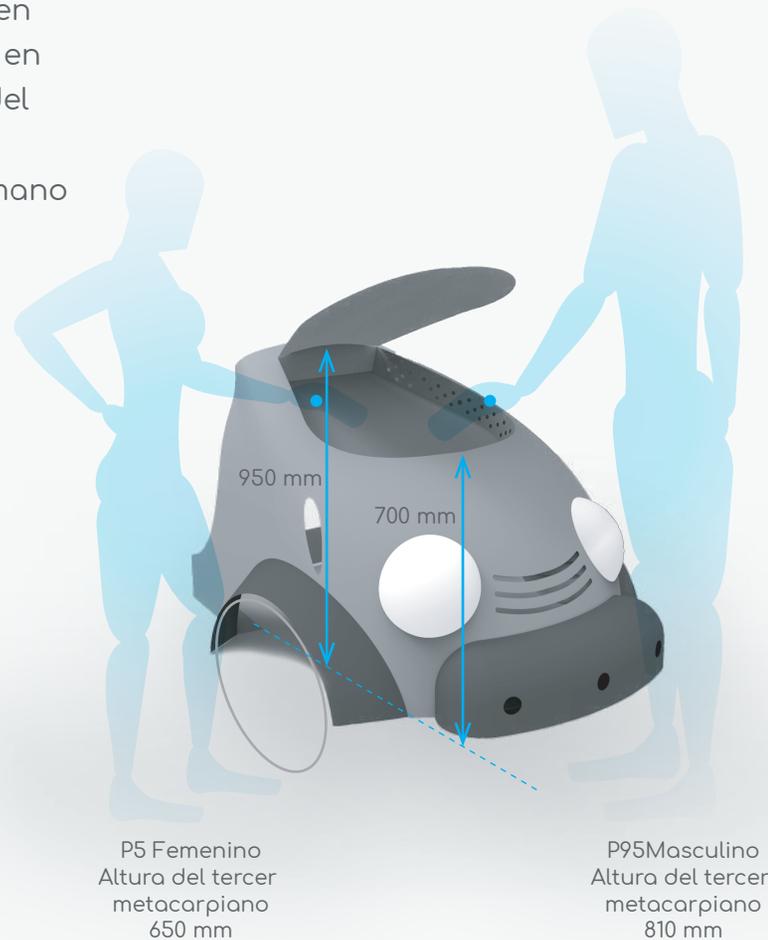
### 11.5.3. Alcance de los pedales

Se respeta la distancia original entre la parte posterior del asiento y los pedales, donde la distancia comprendida es de 1000 mm. Esta medida se encuentra entre los valores de 949 mm y 1147 mm recomendados en el análisis ergonómico de la página 41.



#### 11.5.4. Interacción con el compartimento para la electrónica.

La altura de la sección para la electrónica en el cofre ronda entre los 700 mm y 950 mm por estar en una superficie inclinada, rango en los que se encuentra la altura del tercer metacarpiano (distancia entre el suelo y la palma de la mano aproximadamente) de un P5 femenino y un P95 masculino, evitando así agacharse en posturas incómodas para la instalación o desinstalación de PCBs.



### 11.5.5. Interacción con la cajuela.

En la cola es donde se ubicará el motor eléctrico, donde el Ingeniero en Mantenimiento Industrial tiene dos accesos.

El primer acceso es a través de la cajuela, que al estar tan baja ofrece una apertura lateral para tener una mejor vista, ya que si fuera de apertura hacia arriba obstruiría la visión del ingeniero.



### 11.5.6. Interacción con el acceso de la silla.

El ingeniero tiene una segunda opción de acceso por la cola: Acceder por el asiento. Para ello se remueve la superficie en el que usuario se sienta y así se podrá manipular el motor desde arriba.



## 11.6. MATERIALES



① **Lámina acrílica:**

Color blanco y de 3 mm de espesor que permite doblar la lámina, ajustándose así a la forma curva de la jaula.

② **Acero:**

La jaula es un componente que protege al usuario, por lo que debe ser resistente. También tiene que ser compatible con el chasis en su soldadura, por lo que ser del mismo material colabora en la unión permanente de estos componentes.

③ **Fibra de vidrio:**

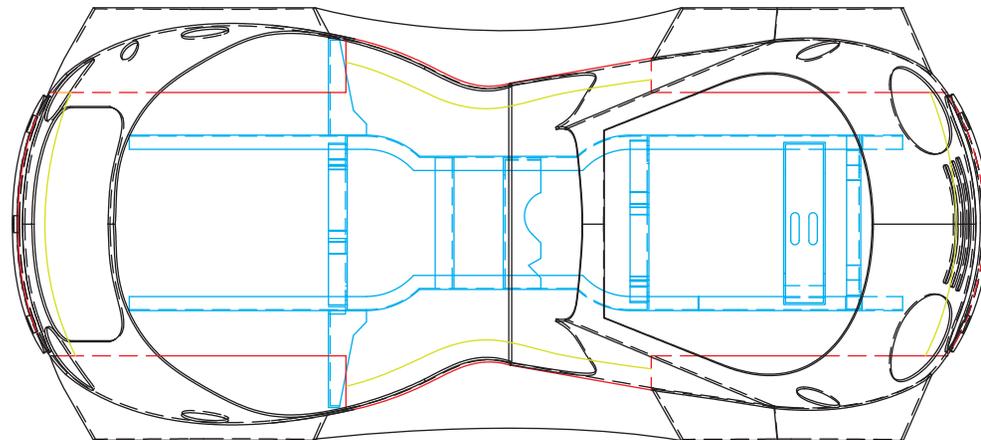
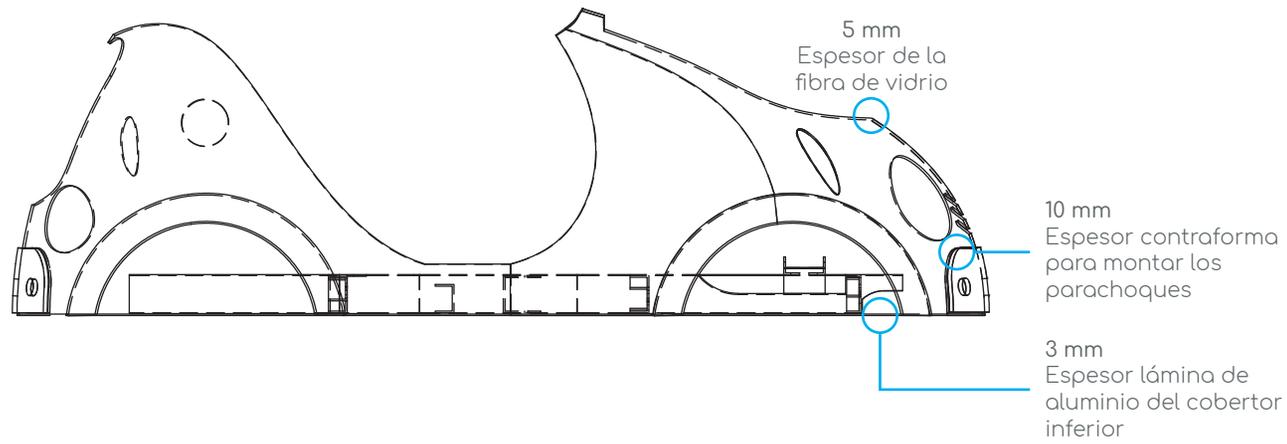
Ligero y de alta resistencia. Requiere de poco apoyo estructural, por lo que en el sector de la silla no requiere refuerzos. Gracias a esto, los Ingenieros en Mantenimiento Industrial solo deberán diseñar adaptaciones para unir la carcasa al chasis. Además es fácil de moldear.

④ **Aluminio:**

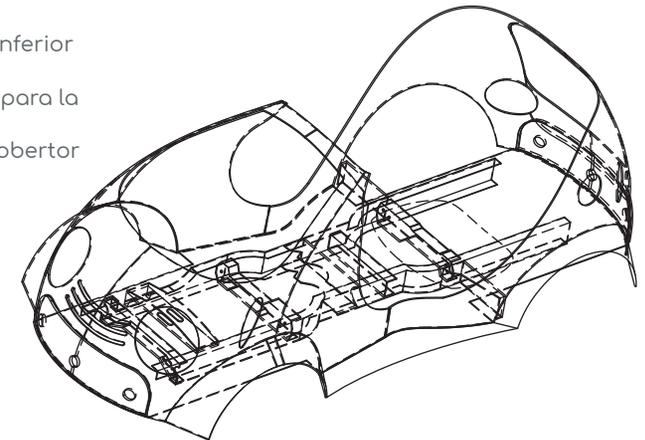
El cobertor inferior será de este material por su ligereza. A pesar de que es un conductor eléctrico, no afectará la electrónica porque no se interpondrá entre los dispositivos inalámbricos y los receptores de las señales.

## 11.7. PLANOS TÉCNICOS

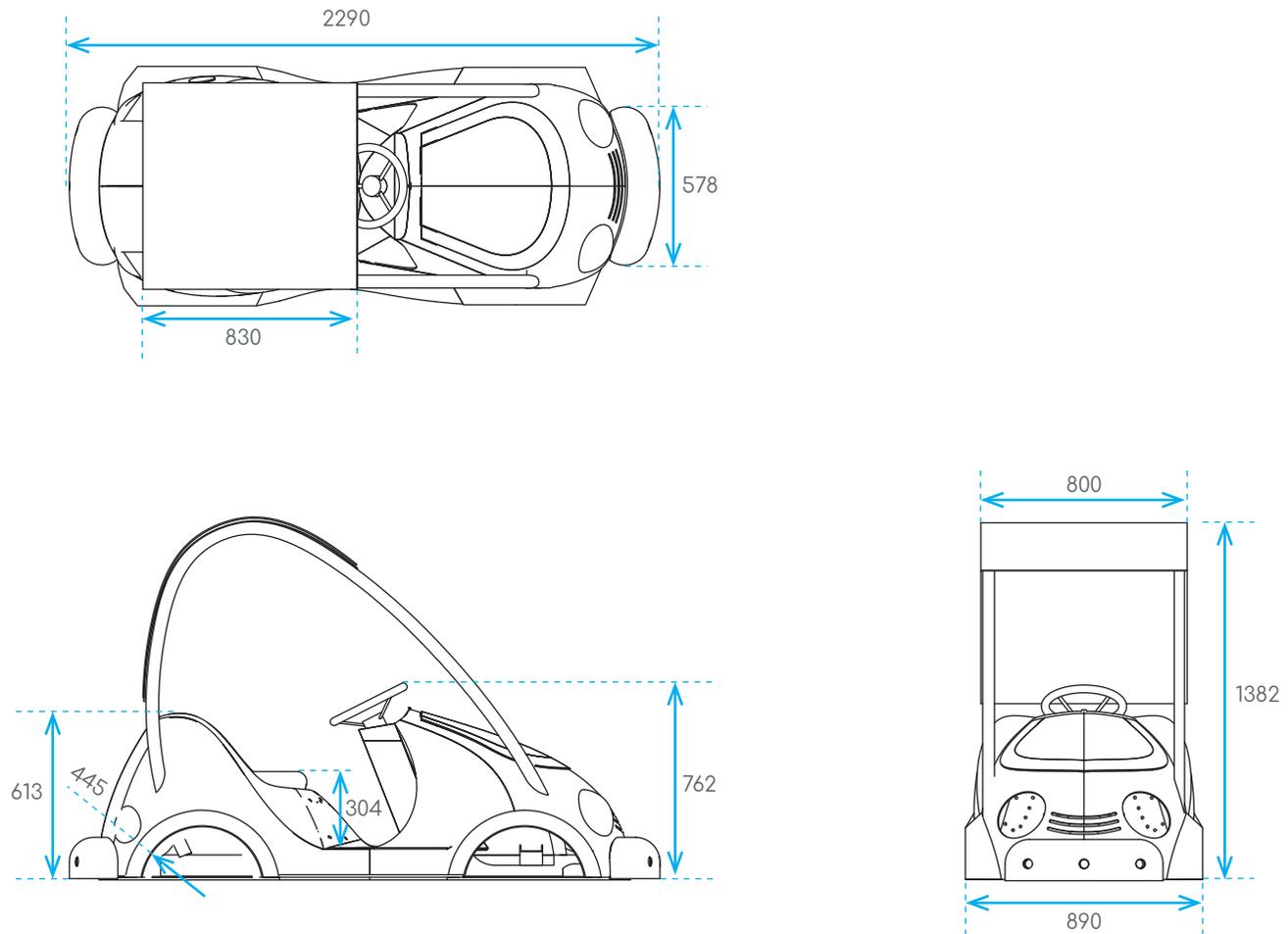
### 11.7.1. Interacción carcasa-chasis.



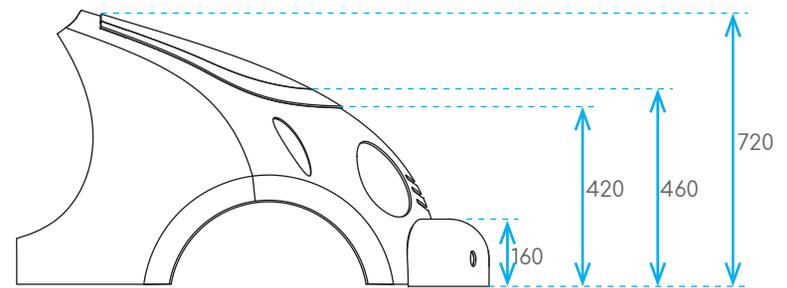
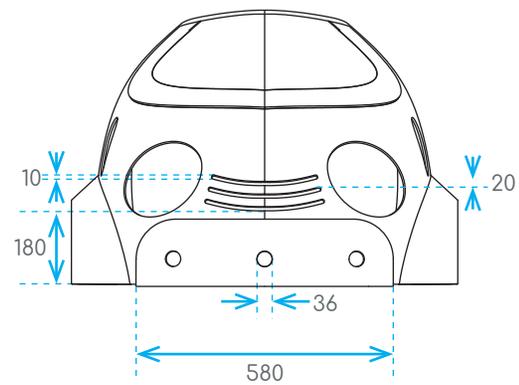
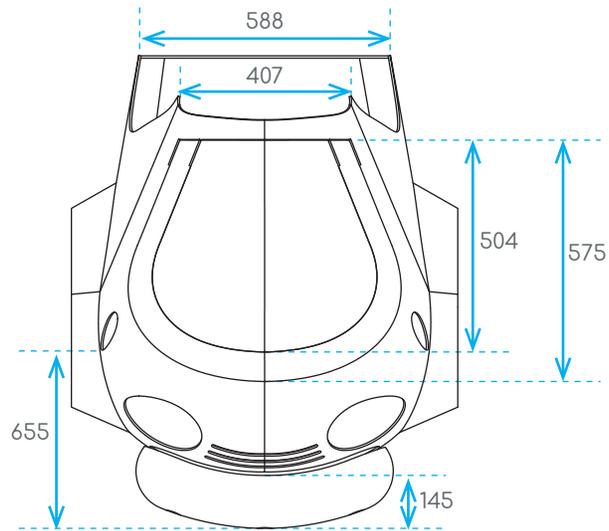
- Cobertor inferior
- Chasis
- Extensión para la unión carcasa-cobertor



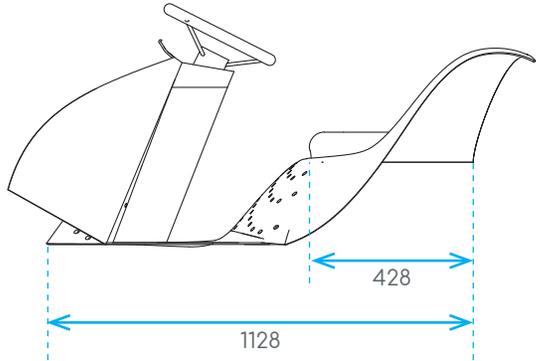
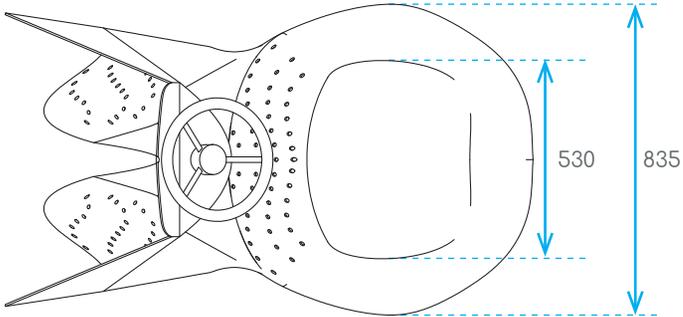
### 11.7.2. Dimensiones generales.



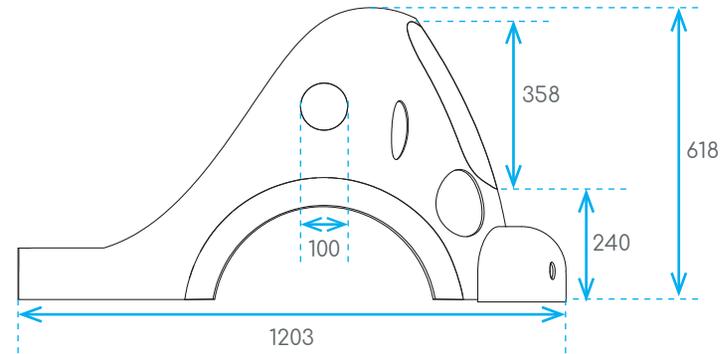
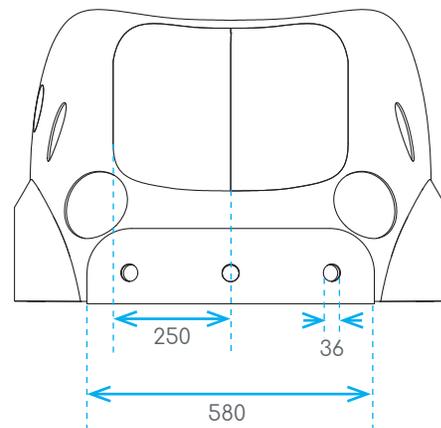
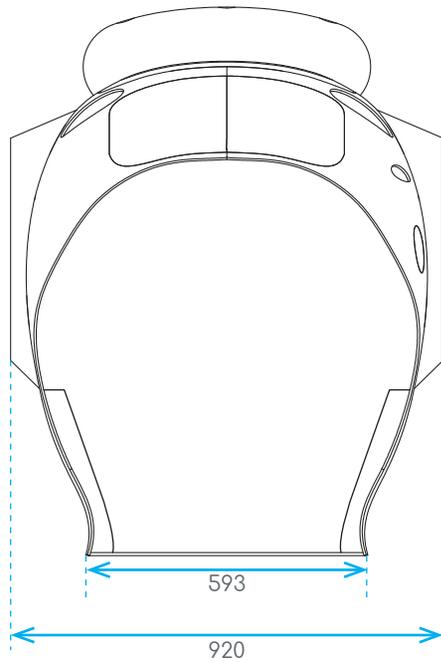
11.7.3. Trompa.



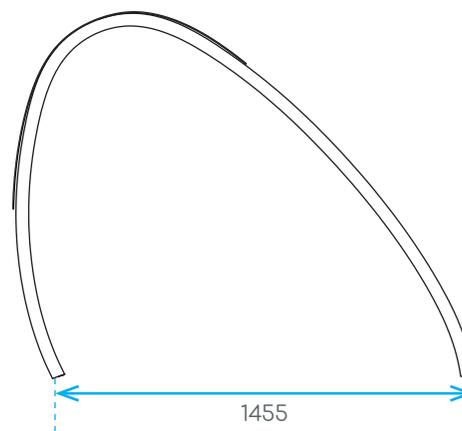
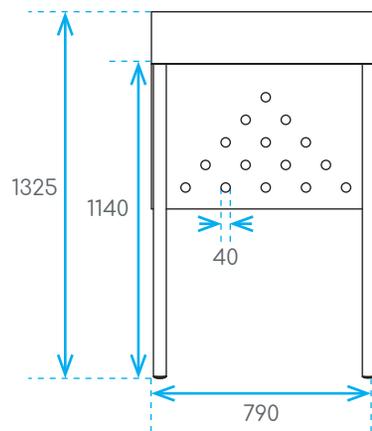
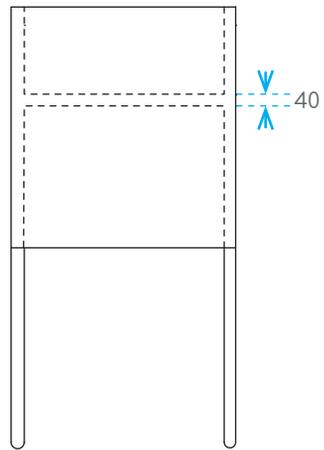
11.7.4. Silla.



11.7.5. Cola.



11.7.6. Jaula.



## 11.8. GRADIENTE DE MEJORA DEL PRODUCTO



### ① Funcionabilidad:

- Sección especial en el cofre para aislar la electrónica de la motorización y así evitar incidentes.
- Parachoques, trompa y cola acondicionadas para la instalación de las cámaras y sensores capacitivos.
- Fibra de vidrio como material base de la carcasa. Un NO conductor eléctrico que permite el correcto funcionamiento de los dispositivos inalámbricos al no interferir en el intercambio de señales.
- Espacio en el cofre y la cola (debajo del asiento) para el motor eléctrico y sus baterías.

### ② Estética:

- Apariencia tecnológica a través de formas curvas, simples y cromática reducida a colores base: Gris, blanco y negro.

### ③ Seguridad:

- Al tratarse de un prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo, la ingeniería interna está sujeta a fallos. Ante ello se toman medidas como:
- Jaula de seguridad para la protección del usuario en caso de volcamiento.
  - Sistema de ventilación en el cobertor del manubrio y la base del asiento para que el usuario tenga noción de la temperatura de la motorización, y en caso de recalentamiento se tomen acciones.
  - Parachoques de gran tamaño para la protección de lo contenido en el prototipo.



## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones .....	130
12.2. Recomendaciones .....	133

## 12.1. CONCLUSIONES

### 12.1.1. Usuario 1. Ingeniero en Electrónica.

- Su necesidad es testear electrónica interna que viene en dos opciones formales: Tarjetas PCB y otros en forma de cilindro (cámaras y sensores capacitivos). Cada una requiere un manejo distinto.
- Las tarjetas PCB son planas y requieren ser atornilladas a una zona llana por defecto. Por ello contarán con una sección especial en el cofre que tiene superficie plana; además cuenta con buena ventilación para evitar recalentamientos.
- Las cámaras y sensores capacitivos requieren una salida, es decir, que ningún objeto se interponga entre ellos y el ambiente, por lo que los parachoques se acondicionaron con taladros en puntos estratégicos.
- Se usa fibra de vidrio para la carcasa, ya que al ser un NO conductor eléctrico no interfiere con el intercambio de señales de los dispositivos inalámbricos.
- Al ser el trabajo del Electrónico uno delicado, se aísla la electrónica de la motorización para evitar incidentes. Por ejemplo, si un Ingeniero en Mantenimiento Industrial remueve algún componente de la motorización eléctrica, no se correrá el riesgo de dañar la electrónica: Desconectar algún contacto, quebrar alguna tarjeta, entre otros.

### 12.1.2. Usuario 2. Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

- Requieren testear la motorización eléctrica, por lo que se les provee de un espacio en el interior para el motor eléctrico y las baterías. Además necesitan de accesos a estos espacios para la observación, manipulación, instalación y remoción de los componentes.
- El cofre cuenta con un buen espacio para recibir la baterías. Tiene un amplio acceso y buena ventilación.
- La silla se diseño sin el ángulo de 30° para que el Ingeniero contara con un amplio espacio para la colocación del motor eléctrico y otros componentes.
- No se uso la silla original (conformada de una base en acero y el cuerpo de la silla en goma) para optimizar el peso de la carcasa y no comprometer la autonomía del vehículo.
- Se usa fibra de vidrio en la carcasa por tratarse de un material ligero en comparación con el acero del que estaba hecho la carcasa original, beneficiando la autonomía del vehículo.
- La cola tiene dos puntos de acceso a su interior: Uno removiendo la silla, y otro por detrás de la cola en la cajuela.
- El acceso por la cajuela tiene la cualidad de ser de apertura lateral y no de forma ascendiente como lo es habitual. El motivo es no obstruir la visión ni la comodidad al manipular los componentes dentro, dado a la poca altura con la que cuenta el vehículo.

### 12.1.3.Contexto de uso.

- No se hizo un análisis de resistencia aerodinámica porque en el contexto de uso la velocidad máxima en la que puede moverse el vehículo es de 25 km/h, siendo esta despreciable para este tipo de estudio.
- No se hizo un estudio estático de la carcasa ya que no se trata de una pieza estructural.
- Se agrega techo al vehículo para lidiar contra las condiciones climáticas adversas de Cartago: Sol y lluvia.

### 12.1.4.Seguridad del usuario durante el testeo.

- Se agrega al prototipo un jaula el acero para proteger al usuario en caso de volcamiento.
- Se coloca un sistema de ventilación en la base de la silla y en la zona de los pedales para que el conductor pueda tener una noción de la temperatura interna de los componentes del vehículo. En caso de sobrecalentamiento el usuario podrá reaccionar y tomar las medidas de seguridad respectivas.

### 12.1.5.Adaptación de la carcasa al chasis ya existente.

- La nueva carcasa al mantener dimensiones cercanas a la original permita que se pueda acoplar al chasis.
- La sección de la carcasa que recubre la columna de dirección respeta fielmente la posición y ángulo del manubrio original.

## 12.2. RECOMENDACIONES

- Ya diseñada la carcasa del prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo, ahora está en manos de los Ingenieros en Mantenimiento Industrial el diseñar los acomples para la unión carcasa-chasis y jaula-carcasa.
- Para la unión de los parachoques a la carcasa se aconseja utilizar acoplamientos de liberación rápida a través de bandas elásticas de alta resistencia, popularmente conocidos como quick release for car bumper. Esta unión es más rápida de remover que una pieza atornillada, y el paquete de 4 unidades tiene un valor aproximado de 5 mil colones. En caso de que alguna banda elástica colapse, conseguir repuestos resulta fácil y económico (Ver anexo 1).
- Para seguridad durante la conducción manual se recomienda la instalación de un cinturón de dos puntos en el asiento.
- Durante la conducción manual del vehículo se recomienda al conductor el uso de casco ante el riesgo de que la ingeniería interna presente alguna falla.
- A nivel de producción, se recomienda utilizar fibra de vidrio para la carcasa dado a su fácil moldeo y bajo costo en comparación con otros materiales, como la fibra de carbono, que a pesar de sus excelentes cualidades es de elevado valor económico. Para ello se requerirá del diseño de los moldes y ajustes del diseño para prepararlo para la fabricación. Para dicha etapa se requerirá del diseñador para guiar el proceso.
- En caso de que se quiera agilizar el proceso de instalación o desinstalación de la electrónica, en el anexo 2 se dejan recomendaciones de diseño.



## 14. BIBLIOGRAFÍA

1. Artés, David (s.f). Aerodinámica del automóvil: principios básicos. Diariomotor. Recuperado el 16 de Septiembre, 2019, de: <https://www.diariomotor.com/consejos/aerodinamica-del-automovil-principios-basicos/>
2. Asociación Costarricense de Ingeniería en Mantenimiento y Gestión de Activos (s.f). Perfil profesional por competencias del Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Recuperado el 11 de Septiembre, 2019, de: [http://cfia.or.cr/descargas2016/perfilesProfesionales/Perfil\\_Profesional\\_IMI.pdf](http://cfia.or.cr/descargas2016/perfilesProfesionales/Perfil_Profesional_IMI.pdf)
3. Bluetooth en Arduino (s.f). Aprendiendo Arduino. Recuperado el 26 de Agosto, 2019, de: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/13/bluetooth-en-arduino/>
4. Belovac (s.f). BVE class vacuum former. Operation instructions. Recuperado el 6 de Septiembre, 2019.
5. Belovac Industries (2012). Belovac Vacuum box construction. Recuperado el 6 de Septiembre, 2019, de: <https://www.youtube.com/watch?v=fTFnsG814Pc>
6. Belovac Industries (2015). Mold setup overview. Recuperado el 6 de Septiembre, 2019, de: <https://www.youtube.com/watch?v=VY5lJzPVTk8>

7. Campus Tecnológico Central Cartago (s.f.). TEC. Recuperado el 18 de Agosto, 2019, de: <https://www.tec.ac.cr/sedes/sede-central-cartago>
8. Carmona-Benjumea, Antonio (1999). Datos antropométricos de la población laboral española. INSHT, 14(2001). 22-35.
9. Comisión de Ingeniería en Electrónica y de Telecomunicaciones (2013). Perfil del Ingeniero en Electrónica y de Telecomunicaciones. Recuperado el 11 de Septiembre, 2019, de:  
[http://cfia.or.cr/descargas\\_2015/formacion\\_profesional/perfil\\_profesional\\_el\\_electronica\\_telecomunicaciones\\_ciemi.pdf](http://cfia.or.cr/descargas_2015/formacion_profesional/perfil_profesional_el_electronica_telecomunicaciones_ciemi.pdf)
10. Cómo hace Costa Rica para producir toda su electricidad de manera limpia (Marzo, 2015). BBC. Recuperado el 5 de Agosto, 2019, de:  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150323\\_costa\\_rica\\_energia\\_renovable\\_az\\_ep](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150323_costa_rica_energia_renovable_az_ep).
11. Calvo-Acuña, Eduardo A. (2019). Diseño de un sistema embebido para el control de un prototipo de vehículo autónomo a escala (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
12. Decreto ejecutivo N° 17415-MOPT. Reglamento para la instalación de reductores de velocidad en las vías públicas. La Gaceta, San José, Costa Rica, 2 de marzo de 1987. Recuperado el 21 de Agosto, 2019

13. Djuknic, Goran M.; y Richton, Robert E. (2001). Geolocation and assisted GPS. Bell Laboratories, Lucent Technologies. Recuperado el 21 de Agosto, 2019, de: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=901174>
14. Detector infrarrojo: funcionamiento y aplicaciones (2018). Infaimon. Recuperado el 26 de Agosto, 2019, de: <https://blog.infaimon.com/detector-infrarrojo-funcionamiento-aplicaciones/>
15. El material de impresión ABS y sus características (s.f.). Impresoras3D.com. Recuperado el 25 de Agosto, 2019, de: <https://www.impresoras3d.com/el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas/>
16. El primer coche autónomo, ya en carretera (Noviembre, 2015). DGT. Recuperado el 29 de Julio, 2019, de: <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2015/11NOVIEMBRE/1125coche-autonomo.shtml#.XUDyHZNKi8o>.
17. Farah, Shady; Griffith-Anderson, Daniel; Langer, Robert (2016). Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 107, 367-392.

18. Grajales-Navarrete, Irina (Febrero, 2019). El TEC se convierte en la primera universidad pública carbono neutral del país. Hoy en el TEC. Recuperado el 13 de Mayo, 2019, de:  
<https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2019/02/27/tec-se-convierte-primer-universidad-publica-carbono-neutral-pais>.
19. Honda Motor CO (Junio, 1990). Shop Manual Lawn Tractor H4514H. Recuperado el 14 de Mayo, 2019
20. Jiménez-Mata, Geovanni (Junio, 2017). El ingenio de tres estudiantes crea un modelo de carro autónomo. Hoy en el TEC. Recuperado el 21 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2017/06/16/ingenio-tres-estudiantes-crea-modelo-carro-autonomo>
21. Jiménez-Mata, Geovanni (Febrero, 2016). TEC progresa con nueva infraestructura. Hoy en el TEC. Recuperado el 13 de Mayo, 2019, de:  
<https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2016/02/17/tec-progresa-nueva-infraestructura>.
22. Leclair, Raúl (Ed.) (Marzo, 2004). Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales. SIECA. Recuperado el 18 de Agosto, 2019, de:  
[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual\\_centroamericano\\_de\\_normas\\_2da.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual_centroamericano_de_normas_2da.pdf)

23. Ley N° 9078. Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial. La Gaceta, San José, Costa Rica, 26 de octubre de 2012. Recuperado el 19 de Agosto, 2019.

24. Los plásticos en el automóvil (Octubre, 2016). Autocasión. Recuperado el 5 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/los-plasticos-en-el-automovil>.

25. Ngoa, Tuan D; Kashania, Alireza; Imbalzano, Gabriele; Nguyena, Kate T.Q; y Hui, David (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B 143 (2018), 172-196.

26. Penalva, Javier (Marzo, 2015). ¿Es mejor para el medio ambiente el coche eléctrico que el de gasolina? Depende. Xataka. Recuperado el 5 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.xataka.com/automovil/es-mejor-para-el-medio-ambiente-el-coche-electrico-que-el-de-gasolina-depende>.

27. Peritos de accidentes (2018). Conducción segura: ergonomía y posición al volante. Recuperado el 15 de Septiembre, 2019, de:  
<https://www.peritosdeaccidentes.com/conduccion-segura-ergonomia-posicion-al-volante/>

28. Pernos y tornillos, diferencias importantes (Diciembre, 2017). Todo ferretería. Recuperado el 8 de Septiembre, 2019, de:  
<http://todoferreteria.com.mx/pernos-y-tornillos-diferencias-importantes/>
29. PLA carbón fiber (fibra de carbono) proto-pasta 1,75 mm (s.f.). Impresoras3D.com. Recuperado el 25 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.impresoras3d.com/producto/pla-carbon-fiber-fibra-de-carbono-proto-pasta-175-mm/>
30. Reglamento de circulación y estacionamiento de vehículos en la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica (s.f.). TEC. Recuperado el 18 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.tec.ac.cr/reglamentos/reglamento-circulacion-estacionamiento-vehiculos-sede-central-insituto-tecnologico-costa>
31. Sensor de proximidad capacitivo (2017). Ingeniería Mecafénix. Recuperado el 29 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>
32. Servicios públicos (s.f.). TEC. Recuperado el 29 de Julio, 2019, de:  
<https://www.tec.ac.cr/serviciospublicos>.
33. Termoformado de plásticos (s.f.). Recuperado el 5 de Septiembre, 2019, de: <https://termoformadodeplasticos.com/>

34. Todo lo que necesitas saber sobre el coche eléctrico (2019). Bubocar. Recuperado el 18 de Septiembre, 2019, de:  
<https://www.bubocar.com/coches-electricos/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-coche-electrico/>
35. Trapero, Diego (s.f). ¿Por qué seguir usando ABS en impresión 3D?. Bitfab <https://bitfab.io/es/blog/por-que-usar-abs-en-impresion-3d/>
36. Ulrich, Karl; Eppinger, Steven (2013). Diseño y desarrollo de productos (Romo-Muñoz, Jorge; Rubio-Ruiz, Ricardo, trad.). México: Interamericana Editores. (Obra original publicada en 2012).
37. Vehículos eléctricos y movilidad sustentable, herramientas esenciales para salvar al planeta (Junio, 2017). Infobae. Recuperado el 5 de Agosto, 2019, de:  
<https://www.infobae.com/autos/2017/06/05/vehiculos-electricos-y-movilidad-sustentable-herramientas-esenciales-para-salvar-al-planeta/>.
38. Zamora-Alvarado, Paola V. (2019). Implementación de un prototipo a escala de un sistema de recarga inalámbrica para vehículos eléctricos (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.



## 13. ANEXOS

13.1. Anexo 1	-----	143
13.2. Anexo 2	-----	144

## 13.1. ANEXO 1

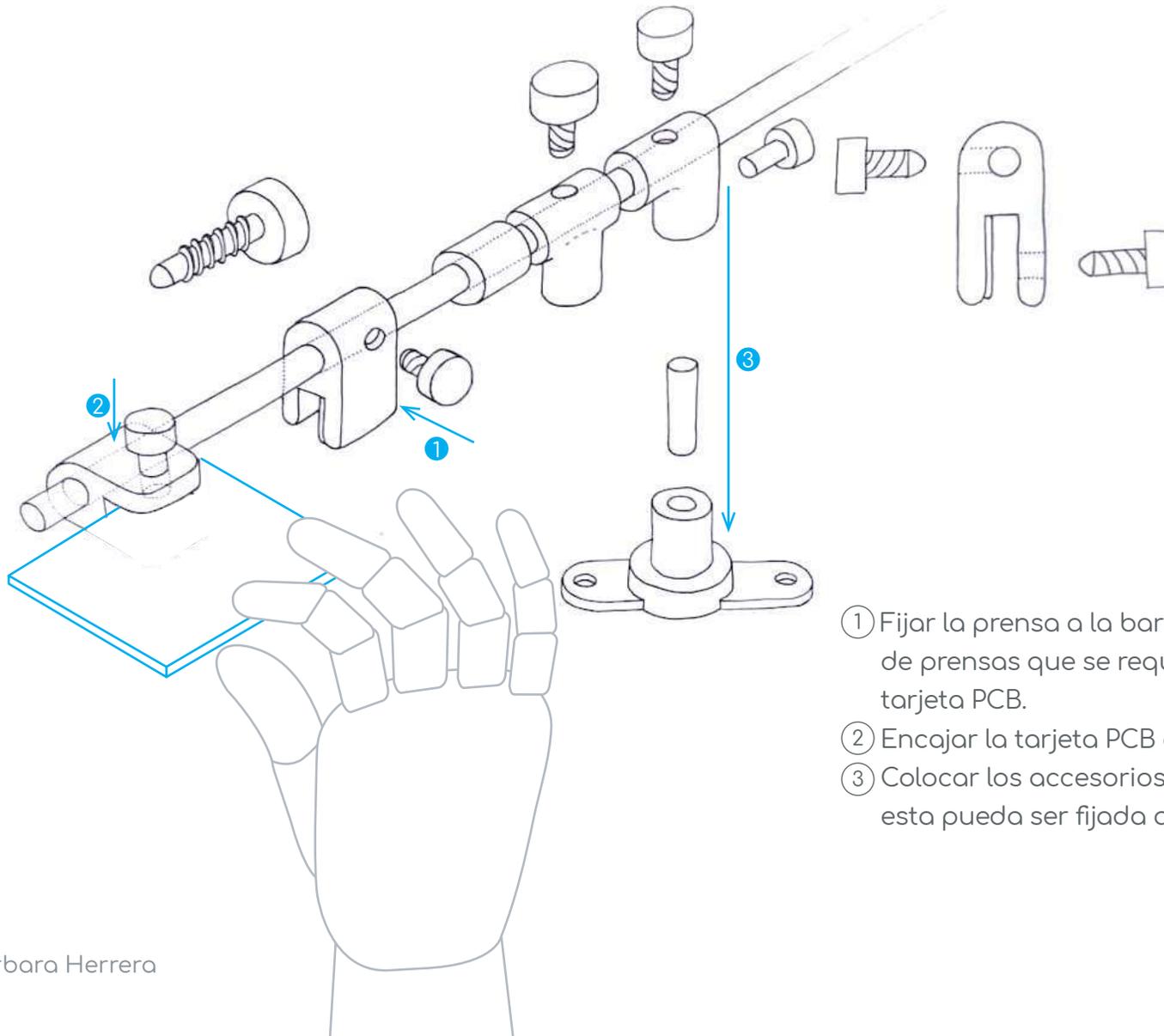
### 13.1.1.Quick release for car bumper



**Imagen 31.** iJDMTOY Universal Fit Black Finish JDM Quick Release Fastener Kit for Car Bumper Trunk Fender Hatch Lid. Recuperado el 18 de Noviembre, 2019, de <https://www.amazon.com/iJDMTOY-Universal-Finish-Release-Fastener/dp/B00JJYPATO?th=1>

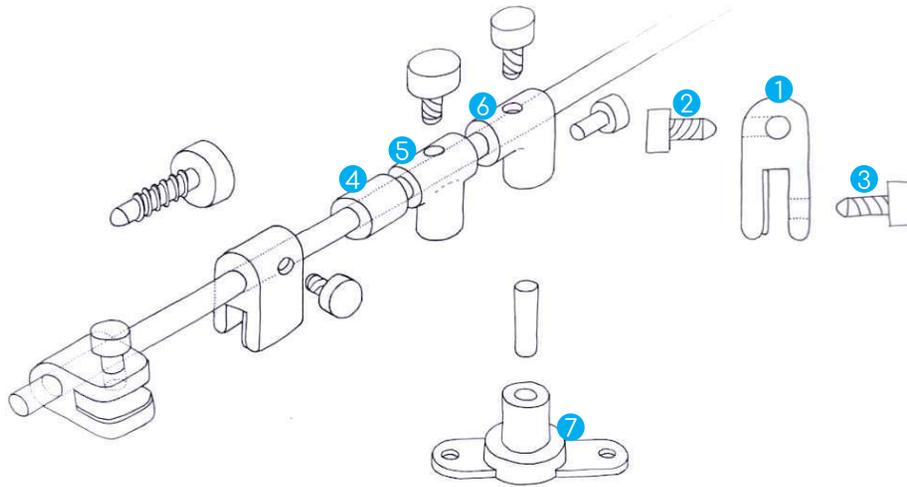
## 13.2. ANEXO 2

### 13.2.1. sistema de sujeción. Propuesta 1. Modo de uso



- ① Fijar la prensa a la barra calibrada. Colocar el número de prensas que se requiera acorde al tamaño de la tarjeta PCB.
- ② Encajar la tarjeta PCB a la prensa y fijarla.
- ③ Colocar los accesorios a la barra calibrada para que esta pueda ser fijada a la carcasa.

## Partes y funcionamiento.



**Figura 35.** Propuesta 1 del sistema de sujeción, partes y funciones.  
Elaboración propia.

- ① Prensa: En ella se fija la tarjeta PCB.
- ② Tornillo fijación prensa-barra: Fija la prensa en cualquier punto de la barra calibrada que el usuario desee, dándole estabilidad.
- ③ Tornillo fijación PCB-prensa: Fija la tarjeta PCB a la prensa, permitiendo recibir múltiples grosores de tarjeta.
- ④ Extensión simple barra calibrada: Permite alargar la longitud de la barra al poder agregar otra.
- ⑤ Extensión T barra calibrada: Hace lo mismo que la simple y además permite agregar una extensión perpendicular para fijar el sistema a la carcasa.
- ⑥ Extensión L barra calibrada: Permite agregar una extensión perpendicular para fijar el sistema a la carcasa.
- ⑦ Sujeción carcasa: Recibe la barra calibrada. Esta pieza se atornilla a la carcasa.

Evaluación.

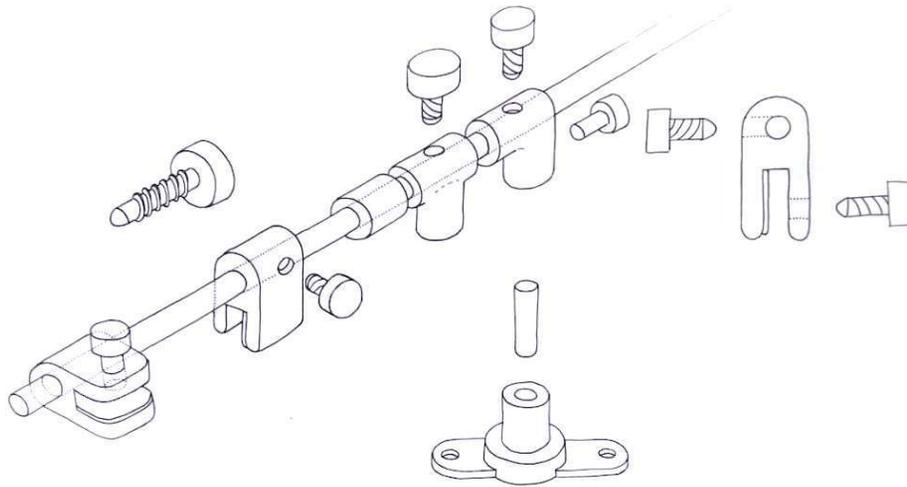
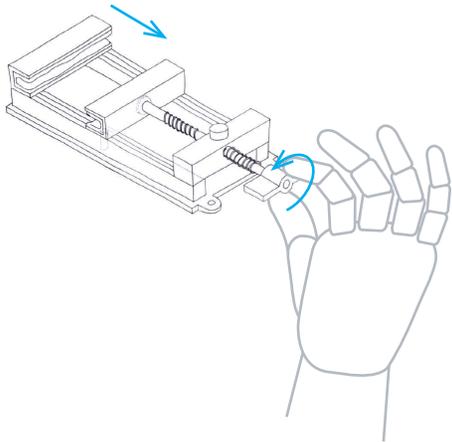


Figura 36. Propuesta 1 del sistema de sujeción Elaboración propia.

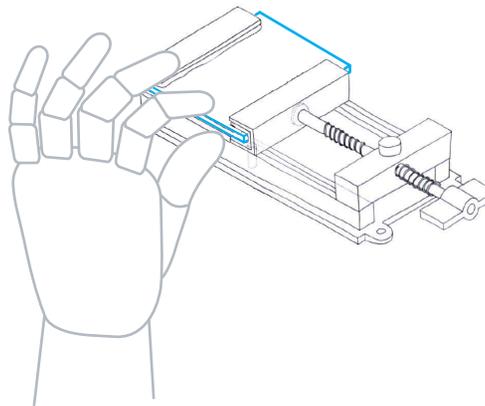
Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Sistema de sujeción adaptable no permanente con buen soporte para las tarjetas PCB y los componentes cilíndricos.	2 / 10
5	Sistema de ventilación.	5 / 25
5	Fácil instalación y remoción de la electrónica interna.	2 / 10
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>

### 13.2.2. SISTEMA DE SUJECIÓN. Propuesta 2. Modo de uso

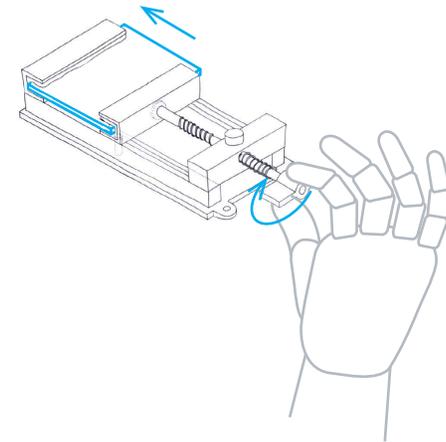
① Abrir la prensa.



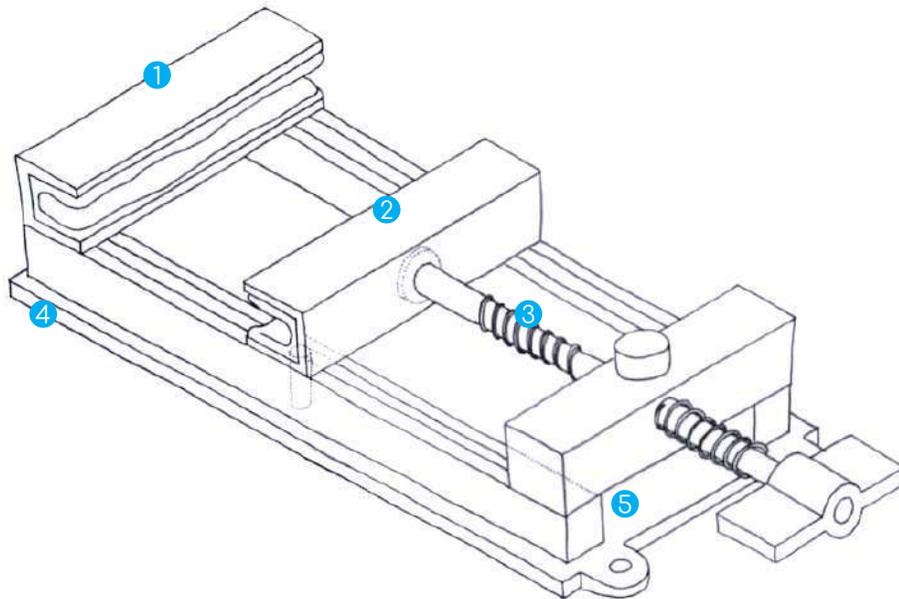
② Colocar la tarjeta PCB de forma que encaje con las prensas.



③ Cerrar la prensa.



## Partes y funcionamiento.



**Figura 37.** Propuesta 2 del sistema de sujeción, partes y funciones.  
Elaboración propia.

- ① Prensa fija: Perfil en C que recibe la tarjeta PCB por encaje. La silicona en su interior permite una mejor sujeción.
- ② Prensa móvil: Se acopla a la medida de la tarjeta PCB.
- ③ Barras roscada: Al girarla permite ajustar la prensa móvil a la medida.
- ④ Base: Placa que integra todas las piezas, además posee agujeros para que el producto se atornille a la carcasa.
- ⑤ Espacio vacío: Espacio libre entre las prensas y la base para evitar el recalentamiento de la electrónica interna.

## Evaluación.

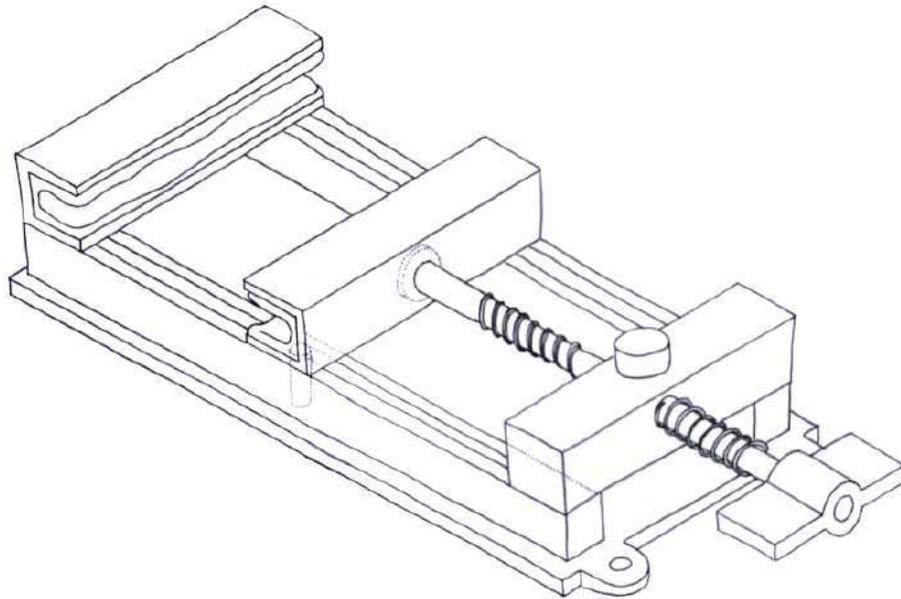
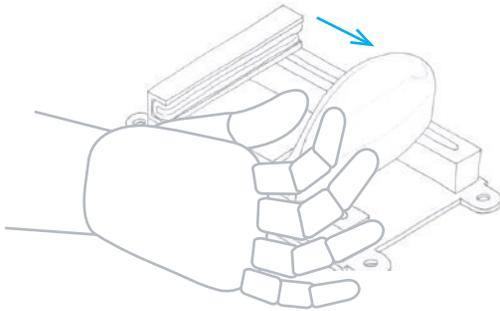


Figura 38. Propuesta 2 del sistema de sujeción. Elaboración propia.

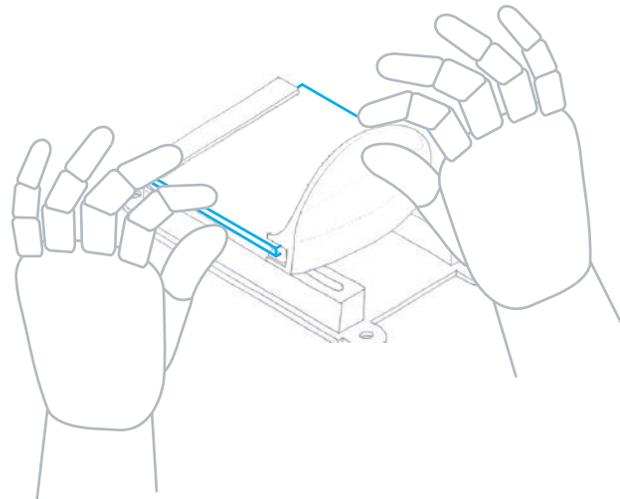
Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Sistema de sujeción adaptable no permanente con buen soporte para las tarjetas PCB y los componentes cilíndricos.	5 / 25
5	Sistema de ventilación.	5 / 25
5	Fácil instalación y remoción de la electrónica interna.	4 / 20
<b>TOTAL</b>		<b>65</b>

### 10.11.8. SISTEMA DE SUJECIÓN. Propuesta 3. Modo de uso

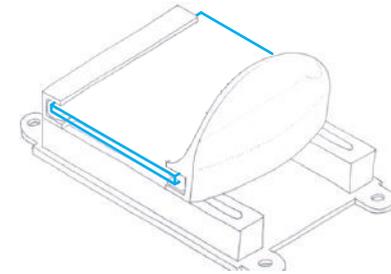
① Abrir la prensa.



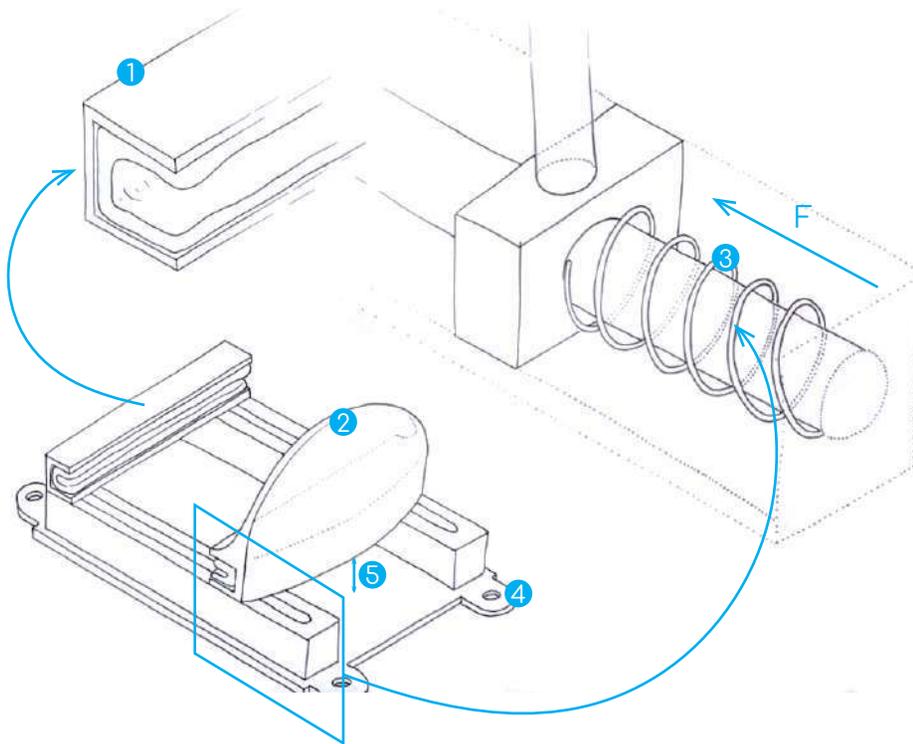
② Colocar la tarjeta PCB de forma que encaje con las prensas.



③ El sistema de sujeción ejercerá una fuerza en sus prensas que fijará la tarjeta PCB de forma no permanente.



### Partes y funcionamiento.



**Figura 39.** Propuesta 3 del sistema de sujeción, partes y funciones.  
Elaboración propia.

- ① Prensa fija: Perfil en C que recibe la tarjeta PCB por encaje. La silicona en su interior permite una mejor sujeción.
- ② Prensa móvil: Se acopla a la medida de la tarjeta PCB.
- ③ Sistema de resorte: La prensa móvil tiene una corredera que posee un resorte en su eje que hace que la pieza siempre tienda a cerrarse.
- ④ Base: Placa que integra todas las piezas, además posee agujeros para que el producto se atornille a la carcasa.
- ⑤ Espacio vacío: Espacio libre entre las prensas y la base para evitar el recalentamiento de la electrónica interna.

## Evaluación.

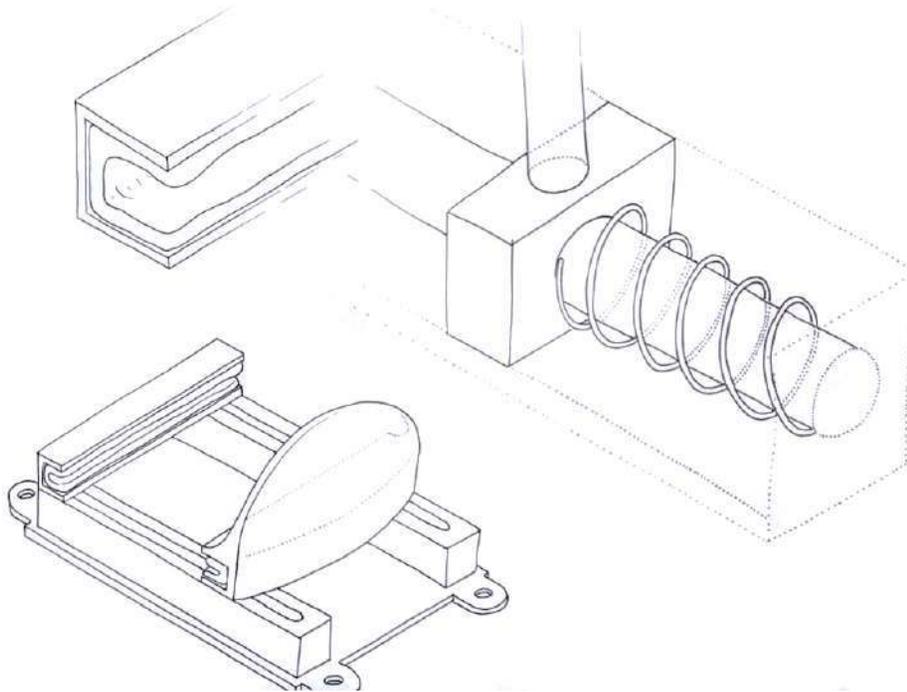


Figura 40. Propuesta 3 del sistema de sujeción. Elaboración propia.

Importancia relativa	Requerimiento	Puntuación
5	Sistema de sujeción adaptable no permanente con buen soporte para las tarjetas PCB y los componentes cilíndricos.	5 / 25
5	Sistema de ventilación.	5 / 25
5	Fácil instalación y remoción de la electrónica interna.	5 / 25
<b>TOTAL</b>		<b>75</b>



Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Diseño Industrial

Trabajo Final de Graduación\_Bachillerato | 2S Semestre 2019

Trabajo Final de Proyecto de Graduación  
Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

Constancia de la Defensa Pública

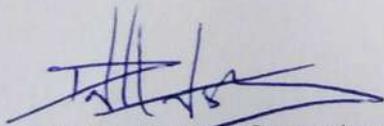
El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante Bárbara Herrera, carné 2014107538, titulado:

**"Diseño de la carcasa para un prototipo de vehículo eléctrico semiautónomo desarrollado en el Laboratorio de Investigación de Vehículos Eléctricos del Instituto Tecnológico de Costa Rica"**

ha sido defendido públicamente el día Lunes 25 de noviembre del año 2019 ante su Profesor Asesor y el Tribunal Evaluador.



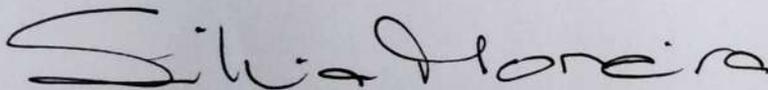
M.Sc. Miguel Araya  
Profesor Asesor



M.Sc. Donald Granados  
Tribunal Evaluador



DI. Federico González  
Tribunal Evaluador



M.Sc. Silvia Moreira  
Coordinadora Trabajo Final de Graduación\_IDI



vehículo  
eléctrico  
autónomo

