

# Introducción al Taller de Diseño EL5002

## Beauchef Proyecto: Electromovilidad

### Informe Final

Integrantes: José Cornejo  
Pedro Correa  
Matías Gracia  
Cecilia Ibarra  
Sebastián Jorquera  
Marcelo Marín  
Cristian Ortiz de Zárate  
Rafael Pérez  
Ricardo Ramos  
Mauricio Romero  
Solange Vivanco  
Claudio Yáñez

Profesor: Andrés Caba  
Miguel Patiño  
Rodrigo Chi

Fecha de entrega: Domingo 17 de Diciembre  
Santiago, Chile

# Índice de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>1</b>
2.1. Generales . . . . .	1
2.2. Específicos . . . . .	1
<b>3. Organización</b>	<b>2</b>
3.1. Estructura externa . . . . .	2
3.2. Estructura interna . . . . .	2
<b>4. Habilitación</b>	<b>3</b>
4.1. Baterías . . . . .	4
4.2. Protecciones . . . . .	4
4.3. Cables . . . . .	5
4.4. Presupuesto y Compras . . . . .	5
<b>5. Segunda Etapa</b>	<b>6</b>
5.1. Baterías de Litio . . . . .	6
5.2. Battery management system (BMS) . . . . .	6
5.3. Interfaz Humano-Automóvil . . . . .	7
5.4. Computador . . . . .	8
5.5. Sensores . . . . .	12
5.6. Presupuesto 2da Etapa . . . . .	14
<b>6. Condiciones para Recepción Otoño 2018</b>	<b>15</b>
6.1. Espacio para baterías . . . . .	15
6.2. Anclaje para protecciones y otros sistemas . . . . .	15
6.3. Anclaje para pedal de aceleracion . . . . .	15
<b>7. Conclusión</b>	<b>17</b>

## Lista de Figuras

1. Diagrama de conexiones . . . . .	3
2. Primer esquemático de protección . . . . .	4
3. Componentes finales . . . . .	4
4. Figura del panel de control sugerido . . . . .	7
5. Diagrama de bloques del computador . . . . .	8
6. Sensor de Velocidad AS5147 . . . . .	12
7. Montaje preliminar de sensor en pcb con imán y adaptación mecánica . . . . .	14
8. Dimensiones del pedal de acelerador “KELLY 0-5K THROTTLE PEDAL”. Obtenido de Kelly Control. . . . .	16

## Lista de Tablas

1. Presupuesto habilitación . . . . .	5
---------------------------------------	---

2.	Compras habilitación . . . . .	5
3.	Características BMS para opción 1 . . . . .	6
4.	Características BMS para opción 2 . . . . .	6
5.	Características BMS para opción 3 . . . . .	7
6.	Característcticas Arduino Uno . . . . .	9
7.	Característcticas Arduino Uno . . . . .	9
8.	Microcontrolador mbed NXP. . . . .	10
9.	Características del sensor de velocidad propuesto . . . . .	13
10.	Presupuesto 2da Etapa . . . . .	14

Listings

# 1. Introducción

El gran desafío de hoy, en la conformación de equipos es integrar un gran número de personas en un objetivo común. El nivel de especialización en la formación académica y la variedad de experiencias, llevan a que se conformen equipos multidisciplinarios donde cada integrante debe estar consciente de su papel, y el de los demás. Durante el desarrollo de este proyecto se buscó interiorizar y hacer parte, en la medida de lo posible, a todos los involucrados en el trabajo multidisciplinario, integrando equipos de diversas áreas:

- Ingeniería Civil Eléctrica
- Ingeniería Civil Mecánica
- Diseño Industrial

El trabajo multidisciplinario es clave en el funcionamiento de cualquier equipo, ya que permite la formulación de ideas con distintas perspectivas, además de la entrega soluciones especializadas. El proceso de trabajo multidisciplinario, La implementación para realizar la validación del sistema implementado y Las características definidas para la implementación futura serán el foco de este documento.

## 2. Objetivos

### 2.1. Generales

El objetivo final propuesto es el diseño y la implementación del sistema eléctrico, de un automóvil diseñado y concebido en conjunto entre estas 3 especialidades, en el contexto del ramo Introducción al taller de diseños "Taller de diseño". En el semestre actual (Primavera 2017) el equipo se limitó a llevar a cabo la concepción de diseño y prueba de concepto.

### 2.2. Específicos

Para la implementación del sistema eléctrico, se requiere realizar dos etapas distinguibles:

- 1ra Etapa o Habilitación: Tiene como finalidad probar el diseño planteado y los equipos adquiridos; para de esta forma determinar una correcta implementación final.
- 2da Etapa o Implementación Final: Culminación del proyecto, incluye el funcionamiento de los sistemas eléctricos ya probados y las pruebas de capacidad real del vehículo.

El proceso de trabajo multidisciplinario, La implementación para realizar la validación del sistema implementado y Las características definidas para la implementación futura serán el foco de este documento.

## 3. Organización

### 3.1. Estructura externa

El proyecto, por definición, se divide en dos secciones:

- Base: compuesto por estudiantes de Ingeniería Civil Mecánica. Divida en tres subsecciones.
  - Eje Delantero
  - Bastidor
  - Eje Trasero
- Carenados o carrocerías: compuesto por estudiantes de Ingeniería Civil Eléctrica, Ingeniería Civil Mecánica y Diseño Industrial. Al igual que la base, también se divide en tres subsecciones, a las cuales se asignan 4 integrantes de la división eléctrica respectivamente.

### 3.2. Estructura interna

Se divide el diseño eléctrico fundamental y transversal para los 3 carenados y la base, en 2 equipos:

- Potencia
- Control

Para facilitar la comunicación, se elige a un coordinador para cada equipo; cuya responsabilidad principal es establecer un régimen de comunicación regular con los integrantes de las otras disciplinas de Beauchef Proyecta.

Posterior a esto, se decide democráticamente unificar los grupos y centrar la comunicación en un coordinador común. Este mantiene las mismas responsabilidades del periodo anterior.

Se realiza una reasignación de tareas, esto junto a nuevas divisiones:

- Habilitación: Encargados de determinar las conexiones y sistemas necesarios para este primer periodo de pruebas.
- Diseño 2da Etapa: Encargados de continuar el estudio de componentes necesarios para la segunda etapa del proyecto.

## 4. Habilitación

Para llevar a cabo la habilitación se dispone de dos motores bldc, con sus correspondientes drivers, además de interruptores simples de dos posiciones y un potenciómetro dual. El driver del motor considera varias funcionalidades integradas como un botón de encendido y apagado, sentido, freno y aceleración. Para la implementación se consideraron estas funciones y se conectó el circuito como se muestra en la figura 1.

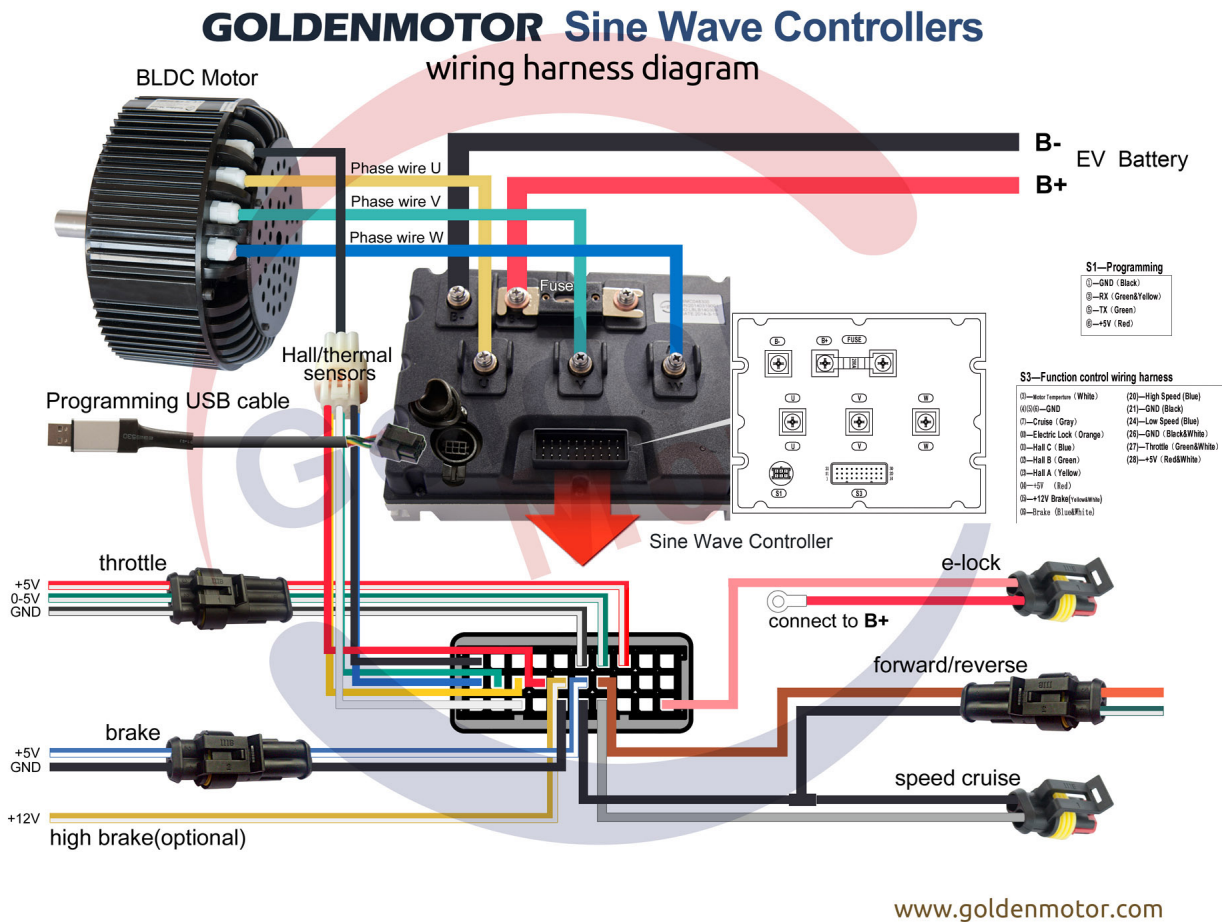


Figura 1: Diagrama de conexiones

El vehículo está diseñado para ser alimentado mediante baterías de litio, ya que estas proveen una mayor densidad energética que las baterías tradicionales de plomo-ácido, lo cual se traduce en un menor peso, factor crucial para el óptimo funcionamiento de esta aplicación.

Dada la potencia del sistema y la magnitud de las corrientes involucradas por el bajo voltaje de funcionamiento (48[V]), resulta necesario implementar protecciones pertinentes que eviten el daño tanto a los equipos, como al usuario en caso de falla. También se requieren líneas de transmisión apropiadas para energía y señales de control, de modo que las primeras no se sobre calienten y las últimas no perciban interferencia por parte de los campos magnéticos generados por las altas corrientes.

## 4.1. Baterías

Inicialmente se estudiaron 4 bancos de baterías de litio, los cuales fueron descartados por limitaciones espaciales dadas por dimensiones y geometría del bastidor del vehículo. Posterior a esto se plantearon 2 soluciones:

- Conseguir paquetes de baterías más pequeños, aumentando así el costo final del proyecto, pero manteniendo los requerimientos originales del auto.
- Modificar las especificaciones del vehículo, limitarlo para un solo usuario y reasignar esa masa a baterías de plomo-ácido.

Dado el contexto del vehículo, perteneciendo este a la iniciativa Beauchef Proyecta, se considera pertinente evaluar la primera opción; ya que esta inversión puede significar una solución a problemáticas de futuros proyectos. Es por esto, que se cree que un banco de baterías de litio sería una buena adquisición; de alto valor para Beauchef Proyecta, el Departamento de Ingeniería Civil Eléctrica y la Universidad de Chile.

## 4.2. Protecciones

En la fase inicial de este proyecto se consideran como componentes principales para la protección:

- Relé térmico: Dispositivo para las sobrecargas lentas y continuas de corriente.
- Fusible: Componente encargado de los corto circuitos. En el caso de motores se usan usualmente lentos.
- Contactor: Componente electromecánico usado para el corte o cierre de corriente.

Estos componentes en un comienzo son suficientes para la protección de los dispositivos eléctricos.

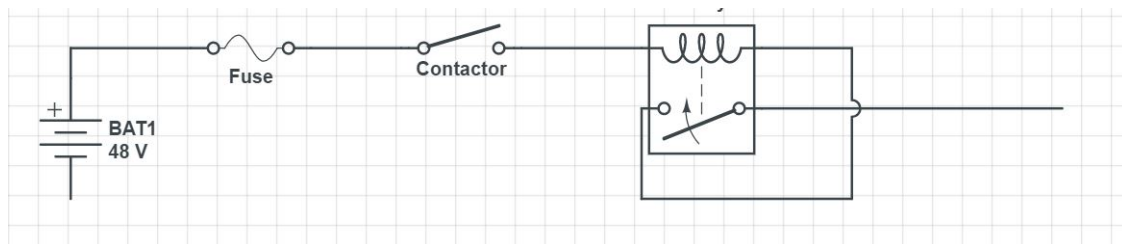


Figura 2: Primer esquemático de protección

En la figura 2 se puede apreciar la unión de los tres sistemas de seguridad incorporados. Finalmente se decide simplificar el modelo eliminando el relé térmico.

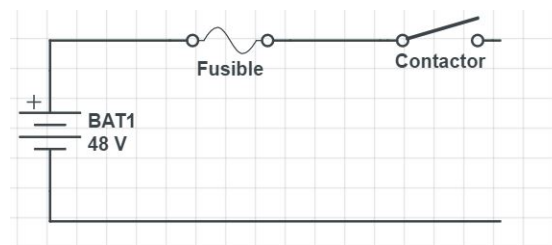


Figura 3: Componentes finales

En la figura 3 se puede ver los elementos usados para la protección final.

### 4.3. Cables

Para la transmisión de potencia, se compraron cables de 2AWG, aproximadamente 6.54mm de diámetro. Por otra parte, para control, se evaluó la posibilidad de comprar cables apantallados; idea que fue desechada en honor del ahorro y buen uso del presupuesto entregado. De esta manera, se compraron cables no apantallados, de tipo 1 par 18AWG.

### 4.4. Presupuesto y Compras

Como se puede apreciar en las siguiente tabla, se realizó un presupuesto preliminar; el cual fue modificado por limitaciones de proveedor.

Tabla 1: Presupuesto habilitación

Compras Presupuestadas	Lugar	Cantidad	Precio [\$]
Fusibles	NDU	10	32.840
Portafusibles	NDU	1	38.452
Pulsador	GOBANTES	2	14.510
Cables de control	VITEL	100[m]	21.330
Cables de potencia	RHONA	20[m]	63.740
Potenciometro	-	1	2.000
<b>Total</b>			172.872

Se realizó un nuevo presupuesto, con nuevos proveedores. Como resultado de las negociaciones con estos, se obtuvieron los siguientes costos.

Tabla 2: Compras habilitación

Compras Realizadas	Lugar	Cantidad	Precio [\$]
Fusibles	ZONAINDUSTRIAL	10	34.213
Portafusibles	ZONAINDUSTRIAL	1	31.202
Pulsador	GOBANTES	1	4.055
Cables de control	RHONA	100[m]	24.276
Cables de potencia	RHONA	20[m]	57.001
Interruptores	-	6	3.000
Potenciometro	-	1	2.000
<b>Total</b>			155.747



## 5. Segunda Etapa

### 5.1. Baterías de Litio

Anteriormente se planteó la necesidad de integrar baterías de Litio al sistema, esto para reducir la masa total del vehículo y aumentar la densidad energética del banco de baterías. Luego de un extenso periodo de cotizaciones, se concluye un valor promedio de \$145.000 para una batería de 48[V] 10[Ah]. Para alimentar ambos motores en condiciones nominales, por una hora, se requieren un total de 16 baterías; afortunadamente, se puede instalar un banco de baterías que cumpla parcialmente esta demanda, sin afectar su funcionamiento.

### 5.2. Battery management system (BMS)

Para la habilitación se descartó el uso de BMS, ya que se trabajará con baterías de plomo. En el caso de la implementación final, donde se considera el uso de baterías de litio, es muy importante contar con un BMS. Por lo cual se han evaluado múltiples alternativas. A continuación se presentan tres posibles opciones con sus principales características, las cuales cuentan con ciertas características comunes como por ejemplo los 48 [V] que requieren los motores:

- Opción 1: Puede ser conectado a 13 celdas; vía UART se puede leer voltaje, corriente, ciclos, temperatura, etc. Cuenta con soporte para bluetooth. La protección viene dada por MOSFET. Las dimensiones que posee es de 172x60x8 mm. El precio de este BMS es de 56 dolares, sin incluir traslado.[1] La siguiente tabla muestra mas detalles:

Voltaje de carga de entrada: $4.25 \cdot \text{Numero de baterías}$
Voltaje sobrecarga: $4250 \pm 50mV$
Voltaje sobredescarga: $2800 \pm 50mV$
Corriente sobrecarga: 30 A
Corriente de sobredescarga: 180 A
PRECIO: [\$]35.597

Tabla 3: Características BMS para opción 1

- Opción 2: Puede ser conectado a 16 celdas; vía UART se puede leer voltaje, corriente, ciclos, temperatura, etc. Cuenta con soporte para bluetooth. La protección viene dada por MOSFET. Las dimensiones que posee es de 170x60x25 mm. El precio de este BMS es de 59 dolares, sin incluir traslado.[2] La siguiente tabla muestra mas detalles:

Voltaje de carga de entrada: $4.25 \cdot \text{Numero de baterías}$
Voltaje sobrecarga: $4250 \pm 25mV$
Voltaje sobredescarga: $2800 \pm 50mV$
Corriente sobrecarga: 30 A
Corriente de sobredescarga: 180 A
PRECIO: [\$]37.503

Tabla 4: Características BMS para opción 2

- Opción 3: Puede ser conectado a 5 celdas. La protección viene dada por MOSFET. El precio de este BMS es de 10 dolares, sin incluir traslado. [3] La siguiente tabla muestra mas detalles:

Voltaje de carga de entrada: $4.25 * \text{Numero de baterías}$
Voltaje sobrecarga: $4250 \pm 25mV$
Voltaje sobredescarga: $2250 \pm 50mV$
Corriente sobrecarga: 50 A
PRECIO: [\$] 6.357

Tabla 5: Características BMS para opción 3

De las tres opciones presentadas la ultima es la menos viable, ya que no se cuentan con especificaciones claras, a pesar de que se solicito mas información al proveedor, este no respondió, además es el único de los modelos presentados que solo acepta baterías de litio (no acepta baterías de LiFePo4)

### 5.3. Interfaz Humano-Automóvil

La interfaz del usuario esta compuesta por los componentes de software y hardware que entregan información y control al usuario. Se espera integrar un panel de control que permita al usuario controlar el vehículo. Las consideraciones del panel de control son las siguientes:

- Disponer de botón de on/off
- Botón de reversa
- Botón de freno
- Potenciómetro

Cada uno de los carenados cuenta con diferentes requerimientos para la implementación del panel de control y la forma de visualizar la información, a modo de referencia se muestra en la figura 4 un ejemplo de panel de control sugerido, con las características siguientes:



Figura 4: Figura del panel de control sugerido

- Precio: \$24.401- Dimensiones: 7 cm \* 15 cm \* 5 cm.
- Material: Metal / plástico de fibra de carbono
- Voltaje de funcionamiento: 12 V
- Corriente de trabajo: 400 A
- Vida Eléctrica: 50000 TIEMPOS

- Peso del artículo: 0.45 KG
- Color: Ver Figura 4
- Aplicación: Universal
- Fácil de apagar en una emergencia desde cualquier ángulo, incluso con guante, no se apaga de la vibración.

## 5.4. Computador

Se presentará las opciones consideradas para el computador a bordo del automóvil. Todas consideran el uso de bus CAN con protocolo 2.0B para la comunicación entre sensores y computador central, mientras que la información que se pretende dar al usuario será mostrada a través de una pantalla LCD conectada a una Raspberry Pi a través del puerto USB de los microcontroladores. La configuración se observa en el diagrama de bloques de la 5

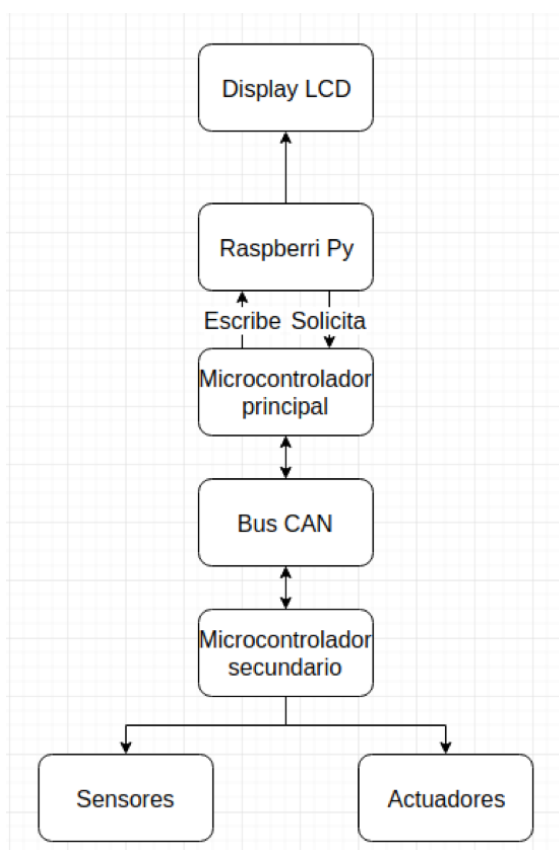


Figura 5: Diagrama de bloques del computador

**Bus CAN:** El bus CAN fue creado por Bosch para comunicar distintos microcontroladores en un sistema determinado. Está estandarizado a través de la norma ISO 11898. Existen dos velocidades de transmisión. La primera es la del protocolo ISO 11898-2 cuya tasa es de 1Mbps e ISO 11898-3 con una tasa de 125 kbits. El protocolo CAN considerado en la elección de microcontrolador es el 2.0B. Precios en dólares.

- Opción 1: Arduino Uno con CAN bus shield SK Pang electronics, las características de Arduino uno se observan en la tabla 6

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input /O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Tabla 6: Característcticas Arduino Uno

Las características Can bus shield SK Pang electronics se pueden observar en la Tabla 7

CAN v2.0B at 1 Mb/s
High speed SPI Interface (10 MHz)
Standard and extened data and remote frames
CAN connection via standard 9-way sub-D connector
Power can supply to Arduino by sub-D via fuse and reverse polarity protection.
Socket for EM406 GPS module
Micro SD card holder
Connector for serial LCD
Reset button
Joystick control
Two LED indicator

Tabla 7: Característcticas Arduino Uno

Dentro de las consideraciones de usar un Arduino Uno como computador central y controlador del bus CAN es que el entorno de programación no permite crear un código optimizado para los diversos cálculos que debe llevar a cabo tanto para estimar las mediciones de los sensores como también para el diferencial. Una posible solución es programar al Arduino directamente en C, tanto los programas a utilizar para cálculos y de control del bus CAN, aumentando la complejidad del punto de vista de la creación de software nuevo.

Precio Bus CAN \$ 38.43 [4]

Precio Arduino Uno \$ 29.00 [5]

- Opción 2: Microcontrolador mbed NXP LPC1768 y transceiver CAN MCP2551. Las características NXP LPC1768 se observan en la tabla 8

Tabla 8: Microcontrolador mbed NXP.

**ARM Cortex-M3 Core**

- 100 MHz operation

- Nested vectored interrupt controller for fast deterministic interrupts
- Wakeup interrupt controller allows automatic wake from any priority interrupt
- Memory protection unit
- Four reduced-power modes: sleep, deep sleep, power-down and deep power-down

**Memories**

- 512 kB flash memory
- 64 kB SRAM

**Serial Peripherals**

- 10 / 100 Ethernet MAC
- USB 2.0 full-speed device / host / OTG controller with on-chip PHY
- Four UARTs with fractional baud rate generation, RS-485, modem control, and IrDA
- Two CAN 2.0B controllers

- Three SSP / SPI controllers
- Three I2C-bus interfaces with one supporting fast mode plus (1-Mbit/s data rates). I2S interface for digital audio

**Analog peripherals**

- 12-bit ADC with eight channels
- 10-bit DAC

**Other peripherals**

- Ultra-low-power (<1uA) RTC
- General-purpose DMA controller with eight channels
- Up to 70 GPIO
- Motor control PWM and quadrature encoder Interface to support three-phase motors
- Four 32-bit general-purpose timers/counters

**Package**

- 100-pin LQFP (14 mm x 14 mm x 1.4 mm)

Las características del MCP2551 son:

- ☐ Supports 1 Mb/s operation
- ☐ Implements ISO-11898 standard physical layer requirements
- ☐ Suitable for 12V and 24V systems
- ☐ Externally-controlled slope for reduced RFI emissions
- ☐ Permanent dominant detect
- ☐ Low current standby operation
- ☐ High noise immunity due to differential bus implementation

El microcontrolador presenta mejores prestaciones que el arduino UNO en cuanto a velocidad del reloj, memoria RAM y FLASH. Además de tener incorporado el protocolo CAN 2.0B y pines dedicados, sin embargo, es necesario utilizar el transceiver nombrado anteriormente. El lenguaje de programación utilizado es C en el microcontrolador. Existe una comunidad de desarrolladores y se encuentra documentada la implementación del bus CAN. Considerar además la construcción de una placa para el transceiver CAN y el microcontrolador.

Precio Microcontrolador \$ 84.00 [6]

Precio Microcontrolador \$ 52.06 [7]

Precio Transceiver \$ 2.00 [8]

- Opción 3: XMOS xCORE-200 General Purpose sliceKIT que presenta las características siguientes

- ☐ Supports 1 Mb/s operation
- ☐ XCORE-200 USB SLICEKIT FEATURES
- ☐ Flexible core board. 2000MIPS 16-core multicore microcontroller with 512KB SRAM (XU216-512-FB236) Three digital I/O slots for sliceCARDS
- ☐ High Speed USB Device
- ☐ Full Speed USB Host
- ☐ Includes USB A/B sliceCARD, and xTAG debug adaptor
- ☐ Library components and demos to get you started quickly
- ☐ Supported by xTIMEcomposer software tools

La tercera opción corresponde a un microprocesador xmos xcore-200 con tres tarjetas de extensión: is-bus (CAN2.0B), Ethernet y USB. Es el microprocesador con más prestaciones de los analizados. Es posible utilizar los distintos núcleos para procesar de forma paralela el diferencial, sensores, CAN, etc. Sin embargo, es necesario comprar otro microcontrolador que sea capaz de leer sensores y controlar el bus CAN desde el otro lado. En los dos casos anteriores se debe igualmente comprar el controlador para sensores, sin embargo, se puede utilizar el mismo sin mayores problemas. Tanto el microcontrolador XMOS xCORE 200 como el kit con las tarjetas antes nombradas se encuentra obsoleto y agotado (para Chile, no así si se compra desde UK). Se puede programar en C, C++ y xC.

Precio: \$275 [9] Precio: Raspberri Py 3 Model B: \$58.00 [10]

Dadas las tres opciones, se piensa que la mejor opción tomando en cuenta el precio, disponibilidad, implementabilidad y complejidad es la número 2, dado que tiene mejores prestaciones que un Arduino Uno, además es posible de programar en C nativamente y tiene documentación extensa en la red. Por otro lado, si es que hay problemas con el paralelismo de los procesos, se puede comprar un microcontrolador extra y utilizar memorias de lectura/escritura entre ambos, de forma que procesos críticos del automóvil se pueden calcular en tiempo real sin bajar el rendimiento en la tasa de transmisión de datos o dejar de lado al diferencial.

## 5.5. Sensores

En lo que sigue se detallan cada uno de los sensores a implementar con sus respectivos usos, ubicación y cotización.

- **Sensor de Velocidad:** Este sensor se ubicará en el eje de rotación del motor con el propósito de medir directamente las revoluciones por segundo y así transformarlo a velocidad lineal del auto. Esto es necesario para que el usuario sepa y tenga noción de la velocidad desarrollada. El sensor cotizado es magnético fabricado por AMS y distribuido por Digi-Key. El sensor se muestra en la figura 6.



Figura 6: Sensor de Velocidad AS5147

Este sensor mide la posición y rotación para luego convertirla en velocidad lineal. A continuación se muestra una tabla con sus características. El precio de este dispositivo es de \$ 11.820 más el costo de envío.

Tabla 9: Características del sensor de velocidad propuesto

Beneficios	Características
Fácil de usar	Compensación dinámica de error en ángulo DAEC
Buena resolución para el motor y control de posición	Núcleo de 14 bits de resolución
Opción versátil en cuanto a interfaz	Interfaces de salida independientes: SPI, ABI, UVW, PWM
No es necesario un programador	Posición cero, configuración programable
Admite aplicaciones de seguridad desafiantes	Autodiagnóstico
Bajo costo para el sistema	Inmune al campo callejero externo

- **Sensor de Dirección del volante** Éste sensor se localizará en el eje de de rotación del volante y medirá la rotación de éste para poder determinar la diferencia de velocidades necesaria en las ruedas traseras a la hora de virar al manejar. Es importante que el sensor sea capaz de medir la posición absoluta en todo momento, incluso al momento de encender el automóvil, por lo cual la solución escogida consiste en un sensor absoluto de una vuelta adaptado mecánicamente para ser capaz de abarcar el rango completo de rotación del volante, correspondiente a aproximadamente 2,25 vueltas de esquina a esquina. Como el automóvil no se moverá a una velocidad muy elevada, las diferencias de velocidades en las ruedas traseras no serán tan grandes a la hora de virar. Es por ésto que un sensor de 8 bits se considera más que suficiente para el trabajo. Además el sensor debe soportar condiciones de polvo y humedad, por lo cual se escoge un sensor de tipo magnético.

El sensor cotizado corresponde al AS5030, el cual posee salida serial y PWM. En éste caso se utilizará la salida serial para ser convertida y transmitida a través del bus CAN. Para ello será necesario implementar las adaptaciones mencionadas en el la sección 5.3.

La adaptación mecánica de la cantidad de rotación se aplica mediante el uso de engranajes compuestos, de manera que sean capaz de hacer una adaptación de aproximadamente 3:1 sin tener un tamaño radial excesivo como con el uso de engranaje simple. Además de ésto existirá un rango de holgura en los extremos de rotación de manera que se evite que el sensor pueda pasar de marcar 360° a 0° o viceversa accidentalmente. Éste movimiento estará limitado por las restricciones de rotación impuestas en el eje, por lo cual resulta imposible que el sensor sea roto por aplicación de fuerza excesiva.

Ésta adaptación pretende ser fabricada en plástico mediante impresoras 3D disponibles en varios lugares de la facultad.

El montaje se realiza de manera radial, en donde el eje es pasado a través de la estructura del sensor, el cual posee un agujero central donde se ubica el engranaje primario. La salida en forma de cables del sensor se realiza por la parte superior de modo que al interior de la estructura estará la electrónica donde se mide y transforma la señal a CAN. Éstos cables son finalmente conectados al bus CAN.



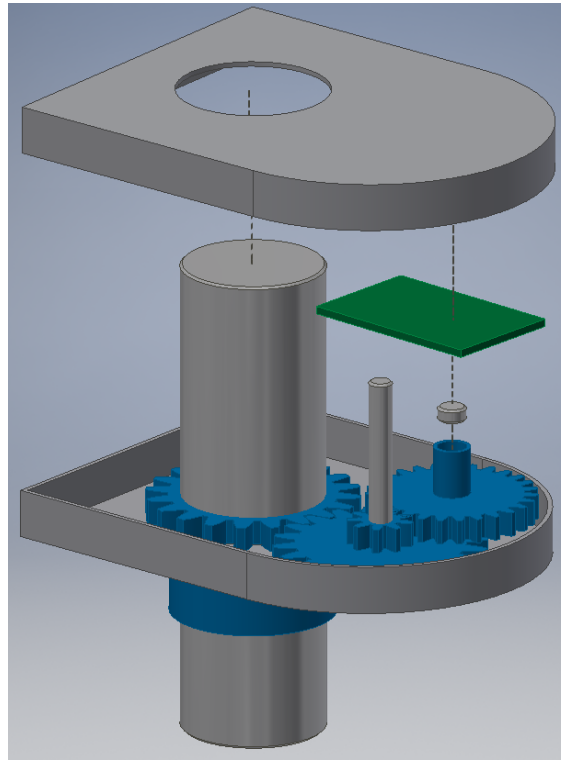


Figura 7: Montaje preliminar de sensor en pcb con imán y adaptación mecánica

## 5.6. Presupuesto 2da Etapa

En la siguiente tabla, se presenta el presupuesto de las piezas fundamentales para llevar a cabo la próxima etapa del proyecto. Es necesario mencionar, que solo se considerará un BMS dentro de este presupuesto siempre y cuando se utilice un banco de baterías de litio, las cuales tampoco han sido consideradas en esta tabla.

Tabla 10: Presupuesto 2da Etapa

Compras Presupuestadas	opción 1 [\$]	opción 2 [\$]	opción 3 [\$]
<b>Pedal Acelerador</b>	40.000	40.000	40.000
<b>Botonera</b>	27.877	27.877	27.877
<b>Computador</b>	42.886	87.807	211.788
<b>Sensor de Velocidad</b>	11.820	11.820	11.820
<b>Sensor de Dirección</b>	9,025	9,025	9,025
<b>Total</b>	131.608	176.529	300.510

## 6. Condiciones para Recepción Otoño 2018

Para pasar a la segunda etapa es necesario corroborar que las condiciones propuestas a las otras disciplinas han sido cumplidas correctamente. A continuación, se presenta una pauta general mediante la cual se revisará lo estipulado durante el primer periodo.

### 6.1. Espacio para baterías

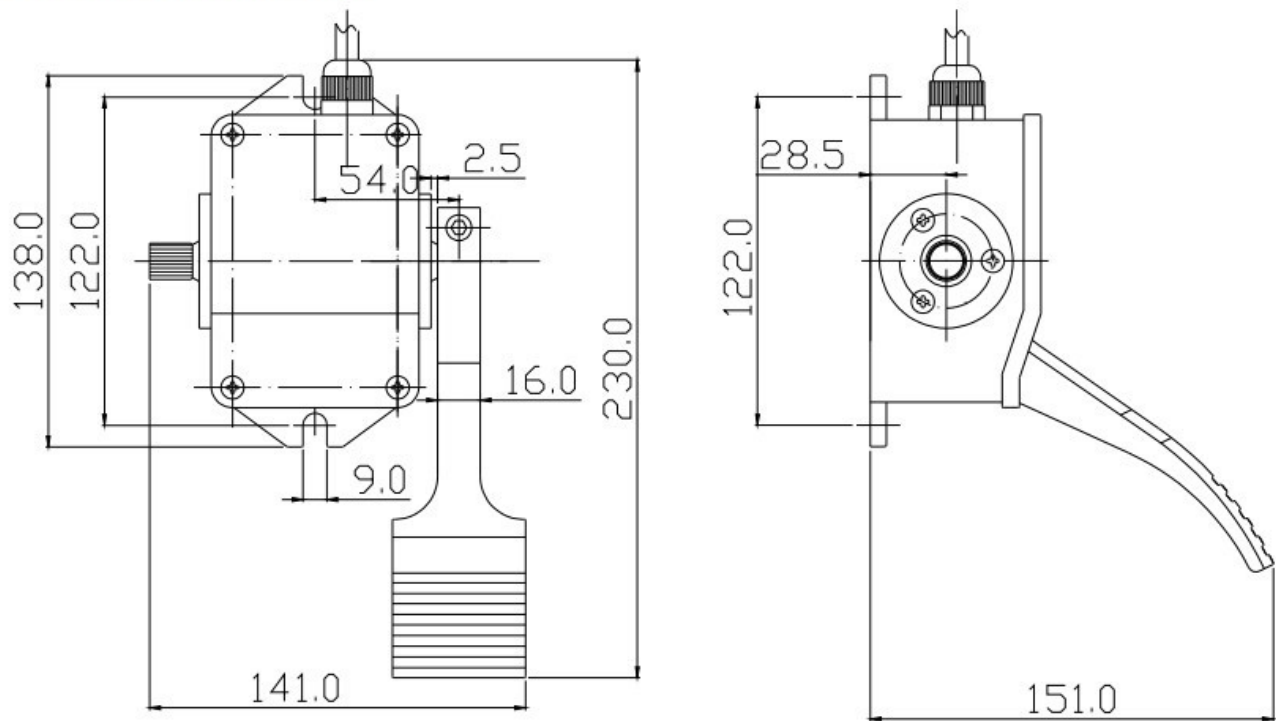
El equipo de Bastidor se compromete a entregar un compartimiento para las baterías, cuyas dimensiones son 1112mm x 289mm x 120mm. Este debe ser retirable en caso de emergencia, además de soportar un peso mínimo del orden de 40kg.

### 6.2. Anclaje para protecciones y otros sistemas

Durante una visita al taller mecánico se llegó a un acuerdo sobre las posiciones de las platinas para los drivers, protecciones y computador del automóvil. La platina correspondiente al computador fue puesta en la zona delantera, donde antiguamente existía un espacio para baterías. La platina delantera además de tener el computador tendrá las conexiones necesarias para operar la comunicación entre dispositivos.

### 6.3. Anclaje para pedal de aceleracion

Se envió al equipo mecánico el plano de la Figura 8, para que se coloque junto al pedal de freno una placa que permita instalar el acelerador.

**Installation Dimension:**

**The length of the cable is  $580 \pm 20\text{mm}$**

Figura 8: Dimensiones del pedal de acelerador “KELLY 0-5K THROTTLE PEDAL”. Obtenido de Kelly Control.

## 7. Conclusión

La ejecución de un trabajo multidisciplinario conlleva una carga mayor de la esperada si no se trabaja de manera ordenada, pero pueden obtenerse excelentes resultados si se aprovechan las características distintivas de cada uno de sus integrantes. Dentro de los mayores desafíos que se vivieron durante el desarrollo del proyecto fue no fijar claramente las funciones que cada uno debía desarrollar, así como los tiempos esperados para que ello ocurriera. También, al tener cada uno diferentes horarios resultaba difícil coordinar. Durante el desarrollo del proyecto fue posible ir adaptando el trabajo a las habilidades de cada uno, para facilitar el compromiso y cumplimiento de cada uno de los desafíos del proyecto. Además, fue necesario disponer de una parte importante del tiempo de desarrollo en definir las áreas de acción, y se realizaron constantes modificaciones en las metodologías de trabajo para apuntar al cumplimiento del objetivo. Finalmente se logró el trabajo en conjunto.

En cuanto a la habilitación, es necesario mencionar que esta solo comprende el funcionamiento del sistema nervioso del vehículo. No incluye pruebas con carga, ni movilidad alguna.

En relación a las próximas etapas del proyecto, se especificaron las condiciones para la futura implementación. Es necesario mencionar que algunas de las partes pueden variar dependiendo de las especificaciones de carenado. De todas formas, se trató de encontrar la mayor cantidad de elementos transversales para los tres, por ejemplo el panel de cada interior, el cual se implementó de manera similar para encontrar la mayor cantidad de puntos comunes en el funcionamiento del automóvil.

# Referencias

- [1] [Online]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/13S-50A-48V-BMS-PCBA-PCM\\_60446882651.html?spm=a2700.7724838.2017115.145.64a918d3kCLS2X](https://www.alibaba.com/product-detail/13S-50A-48V-BMS-PCBA-PCM_60446882651.html?spm=a2700.7724838.2017115.145.64a918d3kCLS2X)
- [2] [Online]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-rechargeable-CAN-BUS-bluetooth\\_60665141291.html?spm=a2700.7724838.2017115.156.64a918d3kCLS2X](https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-rechargeable-CAN-BUS-bluetooth_60665141291.html?spm=a2700.7724838.2017115.156.64a918d3kCLS2X)
- [3] [Online]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/Large-supply-lifepo4-48v-15s-18s\\_60642011165.html?spm=a2700.7724838.2017115.137.64a918d3kCLS2X](https://www.alibaba.com/product-detail/Large-supply-lifepo4-48v-15s-18s_60642011165.html?spm=a2700.7724838.2017115.137.64a918d3kCLS2X)
- [4] [Online]. Available: <http://skpang.co.uk/catalog/arduino-canbus-shield-with-usd-card-holder-p-706.html>
- [5] [Online]. Available: [http://www.mcielectronics.cl/en\\_US/shop/product/arduino-uno-r3-10230](http://www.mcielectronics.cl/en_US/shop/product/arduino-uno-r3-10230)
- [6] [Online]. Available: <http://cl.rsdelivers.com/product/mbed/mbed-lpc1768/arm-mbed-lpc1768-module/7039238.aspx>
- [7] [Online]. Available: <https://www.digikey.com/product-detail/en/nxp-usa-inc/OM11043,598/568-4916-ND/2138502>
- [8] [Online]. Available: <http://cl.rsdelivers.com/product/microchip/mcp2551-i-p/microchip-mcp2551-i-p-can-transceiver-1mbit-s-1-channel-iso-11898-8-pin-pdip/0402920.aspx>
- [9] [Online]. Available: <https://www.digikey.co.uk/products/en?mpart=XK-SK-X200-ST&v=880>
- [10] [Online]. Available: [http://www.mcielectronics.cl/en\\_US/shop/product/raspberry-pi-3-model-b-19766](http://www.mcielectronics.cl/en_US/shop/product/raspberry-pi-3-model-b-19766)