

# Informe de cierre del proyecto

## Interfaces cerebro computadora con perspectivas a su aplicación en robots de servicio doméstico

### Participantes en el proyecto

Los responsables del proyecto son los siguientes:

#### Participantes:

<b>Responsable del proyecto:</b>	Dra. Alicia Montserrat Alvarado González
<b>Nombramiento:</b>	Profesora Visitante Asociada D
<b>Afiliación:</b>	Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa (UAM-C)
<b>Participación en el proyecto:</b>	Desarrollo de la Interfaz Cerebro Computadora.
<b>Corresponsable del proyecto:</b>	Dr. Antonio López Jaimes
<b>Nombramiento:</b>	Profesor Investigador Asociado D
<b>Afiliación:</b>	UAM-C
<b>Participación en el proyecto:</b>	Aplicación de modelos de optimización.

### Orientación

Investigación básica	( )
Investigación aplicada	(x)
Desarrollo o adaptación	(x)
Transferencia de tecnología	( )
Desarrollo de tecnología	(x)
Otros. Especificar: _____	( )

Fecha de inicio: Julio 2017

Fecha de terminación: Octubre 2019

### 1. Resumen

Una Interfaz Cerebro Computadora (BCI por las siglas en inglés de *Brain Computer Interface*<sup>1</sup>) es un conjunto de hardware y software que le permite a sus usuarios comunicarse e interactuar con su entorno únicamente mediante la información que puede ser extraída de su cerebro. Las BCI permiten auxiliar a personas con alteraciones en las vías nerviosas periféricas, en las placas neuromusculares o

<sup>1</sup> Puesto que consideramos que en el área de Interfaces Cerebro Computadora las siglas en inglés están bien arraigadas, para evitar confusión, en este documento usaremos las siglas en este idioma.

en los músculos mismos, como consecuencia de daños sufridos por accidentes o enfermedades, y que, a pesar de ello, conservan funcionales sus capacidades cognitivas. El proceso general que se sigue para que una BCI convierta señales cerebrales adquiridas con un electroencefalograma en instrucciones para un dispositivo es el siguiente. Durante un periodo fijo de tiempo se adquiere un conjunto de señales cerebrales de un sujeto mediante electrodos superficiales. Dichas señales se digitalizan con un convertidor que contiene un amplificador analógico digital. Luego, las señales digitalizadas se filtran para minimizar el ruido que viene de las líneas eléctricas así como de movimientos musculares (incluyendo latidos del corazón y movimientos oculares). Posteriormente, se emplean algoritmos de extracción de características y de clasificación para identificar características particulares de la señal, las cuales serán traducidas en instrucciones para controlar algún dispositivo. El sujeto puede supervisar el estado del dispositivo a través de retroalimentaciones que le permitan determinar el resultado de sus esfuerzos por controlarlo.

El objetivo de este proyecto es generar e implementar algoritmos computacionales para *i)* extraer y clasificar distintos tipos de señales fisiológicas y cerebrales que permitan controlar un robot de servicio doméstico, y *ii)* proveer de autonomía al robot de servicio para que lleve a cabo tareas de reconocimiento visual, navegación (p. ej., planeación de rutas y generación de mapas) y manipulación de sus brazos mecánicos.

El presente documento tiene como objetivo reportar los avances alcanzados durante el proyecto.

## 2. Objetivos

Los objetivos y metas del proyecto son los siguientes:

### 2.1. Objetivo General

Desarrollar una Interfaz Cerebro Computadora para controlar un robot de servicio doméstico que incluya retroalimentación con lenguaje natural y señales fisiológicas.

### 2.2. Objetivos Específicos

El proyecto está dividido en las siguientes etapas:

#### ■ Etapa 1: Robot-Mago de Oz / paradigma *oddball*

El robot-Mago de Oz será una persona sujetando una cámara de video para simular que es la cámara del robot real.

##### Objetivos:

- Analizar si existe diferencia significativa en la detección de la P300 cuando existe retroalimentación con voz del robot-Mago de Oz y cuando no la hay.
- Analizar si se pueden detectar cambios en las señales fisiológicas cuando el sistema no responde como se espera.
- Analizar la robustez de la plantilla en el tiempo cuando existe retroalimentación con voz del robot-Mago de Oz y cuando no la hay.

#### ■ Etapa 2: Robot-Mago de Oz / paradigma de tareas mentales

##### Objetivos:

- Analizar si existe diferencia significativa en la detección de la tarea mental cuando existe retroalimentación del robot-Mago de Oz con voz y cuando no la hay.
- Analizar si se pueden detectar cambios en las señales fisiológicas cuando el sistema no responde como se espera.
- Analizar si puede obtenerse una clasificación adecuada cuando el sujeto lleva a cabo tareas mentales.

### 3. Grado de avance del proyecto y entregables

#### 3.1. Módulo principal de BCI

La BCI está formada por los siguientes módulos (ver la Figura 3.1): 1) adquisición de señales fisiológicas, 2) estimulación del sujeto, 3) procesamiento de señales, 4) retroalimentación, y 5) control del robot de servicio. Las interacciones entre éstos deben estar coordinadas para su correcto funcionamiento, sobre todo porque cada uno puede estar desarrollado en distintos lenguajes de programación. Por esta razón, se desarrolló una aplicación que concentra y coordina todos los módulos que conforman la BCI.

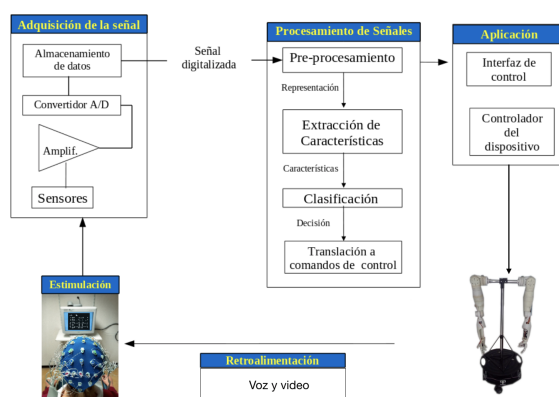


Fig. 3.1: Módulos que conforman una Interfaz Cerebro Computadora.

#### Resultados

- Desarrollo de una aplicación para concentrar y administrar la interacción entre los módulos de la BCI. El software desarrollado se encuentra disponible en [esta liga](#).
- La programación del módulo principal de la BCI se llevó a cabo por la alumna Liliana Mayte López Beristain que participó como becaria y servicio social [Reportes](#).

#### 3.2. Adquisición de las señales fisiológicas

En este proyecto se trabaja con señales fisiológicas que se adquieren con un sistema de bajo costo llamado OpenBCI[1].

##### Resultados:

- Construcción del casco en donde se conectan los electrodos que adquieren el electroencefalograma: La empresa OpenBCI entregó las piezas que conforman el casco impresas pero no conectadas, por lo que se invirtió tiempo en construir el casco.

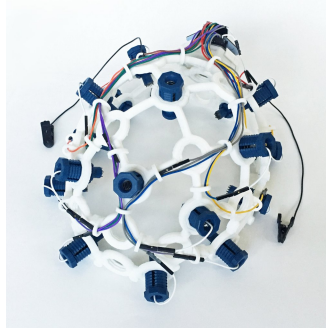


Fig. 3.2: Casco de EEG Ultracortex “Mark IV”.

- Instalación del software de OpenBCI para adquirir las señales directamente de las tarjetas que amplifican y transforman la señal analógica a digital.
- Programa para adquirir señales directamente de las tarjetas que amplifican y transforman la señal analógica a digital: desarrollado por el alumno Eric Roveló Cortés quien participó como becario y está haciendo su servicio social.

### 3.3. Estimulación visual del sujeto

Para estimular visualmente a los sujetos se desarrollaron dos tipos de matrices:

- Matriz de Selección General: El objetivo de esta interfaz es permitirle al sujeto darle instrucciones generales al robot, como que se dirija a un lugar, que busque un objeto y que siga o busque a una persona.
- Matriz de Selección Específica: El objetivo de esta interfaz es permitirle al sujeto darle instrucciones detalladas al robot, como que seleccione un objeto específico de una escena, por ejemplo, que elija una bebida entre varias que se encuentren en la cocina.

#### Resultados:

- Matriz de Selección General implementada para el paradigma *Oddball*. Se desarrolló una matriz de estimulación de  $3 \times 4$  compuesta de iconos de colores que representan de forma abstracta instrucciones que el usuario puede darle al robot. Cada fila y cada columna de la matriz se intensifican aleatoriamente para generar una respuesta del sujeto ante el estímulo de cada intensificación. El código puede encontrarse en [esta liga](#).
- Matriz de Selección Específica implementada para el paradigma *Oddball*. El código puede encontrarse en [esta liga](#). Esta matriz requirió el desarrollo de lo siguiente:

- Implementación de un algoritmo para identificar objetos.
  - Generación de una base de datos de los objetos a identificar.
  - Implementación de un algoritmo para la extracción de características.
  - Asociación de las características extraídas con el objeto de la base de datos.
  - Dibujar el contorno de un objeto.
  - Implementación del paradigma *Oddball*.
- Matriz de Selección General implementado para el paradigma de Tarea Mental. Se desarrolló un paradigma de estimulación que consiste en presentar imágenes intercaladas de forma aleatoria, con periodos de relajación entre ellas y con pistas que le indican al sujeto que debe recordar alguna de las imágenes asociadas con darle instrucciones al robot. El código puede encontrarse en [esta liga](#)
  - Para los tres casos se desarrolló el programa que sincroniza las señales adquiridas con los tiempos de estimulación de cada matriz de selección (ya incorporado en los códigos indicados).
  - Se formaron los siguiente recursos humanos en la Licenciatura de Ingeniería en Computación (LIC)-DCNI:
    - Proyecto terminal: Matrices de estimulación para Interfaces Cerebro Computadora. Alumno: Eric Roveló Cortés. Estatus: Proyecto Terminal III concluido. Avances de la [tesina](#) y del [proyecto](#).
    - Proyecto terminal: Tareas Mentales aplicado a Interfaces Cerebro Computadora. Alumno: Roberto Silva Sánchez. Estatus: Proyecto Terminal II concluido. [Avances del proyecto](#).

### 3.4. Extracción de características y clasificación de la señal de EEG

El objetivo de este módulo es extraer características de las señales de EEG generadas a partir de estimulación visual del sujeto para obtener patrones que, al clasificarlos, permitan identificar la instrucción que el sujeto quiere comunicar. El desarrollo de este módulo generó la siguiente producción:

- Dirección de tesis de Maestría: Co-dirección: Dr. Gibrán Fuentes Pineda. Institución: UNAM-Posgrado en Ciencia e Ingeniería en Computación. Proyecto: Detección de señales de EEG mediante el uso de *Deep Learning*. Alumno: Ing. Osvaldo Cesar Trujillo. Estatus: El alumno presentó la tesis a sus cinco sinodales, dos de los cuales éramos sus directores de tesis. Dos de los sinodales le solicitaron correcciones para darle su voto aprobatorio, el resto ya se lo habíamos otorgado. Por alguna razón que desconocemos, el alumno decidió no continuar. Última versión de la tesis: [Tesis\\_OsvaldoTrujillo](#).
- Envío del artículo en extenso: [A few filters are enough: Convolutional Neural Network for P300 Detection](#). Autores: Montserrat Alvarado-González, Gibrán Fuentes-Pineda (IIMAS-UNAM) y Jorge Cervantes (DMAS-UAMC), a la revista: Neurocomputing; JCR: Q1, Factor de impacto: 3.211. Probatorio de envío: [Enviado](#).

### 3.5. Aplicación: Robot de servicio

Originalmente se tenía contemplado desarrollar únicamente un Robot-Mago de Oz, es decir, una simulación con videos del funcionamiento de un robot físico a control remoto. Sin embargo, se avanzó en la construcción del robot físico y del software necesario para controlarlo.

#### Resultados:

- En [esta liga](#) se podrá ver el video que muestra el funcionamiento del Robot-Mago de Oz. En éste se muestra un robot físico que fue construido por el M. en I. Hernando Ortega, especialista en construcción de robots móviles del IIMAS-UNAM, quien nos permitió su uso para fines de la generación del video.

Las tareas que se llevaron a cabo para la construcción del Robot-Mago de Oz son las siguientes:

- Producción de los videos a ejecutarse por cada icono de la matriz seleccionado para simular al Robot-Mago de Oz.
- Desarrollo de un programa para reproducir un video a partir de la selección de un icono de la matriz.
- Por otro lado, se tenía contemplada una colaboración con el M. en I. Hernando Ortega para que él construyera un brazo robótico, sin embargo, la colaboración no logró concretarse. Como consecuencia, con el dinero proyectado para construir dicho brazo se logró adquirir el material para la construcción de dos brazos robóticos antropomorfos del diseño de [Ryan Gross](#), una base robótica y el soporte para los brazos. En la Figura 3.3 se muestra el avance de la construcción del robot físico.



Fig. 3.3: Robot de servicio desarrollado.

Las tareas que se llevaron a cabo para la construcción del robot físico, su navegación autónoma y el movimiento de sus brazos son las siguientes:

- Construcción de dos brazos robóticos que incluyen una mano con cinco dedos, un antebrazo, un codo, y un hombro. La construcción de los brazos estuvo a cargo de los responsables de este proyecto.
- La impresión de las piezas se mandó a hacer a una empresa que hizo un trabajo de mala calidad. Por esta razón, Jesús Hernández y Alfredo Almaraz del DTP-DCCD-UAMC, rediseñaron algunas piezas para fortalecerlas y las reimprimieron.
- La base robótica del robot fue entregada por la empresa Arlo Parallax desarmada y sin soldar, por lo que los responsables del proyecto la construyeron. [Video del robot](#) funcionando.
- Elaboración de un neurocontrolador para la planeación de rutas de un brazo robótico utilizando un algoritmo de optimización multiobjetivo. Autores: Antonio López Jaimes, Montserrat Alvarado-González, Diego González Chávez, Hernando Ortega (IIMAS-UNAM) y Luis Franco (DMAS-DCNI-UAMC). Estatus: en proceso.
- Se envió el artículo en extenso: [Simultaneous evolution of neuro-controllers for multiple car-like robots](#). Autores: Antonio López Jaimes, Jorge Cervantes-Ojeda, Maria C. Gomez-Fuentes y Montserrat Alvarado-González. Revista: *Research in Computing Science*, vol. 147 (10), pp. 29-44, 2018. ISSN: 1870-4069. Indexado en DBLP, LatIndex y Periodica.
- Proyectos terminales en la Licenciatura en Ingeniería en Computación-DCNI asociados al proyecto:
  - Proyecto: Control de un brazo robótico. Codirección: Dr. Carlo Rivero (DTI-DCCD-UAMC). Alumna: María de Jesús Sánchez Zepeda. Estatus: Cursando Proyecto Terminal II 2019. [Video de los avances](#).
  - Proyecto: Simulador de una mano robótica. Alumna: Ana Paula Trujillo Hernandez. Estatus: Cursando Proyecto Terminal II 2019.
  - Proyecto: Control de un Gripper antropomorfo con Leap Motion. Co-dirección: Dr. Antonio López Jaimes. Alumno: Diego González Chávez. [Tesina](#) concluida, [Liberación](#) de la tesina, [video del proyecto](#). Nota: Los brazos que se muestran en el video fueron un préstamo del M. en I. Hernando Ortega, quien nos permitió probar los programas desarrollados durante el proyecto terminal del alumno.
  - Proyecto: Control remoto de un carro robótico con Leap-Motion. Co-dirección: Dr. Antonio López Jaimes. Alumno: Antonio Guerrero Juárez. Estatus: Proyecto Terminal III concluido, su tesina está en revisión. [Avance de la tesina](#) y [video del proyecto](#). Nota: El carro autónomo a escala que se muestra en el video fue un préstamo del Dr. Christian Lemaitre (DTI-DCCD-UAMC). Los programas generados durante el Proyecto Terminal, así como la tesina también serán reportados como productos del proyecto RAIDA.
- Proyectos terminales en la Licenciatura en Tecnologías de la Información-DCCD asociados al proyecto:
  - Proyecto: Detección de objetos a través de un dispositivo 2D para un robot autónomo. Co-director: Dr. Carlos Rivero. Alumno: Francisco Javier Álvarez Sánchez. [Tesina](#) concluida, liberación en trámite y [video del proyecto](#).

- Proyecto: Manual de ROS para planeación de rutas. Co-director: Dr. Luis Eduardo Leyva (DTI-DCCD-UAM-C) del Foyo. Alumno: Antonio Sinuhé Yáñez Morales. Estatus: Proyecto Terminal II concluido.
- Servicios sociales:
  - Proyecto: Evasión de obstáculos del robot usando sonares para la Interfaz Cerebro Computadora. Nombre: Guillermo Lizalde Escobar. Estatus: En proceso.
  - Proyecto: Modelo virtual del brazo robótico. Asesor: M. en I. Hernando Ortega (IIMAS-UNAM). Alumno: Diego González Chávez. Estatus: Concluido. En [este video](#) se pueden ver los avances del modelo virtual del brazo robótico.

#### 4. Desviaciones en el desarrollo del Proyecto

- No se logró unir los módulos de la BCI a tiempo para generar los experimentos con los sujetos.
- No se desarrolló un programa que permita asociar el ícono seleccionado con la matriz de selección específica para que el brazo robótico sujete el objeto de interés.
- No se desarrolló el módulo de retroalimentación. Éste requiere que las señales de electromiograma y electrocardiograma permitan detectar cambios en el comportamiento del sujeto si el sistema no responde como se espera.
- Se decidió eliminar el análisis de la robustez de la plantilla en el tiempo cuando existe retroalimentación con voz del robot-Mago de Oz y cuando no la hay. Esto se debe a que ya que hubo un cambio de algoritmo de reconocimiento de la señal y ya no se requiere.

#### 5. Resumen de resultados

##### Formación de recursos humanos

- Proyectos terminales en la LIC-DCNI: dos concluidos con tesinas completas, dos concluidos con tesinas en revisión y dos en proceso.
- Proyectos terminales en la LTI-DCCD: uno concluido y uno en proceso.
- Servicio social: uno concluido, uno concluido resultado de una colaboración y uno en proceso.
- Becarios: dos.

##### Publicaciones

- Artículos en extenso: uno enviado a JCR y uno publicado en revista indexada en DBLP, LatIndex y Periodica.

### Software

- Demo del proyecto.
- Interfaz Cerebro Computadora:
  - Adquisición de las señales fisiológicas.
  - Estimulación visual del sujeto.
  - Extracción de características y clasificación de la señal de EEG.
- Control remoto de:
  - un robot usando *Leap Motion*.
  - una mano simulada usando *Leap Motion*.
- Programa de evasión de obstáculos usando sonares.
- Detección de objetos a través de una cámara.
- Simulador del brazo robótico.
- Neurocontrolador para evadir obstáculos en la navegación de un robot.
- Neurocontrolador para planear rutas de un brazo robótico.

### Hardware

- 1 robot de servicio con dos brazos antropomorfos.
- Construcción del casco de EEG.

### Colaboraciones

- Participación en la Red de aprendizaje, investigación y desarrollo de agentes autónomos (RAIDA), proyecto que atendió la convocatoria del Laboratorio de las Ciudades en Transición de la UAMC y cuyo responsable es el Dr. Christian Lemaitre del Departamento de Tecnologías de la Información-DCCD-UAMC.
- Colaboración con el M. en I. Hernando Ortega del Instituto de Investigaciones en Matemáticas y en Sistemas (IIMAS)-UNAM, especialista en brazos robóticos.
- Participación de Jesús Hernández y Alfredo Almaraz del Departamento de Teoría y Procesos del Diseño-DCCD-UAMC.
- Participación de Jorge Cervantes y Carmen Gómez y colaboración de Luis Franco del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas (DMAS)-UAMC.
- Participación del Dr. Carlos Rivero del DTI-DCCD-UAMC.

### Presentaciones

- Presentación: “Interfaces Cerebro Computadora para controlar prótesis robóticas”, Instituto Nacional de Neurología. Fecha: 10/03/2019, Ciudad de México, México. **Probatorio**
- Presentación: “Planeación de rutas de un brazo robótico”, 2do. Coloquio del Cuerpo Académico: Optimización, Sistemas Complejos e Interfaces Cerebro Computadora. Fecha: 15-16/11/2018, Ciudad de México, México. **Probatorio**
- Presentación: “Interfaces Cerebro Computadora con perspectivas a su aplicación en robots de servicio doméstico”, 1er. Coloquio de la Red Académica de Aprendizaje, Investigación y Desarrollo de Agentes Autónomos, Fecha: 13/07/2018, UAM Cuajimalpa. **Probatorio.**
- Presentación: “Simultaneous evolution of neuro-controllers for multiple car-like robots”, 1er. Coloquio de la Red Académica de Aprendizaje, Investigación y Desarrollo de Agentes Autónomos, Fecha: 13/07/2018, UAM Cuajimalpa. **Probatorio.**
- Presentación: “Integración modular de control, planeación y evasión de obstáculos en un carro autónomo”, 10a. Semana de Computación y Matemáticas Aplicadas, Fecha: 07/06/2018, UAM Cuajimalpa. **Probatorio.**
- Presentación: “Desarrollo de interfaz cerebro-computadora para su aplicación en robots de servicio doméstico”, 10a. Semana de Computación y Matemáticas Aplicadas, Fecha: 07/06/2018, UAM Cuajimalpa. **Probatorio.**
- Conferencia: “Interfaces Cerebro Computadora con perspectivas a su aplicación en robots de servicio doméstico”, 1er. Coloquio del Cuerpo Académico Optimización, Sistemas Complejos e Interfaces Cerebro Computadora, Fecha: 24/11/2017, UAM Cuajimalpa. **Probatorio.**

## 6. Fuente de financiamiento

Para financiar la infraestructura requerida para desarrollar el proyecto, se contó con el apoyo de fomento al desarrollo tecnológico, otorgado por la Secretaría de Educación Pública a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP). La duración del apoyo fue por un año contando a partir de julio-2017 a junio-2018 y con prórroga a diciembre-2018.

La infraestructura está compuesta de tres rubros principales: 1) equipo menor y complementario, necesario para ampliar las capacidades del hardware disponible al inicio del proyecto; 2) mobiliario para el cubículo, necesario para sentar a los participantes de los experimentos y para almacenar el hardware del proyecto; 3) equipo para experimentación, que incluye el equipo de adquisición de señales fisiológicas y cerebrales; y 4) equipo para la construcción del robot, que incluye el hardware para construir dos brazos robóticos y una base robótica. A continuación se desglosa cada rubro:

Cant.	Descripción	Importe	Factura
<b>Equipo menor y complementario</b>			
1	Disco duro interno	\$887.00	
1	Tarjeta de red inalámbrica	\$155.00	Excelente Oficina y Servicio, S.A. de C.V. Factura No.: 52945E5F-D407-4E5C B3B8-0E1E3411CEBA
1	Extensión	\$45.00	
1	Cámara Web	\$381	
	IVA	\$234.88	
	<i>Subtotal</i>		\$1,702.88
1	Disco duro externo 3TB	\$2,136.75	
1	Bocinas	\$159.39	
1	Memoria USB 128GB	\$589.05	HDG Comercializadora, S.A. de C.V. Factura No.: 7827
1	Memoria RAM 2GB	\$363.82	
1	Supresor de picos	\$285.56	
	IVA	\$565.53	
	<i>Subtotal</i>		\$4,100.13
1	Disco duro externo 3TB	\$2,136.75	
	IVA	\$341.88	HDG Comercializadora, S.A. de C.V. Factura No.: 7828
	<i>Subtotal</i>		\$2,478.63
<b>Mobiliario para cubículo</b>			
1	Archivero vertical	\$7,621.20	
1	Escritorio con librero	\$4,906.80	Confort y diseño en oficina S.A. de C.V.
	<i>Subtotal</i>		\$12,528.00
<b>Equipo para experimentación</b>			
1	Ten20 pasta conductiva 2oz 3 tarros	\$19.99dll	
2	Adaptador de electrodo de clavija a prueba de contacto	\$24.99dll	OpenBCI Online Store. Factura No.:5161
2	Electrodos de copa de oro	\$29.99dll	
2	EMG/ECG Cables de electrodo a presión	\$39.99dll	
2	EMG/ECG Electrodo de gel sólido de espuma (30/paquete)	\$12.99dll	
	Envío	\$78.47dll	
	<i>Subtotal</i>		\$314.38dll
1	Tarjeta Cyton+Daisy 16 canales	\$17,868.93	Sólo tengo vale de resguardo CRE2018000214
1	Casco para EEG para 16 canales	\$14,584.40	
	Envío	\$5,410.00	
	<i>Subtotal</i>		\$33,058.84

Cant.	Descripción	Importe	Factura	
1	Computadora personal Dell Precision Móvil IVA	\$28,499.00 \$4,559.84 Subtotal	FORLAC STORE S.A. DE C.V. Folio: 19678	
		\$33,058.84		
Equipo para la construcción del robot				
1	Fabricación de piezas impresas en 3D IVA	\$1,506.46 \$ 241.03 Subtotal	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. FOLIO: 5EC34E80-639D-4F13-9EF3-A1E654E194B9	
		\$ 1,747.49		
1	Fabricación de piezas impresas en 3D IVA	\$1,541.00 \$ 246.56 Subtotal	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. FOLIO: 671C8781-6A66-472A-A074-05C6209E18F0	
		\$ 1,787.56		
1	Servomotor MG90S	\$250.00	RAUL EDUARDO PEREZ LOPEZ. Factura No.: 1578	
1	Servomotor MG958 IVA	\$2,000.00 \$360.00 Subtotal		
		\$2,610.00		
1	Arduino NANO Shield Arduino NANO DK-NANO-003 V3.0	\$160.00	RAUL EDUARDO PEREZ LOPEZ. Factura No.: 1580	
1	Alambre #22 3 colores IVA	\$100.00 \$13.00 \$43.68 Subtotal		
		\$316.68		
4	Bridas para Servomotor IVA	\$65.00 \$41.60 Subtotal	RAUL EDUARDO PEREZ LOPEZ. Factura No.: 1591	
		\$301.60		
1	Fabricación de piezas impresas en 3D IVA	\$2,587.00 \$ 413.92 Subtotal	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. FOLIO: 9244722E-874D-44F7-9194-B65F0ECA48CE	
		\$ 3,000.92		
1	Cordelete IVA	\$ 111.21 \$ 17.79 Subtotal	Artículos Deportivos Decathlon S.A. de C.V. FOLIO: 6794D4A8-7F91-4B78-B6AE-63EF11D2A86C	
		\$ 129.00		
1	Fabricación de piezas impresas en 3D IVA	\$ 1,541.00 \$ 246.56 Subtotal	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. FOLIO: B01CA10D-B318-4B81-93C2-9988B613382A	
		\$ 1,787.56		
1	Fabricación de piezas impresas en 3D IVA	\$ 1,540.00 \$ 246.40 Subtotal	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. FOLIO: C8E3CE07-9DEE-430B-8E13-9FFE82F55B84	
		\$ 1,786.40		

Cant.	Descripción	Importe	Factura
1	Fabricación de piezas impresas en 3D	\$ 1,506.47	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. FOLIO: E69B254E-D4E5-4123-9A6D-D183E40D65A4
	IVA	\$ 241.04	
	<i>Subtotal</i>	\$ 1,747.51	
2	25 Tornillos 2-56 1	\$47.41	
1	25 Tuercas 2-56	\$18.96	
2	Servomotor Micro MG90S	\$77.59	9f2c881a-d122-4f02-873b-eafe0afa851f
	Tarjeta Nano V3.0		
1	CH340 con cable USB	\$129.31	
	Envío	\$129.31	
	IVA	\$84.41	
	<i>Subtotal</i>	\$612.00	
1	Servomotor MG958 55g 20KG High Torque Digital Metal Gear Servo For RC Airplane Servomotor 10Pcs 10cm 26AWG Male to Male JR Plug Servo Extension Lead Wire Cable Servomotor 25T M3 Hole Metal	\$221.73	BANGGOOD TECHNOLOGY CO. Folio: 54168256
4	Servo Horn MG995 MG996R For RC Airplane Servo JX Servo PDI-HV2060MG	\$141.24	
1	60KG High Torque 180° Digital Servo for RC Model Servo Tester & Voltage Display 2	\$867.34	
1	in 1 Servo Controller for RC Car Robot	\$141.03	
	Seguro	\$28.45	
	<i>Subtotal</i>	\$1,453.46	
1	Base robótica Arlo	\$995dll	Parallax. Factura No.:429968
	Envío	\$387.31dll	
	<i>Subtotal</i>	\$26,263.89	

Cant.	Descripción	Importe	Factura
3	JX Servo PDI-HV2060MG 60KG High Torque 180° Digital Servo for RC Model 12V 100/150/180/260KG	\$2,667.9	Póliza 4000900 Banggood Yo no la tengo
2	.CM AND CONTROL BOARD (FE-URT-1)	\$2,745.10	Póliza 4000901 Alibaba Yo no la tengo
1	FABRICACION DE PIEZAS EN 3D	\$1,786.40	CESAR ALEJANDRO PINEDA MALAGON. C8E3CE07-9DEE-430B-8E13- 9FFE82F55B84 GEBESA NACIONAL SA DE CV. SILLA COMFOR VISITA CON ASACIENTO Y RESAOALDO EB PLASTICO SIN BRAZOS
1	SILLA	\$767.57	
1	CONVERTIDOR USB Y CONCEN- TRADOR USB	1,161.16	FORLAC STORE SA DE CV

## Referencias

- [1] J. Frey, "Comparison of a consumer grade EEG amplifier with medical grade equipment in BCI applications," in *International BCI meeting*, Asilomar, United States, May 2016. [Online]. Available: <https://hal.inria.fr/hal-01278245>