

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUDAMERICANO
Hacemos gente de talento!



ELECTRÓNICA
TECNOLOGÍA SUPERIOR

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN LA CARRERA DE ELECTRÓNICA.

AUTOR:

Francisco Xavier Soto Sarmiento

DIRECTOR:

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

Loja, octubre 2021

Certificación del director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera

Ing.

Cesar Cristian Carrión Aguirre

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICA:

Que ha supervisado el presente proyecto de investigación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”** el mismo que cumple con lo establecido por el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano; por consiguiente, autorizo su presentación ante el tribunal respectivo.

Loja, 13 de Octubre 2021

Firma.....

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

AUTORÍA

Quien suscribe FRANCISCO XAVIER SOTO SARMIENTO C.I. N°1105713505, declaro que el siguiente trabajo titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”**, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación

Loja, 13 de Octubre del 2021

Firma.....

C.I. 1105713505

DEDICATORIA

Para mí es una gran satisfacción dedicar el presente trabajo a las personas más importantes en mi vida, mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mi hermano por estar presente con su apoyo moral todo el tiempo a lo largo de esta etapa de mi vida. A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos y experiencia conmigo. Sin lugar a dudas este trabajo se ha podido llevar a cabo por el apoyo brindado y de seguro los muchos proyectos en mi formación académica que están por venir. GRACIAS.

Francisco Xavier Soto Sarmiento

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a mi querido Dios, quien con su bendición llena mi vida en todo momento y a mi querida familia por estar siempre presentes. Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo. Con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Cesar Carrión y la Ing. Johana Briceño, principales colaboradores durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y apoyo permitió el desarrollo de este trabajo

Francisco Xavier Soto Sarmiento

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA

Conste por el presente documento la Cesión de los Derechos de proyecto de investigación de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

PRIMERA.- Por sus propios derechos; el Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre, en calidad de Director del proyecto de investigación de fin de carrera; y, Francisco Xavier Soto Sarmiento, en calidad de autor del proyecto de investigación de fin de carrera; mayores de edad emiten la presente acta de cesión de derechos.

SEGUNDA.- Francisco Xavier Soto Sarmiento, realizó la Investigación titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electrónica, en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja, bajo la dirección del Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre.

TERCERA.- Es política del Instituto que los proyectos de investigación de fin de carrera se apliquen y materialicen en beneficio de la comunidad.

CUARTA.- Los comparecientes Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre, en calidad de Director del proyecto de investigación de fin de carrera y Francisco Xavier Soto Sarmiento como autor, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en forma gratuita sus derechos de proyecto de investigación de fin de carrera titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE

2021.”, a favor del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja; y, conceden autorización para que el Instituto pueda utilizar esta investigación en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

QUINTA.- Aceptación.- Las partes declaran que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Para constancia suscriben la presente cesión de derechos, en la ciudad de Loja, en el mes de Octubre del año 2021.

.....

DIRECTOR

C.I. 1104079494

.....

AUTOR

C.I. 1105713505

DECLARACIÓN JURAMENTADA DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Loja, 13 de Octubre del 2021

Nombres: Francisco Xavier

Apellidos: Soto Sarmiento

Cédula de Identidad: 1105713505

Carrera: Electrónica

Semestre de ejecución del proceso de titulación: Abril 2021 – Octubre 2021

Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”,

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.

2. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. El trabajo de investigación de fin de carrera presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma:

Nro. Cédula 1105713505

1. Índice de contenido

Índice de temas

1. Índice de contenido.....	1
Índice de temas.....	1
1.2 Índice de Ilustraciones.....	5
Índice de Tablas	7
2. Resumen	8
3. Abstract.....	9
4. Problemática	10
5. Tema	11
6. Justificación.....	12
7. Objetivos.....	14
7.1 Objetivo general.....	14
7.2 Objetivos Específicos.....	14
8. Marco teórico.....	15
8.1 Marco institucional.....	15
8.2 Marco conceptual	22
8.2.1 Electroencefalografía.....	22
8.2.1.1 Evaluación del electroencefalograma.....	23
8.2.2 Electroodos	24
8.2.2.1 Electroodos de superficie.	25
8.2.2.2 Electroodos especiales (basales).	25
8.2.2.3 Electroodos neuroquirúrgicos.	26
8.2.3 Gel conductor	26

8.2.4	Sistema de ubicación estándar de los electrodos	27
8.2.5	Principios neurofisiológicos	28
8.2.6	Tipos de señales	28
8.2.6.1	Ondas alpha (α).	29
8.2.6.2	Ondas beta (β).	29
8.2.6.3	Señales teta (θ).	29
8.2.6.4	Señales delta (δ).	29
8.2.7	Interfaz cerebro computador (BCI)	30
8.2.8	Dispositivos portables BCI	31
8.2.8.1	Sistema EEG portable Móvil-72	31
8.2.8.2	Diadema inalámbrica multiposicional	32
8.2.8.3	Sistema de adquisición portable de señales EEG Nautilus	32
8.2.8.4	Enobio 8.....	33
8.2.8.5	Diadema Mindwave Móvil.....	34
8.2.8.6	Emotiv EPOC	35
8.2.9	Aplicaciones recientes.....	36
8.2.9.1	Neuro Ergonomía y Entornos Inteligentes	37
8.2.9.2	Seguridad y Autenticación	38
8.2.10.	Placas de desarrollo de microcontroladores.	39
8.2.10.1	Arduino.....	40
8.2.10.2	NodeMcu.	40
8.2.11	Actuadores.....	41
8.2.11.1	Diodos led.....	41
8.2.11.2	Servomotores.....	42
8.2.11.3	Relé.....	43
9.	Diseño Metodológico	44

9.1 Métodos de investigación.....	44
9.1.1 Método hermenéutico.....	44
9.1.2 Método fenomenológico.....	45
9.1.3 Método practico proyectual.....	45
9.2 Técnicas de investigación	46
9.2.1 Investigación documental.....	46
9.2.2 Observación.....	46
9.2.3 Prueba y error.....	47
10. Propuesta de acción	48
10.1 Selección de materiales	48
10.1.1 Arduino NANO.....	48
10.1.2 Arduino UNO	49
10.1.3 Módulo Bluetooth HC-05	50
10.1.4 Sensor de ondas cerebrales TGAM	51
10.1.5 Pantalla LCD 20×4 con comunicaciones I2C.....	55
10.1.6 Led Neopixel.....	56
10.1.7 Servomotores:	57
10.1.8 Módulo Relé:	58
10.1.9 Joystick	59
10.1.10 Plataforma de programación Arduino.....	60
10.1.11 Processing.....	61
10.1.12 Fritzing	62
10.2 Desarrollo del Prototipo	63
10.2.1 Diagrama de conexión Arduino – Modulo Bluetooth HC-05 y Sensor TGAM.	63
10.2.2 Conexión de la diadema MindWave con el segundo módulo bluetooth y el Arduino NANO.....	75

10.2.4 Interfaz gráfica en processing.....	88
10.2.5 Diagrama de flujo del Sensor Mindwave	91
10.3 Resultados Del Prototipo.....	92
10.3.1 Funcionamiento de todos los sistemas.....	94
11. Conclusiones.....	95
12. Recomendaciones	96
13. Bibliografía	97
14. Anexos	101
14.1 Certificado de aprobación	101
14.2 Autorización de la ejecución del proyecto	102
14.3 Certificado de implementación del proyecto.	103
14.4 Certificado del Abstract	104
14.5 Cronograma.....	105
14.6 Presupuesto	106
14.7 Recursos	107

1.2 Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Electroencefalografía.....	22
Ilustración 2:Evaluacion Encefalográfica.....	23
Ilustración 3:Electrodos.....	24
Ilustración 4:Electrodos de Superficie.....	25
Ilustración 5:Electrodo Neuroquirúrgico.....	26
Ilustración 6:Gel conductor.....	26
Ilustración 7:Ubicación Electrodo.....	27
Ilustración 8:Tipos de señales.....	28
Ilustración 9:Interfaz Cerebro Computadora.....	30
Ilustración 10:Portación del sistema Móvil-72.....	31
Ilustración 11:Elementos del sistema diadema multiposicional.....	32
Ilustración 12: Sistema Portable Nautilus.....	33
Ilustración 13:Sensor Portable Enobio.....	34
Ilustración 14:Diadema Mindwave.....	35
Ilustración 15:Emotiv EPOC.....	36
Ilustración 16:Aplicaciones recientes de BC.....	37
Ilustración 17:Entorno de una casa inteligente utilizando BC.....	38
Ilustración 18:Proceso de un sistema BCI para autenticación de usuario.....	39
Ilustración 19:Placa ARDUINO.....	40
Ilustración 20: NODE MCU.....	41
Ilustración 21:Diodo led.....	42
Ilustración 22:Servomotor.....	42
Ilustración 23:RELÉ.....	43
Ilustración 24:Arduino NANO.....	48
Ilustración 25: Arduino UNO.....	50
Ilustración 26: MODULO BLUETOOTH HC-05.....	51
Ilustración 27: Sensor TGAM.....	52
Ilustración 28:Datos Técnicos Sensor TGAM.....	53
Ilustración 29: LCD I2C.....	55
Ilustración 30: Tira NEOPIXEL.....	57
Ilustración 31:Servomotor MG945.....	58
Ilustración 32: Modulo Relé.....	59

Ilustración 33: Joystick	60
Ilustración 34: IDE ARDUINO	61
Ilustración 35: IDE PROCESSING	62
Ilustración 36: FRITZING	63
Ilustración 37: Comunicación arduino - BT - Sensor TGAM	63
Ilustración 38: Esquema de conexión para configuración del HC-05	65
Ilustración 39: Configuración módulo bluetooth hc-05	66
Ilustración 40: Comunicación sensor MINDWAVE	69
Ilustración 41: Recopilación y transmisión de datos sensor TGAM	70
Ilustración 42: Análisis de datos de atención y concentración	71
Ilustración 43: Visualización de Datos monitor serial	72
Ilustración 44: Conexión sensor mindwave - pizarra robótica y actuadores	75
Ilustración 45: Declaramos variables	80
Ilustración 46: Declaramos librerías+	81
Ilustración 47: Inicializamos la subrutina de Configuración	82
Ilustración 48: Subrutina Principal	83
Ilustración 49: Control por evento	84
Ilustración 50: Función relé	85
Ilustración 51: Función neopixel	85
Ilustración 52: Función LCD	86
Ilustración 53: Función colores neopixel	87
Ilustración 54: Definimos el tamaño y parámetros de la imagen	88
Ilustración 55: Declaramos y habilitamos el monitor serial para lectura y flujo de datos.	88
Ilustración 56: Lectura de datos del sensor en tiempo real	89
Ilustración 57: Recepción de datos según el nivel de concentración	89
Ilustración 58: Interfaz final	90
Ilustración 59: Diagrama de flujo sensor Mindwave	91
Ilustración 60: Respuesta cerebral en estado natural	92
Ilustración 61: Respuesta cerebral en un estado activado	93
Ilustración 62: Funcionamiento completo de la interfaz y actuadores en tiempo real ..	94

Índice de Tablas

Tabla 1:Cronograma	105
Tabla 2:Presupuesto	106
Tabla 3:Docentes Investigadores	107
Tabla 4:Estudiantes Investigadores	107

2. Resumen

En el mundo existen personas que no tienen miembros superiores o inferiores y una de las soluciones que se ofrecen ante esta problemática son las prótesis, de las cuales las prótesis electromecánicas han generado un mayor interés gracias a los grandes avances tecnológicos que permiten la interacción de la prótesis con el cerebro. Por tal razón el presente proyecto propone el diseño e implementación de un prototipo BCI para la manipulación de una pinza robótica empleando señales cerebrales mediante el uso de electrodos y comunicación inalámbrica, para así utilizar el prototipo en dispositivos que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas con alguna discapacidad física o a su vez pueda ser implementado en técnicas y estudios de concentración de las personas.

El objetivo principal del proyecto es tener el control mediante señales encefalografías de una pinza robótica y eventos programados con actuadores electrónicos, para ello se utilizaron 3 métodos de investigación el método hermenéutico, método fenomenológico y método practico proyectual que conjuntamente con las técnicas de investigación documental, observación, prueba y error permitieron realizar el análisis completo de diferentes medios bibliográficos necesarios del tema y así poder implementar el dispositivo a través de pruebas de campo donde se verificó su funcionamiento.

La implementación se realiza usando como referencia el sistema de posicionamiento de electrodos 10/20 que es usado en pruebas médicas para el desarrollo de la neurología y que sirven para el registro de la actividad cerebral del paciente, con estas señales adquiridas se procede al acondicionamiento y filtrado de la señal para luego ser visualizado por medio de una interfaz usando la tecnología de comunicación inalámbrica que permita la manipulación de la pinza robótica. De esta manera se concluye que la implementación fue adecuada y que se logró controlar una pinza robótica a través del módulo BLUETOOTH HC-05 y el sensor TGAM desarrollado por la empresa NEUROSVKY, que permitió el control de datos encefalográficos y se pudo tener acceso a la información neuronal en tiempo real y además se logró desarrollar una interfaz compatible para combinar esta comunicación con actuadores adicionales a la pinza robótica, que le da un valor agregado la investigación realizada teniendo en cuenta que el control de la pinza mediante señales neuronales es del 100% según los resultados obtenidos.

3. Abstract

In the world, there are people who do not have upper or lower limbs and one of the solutions offered to this problem is prostheses. Electromechanical prostheses have generated greater interest thanks to the great technological advances that allow the interaction of the prosthesis with the brain. For this reason, this project proposes the design and implementation of a BCI prototype for the manipulation of a robotic gripper using brain signals through the use of electrodes and wireless communication, in order to use the prototype in devices that help improve the quality of life of people with a physical disability or in turn can be implemented in techniques and studies of a concentration of people.

The main objective of the project is to have control by means of encephalographic signals of a robotic clamp and programmed events with electronic actuators. To accomplish this, 3 research methods were used: the hermeneutical method, the phenomenological method and the practical project method. Together with the documentary research techniques, observation and trial and error, they were allowed to carry out the complete analysis of different bibliographic means necessary for the subject. Thus, able to implement the device through field tests where its operation was verified.

Furthermore, implementation was carried out using as a reference the 10/20 electrode positioning system that is used in medical tests for the development of neurology that serves to record the patient's brain activity. With these acquired signals proceed to conditioning and filtering the signal and then visualize it by means of an interface using wireless communication technology that allows the manipulation of the robotic gripper. In this way, it is concluded that the implementation was adequate and that it was possible to control a robotic gripper through the BLUETOOTH HC-05 module and the TGAM sensor developed by the NEUROSVKY company, which allowed the control of encephalographic data. It was possible to have access to the Neural information in real time and it was also possible to develop a compatible interface to combine this communication with additional actuators to the robotic gripper, which gives added value to the research carried out, taking into account that the control of the gripper through neural signals is 100% according to the results obtained.

4. Problemática

La necesidad del hombre por construir robots para realizar tareas que no pueda llevarlas a cabo con facilidad o que sean peligrosas han hecho que el campo de la robótica tenga un gran avance tecnológico en diferentes campos de aplicación, en la industria, la medicina, etc. (Rus, 2019,p.1)

La discapacidad física se puede definir como la disminución o ausencia de las funciones motoras (pérdida parcial del movimiento de una extremidad, ausencia de un brazo, una mano, pierna, etc.) La sociedad ve a las personas con discapacidad física que han perdido una extremidad por accidentes o traumas como individuos no productivos para la misma debido a las limitaciones físicas que causa la ausencia de una extremidad, estas limitaciones han hecho que se les impongan barreras que limitan a estas personas ha integrarse de forma normal en la sociedad, por todo lo manifestado es que se necesita de brindar una solución tecnológica adecuada para que cumplan con sus actividades básicas como es tomar objetos.

Las personas que poseen discapacidad física tienen más riesgo de caer en pobreza debido a múltiples dificultades que se le presentan como la falta de oportunidades laborales, dificultad al ejecutar actividades, discriminación, movilidad limitada, entre otras. Además de enfrentar su padecimiento, las personas con discapacidad afrontan barreras económicas y sociales. Al poder eliminarse estas barreras, las personas con discapacidad física pueden participar activamente en su sociedad y ser productivas. (PANEZO, 2019, p. 12)

Existe un gran número de personas en el mundo que presentan amputación de miembros. Por otro lado, las prótesis electromecánicas han venido tomando fuerza y son apoyadas por diferentes tipos de interfaces como las interfaces cerebro computador que permiten mejorar la funcionalidad de estas y, a pesar de mostrar resultados representativos para el control de las prótesis, aún es un campo abierto de investigación que busca mejorar su eficacia y eficiencia. Además de que en el mercado convencional una de estas prótesis tiene un costo sumamente elevado.

5. Tema

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021

6. Justificación

En el ámbito académico la investigación busca integrar los contenidos, prácticas de laboratorio y actividades autónomas realizadas en el proceso de estudio, con la finalidad de obtener el título de Tecnólogo en Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano.

Toma en cuenta el sector tecnológico, el estudio del comportamiento eléctrico de los bioseñales provenientes del cerebro ha permitido desarrollar dispositivos que permiten la manipulación de diferentes mecanismos como: motores, luminarias, maquinaria etc. Los dispositivos de adquisición y acondicionamiento de señales cerebrales son utilizados principalmente en hospitales y centros de estudio dedicados a estas actividades. En el desarrollo de esta investigación como modelo tecnológico, se realizará la construcción de un prototipo comunicación cerebro computadora mediante señales electroencefalográficas que serán captadas y amplificadas por los sensores electroencefalográficos y mediante el procesamiento de estas señales en una interface digital se pueda accionar una pinza robótica.

Como justificación social se puede mencionar que la ley del estado ecuatoriano puntualiza que la inclusión de operarios discapacitados es del 4% del total de empleados de una empresa. Personas que tienen amputaciones en sus extremidades o hayan sufrido alguna lesión en la columna vertebral que les impida el movimiento total o parcial del cuerpo pueden beneficiarse de este proyecto.

La investigación inclusive apunta al sector económico ya que al crear soluciones cibernéticas viables para extremidades superiores se pueden crear puesto de trabajo directos e indirectos.

Con la creación de una prótesis robótica en forma de pinza controlada por actividad cerebral a través de dispositivo de adquisición de señales cerebrales de tipo no invasivo permite que tengan la factibilidad ejecutar sus tareas cotidianas, además contribuir al desarrollo de muchas aplicaciones para personas con discapacidad, donde, aparte de manipular objetos puedan mejorar su calidad de vida que da inicio a aplicaciones en otras

modalidades de la robótica, por ejemplo, en áreas como la medicina, militar, exploración, agricultura, o muchas aplicaciones industriales; permitiendo que las personas con deficiencias físicas tengo un grado de inclusión mayor en la sociedad y por ende más oportunidades laborables para incrementar su nivel económico.

Consiguientemente este proyecto ayudará a ampliar los conocimientos, y adquirir habilidades mediante la investigación que se realizara, permitiendo así implementar componentes electrónicos de fácil acceso como son actuadores y microcontroladores que nos facilitará la construcción del prototipo. Por otra parte, la presente investigación servirá para la obtención del título de tercer nivel en la tecnología de electrónica y como apoyo, al desarrollo de proyectos que realicen los futuros estudiantes de la carrera de electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano.

7. Objetivos

7.1 Objetivo general

- Diseñar e implementar un prototipo brain computer interface (bci), para la manipulación de una pinza robótica utilizando comunicación inalámbrica.

7.2 Objetivos Específicos

- Investigar los conceptos que definen la actividad eléctrica cerebral y las características de las señales cerebrales P300.
- Diseñar e implementar las etapas de adquisición, acondicionamiento y filtrado de las señales electroencefalográficas.
- Diseñar e implementar la interfaz de visualización de la señal cerebral utilizando comunicación inalámbrica para la manipulación de brazo robótico.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y el análisis de resultados correspondientes para verificar el control de la pinza robótica.

8. Marco teórico

8.1 Marco institucional

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



a. RESEÑA HISTÓRICA

El Señor Manuel Alfonso Manitio Conumba, crea el Instituto Técnico Superior Particular Sudamericano, para la formación de TECNICOS, por lo que se hace el trámite respectivo en el Ministerio de Educación y Cultura, y con fecha 4 de junio de 1996, autoriza con resolución Nro. 2403, la CREACIÓN y el FUNCIONAMIENTO de este Instituto Superior, con las especialidades del ciclo pos bachillerato de:

1. Contabilidad Bancaria
2. Administración de Empresas, y;
3. Análisis de Sistemas

Para el año lectivo 1996-1997, régimen costa y sierra, con dos secciones diurno y nocturno facultando otorgar el Título de Técnico Superior en las especialidades autorizadas.

Posteriormente, con resolución Nro. 4624 del 28 de noviembre de 1997, el Ministerio de Educación y Cultura, autoriza el funcionamiento del ciclo pos bachillerato, en las especialidades de:

1. Secretariado Ejecutivo Trilingüe, y;
2. Administración Bancaria.

Con resolución Nro. 971 del 21 de septiembre de 1999, resuelve el Ministerio de Educación y Cultura, elevar a la categoría de INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR PARTICULAR SUDAMERICANO, con las especialidades de:

1. Administración Empresarial
2. Secretariado Ejecutivo Trilingüe
3. Finanzas y Banca, y;
4. Sistemas de Automatización

Con oficio circular nro. 002-DNPE-A del 3 de junio de 2000, la Dirección Provincial de Educación de Loja, hace conocer la nueva Ley de Educación Superior, publicada en el Registro Oficial, Nro. 77 del mes de junio de 2000, en el cual dispone que los Institutos Superiores Técnicos y Tecnológicos, que dependen del Ministerio de Educación y Cultura, forman parte directamente del “Sistema Nacional de Educación Superior” conforme lo determina en los artículos 23 y 24. Por lo tanto en el mes de noviembre de 2000, el Instituto Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja, pasa a formar parte del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) con Registro Institucional Nro. 11-009 del 29 de noviembre de 2000.

A medida que avanza la demanda educativa el Instituto propone nuevas tecnologías, es así que con Acuerdo Nro. 160 del 17 de noviembre de 2003, la Dirección Ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) otorga licencia de funcionamiento en la carrera de:

1. Diseño Gráfico y Publicidad.

Para que conceda títulos de Técnico Superior con 122 créditos de estudios y a nivel Tecnológico con 185 créditos de estudios.

Finalmente, con Acuerdo Nro. 351 del 23 de noviembre de 2006, el Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) acuerda otorgar licencia de funcionamiento para las tecnologías en las carreras de:

1. Gastronomía

2. Gestión Ambiental
3. Electrónica, y;
4. Administración Turística.

Otorgando los títulos de Tecnólogo en las carreras autorizadas, previo el cumplimiento de 185 créditos de estudio.

Posteriormente y a partir de la creación del Consejo de Educación Superior (CES) en el año 2008, el Tecnológico Sudamericano se somete a los mandatos de tal organismo y además de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT), del Consejo Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES); así como de sus organismos anexas.

Posterior al proceso de evaluación y acreditación dispuesto por el CEAACES; y, con Resolución Nro. 405-CEAACES-SE-12-2106, de fecha 18 de mayo del 2016 se otorga al Instituto Tecnológico Superior Sudamericano la categoría de “Acreditado” con una calificación del 91% de eficiencia.

Actualmente las autoridades del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano se encuentran laborando en el proyecto de rediseño curricular de sus carreras con el fin de que se ajusten a las necesidades del mercado laboral y aporten al cambio de la Matriz Productiva de la Zona 7 y del Ecuador.

b. MISIÓN, VISIÓN y VALORES

Desde sus inicios la MISIÓN y VISIÓN, han sido el norte de esta institución y que detallamos a continuación:

MISIÓN:

“Formar gente de talento con calidad humana, académica, basada en principios y valores, cultivando pensamiento crítico, reflexivo e investigativo, para que comprendan que la vida es la búsqueda de un permanente aprendizaje”

VISIÓN:

“Ser el mejor Instituto Tecnológico del país, con una proyección internacional para entregar a la sociedad, hombres íntegros, profesionales excelentes, líderes en todos los campos, con espíritu emprendedor, con libertad de pensamiento y acción”

VALORES: Libertad, Responsabilidad, Disciplina, Constancia y estudio.

c. REFERENTES ACADÉMICOS

Todas las metas y objetivos de trabajo que desarrolla el Instituto Tecnológico Sudamericano se van cristalizando gracias al trabajo de un equipo humano: autoridades, planta administrativa, catedráticos, padres de familia y estudiantes; que día a día contribuyen con su experiencia y fuerte motivación de pro actividad para lograr las metas institucionales y personales en beneficio del desarrollo socio cultural y económico de la provincia y del país. Con todo este aporte mancomunado la familia sudamericana hace honor a su slogan “gente de talento hace gente de talento”.

Actualmente la Mgs. Ana Marcela Cordero Clavijo, es la Rectora titular; Ing. Patricio Villamarín coronel. - Vicerrector Académico.

El sistema de estudio en esta Institución es por semestre, por lo tanto, en cada semestre existe un incremento de estudiantes, el incremento es de un 10% al 15% esto es desde el 2005. Por lo general los estudiantes provienen especialmente del cantón Loja, pero también tenemos estudiantes de la provincia de Loja como: Cariamanga, Macará, Amaluza, Zumba, Zapotillo, Catacocha y de otras provincias como: El Oro (Machala), Zamora, la cobertura académica es para personas que residen en la Zona 7 del país.

d. POLÍTICAS INSTITUCIONALES

- Las políticas institucionales del Tecnológico Sudamericano atienden a ejes básicos contenidos en el proceso de mejoramiento de la calidad de la educación superior en el Ecuador.
- Esmero en la atención al estudiante: antes, durante y después de su preparación tecnológica puesto que él es el protagonista del progreso individual y colectivo de la sociedad.

- Preparación continua y eficiente de los docentes; así como definición de políticas contractuales y salariales que le otorguen estabilidad y por ende le faciliten dedicación de tiempo de calidad para atender su rol de educador.
- Asertividad en la gestión académica mediante un adecuado estudio y análisis de la realidad económica, productiva y tecnología del sur del país para la propuesta de carreras que generen solución a los problemas.
- Atención prioritaria al soporte académico con relevancia a la infraestructura y a la tecnología que permitan que docentes y alumnos disfruten de los procesos enseñanza – aprendizaje.
- Fomento de la investigación formativa como medio para determinar problemas sociales y proyectos que propongan soluciones a los mismos.
- Trabajo efectivo en la administración y gestión de la institución enmarcado en lo contenido en las leyes y reglamentos que rigen en el país en lo concerniente a educación y a otros ámbitos legales que le competen.
- Desarrollo de proyectos de vinculación con la colectividad y preservación del medio ambiente; como compromiso de la búsqueda de mejores formas de vida para sectores vulnerables y ambientales.

e. OBJETIVOS INSTITUCIONALES

Los objetivos del Tecnológico Sudamericano tienen estrecha y lógica relación con las políticas institucionales, ellos enfatizan en las estrategias y mecanismos pertinentes:

- Atender los requerimientos, necesidades, actitudes y aptitudes del estudiante mediante la aplicación de procesos de enseñanza – aprendizaje en apego estricto a la pedagogía, didáctica y psicología que dé lugar a generar gente de talento.
- Seleccionar, capacitar, actualizar y motivar a los docentes para que su labor llegue hacia el estudiante; por medio de la fijación legal y justa de políticas contractuales.
- Determinar procesos asertivos en cuanto a la gestión académica en donde se descarte la improvisación, los intereses personales frente a la propuesta de nuevas carreras, así como de sus contenidos curriculares.
- Adecuar y adquirir periódicamente infraestructura física y equipos tecnológicos en versiones actualizadas de manera que el estudiante domine las TIC'S que le sean de utilidad en el sector productivo.

- Priorizar la investigación y estudio de mercados; por parte de docentes y estudiantes aplicando métodos y técnicas científicamente comprobados que permitan generar trabajo y productividad.
- Planear, organizar, ejecutar y evaluar la administración y gestión institucional en el marco legal que rige para el Ecuador y para la educación superior en particular, de manera que su gestión sea el pilar fundamental para lograr la misión y visión.
- Diseñar proyectos de vinculación con la colectividad y de preservación del medio ambiente partiendo del análisis de la realidad de sectores vulnerables y en riesgo de manera que el Tecnológico Sudamericano se inmiscuya con pertinencia social.

ESTRUCTURA DEL MODELO EDUCATIVO Y PEDAGÓGICO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR SUDAMERICANO

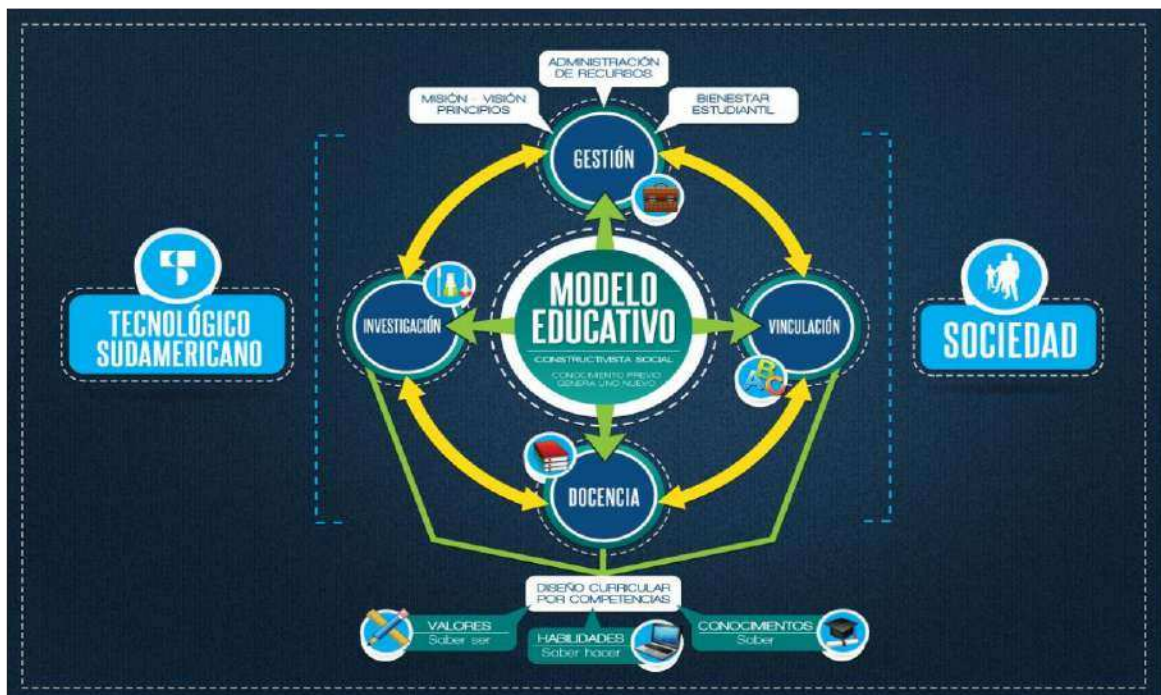


Figura 1: Estructura del modelo educativo.

Imagen tomada de: <https://tecnologicosudamericano.edu.ec/>

f. PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO

El Instituto Tecnológico Superior Sudamericano cuenta con un plan de desarrollo y crecimiento institucional trazado desde el 2016 al 2020; el cual enfoca puntos centrales de atención:

- Optimización de la gestión administrativa
- Optimización de recursos económicos
- Excelencia y carrera docente
- Desarrollo de investigación a través de su modelo educativo que implica proyectos y productos integradores para que el alumno desarrolle: el saber ser, el saber y el saber hacer
- Ejecución de programas de vinculación con la colectividad
- Velar en todo momento por el bienestar estudiantil a través de: seguro estudiantil, programas de becas, programas de créditos educativos internos, impulso académico y curricular
- Utilizar la TIC'S como herramienta prioritaria para el avance tecnológico
- Automatizar sistemas para operativizar y agilizar procedimientos
- Adquirir equipo, mobiliario, insumos, herramientas, modernizar laboratorios a fin de que los estudiantes obtengan un aprendizaje significativo
- Rendir cuentas a los organismos de control como CES, SENESCYT, CEAACES, SNIESE, SEGURO SOCIAL, SRI, Ministerio de Relaciones Laborales; CONADIS, docentes, estudiantes, padres de familia y la sociedad en general
- Adquirir el terreno para la edificación de un edificio propio y moderno hasta finales del año dos mil quince.

La presente información es obtenida de los archivos originales que reposan en esta dependencia (Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, 2013).

Tlga. Carla Sabrina Benítez Torres
SECRETARIA DEL INSTITUTO SUDAMERICANO

8.2 Marco conceptual

El desarrollo del presente marco conceptual es un compendio general sobre la electroencefalografía, los sensores para captar la señal de EEG, el sistema para la ubicación de electrodos 10/20, los principios neurofisiológicos de la actividad eléctrica cerebral, los tipos de las señales de EEG, los potenciales evocados y las características de la componente P300.

8.2.1 Electroencefalografía

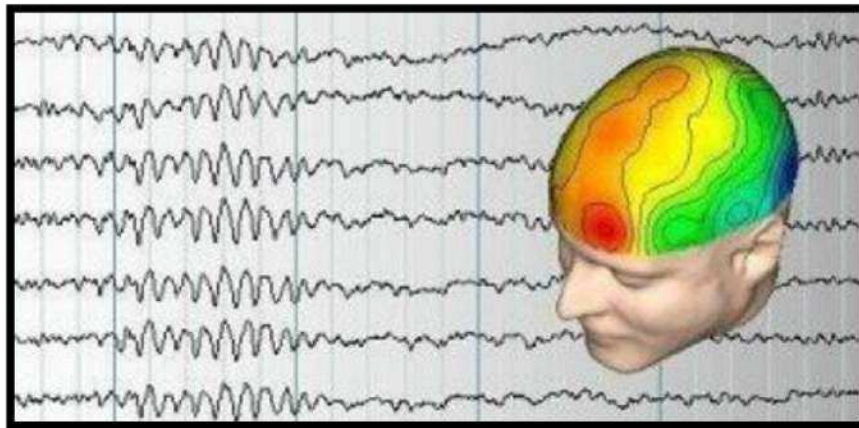


Ilustración 1: Electroencefalografía

Fuente: <http://dranormapoueriet.com>

“La electroencefalografía clínica (EEG) es la exploración neurofisiológica para el registro de la actividad bioeléctrica, que genera el sistema nervioso central como resultado de la actividad metabólica celular del conglomerado neuronal” (Richard C, 2006, p.88).

El electroencefalograma consiste en registrar la actividad eléctrica del cerebro y que es tomada en la corteza cerebral.

Para adquirir y registrar las señales cerebrales se utiliza electrodos que hacen la función de sensores y son colocados en el cuero cabelludo de las personas y tiene como función recoger los potenciales eléctricos que provienen de los conglomerados de

neuronas que se encuentran en la corteza cerebral, estos potenciales se encuentran en el orden los micro-volts.

Los registros de electroencefalograma pueden ser bipolares o unipolares. Los registros bipolares muestran fluctuaciones en la diferencia de potencial entre dos electrodos corticales; los registros unipolares muestran la diferencia de potencial entre un electrodo cortical y un electrodo en teoría indiferente que está en alguna parte del cuerpo distante de la corteza. (Kim E. Barret, 2010,p.120)

8.2.1.1 Evaluación del electroencefalograma.

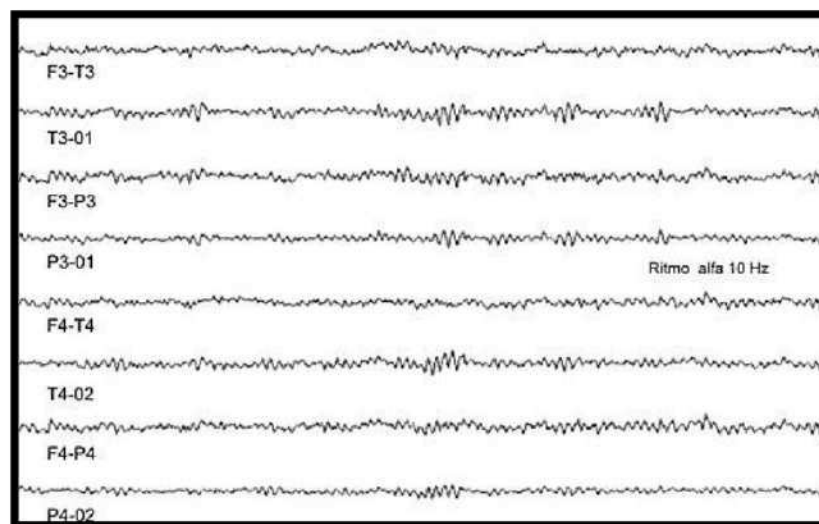


Ilustración 2: Evaluación Encefalográfica

Fuente: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?>

En un electroencefalograma se deben evaluar los siguientes elementos:

- Tipo de actividad.
- Organización de la actividad base.
- Modulación.
- Simetría.
- Reactividad de las señales y su simetría en ambos hemisferios.

La frecuencia de una señal de EEG está dada por el número de ondas en la unidad de tiempo y normalmente pueden identificarse

8.2.2 Electrodo



Ilustración 3: Electrodo

Fuente: <https://stmedic.com/elsalvador/electrodos-eeeg/>

Los electrodos son simplemente los dispositivos que facilitan la conducción de los potenciales electro-corticales hacia el dispositivo de amplificación. Básicamente, los electrodos EEG estándar son pequeños discos metálicos no reactivos que se colocan sobre el cuero cabelludo mediante una pasta de conducción. (ROWAN, 2004,p.120)

Se han utilizado varios tipos de metal, como oro, plata/cloruro de plata, estaño y platino. El contacto de los electrodos debe ser firme para garantizar una impedancia (resistencia al flujo de corriente) baja, con el fin de minimizar los artefactos asociados con el electrodo y el ambiente. (ROWAN, 2004,p.110)

Existen varios tipos de electrodos según la forma en la que se obtiene el registro:

- Superficiales
- Especiales (basales)
- Neuroquirúrgicos

8.2.2.1 Electrodo de superficie.

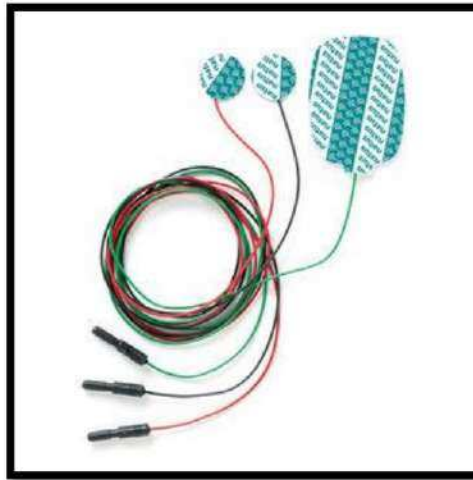


Ilustración 4: Electrodo de Superficie

Fuente: <https://www.medicalexpo.es/prod/natus-medical>

“Los electrodos superficiales se untan con un gel conductor que facilita la adquisición, el registro y el análisis de las señales, pues su magnitud es muy pequeña” (Martín, 2013,p.160).

8.2.2.2 Electrodo especiales (basales).

En los electrodos especiales (basales) la captación de señales bioeléctricas se realiza en la base del cráneo y su nivel de voltaje es mayor que la de los electrodos de superficie en un rango de 10-20mV

8.2.2.3 Electrodo neuroquirúrgicos.



Ilustración 5: Electrodo Neuroquirúrgico

Fuente: <https://es.slideshare.net/katty/electroencefalografia>

Son utilizados en intervenciones quirúrgicas, pueden ser del tipo corticales o intracerebrales, se utilizan a nivel cerebral.

8.2.3 Gel conductor



Ilustración 6: Gel conductor

Fuente: <https://www.logarsalud.com/fisioterapia/productos>.

El gel conductor es utilizado en el estudio de EEG para disminuir la impedancia entre los electrodos y el cuero cabelludo de la persona y así evitar que se genere algún tipo de señal errónea que interfiera en la señal que se desea registrar. En este caso se utilizara el gel conductor Nuprep que es utilizado en la mayoría de estudios EEG en donde se emplean electrodos superficie.

8.2.4 Sistema de ubicación estándar de los electrodos

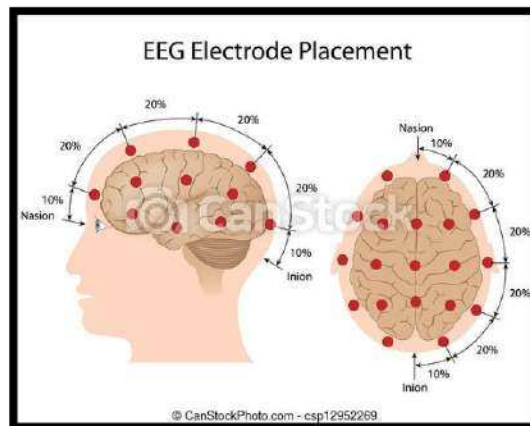


Ilustración 7:Ubicación Electrodo.

Fuente: <https://www.canstockphoto.es/colocaci%C3%B3n-eeeg-electrodo-eps10-12952269.html>

La colocación de los electrodos está estandarizada en Estados Unidos y en la mayoría de los países. De esta manera, los EEG realizados en un laboratorio pueden ser interpretados en cualquier otro. El problema general es el de registrar de manera lógica e interpretable la actividad de las distintas zonas de la corteza cerebral. Gracias al Dr. Herbert Jasper, un renombrado especialista en electroencefalografía del Montreal Neurological Institute, poseemos un sistema lógico y aceptado de manera genérica para la colocación de los electrodos: el 10-20 International System of Electrode Placement. Este sistema, que fue desarrollado durante la década de 1950, depende de la realización de mediciones precisas en el cráneo utilizando diversas marcas anatómicas. Básicamente, se obtienen mediciones en tres planos (sagital, coronal y horizontal) de un arco semi circunferencial del cráneo. (Rowan, 2004,p.133)

Existen dos tipos de montajes de los electrodos para la captura de señales las cerebrales:

- Montajes diferenciales: está basado en la diferenciación de potencial entre un par de electrodos.

- Montajes referenciales: se basa en calcular el potencial eléctrico con respecto a un electrodo de referencia

El sistema de posición de electrodos utilizado es el sistema diferencial entre dos electrodos y uno referencia. Para el prototipo utilizaremos 3 canales que son Fz, Cz y Fpz, este último corresponde al electrodo de tierra.

8.2.5 Principios neurofisiológicos

Las neuronas son la unidad básica del sistema nervioso que están compuestas por tres partes que son: núcleo o (soma), axón, y dendritas. La comunicación de las neuronas está dada por la conexión entre el axón y la dendrita la cual tiene un potencial diferencial aproximado de -70mV . Entre el axón y la dendrita se genera una bolsa permeable donde se guarda la información la que es conocida como sinapsis, las señales transmitidas entre las neuronas son iones químicos. Los iones químicos son Cl, Na y K.

8.2.6 Tipos de señales



Ilustración 8: Tipos de señales

Fuente: <https://polaris1012.wixsite.com/aprendealgotomas>

“Los principales ritmos en el electroencefalograma son las oscilaciones α (8 a 13 Hz), β (13 a 30 Hz), θ (4 a 7 Hz), δ (0.5 a 4 Hz) y γ (30 a 80 Hz)” (Kim E. Barret, 2010,p.88).

8.2.6.1 Ondas alpha (α).

En los seres humanos adultos despiertos, pero en reposo con la mente libre y los ojos cerrados, el componente principal del electroencefalograma es un patrón bastante regular de ondas con una frecuencia de 8 a 13 Hz y amplitud de 50 a 100 μ V cuando se registran en el cuero cabelludo. Este patrón es el ritmo α . Este es más prominente en los lóbulos parietal y occipital, y se relaciona con niveles bajos de atención (Kim E. Barret, 2010,p.155).

8.2.6.2 Ondas beta (β).

Cuando la atención se enfoca en algo, el ritmo α cambia a una actividad irregular de voltaje bajo y de 13 a 30 Hz, el ritmo β .

“Este fenómeno se llama bloqueo α y puede producirse con cualquier forma de estimulación sensitiva o concentración mental, como la solución de problemas matemáticos” (Kim E. Barret, 2010,p.133).

8.2.6.3 Señales teta (θ).

Se encuentran en el rango de frecuencias de 4Hz – 8Hz y amplitudes que superan los 20 μ V, se presentan en las personas cuando tienen estados de somnolencia, excitación o meditación.

8.2.6.4 Señales delta (δ).

Es la actividad lenta posterior que se presenta en la juventud y que se mezcla con actividad alfa, alcanza una amplitud moderada que tiene una frecuencia alrededor

de los 3Hz. La presencia focal de delta en vigilia es una anomalía sugestiva. En algunos casos cuando paciente logra mantenerse alerta se aprecia en oportunidades incremento de esta actividad. (Morillo, 2014,p.1)

Se presentan en el rango de frecuencia de 0.4Hz – 4Hz con una amplitud que varía dependiendo el estado ya sea en un sueño profundo o en estado de meditación, en esta frecuencia se confunde con los estímulos musculares de la región de la nuca.

8.2.7 Interfaz cerebro computador (BCI)

Cuando se habla de una interface cerebro – computador, se refiere a un tipo de sistema que registra y analiza señales cerebrales que permite la comunicación e interacción del cerebro humano con el exterior sin la necesidad de accionar al dispositivo manualmente, este tipo de sistemas utiliza potenciales que se generan en los conglomerados de neuronas y se obtienen en la corteza cerebral a través del uso de electrodos.



Ilustración 9: Interfaz Cerebro Computadora

Fuente: <https://www.businessinsider.es/grandes-discapitados-podran-usar-twitter-telegram-cerebro-378821>

Las Interfaces Cerebro Ordenador (BCI por su connotación en inglés), abren un nuevo canal para la comunicación entre personas que están privadas del movimiento total o parcial de su propio cuerpo y el mundo físico. La Interfaz BCI es la encargada de traducir las intenciones de un usuario, mediante el estudio de la actividad eléctrica cerebral captada por medio de sensores no invasivos que se ubican en el cuero cabelludo y las traducen a comandos para controlar un dispositivo.

8.2.8 Dispositivos portables BCI

“Tanto los sistemas de adquisición de señales EEG como las diademas portátiles, han experimentado diversos cambios en los últimos años. Aquí una descripción de los más recientes dispositivos BCI portátiles” (GARCÍA, 2017,p.1).

8.2.8.1 Sistema EEG portable Móvil-72

El Móvil-72 es un sistema de alta densidad ultra portable donde todo el sistema se ajusta a un gorro que pesa sólo 250 gramos proporcionando total libertad a la persona de prueba; el gorro utiliza electrodos de (Ag y AgCl) para mediciones de señales EEG de alta calidad.



Ilustración 10:Portación del sistema Móvil-72

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>

El sistema portable es adecuado para estudios que implican movimientos corporales sin restricciones o fuera de un laboratorio en entornos reales. Incluye también un sistema de blindado avanzado de electrónica avanzada que ofrece un nivel de alta calidad de la señal en todos los ambientes e incluso en condiciones ambulatorias. (GARCÍA, 2017,p.33)

8.2.8.2 Diadema inalámbrica multiposicional

La diadema multiposicional está diseñada para ser una plataforma experimental de señales EEG simple y flexible. El sistema está diseñado para equiparse con un sistema de adquisición de datos EEG inalámbrico en miniatura y sensores Flex y DryPad, para proporcionar grabaciones de electrodos secos de bajo ruido y confiables.



Ilustración 11: Elementos del sistema diadema multiposicional

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>

La diadema es totalmente reconfigurable para distintos experimentos y aplicaciones, los sensores se pueden fijar y mover a cualquiera de las 12 posiciones a lo largo de la circunferencia de la diadema para medir las señales de las regiones frontal, occipital y temporal. Por otro lado cuenta con un tejido altamente elástico que garantiza comodidad, se adapta a cualquier tamaño de cabeza y proporciona presión de contacto para los electrodos secos. (GARCÍA, 2017,p.37)

8.2.8.3 Sistema de adquisición portable de señales EEG Nautilus

Su diseño es completamente diferente de todos los demás dispositivos y establece un nuevo estándar de usabilidad. El dispositivo es pequeño y ligero se une al gorro de EEG para evitar movimientos del cable y permitir movimientos completamente libres.



Ilustración 12: Sistema Portable Nautilus

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>

El sistema cuenta con una batería de iones de litio incorporada, que permite grabaciones continuas de hasta 10 horas. La batería se recarga a través de un cojín de carga sin contacto dentro de 2 a 3 horas. El dispositivo es completamente impermeable, lo que permite una fácil limpieza de los electrodos junto con la tapa, sin necesidad de desconectar o desmontar algún elemento. El Nautilus transmite datos a través de la banda de 2.4 GHz con un rango de funcionamiento en interiores de unos 10 m. (G.TEC, 2021,p.1)

8.2.8.4 Enobio 8

Es un sensor de electrofisiología inalámbrico portátil para la grabación de señales EEG que viene integrado con una interfaz de usuario intuitiva y potente para la fácil configuración, grabación y visualización de datos de EEG, incluyendo espectrogramas y visualizaciones 3D en tiempo real de características espectrales.



Ilustración 13: Sensor Portable Enobio

Fuente: <https://www.neuroelectrics.com/get-quote/?add=3>

Es utilizado para la investigación o uso clínico, así como la telemedicina utilizando el sistema de nube “NUBE” para la recopilación de datos experimentales y la organización de los mismos. Además de señales EEG, los datos del acelerómetro triaxial se recogen automáticamente. También se puede utilizar una tarjeta microSD para guardar los datos sin conexión. Enobio es un producto con certificación médica CE. (neuroelectrics, 2020,p.1)

8.2.8.5 Diadema Mindwave Móvil

Es un sistema en el cual los sensores detectan señales de ondas cerebrales débiles de forma segura y pasiva; la tecnología Neurosky interpreta el significado de las señales cerebrales provocando varios efectos sobre una aplicación en particular. Debido a su fácil configuración y portabilidad, será el dispositivo que se manejará durante este proyecto.

La diadema MindWave emite de forma segura los espectros de potencia EEG (ondas alfa, beta y gama) medidores NeSoSky eSense (atención y meditación) y parpadeos oculares. El dispositivo se compone de un auricular, un clip para el oído y un brazo sensor. Los electrodos de referencia y de tierra

del auricular están en el clip para el oído y el electrodo EEG está en el brazo sensor, apoyándose en la frente sobre el ojo. Utiliza una sola batería AAA con 8 horas de duración de la batería. (neurosky, 2021,p.1)



Ilustración 14: Diadema Mindwave

Fuente: <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>

8.2.8.6 Emotiv EPOC

Este sistema tiene 14 canales de EEG y 2 sensores de referencia así como un sensor giroscópico de 2 ejes, está diseñado para la investigación práctica contextualizada y avanzada para aplicaciones de interfaz de control del cerebro (BCI). Proporciona acceso a datos de EEG crudos, de alta calidad y de alta densidad espectral; es decir donde presentan las señales alta potencia o energía.

Se pueden llevar a cabo investigaciones que aprovechan la detección de expresiones faciales, métricas de rendimiento y emoción y mandatos mentales. Presenta conectividad inalámbrica Bluetooth mediante un receptor USB trabajando en la banda de 2.4 GHz, un ancho de banda de 0.2-43 Hz, una resolución de muestreo de 16 bytes de los cuales 14 son efectivos y 2 son

utilizados para la identificación y descarte por ruido. También tiene una tasa de muestreo secuencial de los sensores de 128 Hz, es decir produce 128 muestras por segundo. (emotiv, 2021,p.1)



Ilustración 15:Emotiv EPOC

Fuente: <https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-eeeg/>

8.2.9 Aplicaciones recientes

Este tipo de sistemas han contribuido en varios campos de la investigación. Se han incursionado en áreas médicas, de neuro ergonomía y entornos ambientales, educacionales, de juegos y entretenimiento, de neuromarketing y de publicidad y en seguridad y autenticación.

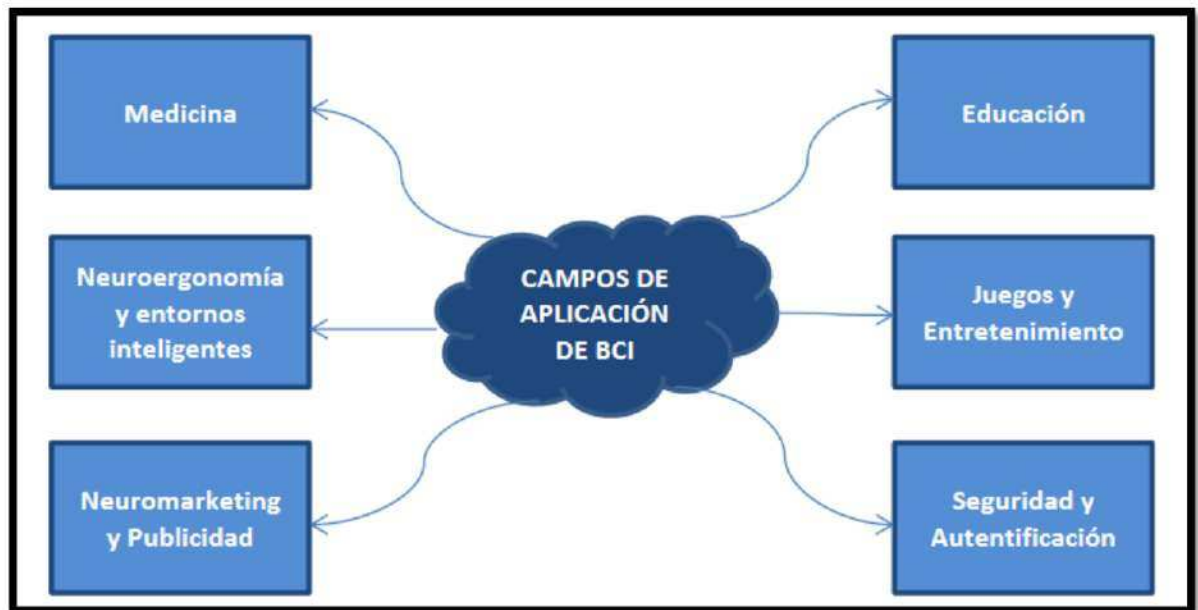


Ilustración 16:Aplicaciones recientes de BC

Fuente: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle>

8.2.9.1 Neuro Ergonomía y Entornos Inteligentes

Los entornos de este tipo como casas inteligentes, lugares de trabajo o transportes explotan el uso de este tipo de interfaces para ofrecer seguridad, lujos y control fisiológico para la vida diaria del ser humano. Este tipo de entornos por ejemplo han estado vinculados con el Internet de las Cosas (IOT) y las tecnologías BCI. Se ha llegado a proponer un sistema de control cognitivo llamado “Sistema de Control Ambiental con Auto-Ajuste” para vida inteligente el cual monitorea el estado mental del usuario y se adapta a sus componentes de entorno en consecuencia.

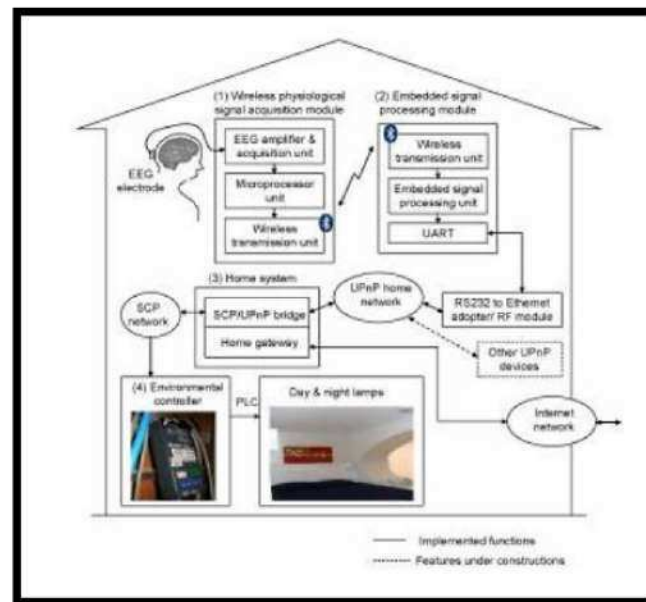


Ilustración 17: Entorno de una casa inteligente utilizando BC

Las señales cerebrales también han llegado a ayudar a mejorar las condiciones del área de trabajo por la evaluación del estado cognitivo de un operador. Éstas también analizan el impacto de fatiga mental por carga de trabajo y el tiempo de tarea en las características de EEG. Un cuarto de operaciones por supuesto también representa un lugar ideal para un lugar de trabajo inteligente usando una aplicación basada en BCI, ya que ésta mide el nivel de estrés de una cirugía y notifica de acuerdo al tipo de respuesta. (tesis.ipn.mx, 2021.p.25)

8.2.9.2 Seguridad y Autenticación

Los sistemas de seguridad involucran la autenticación basada en el conocimiento en algún objeto o en los biométricos; sin embargo éstos han demostrado ser vulnerables a muchos inconvenientes como una contraseña insegura, biométricos cancelables, al crimen, entre muchos otros. Los biométricos cognitivos o la electrofisiología donde solamente las modalidades usando señales biológicas (como las señales cerebrales) son usadas como fuentes de información de identidad que da una solución a esas vulnerabilidades, éste proceso resulta ser relativamente sencillo.

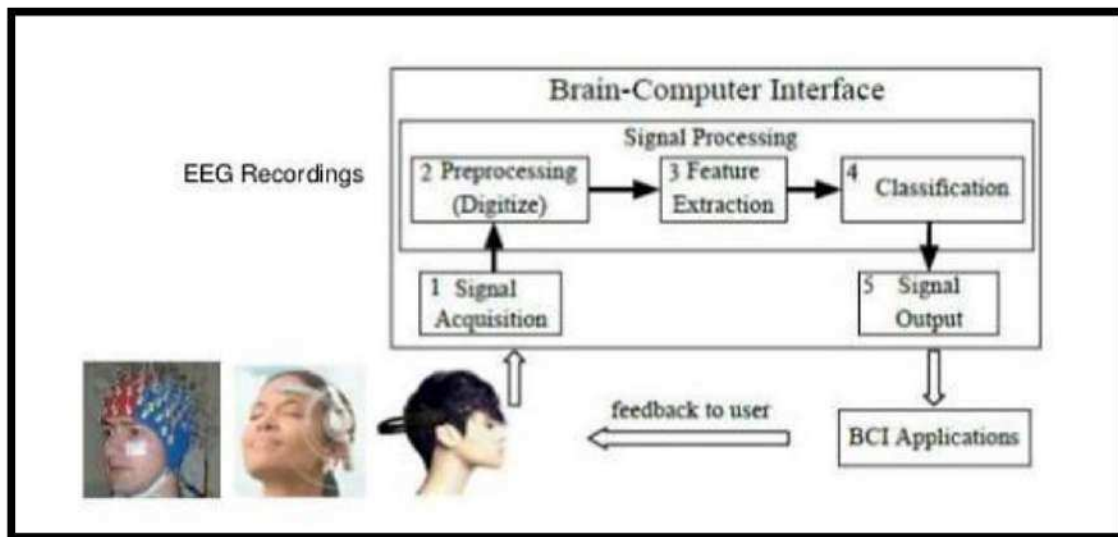


Ilustración 18:Proceso de un sistema BCI para autenticación de usuario

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>

La motivación detrás de la exploración de la electrofisiología es que las señales biológicas no pueden ser adquiridas por observadores externos. Además el electroencefalograma (EEG) como modalidad biométrica puede ser usado para enviar una conversación de advertencia cuando el usuario autorizado esté bajo condiciones externas de forzamiento. (García, 2017,p.28)

8.2.10. Placas de desarrollo de microcontroladores.

Las placas de desarrollo, son dispositivos o herramientas que sirven para crear diseños de sistemas digitales y analógicos de forma rápida y eficiente. Están contruidos en una placa de circuito único con microprocesador, memorias y periféricos de entrada y salida, permite la posibilidad de levantar proyectos de demostración o desarrollo a nivel educativo o elevarse hasta un nivel comercial, dependiendo mucho de la placa a usar y el tipo de proyecto a realizar. (RS COMPONENTS, 2021,p.1)

8.2.10.1 Arduino

Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables DuPont) (interempresas, 2021,p. 1)



Ilustración 19:Placa ARDUINO

Fuente: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

8.2.10.2 NodeMcu.

API avanzado para hardware IO, que puede reducir drásticamente el trabajo redundante para configurar y manipular hardware. Código como arduino, pero de forma interactiva en script Lua, API basado en eventos para aplicaciones de red, que facilita a los desarrolladores escribir código que se ejecuta en una MCU de 5 mm x 5 mm en estilo Nodejs. Acelere enormemente su proceso de desarrollo de aplicaciones IOT.

“WI-FI MCU ESP8266 integrado y fácil de usar para el desarrollo de prototipos, proporcionamos la mejor plataforma para el desarrollo de aplicaciones IOT al menor costo” (interempresas.net, 2021,p.1).

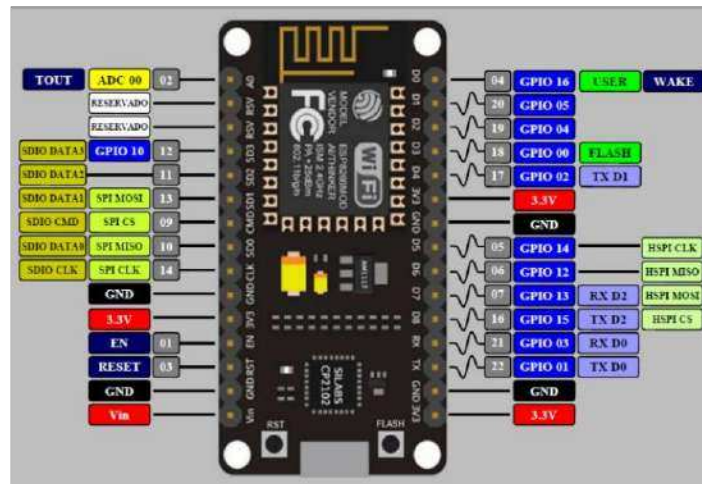


Ilustración 20: NODE MCU

FUENTE: <https://www.esploradores.com/comparacion-de-placas-nodemcu/>

8.2.11 Actuadores.

Un actuador son elementos indispensables hoy en día, que tienen la misión de convertir la energía eléctrica, hidráulica o neumática en un proceso determinado por el tipo de actuador. Los actuadores electrónicos son los más limpios y cómodos de usar, no requieren de aceite, aire o cualquier tipo de aplicativo para funcionar, solo necesitan corriente eléctrica, puede ser alguna batería siempre y cuando nos brinde la corriente necesaria para activar un actuador requerido. (bookdown.org, 2021,p.1)

8.2.11.1 Diodos led.

Los diodos led son componentes electrónicos que se prenden cuando se les hace llegar corriente con la polaridad correcta, estos leds son altamente utilizados en la industria como indicadores, ya que es fácil comprobar visualmente y existen variedades de colores, la gama de colores se emplea para determinar diferentes tipos de alertas, advertencias, procesos correctos, etc. Los leds por lo general son de bajo consumo que ronda entre los 10 a 20 mA dependiendo su color. (areatecnologia.com, 2021,p.1)

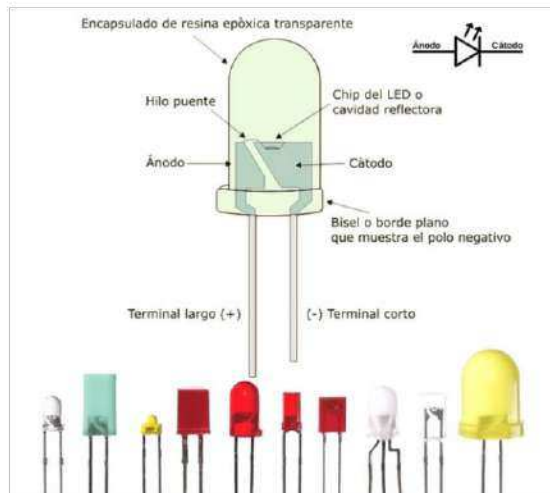


Ilustración 21:Diodo led

Fuente: <https://tallerelectronica.com/diodo-led/>

8.2.11.2 Servomotores.

Los servomotores trabajan en forma parecida a los motores DC de excitación independiente convencionales, excepto que sus características constructivas, principalmente la forma del rotor, son ligeramente diferentes con el fin de obtener un comportamiento dinámico rápido y estable, así como para de arranque importante. pueden ser de rotor bobinado, de bobina móvil, o sin escobillas. (cursosaula21, 2021,p.1)

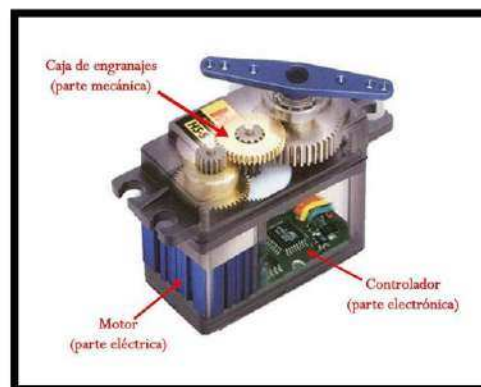


Ilustración 22:Servomotor

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=EZ3EmaiGxxw>

8.2.11.3 Relé.

El relé un dispositivo electromagnético, que consiste en un interruptor automático controlado por un circuito eléctrico, en el cual, por medio de una bobina y un electroimán, se actúa sobre uno o varios contactos, cuando la señal de mando excita al electroimán, se hace que circule corriente por la bobina, se produce un campo magnético que interacciona con uno o varios contactos provocando el cierre o apertura de los mismos, lo que permite abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. (seas, 2021,p.1)

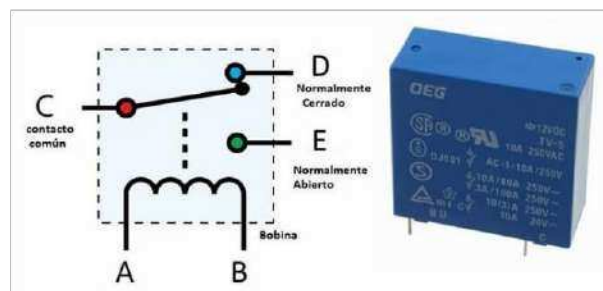


Ilustración 23:RELÉ

Fuente: <https://www.datacar-manualrepair.com/relevador-que-es-y-como-funciona-2020/>

9. Diseño Metodológico

9.1 Métodos de investigación

9.1.1 Método hermenéutico.

Hans Georg Gadamer 1960 afirma:

Que la hermenéutica filosófica es el arte del entendimiento que consiste en reconocer como principio supremo el dejar abierto el diálogo. Se orienta a la comprensión, que consiste ante todo en que uno puede considerar y reconsiderar lo que piensa su interlocutor, aunque no esté de acuerdo con él o ella. Es un saber peculiar lo mucho que queda por decir cuando algo se dice. (p.12)

La pretensión de Gadamer es integrar el progreso de la ciencia y el del pensamiento en una concepción unitaria de la experiencia del mundo que se fundamenta en un lenguaje común. Su intención se orienta a comprender las condiciones de la solidaridad humana. Su punto de partida es la experiencia de la finitud de la comprensión, que se desprende del ser humano. La insistencia en el método no nos lleva a la verdad. La filosofía es más que saber verdades. Al tratar de establecer los límites de la ciencia y de sus pretensiones de objetividad, la hermenéutica como experiencia deja abierta la puerta a una manifestación del ser, por encima de los límites evidentes del contexto inmediato.

Analizando los diferentes métodos se iniciará con el método hermenéutico el cual ayuda a formar un análisis completo de diferentes medios bibliográficos como son páginas web, artículos, libros, guías y algunas tesis que tenga relación al tema de investigación, logrando tener un pensamiento más claro en implementación de sistemas electrónicos. Siguiendo con la selección y adquisición de los componentes electrónicos, analizando cada uno de ellos.

9.1.2 Método fenomenológico.

Merleau Ponty 1962 afirma:

Que la fenomenología se la define como el estudio de las esencias y los problemas y considera que no se puede comprender al hombre y al mundo sino a partir de su factibilidad. La considera como el intento de hacer una descripción directa de nuestra experiencia de vida tal cual es, y sin ninguna consideración de su génesis psicológica y de las explicaciones causales que el historiador o sociólogo pueden dar. (p.143)

La fenomenología consiste en el estudio de los fenómenos o experiencias tal como se presentan y la manera en que se vive por las personas, esto lo vuelve importante e ideal para investigar; ya que releja una filosofía y un paradigma y con ello nos ofrece una enorme serie de posibilidades para indagar la conducta humana.

Aplicando el método fenomenológico se logró entender y evidenciar que las personas con discapacidad por haber perdido sus extremidades son excluidas de la sociedad y debido a que los costos de una prótesis convencional son muy elevados la mayoría de personas que no poseen sus extremidades superiores no han podido reactivar sus actividades cotidianas y económicas en la sociedad que les permita seguir subsistiendo por lo cual ha generado esto incluso mas pobreza en los sectores sociales.

9.1.3 Método practico proyectual.

Según Gui Bonsiepe (1975) afirma que “El método de proyección, se base en la planificación de las actividades, dividiendo el problema en sub problemas jerarquizados, organizadamente para captar información de forma objetiva y no intuitiva”. (p.2)

El método práctico proyectual, consiste en la implementación de un prototipo cerebro computadora para controlar una pinza robótica a través de señales EEG, que permite realizar y analizar las pruebas de campo respectivas donde se verificara el

funcionamiento del prototipo electrónico implementado, confirmando que cumpla los objetivos planteados y proceso adecuado del mismo.

9.2 Técnicas de investigación

9.2.1 Investigación documental.

La investigación documental se la pueda considerar, como una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en documentos y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico, de este modo, no debe entenderse ni agotarse la investigación documental como la simple búsqueda de documentos relativos a un tema. (Tancara, 1993,p.8)

Esta técnica se utiliza para recopilar y seleccionar información precisa de diferentes fuentes digitales, para desarrollar el prototipo cerebro computadora para controlar una pinza robótica mediante señales EEG, además para seleccionar de manera correcta los diferentes materiales a emplearse en el desarrollo del proyecto.

9.2.2 Observación.

La observación es la forma sistematizada y lógica para el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer, es decir, es captar de la manera más objetiva posible, lo que ocurre en el mundo real, ya sea para describirlo, analizarlo o explicarlo desde una perspectiva científica. (Martínez, 2012,p.45)

Se utiliza esta técnica aplicando la observación directa en el campo de investigación para tomar notas, recoger datos relevantes y sobre todo verificar el comportamiento de las señales cerebrales y poder sincronizarlas para el movimiento de la pinza robótica.

9.2.3 Prueba y error.

Se trata de un proceso continuo cuyos resultados van mejorando con las sucesivas experimentales, el ser conscientes de esta realidad inevitable puede eliminar expectativas inalcanzables, en todo proceso de experimentación en el que existe la posibilidad de error hay riesgo de que el error sea importante, pero al final el análisis de resultados es un elemento clave de la prueba y error. (Ortiz, 2017,p.18)

Se utiliza la técnica de prueba y error para realizar las conexiones electrónicas y programación. Para realizar la programación se necesita amplios conocimientos y buena habilidad en el manejo de componentes electrónicos, obteniendo conexiones y programación idóneas al momento de realizar las pruebas respectivas del sistema. Esto se comprobará a través de la interacción de la pinza robótica y una persona que controlará el movimiento mediante señales EEG.

10. Propuesta de acción

10.1 Selección de materiales

10.1.1 Arduino NANO

Arduino Nano es una placa de desarrollo de tamaño compacto, completa y compatible con protoboards, basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión Mini-USB, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo. Posee las mismas capacidades que un Arduino UNO, tanto en potencia del microcontrolador como en conectividad, solo se ve recortado en su conector USB, conector Jack de alimentación y los pines cambia un formato de pines header.

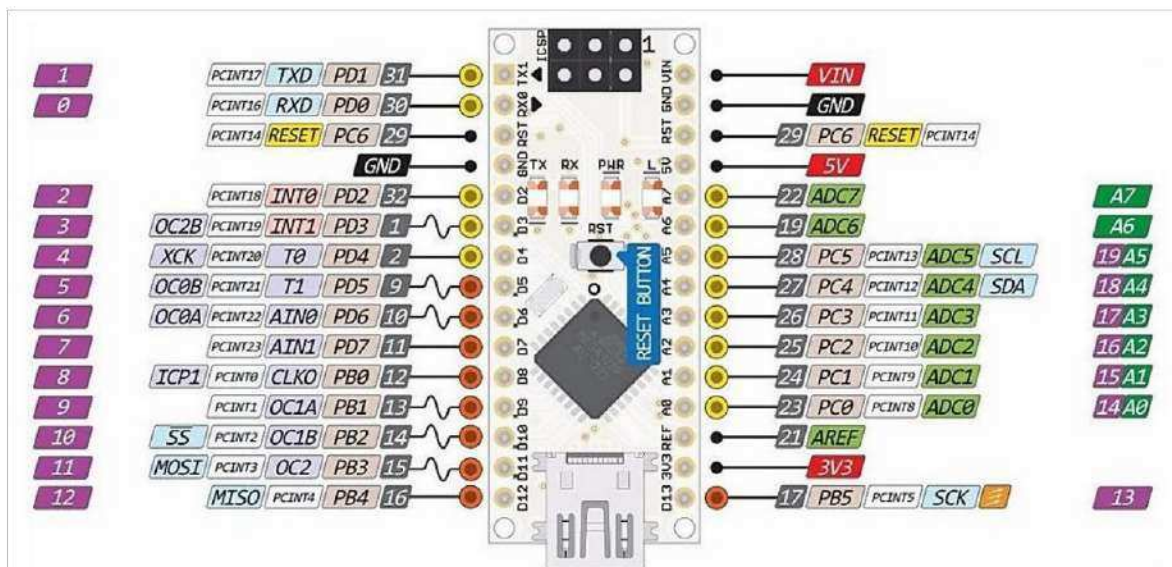


Ilustración 24:Arduino NANO

Fuente: <https://ja-bots.com/producto/arduino-nano-v3-0/>

La placa Arduino Nano posee las siguientes características técnicas:

- Está basada en el microcontrolador o MCU Atmel ATmega328p en versiones 3.x y en ATmega168 en otras anteriores. En cualquier caso, trabaja a una frecuencia de 16 Mhz.
- La memoria se compone de 16 KB o 32 KB flash según versión (2KB usados para el cargador de arranque), con 1 o 2 KB de memoria SRAM y una EEPROM de 512 bytes o 1 KB según el MCU.
- Tiene una tensión de alimentación de 5v, pero la tensión de entrada puede variar de 7 a 12v.
- Posee 14 pines digitales, 8 analógicos, 2 pines de reinicio y 6 pines de potencia (Vcc y GND). De los pines analógicos y digitales, tienen asignadas varias funciones extra como pinMode() y digitalWrite() y analogRead() para los analógicos. En el caso de los analógicos, permiten una resolución de 10 bits desde 0 a 5v. En los digitales, 22 se pueden usar como salidas PWM.
- No incluye toma de corriente continua.
- Usa un miniUSB estándar para su conexión con el computador para programarla o alimentarla.
- Su consumo de energía es de 19mA.
- El tamaño de la PCB es de 18x45mm con un peso de solo 7 gramos.

10.1.2 Arduino UNO

Es una placa electrónica de código abierto que nos va a permitir realizar el primer montaje del prototipo y realizar las primeras pruebas y mediciones. Está basada en un microcontrolador ATmega328P, sus principales características son las siguientes: dispone 14 pines de entrada/salida digital, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico, un conector USB tipo hembra, etc. Arduino Uno tiene todo lo necesario

para manejar el controlador, y realizar la comunicación entre la interfaz cerebro-computador y el módulo bluetooth que describiremos en el siguiente punto. Con esta primera placa se ha trabajado directamente conectándola al PC por medio del USB.



Ilustración 25: Arduino UNO

Fuente: <https://arduino.cl/arduino-uno/>

10.1.3 Módulo Bluetooth HC-05

Este será el componente principal del sistema de comunicación, ya que es el encargado de establecer la comunicación bluetooth con la interfaz y el PC. Debido a su versatilidad para trabajar como **Maestro o Esclavo**, además de contener una gran cantidad de parámetros de configuración, es una de las mejores opciones para el prototipado de sistemas bluetooth junto con el módulo HC-06.

El módulo se alimenta con una tensión de entre 3.3 y 6V. Dado que los pines de transmisión (TX) y recepción (RX) utilizan niveles de tensión de 3.3V no se pueden conectar directamente a las placas de 5V, por lo que se debe limitar la tensión por medio de resistencias como divisor de tensión para evitar daños en el módulo. El módulo tiene un LED incorporado que indica el estado de la conexión, y si está emparejado o no en función de la velocidad del parpadeo. Cuenta con una potencia de transmisión de menos de 4 dBm, y utiliza una modulación GFSK15.

La configuración de este tipo de módulos se realiza a través de comandos Hayes o AT. Estos comandos representan un estándar de comunicación, con el que se trabajará haciendo que el módulo HC-05 entre en modo comandos AT, lo que conseguiremos mediante las diferentes conexiones que realicemos con la placa Arduino.

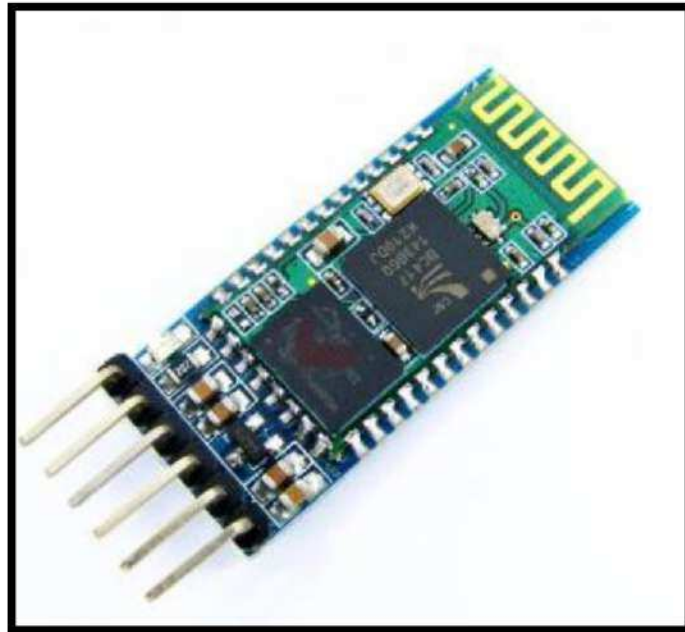


Ilustración 26: MODULO BLUETOOTH HC-05

Fuente: https://naylorlampmechatronics.com/blog/24_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usando-comandos-at.html

10.1.4 Sensor de ondas cerebrales TGAM

El sensor de ondas cerebrales TGAM es el principal módulo ASIC sensor de ondas cerebrales de NeuroSky que procesa y genera frecuencias EEG es creado para aplicaciones de gran consumo. Este sensor realiza tres mediciones como es la meditación, atención y el parpadeo. Con electrodos secos simples, este módulo es excelente para su uso en juguetes, juegos de video y dispositivos de bienestar debido a su bajo consumo de energía.

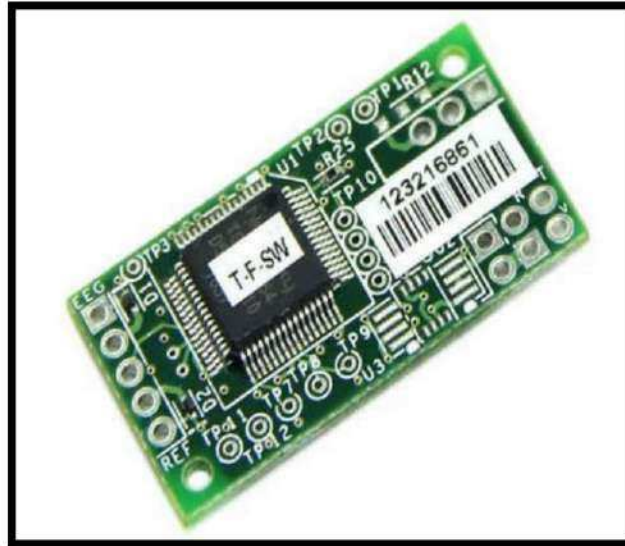


Ilustración 27: Sensor TGAM

Fuente: <https://es.aliexpress.com/i/32999922405.html>

El sensor TGAM es el primer EEG del mundo (Electroencefalografía) diseñado para uso del consumidor. Su avanzada tecnología de filtrado permite tener una alta inmunidad al ruido, haciendo el dispositivo utilizable para casi todos los individuos y en casi todos los ajustes.

Clasificación	Especificación	Notas
Familia	inkGear-AM	A = ASIC, M = Module
Modelo	TGAM1	
Versión	2.3	
Dimensión	27.9mm x 15.2mm x 2.5mm	1.10in x 0.60in x 0.10in (L x W x H)
Peso	130mg	0.0045 ounces
Voltaje	2.97V ~ 3.63V	Stuff Option* SP6200 3.0~6.0V MAX1595 1.8~5.5V
Voltaje de entrada	10mV Peak to Peak	
Máximo Consumo	15mA @ 3.3V	
Protección ESD	4kV Contact Discharge 8kV Air Discharge	Tested at EEG, REF, GND
Estándar de salida	UART(Serial)	TX, RX, VCC(+), GND(-)
Velocidad en Baudios	1200, 9600, 57600	Default set with stuff option
Canal EEG	1	3 contacts (EEG, REF, GND)

Ilustración 28: Datos Técnicos Sensor TGAM

Fuente: <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>

Características Técnicas:

- Se conecta directamente a un electrodo seco.
- Tiene un canal de EEG con tres contactos: EEG , REF , y GND
- Su ajuste incorrecto detecta a través de la advertencia "Mala calidad de la señal " si se debe restablecer la comunicación con la cabeza del usuario.

- Está provisto de la tecnología de filtrado avanzado con alta inmunidad al ruido.
- Tiene bajo consumo de energía adecuado para aplicaciones impulsadas por batería portátiles.
- Consumo de energía máximo 15mA a 3.3 V
- Salida de datos en bruto del EEG a 512 bits por segundo

Características Físicas:

- Entrega de una señal eléctrica generada por la onda cerebral tomada en el punto FP1, la cual recibe el nombre de RAW.
- Procesamiento de las señales y entrega de los espectros producto de las señales del EEG (Alfa, Beta, etc.)
- Entrega de los valores eSense para la obtención de Atención, meditación.
- Dato PSQ, el cual se entrega para permitir observar un análisis de calidad de la señal (se puede utilizar para detectar un mal contacto y si el dispositivo está fuera de la cabeza)
- Detección de parpadeo físico (solo mediante el TGDC).
- Dimensiones (máx.) 2.79cm x 1.52cm x 0.25cm
- Peso (máx.) 130 mg.

Especificaciones técnicas de adquisición:

- 512 bits por segunda frecuencia de muestreo.
- Rango de frecuencia de 3-100 Hz.
- Protección ESD: Contacto de 4 kV de descarga, descarga 8 kV aire
- Consumo de energía máximo: 15mA@3.3V
- Tensión de funcionamiento 2.97 ~ 3.63V
- Salida y velocidad de transmisión.
- 1200 baudios con eSense, ePower, (alfa, beta, etc.) y PSQ.
- 9600 baudios con eSense, ePower, (alfa, beta, etc.) y PSQ.

10.1.5 Pantalla LCD 20×4 con comunicaciones I2C.

Display LCD de 4 líneas de 20 caracteres con comunicaciones I2C y serie y retro iluminación controlable por software. Gracias a su iluminación posterior, los mensajes se ven claramente incluso en total oscuridad. Permite la conexión de un teclado matricial a través del módulo de comunicaciones y además permitirá la visualización de los datos obtenidos con el sensor mindwave según el parámetro de ATENCIÓN.

Principales características Técnicas:

- Pantalla – 20 caracteres por línea, 4 líneas
- Alimentación – 5v
- Consumo – 125mA con retroiluminación de pantalla encendida.
- Comunicaciones – I2C o serie 9600bps.
- Teclado – Escaneo automático de teclado matricial 3×4 Caracteres personalizados – hasta 8 caracteres personalizados fácilmente definidos.



Ilustración 29: LCD I2C

Fuente: <https://www.iberobotics.com/producto/pantalla-lcd-20x4-con-comunicaciones-i2c-y-serie/>

10.1.6 Led Neopixel

Neopixel es una marca creada por Adafruit Industries para referirse a algunos LEDs RGB direccionables individualmente, es decir LEDs que cuentan con un circuito lógico integrado dentro de si mismos, circuito que hace posible controlar con un solo pin digital el color de cada LED en una secuencia de LEDs encadenados. No todos los LEDs direccionables individualmente son Neopixel, solo los basados en alguno de estos controladores: WS2812, WS2811 o SK6812.

Cada LED cuenta con 4 pines:

GND – Alimentación nivel bajo

5V – Alimentación nivel alto

DIN – Pin que recibe la información del color

DO – Pin que entrega la información del color

El circuito integrado de cada LED puede almacenar 3 bytes, un byte para cada color. Debido a que se encuentran encadenados solo el primer LED está conectado al Pin de control, en este caso, un pin digital de la tarjeta Arduino Uno. La tarjeta enviará la cadena de todos los colores según el número de pixeles que estén conectados y a su vez el primer LED recibirá la información todos los colores uno de tras de el otro. Cuando un LED recibe 3 bytes nuevos de información entrega al siguiente LED los 3 bytes que contenía anteriormente, de esta manera cuando la tarjeta Arduino termina de mandar todos los colores por el pin de datos el primer LED habría recibido y enviado todos los colores para quedarse finalmente con el color que le corresponde y así los demás LEDs.

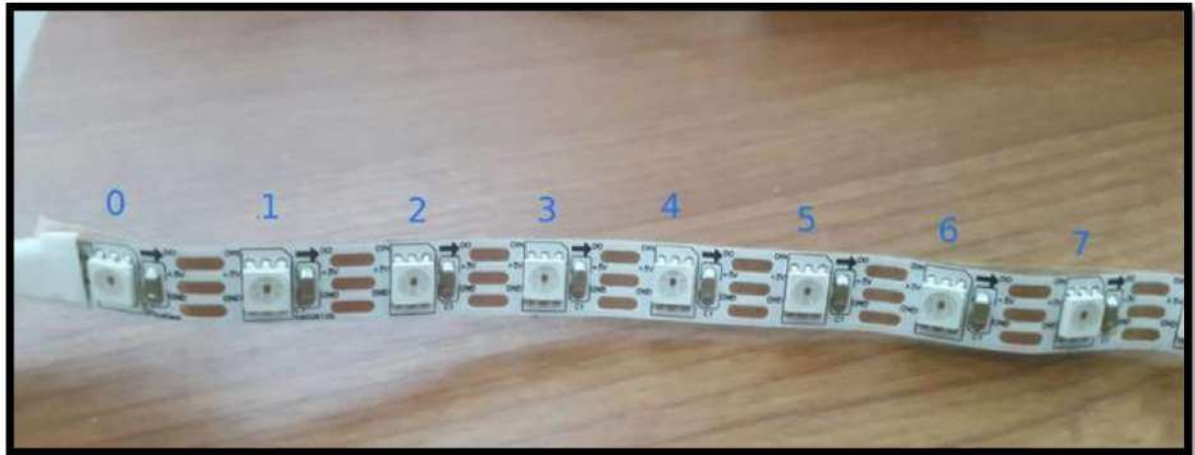


Ilustración 30: Tira NEOPIXEL

Fuente: <http://panamahitek.com/neopixels-leds-rgb-programables/>

10.1.7 Servomotores:

El servomotor MG945 Metal Gear es un potente servomotor adecuado para proyectos robóticos o RC. El motor puede ser controlado por señales PWM. Posee una caja de engranajes de metal que es ideal para aplicaciones de alto par (hasta 12 kg / cm). El MG945 Servo tiene servo cabeceras / brazos intercambiables.

Características

- Voltaje de funcionamiento: 4.8 ~ 7.2V
- Velocidad de funcionamiento: 0.23sec / 60degree (4.8V) ~ (6V)
- Par: 10kg / cm (4.8V) ~ 12g / cm (6.0V)
- Ancho de banda muerta: 5usec
- Rango de temperatura: 0 ~ + 55 °C
- Longitud del cable: 33,5 cm
- Tipo de servo: servo analógico



Ilustración 31: Servomotor MG945

Fuente: <https://store.prometec.net/producto/servo-futaba-mg945/>

10.1.8 Módulo Relé:

Un relé es un interruptor, más frecuentemente electromagnético, que utiliza una pequeña corriente para accionar un circuito mayor. Básicamente, se aplica una señal en la entrada que enciende otro circuito conectado en la salida, sin necesidad de supervisión humana.

Características:

- Voltaje de Operación: 5V DC.
- Señal de Control: TTL (3.3V o 5V).
- Modelo Relay: SRD-05VDC-SL-C.
- Capacidad Max: 10A/250VAC, 10A/30VDC.
- Corriente máx.: 10A (NO), 5A (NC).
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms.
- Para activar salida NO: 0 Voltios.
- Entradas Opto acopladas.
- Indicadores LED de activación.



Ilustración 32: Modulo Relé

Fuente: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-1-canal/>

10.1.9 Joystick

Un joystick suele estar formado por dos potenciómetros a 90° que transforman el movimiento en X e Y del mando en una señal eléctrica proporcional a su posición y que además suele incluir un botón. Así pues, suelen tener 5 pines: X, Y, botón y 6V más GND.

El motor del servo tiene circuitos internos y un potenciómetro para realizar control. Este control se realiza por la retroalimentación del potenciómetro que está conectado al eje central del motor. Ten en cuenta que el potenciómetro le permite al circuito supervisar el ángulo actual del servo. Entonces, por lo tanto si el eje está en el ángulo correcto, el motor se apagará. Sin embargo, por el contrario si el circuito detecta que el servo no está en la posición que debería de estar, en consecuencia el motor se encenderá y se pondrá en el lugar adecuado. Los servos normalmente se usan para controlar movimientos angulares de entre 0° a 180 °.



Ilustración 33: Joystick

Fuente: <https://www.google.com/search?q=joystick+para+servo>.

10.1.10 Plataforma de programación Arduino.

El IDE (Integrated Development Environment, Entorno de Desarrollo Integrado) de Arduino es una aplicación que contiene un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware. El software Arduino (IDE) específico para escribir programas y cargarlos en la placa, está disponible en la página oficial de Arduino y existen dos posibles opciones:

Se hace uso de la plataforma de programación arduino, para el diseño del algoritmo que va hacer funcionar el prototipo, dicho diseño estará dividida en diferentes bloques de programación tanto para hacer funcionar los diferentes sensores, como los actuadores que se implementaran.



Ilustración 34: IDE ARDUINO

Fuente: <https://ubunlog.com/arduino-ide-en-ubuntu/>

10.1.11 Processing

Processing es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java, de fácil utilización, y que sirve como medio para la enseñanza y producción de proyectos multimedia e interactivos de diseño digital. Fue iniciado por Ben Fry y Casey Reas a partir de reflexiones en el Aesthetics and Computation Group del MIT Media Lab dirigido por John Maeda. Processing es desarrollado por artistas y diseñadores como una herramienta alternativa al software propietario. Puede ser utilizado tanto para aplicaciones locales así como aplicaciones para la web (Applets). Se distribuye bajo la licencia GNU GPL.

Este software nos permitirá realizar y diseñar la interfaz gráfica del muestreo de datos en tiempo real del dispositivo mindwave o EGG.

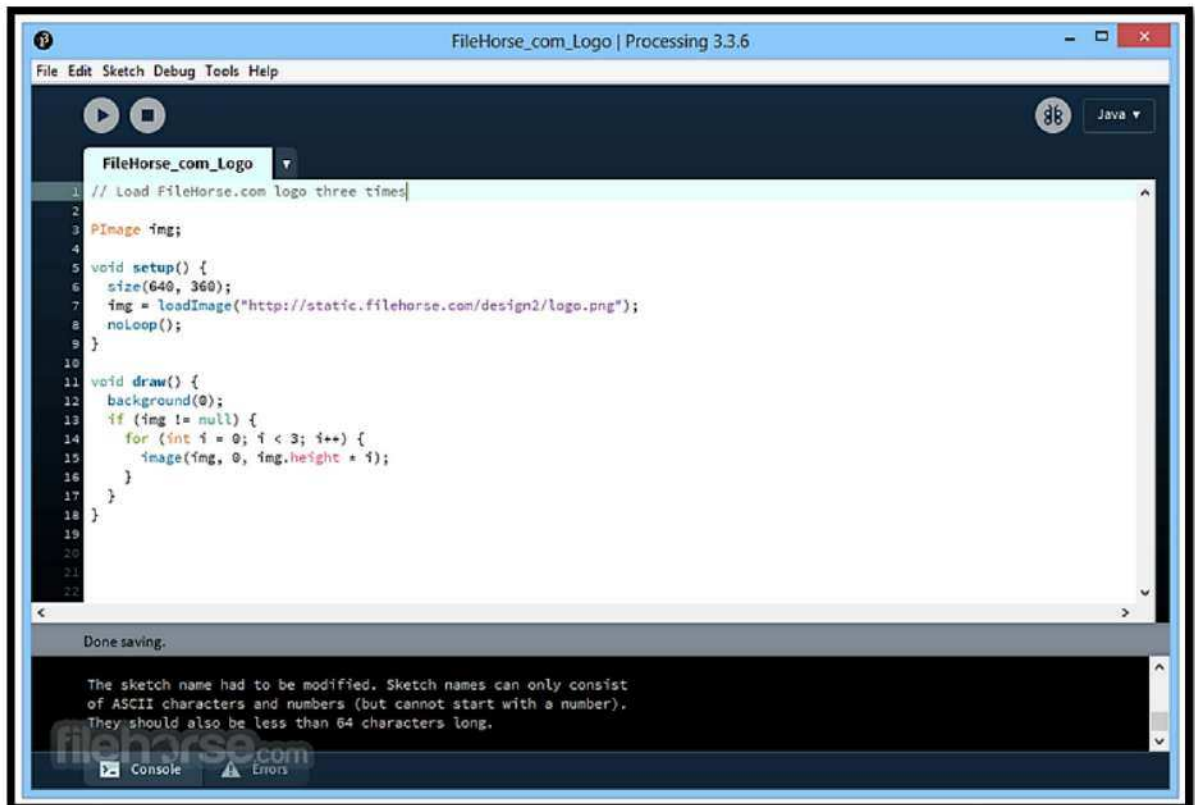


Ilustración 35: IDE PROCESSING

Fuente: <https://www.filehorse.com/es/descargar-processing-32/>

10.1.12 Fritzing

Fritzing es un software gratuito de diseño electrónico, para crear diagramas electrónicos y los circuitos impresos (Printed Circuit Board: PCB). Este programa fue creado en lenguaje C++ y es Open Source, es decir de Código Abierto, en otras palabras existe una comunidad de programadores que se dedican a mantenerlo operativo y actualizado, al día de hoy ya se han hecho más de 10 versiones de Fritzing.

Fritzing sirve para crear diagramas pictóricos de un circuito eléctrico, es decir muestra un esquema de cómo lucirían las partes reales o muy aproximadamente, adicionalmente se puede diagramar el correspondiente circuito eléctrico.



Ilustración 36: FRITZING

Fuente: <https://hardwarehackingmx.wordpress.com/2014/01/04/fritzing-que-es-y-como-se-usa/>

10.2 Desarrollo del Prototipo

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se debe considerar los siguientes puntos que se detallan a continuación.

10.2.1 Diagrama de conexión Arduino – Modulo Bluetooth HC-05 y Sensor TGAM.

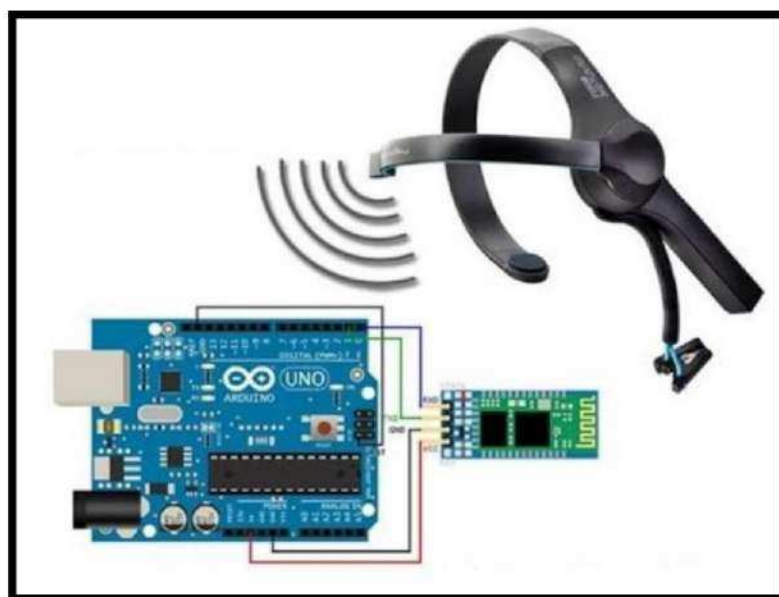


Ilustración 37: Comunicación arduino - BT - Sensor TGAM

A continuación se va a describir como se ha realizado el diseño del sistema de comunicación bluetooth, para lo cual se han realizado tres esquemáticos diferentes, cada uno de los cuales se corresponde directamente a una fase de la implementación. Podemos hacer una distinción entre los diferentes sistemas que se van a diseñar e implementar, de acuerdo a las siguientes fases:

- Configuración del módulo bluetooth HC-05.
- Implementación del sistema con Arduino Uno.
- Implementación del sistema con Arduino Nano

Todos los esquemas de conexión que se va a seguir se han diseñado con Fritzing. Fritzing es un programa de automatización de diseño electrónico que permite realizar prototipos de sistemas electrónicos, que cuenta con una gran librería de dispositivos con lo que trabajar. Se creó bajo los principios de Processing y Arduino, lo que hace que sea una aplicación idónea para documentar prototipos y crear esquemas de circuitos impresos para su posterior fabricación, contribuyendo al diseño de hardware libre y reduciendo los costes de fabricación.

Se debe tener en cuenta que lo más importante del funcionamiento del prototipo BRAIN COMPUTER INTERFACE, es el que podamos obtener los datos en tiempo real que capta el sensor TGAM mediante el electrodo encefalográfico que se encarga de enviar los datos cifrados que capta del cerebro mediante bloques de 512 bits por segundo.

Y para ello configuraremos primero el Modulo bluetooth con la tarjeta arduino de tal forma que el dispositivo MINDWAVE, al tener un bluetooth configurado como esclavo, entonces configuraremos el módulo HC-05 como maestro para emparejar la comunicación y empezar a recibir los datos. El proceso es el siguiente:

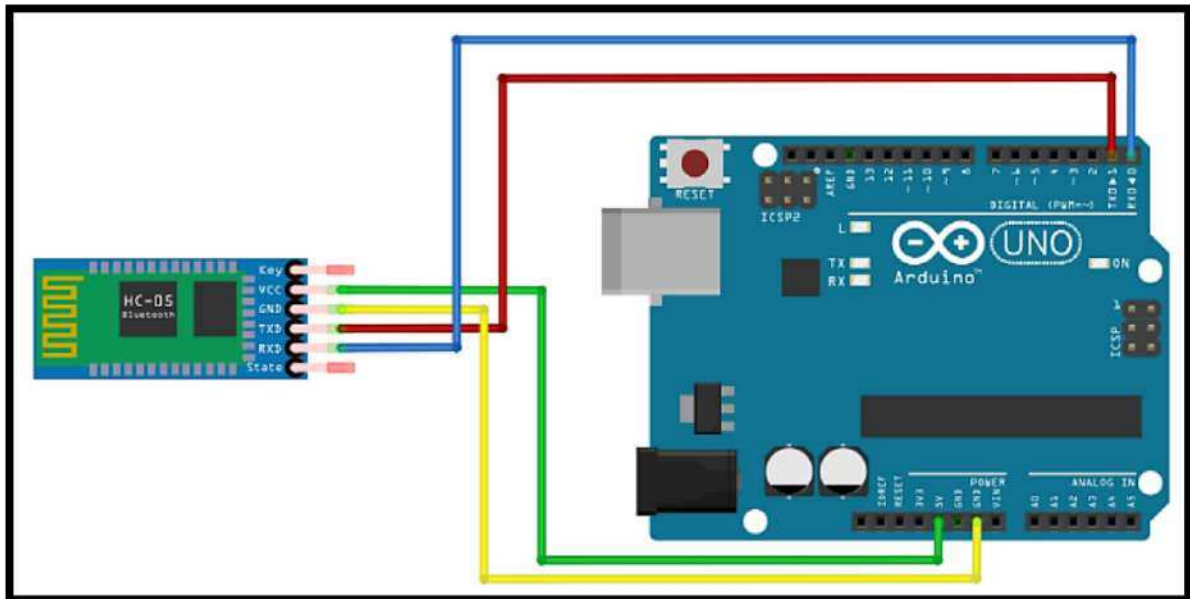


Ilustración 38:Esquema de conexión para configuración del HC-05

Esto permitirá acceder al modo de configuración por comandos AT del módulo bluetooth. Podemos comprobar que el dispositivo se encuentra en este modo de trabajo, ya que el LED que este incluye parpadeará lentamente (en intervalos de 1 segundo). En este modo el dispositivo trabaja a una velocidad de 38400 baudios, que se tendrá que tener en cuenta a la hora de realizar la configuración mediante los comandos AT. Por otro lado, en el modo de trabajo, el LED parpadeará rápidamente (el doble de velocidad que en el modo de configuración). Como ya hemos mencionado anteriormente, la configuración se realizará mediante comandos AT, a través del propio terminal serie que implementa el IDE de Arduino, en el que se debe indicar la velocidad de trabajo de nuestro dispositivo (38400 baudios), además de los caracteres de control de la codificación ASCII, es decir, el retorno de carro junto con el salto de línea.

Después de armado el circuito se procede a cargar el código que se muestra en la siguiente imagen que permite entrar en la configuración HC-05 y en el modo AT.

```

configuraBT Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
configuraBT $
1 /*****
2 *          PRUEBA 1: PROGRAMA DE EJEMPLO PARA CONFIGURAR MODULO BT          *
3 *          Realizado por: jFRANCISCO SOTO                                *
4 *          Loja, Ecuador 27/08/2020                                     *
5 *****/
6 * REFERENCIA WEB PARA CONFIGURACION DE MODULO HC-05
7 *https://naylampmechatronics.com/blog/24\_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html
8 *****/
9
10 #include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la libreria SoftwareSerial
11 SoftwareSerial BT(2,3); // Definimos los pines RX y TX del Arduino conectados al Bluetooth
12
13 /*****
14 *          SUBROUTINA DE CONFIGURACION                                *
15 *****/
16 void setup()
17 {
18   BT.begin(38400); // Inicializamos el puerto serie BT (Para Modo AT 2)
19   Serial.begin(38400); // Inicializamos el puerto serie
20 }
21
22 /*****
23 *          SUBROUTINA PRINCIPAL                                        *
24 *****/
25 void loop()
26 {
27   if(BT.available()) // Si llega un dato por el puerto BT se envía al monitor serial
28   {
29     Serial.write(BT.read());
30   }
31
32   if(Serial.available()) // Si llega un dato por el monitor serial se envía al puerto BT
33   {
34     BT.write(Serial.read());
35   }
36 }

```

Ilustración 39: CONFIGURACION MODULO BLUETOOTH HC-05

Fuente: Autoría Propia

Esta configuración se realiza introduciendo en el terminal los comandos que describimos a continuación:

➤ **AT:** este será el primer comando que introduzcamos en el terminal, y que nos permitirá comprobar si el módulo se encuentra en el modo de configuración, ya que deberemos obtener un OK, confirmando que la instrucción se ha recibido correctamente.

- **AT+NAME= MAESTROBT:** con este comando cambiamos el nombre al dispositivo a “MAESTROBT”, este será el nombre con el que será visible respecto a otros dispositivos bluetooth.

- **AT+UART=57600,0,0:** este comando nos permite cambiar la velocidad de comunicación, así como definir el bit de parada y el bit de paridad. El primer parámetro especificado en la instrucción se corresponde con la velocidad de transmisión, el segundo con el bit de parada y el tercero con el bit de paridad.

- **AT+ROLE=1:** como este comando podemos intercambiar el role del dispositivo entre “maestro” y “esclavo”. En nuestro caso el módulo tendrá la función de maestro.

- **AT+PSWD=0000:** este comando nos permite interponer un código de vinculación con el dispositivo, a modo de pin. Dado que en este caso queremos que tanto la interfaz como el módulo HC-05 se emparejen automáticamente, implementaremos un código de vinculación de cuatro ceros.

- **AT+CMODE=0:** esta configuración sólo aplica cuando el módulo está trabajando como maestro, ya que su función es especificar si se desea que se conecte a un dispositivo específico o, por el contrario, a todos los dispositivos disponibles. Con el modo ‘0’ estamos indicando que el módulo deberá conectarse a otro dispositivo con una dirección específica.

- **AT+BIND= “F4E3,EB,ECB601”:** como anteriormente hemos configurado el módulo como maestro y hemos especificado que se debe conectar a una dirección específica (CMODE=0), con este comando podremos especificar la dirección a la cual el módulo HC-05 se va a conectar. En este caso la dirección especificada se corresponde con el ID único obtenido anteriormente de la interfaz.

- **AT+IAC=9E8B33:** con este comando especificamos el código de acceso de la interfaz, el cual podemos encontrar en el manual del usuario.

➤ **AT+CLASS=0:** con este comando especificamos la clase del dispositivo con el que se va a emparejar el módulo. En este caso dejamos este parámetro a cero.

➤ **AT+INQM=1,9,48:** este comando cuenta con tres parámetros, el primero de ellos especifica el modo de peticiones que va a utilizar el dispositivo, en este caso lo configuramos como modo RSSI18. El segundo parámetro nos indica el número máximo de dispositivos bluetooth a los que se dará respuesta. Por último, el tercer parámetro nos indica el Timeout del módulo.

Una vez hemos configurado el módulo bluetooth y emparejado la interfaz, procedemos a montar el primer circuito utilizando la placa Arduino Uno y a conectarlo a un PC vía USB con el fin de cargar en el microcontrolador el software necesario. A continuación se detallará el software que permitirá la correcta comunicación entre la interfaz y el sistema, permitiéndonos conocer en todo momento tanto el nivel de calidad de la señal, la intensidad de la misma y el tiempo transcurrido desde la recepción del último paquete, a través del monitor serie que incluye el IDE de Arduino. Lo primero que haremos será definir las constantes del sistema, el control de potencia, los parámetros asociados a la comunicación bluetooth, etc

```

prueba1BT $
/*****
 *          PRUEBA 1: PROGRAMA DE EJEMPLO PARA CONFIGURAR MODULO BT          *
 *          Realizado por:FRANCISCO SOTO                                     *
 *          Loja, Ecuador 12/08/2020                                       *
 *****/

#define LED 13
#define BAUDRATE 57600
#define DEBUGOUTPUT 0
// checksum variables
byte generatedChecksum = 0;
byte checksum = 0;
int payloadLength = 0;
byte payloadData[64] = {0};
byte poorQuality = 0;
byte attention = 0;
byte meditation = 0;
int raw=0;
// system variables
long lastReceivedPacket = 0;
boolean bigPacket = false;

/***** Incluimos las librerias para el modulo HC-05(MASTER) *****/
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la libreria SoftwareSerial
SoftwareSerial BT(2,3); // Definimos los pines RX y TX del Arduino conectados al Bluetooth

////////////////////
// Microprocessor Setup //
////////////////////
void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
  Serial.begin(BAUDRATE); // USB
  BT.begin(57600); // Inicializamos el puerto serie BT (Para Modo AT)
}

////////////////////
// Read data from Serial UART //
////////////////////
byte ReadOneByte() {
  int ByteRead;
  while(!Serial.available());
  digitalWrite(LED,HIGH);
  ByteRead = Serial.read();
  return ByteRead;
}

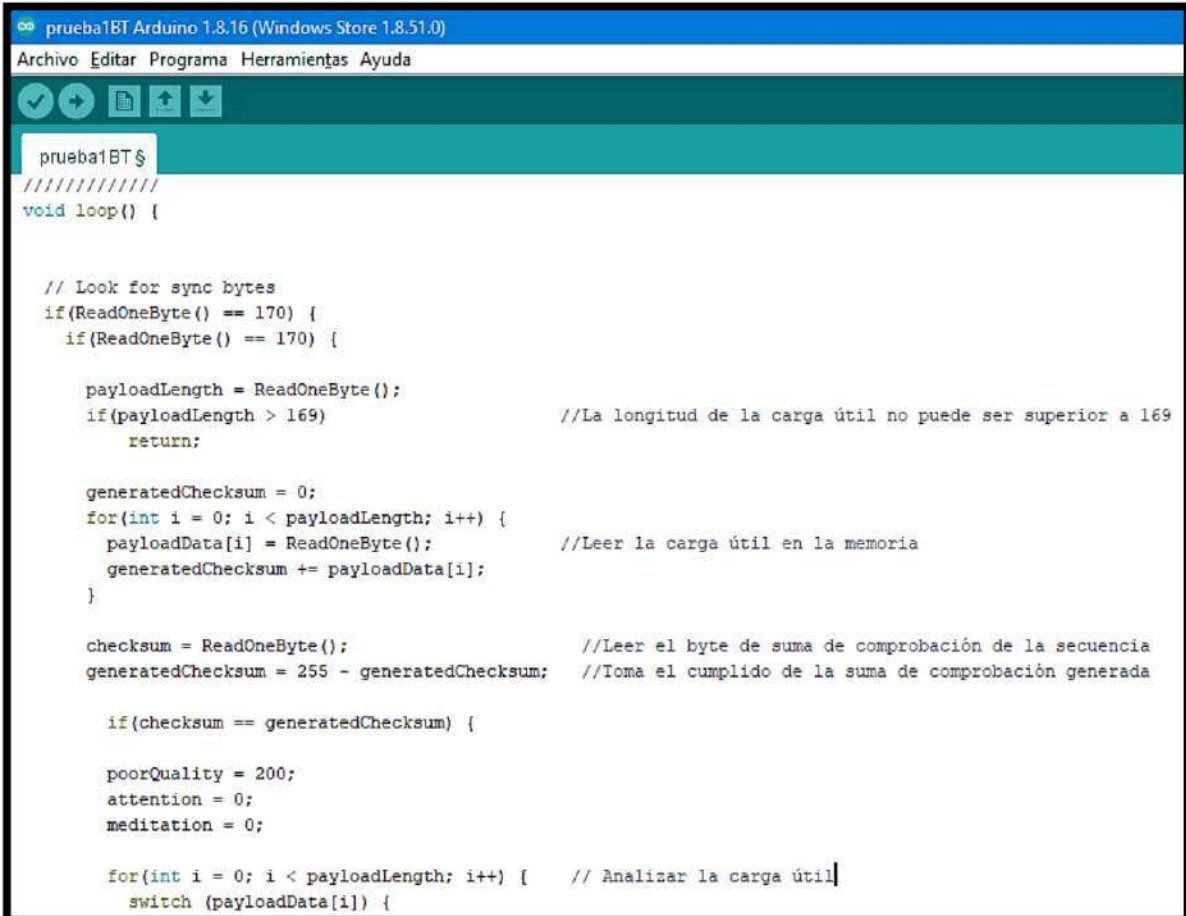
```

Ilustración 40: Comunicación sensor MINDWAVE

Fuente: Autoría Propia

Una vez hemos definido las diferentes constantes del sistema, definiremos todos los parámetros asociados a la funcionalidad del software como variables de control y variables del sistema. Tras definir el conjunto de parámetros que formará el núcleo principal de nuestro sistema procedemos a configurar como entradas o salidas los diferentes pines de la placa. En este caso todos los pines serán pines de salida puesto que conectaremos diferentes LEDs. Del mismo modo configuramos la lectura de datos UART para que el microprocesador pueda interpretar la información que envía la interfaz.

Una vez hemos configurado tanto el comportamiento de los pines del microcontrolador, como los parámetros básicos de configuración, procedemos a implementar el bucle principal de nuestro sistema.



```

prueba1BT Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
prueba1BT$
////////////////////////////////
void loop() {

// Look for sync bytes
if(ReadOneByte() == 170) {
  if(ReadOneByte() == 170) {

    payloadLength = ReadOneByte();
    if(payloadLength > 169) //La longitud de la carga útil no puede ser superior a 169
      return;

    generatedChecksum = 0;
    for(int i = 0; i < payloadLength; i++) {
      payloadData[i] = ReadOneByte(); //Leer la carga útil en la memoria
      generatedChecksum += payloadData[i];
    }

    checksum = ReadOneByte(); //Leer el byte de suma de comprobación de la secuencia
    generatedChecksum = 255 - generatedChecksum; //Toma el cumplido de la suma de comprobación generada

    if(checksum == generatedChecksum) {

      poorQuality = 200;
      attention = 0;
      meditation = 0;

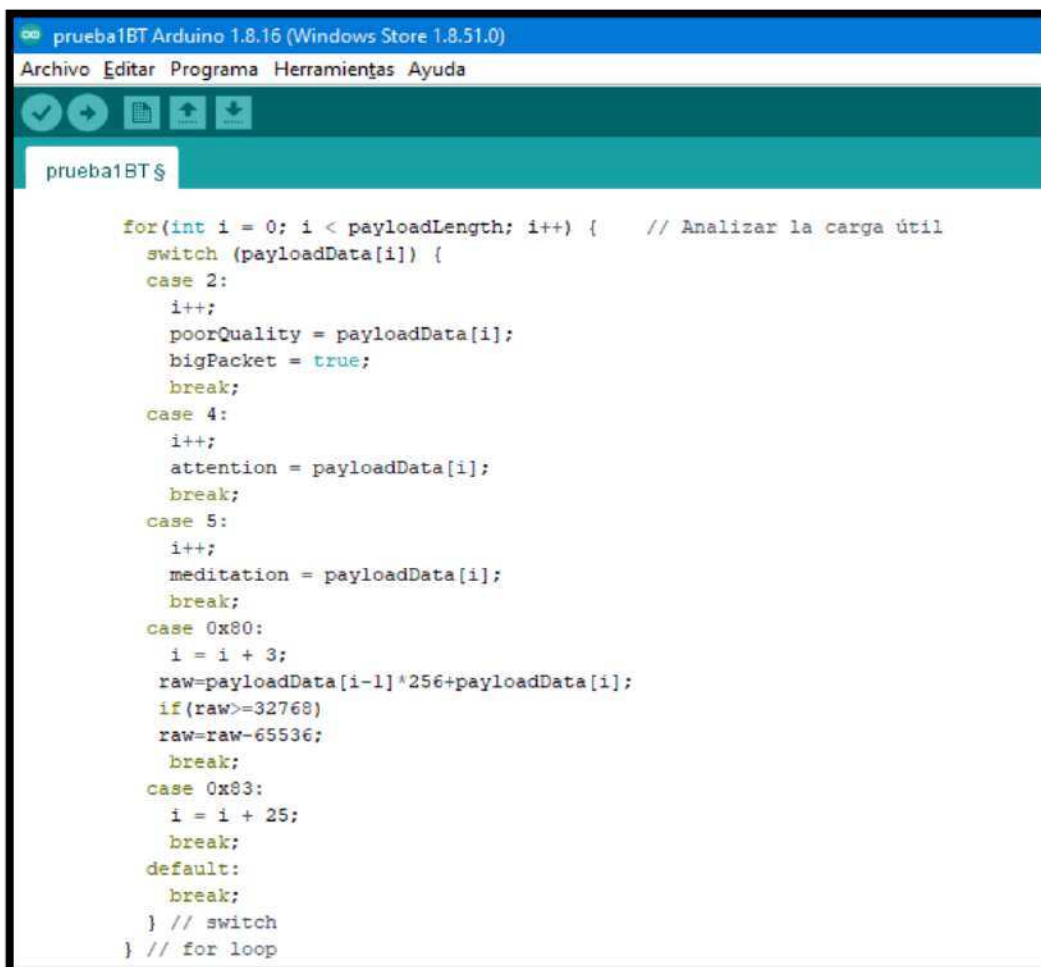
      for(int i = 0; i < payloadLength; i++) { // Analizar la carga útil
        switch (payloadData[i]) {

```

Ilustración 41: Recopilación y transmisión de datos sensor TGAM

Fuente: Autoría Propia

En primer lugar se implementa todo el proceso de verificación de los datos. Se comprueba su longitud, se cargan los datos en las variables correspondientes, y se verifica su semejanza con otras variables con el fin de conocer si los datos se están recibiendo con la calidad suficiente. Tras comprobar que las variables “Suma” y “SumaTotal” no son iguales damos paso a la carga de los de los datos almacenados en “DatosCarga” en su variable correspondiente. Una vez configurados todos los parámetros y datos necesarios para el funcionamiento del sistema implementaremos un sistema de seguimiento basado en el monitor serie, que nos permitirá controlar el correcto funcionamiento del sistema, gracias al visionado de información en tiempo real de la calidad, concentración y tiempo entre paquetes.



```

prueba1BT$

for(int i = 0; i < payloadLength; i++) { // Analizar la carga útil
  switch (payloadData[i]) {
    case 2:
      i++;
      poorQuality = payloadData[i];
      bigPacket = true;
      break;
    case 4:
      i++;
      attention = payloadData[i];
      break;
    case 5:
      i++;
      meditation = payloadData[i];
      break;
    case 0x80:
      i = i + 3;
      raw=payloadData[i-1]*256+payloadData[i];
      if(raw>=32768)
        raw=raw-65536;
      break;
    case 0x83:
      i = i + 25;
      break;
    default:
      break;
  } // switch
} // for loop

```

Ilustración 42:Análisis de datos de atención y concentración

Fuente: Autoría Propia


```

prueba1BT $
#if !DEBUGOUTPUT

// *** Add your code here ***

if(bigPacket) {
  if(poorQuality == 0)
    digitalWrite(LED, HIGH);
  else
    digitalWrite(LED, LOW);
  Serial.print("PoorQuality: ");
  Serial.print(poorQuality, DEC);
  Serial.print(" Attention: ");
  Serial.print(attention, DEC);
  BT.println(attention, DEC);
  Serial.print(" raw ");
  Serial.print(raw);
  Serial.print(" Time since last packet: ");
  Serial.print(millis() - lastReceivedPacket, DEC);
  lastReceivedPacket = millis();
  Serial.print(" Att: ");
  int att=Serial.print(attention,DEC);
  Serial.print("\n");

  switch(attention / 10) {
    case 0:
digitalWrite(LED, HIGH);
      break;
    case 1:
digitalWrite(LED, HIGH);
  }
}

```

Ilustración 43: Visualización de Datos monitor serial

Fuente: Autoría Propia

Por último, implementamos el encendido del LED dependiendo del nivel de concentración que alcance el usuario. Se pueden distinguir hasta nueve estados de encendido diferentes.

Estructura de datos de Envío MindWave:

Las diademas de ondas cerebrales pueden enviar diferentes tipos de información en sus paquetes de datos a continuación, se detalla cada una de ellas:

- **POOR SIGNAL Quality (Calidad de la señal)** Poor signal quality es una señal que se envía en un byte sin signo y describe que tan baja es la señal recibida. El rango de la señal es de 0 a 255, mientras la señal es más alta se tiene un mayor ruido detectado. Cuando el valor es de 200 esto indica que no hay contacto entre el sensor y la frente del usuario, estas medidas se toman cada segundo.

- **ATTENTION eSense (nivel de concentración)** Attention eSense es un byte sin signo que contiene los niveles de concentración, atención del usuario que utiliza el dispositivo de la diadema. El rango de este nivel es de 0 a 100. Cuando el valor es de 1 a 40 indica que el nivel de concentración es muy bajo, nivel entre 40 y 60 es neutral, cuando esta entre 60 y 80 se considera un poco elevado y valores entre 80 y 100 son considerados elevados, esta señal se transmite cada segundo.

- **MEDITATION eSense (nivel de calma)** Meditation eSense es un byte sin signo, este dato indica los niveles de calma y relajación, los valores de medida de estas señales son de 0 a 100 y son transmitidas cada segundo.

- **RA Wave Value (Muestra de onda cerebral)** RA Wave Value es un valor que consiste en dos bytes, su valor se encuentra en una variable de 16 bits con signo, su rango va en el intervalo de -32768 a 32767. En el primer byte representa los niveles altos, mientras en el segundo indica los niveles bajos. Esta señal transmitida por la diadema se da 512 veces por segundo.

- **Cabecera(header):** La cabecera está formada por dos bytes "SYNC" y un byte "PLENGTH", los dos primeros bytes de sincronización deben ser "0xAA", se envía dos bytes seguidos para evitar fallos en la recepción. El "PLENGTH" indica la

longitud en bytes. Este valor puede ser entre 0 y 169 cualquier valor superior indicara que surgió un error.

- **Carga útil (Payload):** La carga útil es un conjunto de bytes, en donde se realiza la decodificación de los paquetes, para dicha decodificación primero tiene que haberse dado por valido el paquete tras la comprobación del checksum.

- **Checksum:** El checksum es un byte que se utiliza para la integridad de los paquetes, es la suma de todos los bytes del paquete dentro de una carga útil, se toman 8 bits más bajo. Es decir se debe realizar esta operación con cada paquete y verificar que los valores coincidan con el bit del "CHECKSUM", si los valores no coinciden el paquete se descarta, si el paquete coincide se le toma como bueno. Para que el paquete de recepción de datos sea válido se debe realizar estos tres pasos para comprobar la suma de la carga útil de los datos recibidos.

10.2.2 Conexión de la diadema MindWave con el segundo módulo bluetooth y el Arduino NANO.

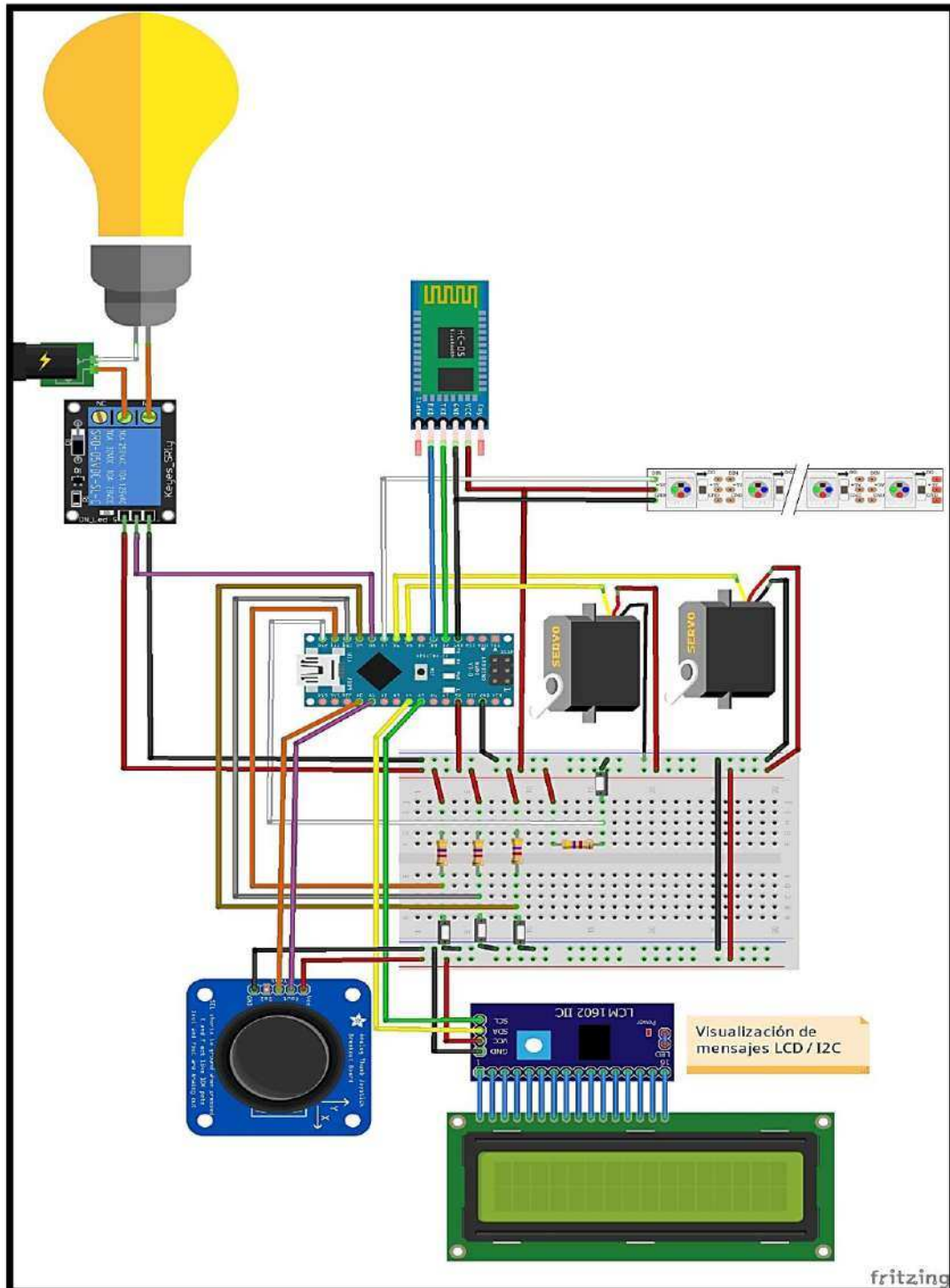


Ilustración 44: CONEXION SENSOR MINDWAVE - PINZA ROBOTICA Y ACTUADORES

Fuente: Autoría Propia

A continuación explicaremos el diagrama final y los actuadores programados y trabajados con el sensor TGAM o dispositivo Mindwave.

Pines utilizados para comunicación con el sensor (MODULO_BT MAESTRO)

- * SENSOR --> ARDUINO
- * VCC --> 5 V
- * GND --> GND
- * RX --> Pin 3
- * TX --> Pin 2

Comandos de configuración inicial para módulo HC-05:

- * AT+NAME = MAESTROBT ---> Puede ser cualquier nombre
- * AT+PSWD = 2021 ---> Debe ser la misma que el esclavo
- * AT+ROLE = 1 ---> Configuramos modulo como maestro
- * AT+UART = 9600,0,0 ---> Debe ser la misma que el esclavo)
- * AT+CMODE = 0 ---> Conexión especifica por MAC al HC-05 esclavo
habilitada
- * AT+BIND = 98D3,51,XXXXX ---> ENLAZAR CON MAC DE BT
ESCLAVO (ADDR:98d3:51:XXXXX)
- * AT+RESET ---> Salir del modo configuración y guardar cambios

Configuración inicial del modulo HC-05 para que funcione como esclavo:

- * AT+NAME = ESCLAVOBT ---> Puede ser cualquier nombre
- * AT+PSWD = "2021" ---> Debe ser la misma que el maestro
- * AT+ROLE = 0 ---> Configuramos modulo como esclavo
- * AT+UART = 9600,0,0 ---> Debe ser la misma que el maestro
- * AT+ADDR? ---> Consultar MAC del dispositivo RESPUESTA
ADDR:98d3:51:fdb563 (+ADDR:98D3:31:F5C38C)
- * AT+RESET ---> Salir del modo configuración y guardar cambios

Pantalla de visualización conectada para observar valores del sensor:

- * LCD I2C (20x4) --> ARDUINO
- * VCC --> 5 V
- * GND --> GND
- * SCL --> Pin A5
- * SDA --> Pin A4

Pines para conexión de los servomotores:

- * SERVOS --> ARDUINO
- * VCC --> 5 V
- * GND --> GND
- * DATA_S1 --> Pin 5 (PINZA)
- * DATA_S2 --> Pin 6 (ROTATIVO)

Pines para conexión del led neopixel (en total se utilizarán 10 leds):

- * LED NEOPIXEL --> ARDUINO
- * VCC --> 5 V
- * GND --> GND
- * DATA --> Pin 7

Pines para conexión del módulo Relay 1P:

- * MODULO RELAY --> ARDUINO
- * VCC --> 5 V
- * GND --> GND
- * DATA --> Pin 8

Pines para conexión de pulsantes para selección de procesos:

- * PULSANTES --> ARDUINO

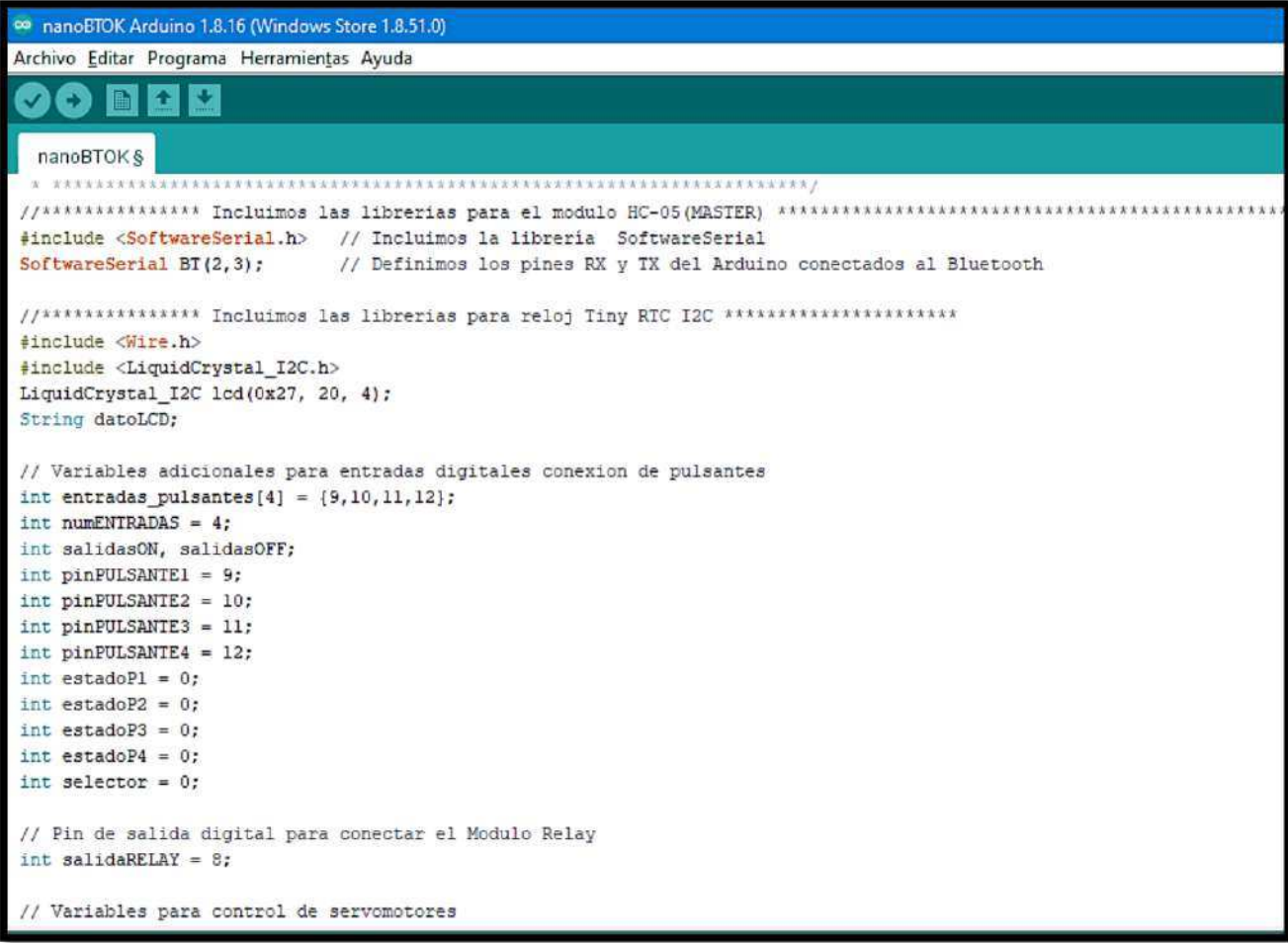
- * P1 --> Pin 9 (CONTROL SERVO 0-180)

- * P2 --> Pin 10 (CONTROL SERVO 2 ESTADOS)

- * P3 --> Pin 11 (CONTROL NEOPIXEL)

- * P4 --> Pin 12 (CONTROL RELAY)

10.2.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE:



```
nanoBTOK.g
 * *****/
//***** Incluimos las librerias para el modulo HC-05(MASTER) *****/
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la libreria SoftwareSerial
SoftwareSerial BT(2,3); // Definimos los pines RX y TX del Arduino conectados al Bluetooth

//***** Incluimos las librerias para reloj Tiny RTC I2C *****/
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
String datoLCD;

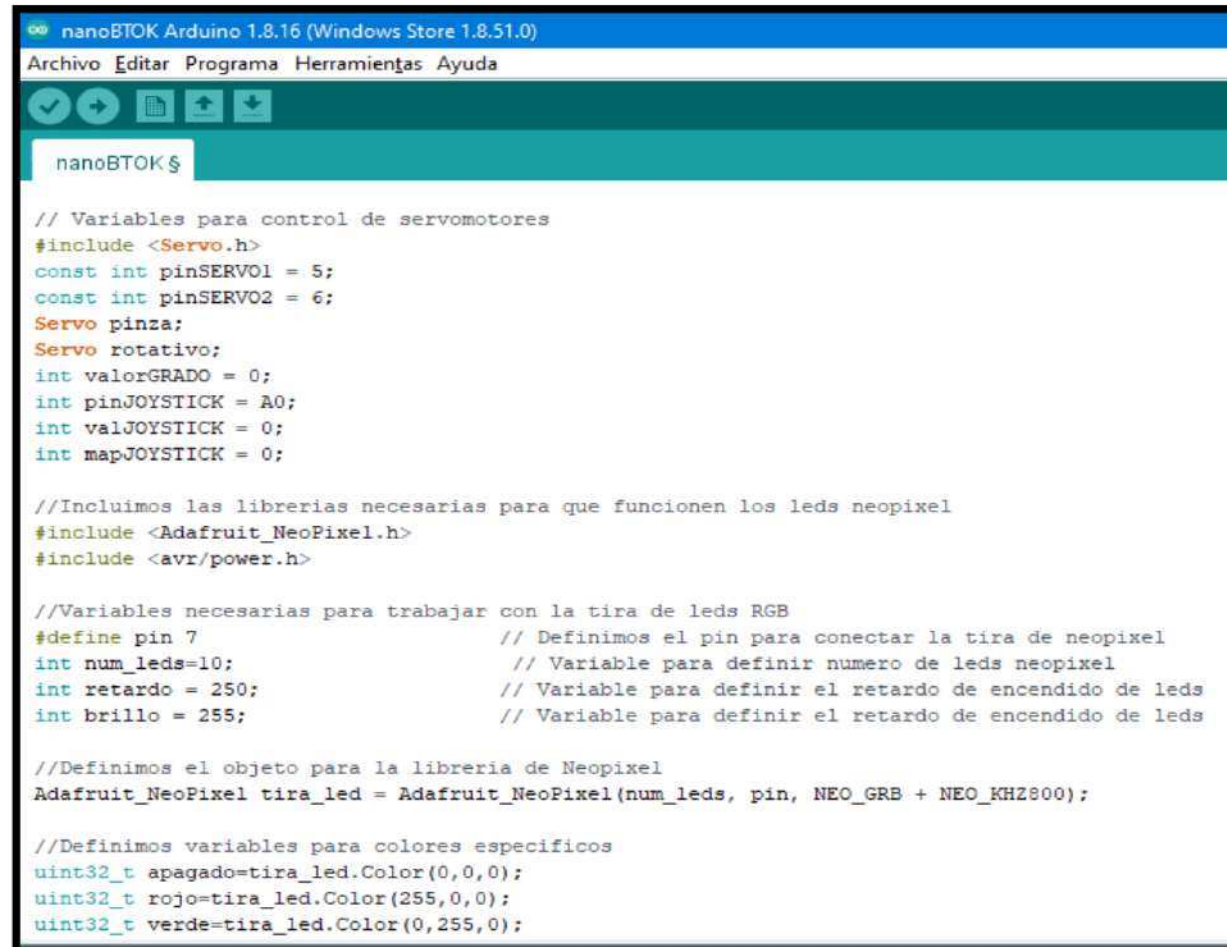
// Variables adicionales para entradas digitales conexion de pulsantes
int entradas_pulsantes[4] = {9,10,11,12};
int numENTRADAS = 4;
int salidasON, salidasOFF;
int pinPULSANTE1 = 9;
int pinPULSANTE2 = 10;
int pinPULSANTE3 = 11;
int pinPULSANTE4 = 12;
int estadoP1 = 0;
int estadoP2 = 0;
int estadoP3 = 0;
int estadoP4 = 0;
int selector = 0;

// Pin de salida digital para conectar el Modulo Relay
int salidaRELAY = 8;

// Variables para control de servomotores
```

Ilustración 45:Declaramos variables.

Fuente: Autoría Propia



```

nanoBTOK Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

nanoBTOK $

// Variables para control de servomotores
#include <Servo.h>
const int pinSERVO1 = 5;
const int pinSERVO2 = 6;
Servo pinza;
Servo rotativo;
int valorGRADO = 0;
int pinJOYSTICK = A0;
int valJOYSTICK = 0;
int mapJOYSTICK = 0;

//Incluimos las librerias necesarias para que funcionen los leds neopixel
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include <avr/power.h>

//Variables necesarias para trabajar con la tira de leds RGB
#define pin 7 // Definimos el pin para conectar la tira de neopixel
int num_leds=10; // Variable para definir numero de leds neopixel
int retardo = 250; // Variable para definir el retardo de encendido de leds
int brillo = 255; // Variable para definir el retardo de encendido de leds

//Definimos el objeto para la libreria de Neopixel
Adafruit_NeoPixel tira_led = Adafruit_NeoPixel(num_leds, pin, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

//Definimos variables para colores especificos
uint32_t apagado=tira_led.Color(0,0,0);
uint32_t rojo=tira_led.Color(255,0,0);
uint32_t verde=tira_led.Color(0,255,0);

```

Ilustración 46:Declaramos librerias+

Fuente: Autoría Propia

```

nanoBTOK Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

nanoBTOK $
...../
void setup() {
  //Configuramos parametros para la comunicacion serial y visualizacion con monitor serial
  BT.begin(57600);           // Inicializamos el puerto serie BT (Para Modo AT)
  Serial.begin(57600);       // Iniciamos el puerto serie para monitoreo de procesos
  Serial.println("Listo");   // Visualizamos mensaje en monitor serial

  //Initialize LCD and turn on the backlight
  Wire.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  msg_presentacion();

  //Configuramos los pines del arduino como salidas digitales para conexion de reles
  for (int i= 0; i<numENTRADAS; i++){pinMode(entradas_pulsantes[i],INPUT);}
  pinza.attach(pinSERVO1);
  rotativo.attach(pinSERVO2);

  // Configuracion para leds neopixel
  tira_led.begin();         // Inicializamos la comunicacion con los leds neopixel
  tira_led.show();          // Inicializamos los leds apagados
  tira_led.setBrightness(brillo);

  // Configuramos pines de salida digital
  pinMode(salidaRELAY,OUTPUT);
  digitalWrite(salidaRELAY, LOW);
}

```

Ilustración 47:inicializamos la subrutina de Configuración

Fuente: Autoría Propia

```

nanoBTOk Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
nanoBTOk $
}

/*****
*                               SUBROUTINA PRINCIPAL                               *
*****/
void loop() {
  //attention = 0;
  if(BT.available()>0)          // Si llega un dato por el puerto BT se envía al monitor serial
  {
    attention = BT.parseInt();
    Serial.print(attention);

    // Leemos estado de los pulsantes para controlar (PULSANTES PULL-DOWN)
    estadoP1 = digitalRead(pinPULSANTE1);
    estadoP2 = digitalRead(pinPULSANTE2);
    estadoP3 = digitalRead(pinPULSANTE3);
    estadoP4 = digitalRead(pinPULSANTE4);

    // Si el pulsante P1 esta presionado activamos control de servo de 0 a 180
    if(estadoP1 == 0 && estadoP2 == 1 && estadoP3 == 1 && estadoP4 == 1){controlSERVOS1();}
    // Si el pulsante P2 esta presionado activamos control de servo por eventos
    if(estadoP1 == 1 && estadoP2 == 0 && estadoP3 == 1 && estadoP4 == 1){controlSERVOS2();}
    // Si el pulsante P3 esta presionado activamos control de niveles con leds neopixel
    if(estadoP1 == 1 && estadoP2 == 1 && estadoP3 == 0 && estadoP4 == 1){ledsONOFF();}
    // Si el pulsante P4 esta presionado activamos encendido / apagado de modulo Relay
    if(estadoP1 == 1 && estadoP2 == 1 && estadoP3 == 1 && estadoP4 == 0){controlRELAY();}
  }
}

```

Ilustración 48:Subrutina Principal

Fuente: Autoría Propia

```

nanoBTOK Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
nanoBTOK$

/*****
 *                               *
 *          FUNCIONES PARA CONTROL DE EVENTO          *
 *                               *
 *****/
void controlSERVOS1(){
  selector = 1;
  // Pinza se abre y se cierra de acuerdo al valor del sensor 0-100 / 0-180
  valorGRADO = map(attention, 0, 100, 0, 180);
  pinza.write(valorGRADO);

  // Control de servo rotativo de la pinza con el joystick
  valJOYSTICK = analogRead(pinJOYSTICK);
  mapJOYSTICK = map(valJOYSTICK, 0, 1023, 0, 180);
  rotativo.write(mapJOYSTICK);
}

void controlSERVOS2(){
  selector = 2;
  // Pinza se abre y se cierra al superar un valor de umbral pre establecido
  if (attention >= 0 && attention <= 50) {valorGRADO = 0; pinza.write(valorGRADO);}
  if (attention > 50){valorGRADO = 180; pinza.write(valorGRADO);}

  // Control de servo rotativo de la pinza con el joystick
  valJOYSTICK = analogRead(pinJOYSTICK);
  mapJOYSTICK = map(valJOYSTICK, 0, 1023, 0, 180);
  rotativo.write(mapJOYSTICK);
}

```

Ilustración 49:Control por evento.

Fuente: Autoría Propia

```

void ledsONOFF() {
  selector = 3;
  if (attention >= 0 && attention <= 10) {ledsNIVELES(1, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 10 && attention <= 20) {ledsNIVELES(2, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 20 && attention <= 30) {ledsNIVELES(3, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 30 && attention <= 40) {ledsNIVELES(4, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 40 && attention <= 50) {ledsNIVELES(5, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 50 && attention <= 60) {ledsNIVELES(6, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 60 && attention <= 70) {ledsNIVELES(7, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 70 && attention <= 80) {ledsNIVELES(8, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 80 && attention <= 90) {ledsNIVELES(9, rojo, apagado,retardo);}
  if (attention > 90 && attention <= 100) {ledsNIVELES(10, rojo, apagado,retardo);}
}

```

Ilustración 51:Función neopixel

```

void controlRELAY() {
  selector = 4;
  // Activamos salida digital cuando el valor del sensor supera el 90% de atencion
  if (attention >= 0 && attention < 90) {digitalWrite(salidaRELAY,LOW);}
  if (attention >= 90) {digitalWrite(salidaRELAY,HIGH);}
}

```

Ilustración 50:Función relé

Fuente: Autoría Propia

```
/*
*****
*                               FUNCIONES PARA VISUALIZAR MENSAJES EN LA LCD                               *
*****
*/
void msg_presentacion() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("PROYECTO TITULACION");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print("FRANCISCO SOIO");
    lcd.setCursor(2, 2);
    lcd.print("PROTOTIPO BCI-PINZA");
    lcd.setCursor(3, 3);
    lcd.print(".....");
    delay(3000);
}
```

Ilustración 52: Función LCD

Fuente: Autoría Propia

```

/*****
*           FUNCION PARA SELECCIONAR EL COLOR DE UN SOLO LED           *
*****/

void color_pixel(int num_led, uint32_t color, int tespera) {
    tira_led.setPixelColor(num_led, color);
    tira_led.show();
    delay(tespera);
}

void ledsNIVELES(int dato_nivel, uint32_t color1, uint32_t color2,int tespera) {
    if(dato_nivel == 1){
        tira_led.setPixelColor(0, color1);
        tira_led.setPixelColor(1, color2);
        tira_led.setPixelColor(2, color2);
        tira_led.setPixelColor(3, color2);
        tira_led.setPixelColor(4, color2);
        tira_led.setPixelColor(5, color2);
        tira_led.setPixelColor(6, color2);
        tira_led.setPixelColor(7, color2);
        tira_led.setPixelColor(8, color2);
        tira_led.setPixelColor(9, color2);
    }
    if(dato_nivel == 2){
        tira_led.setPixelColor(0, color1);
        tira_led.setPixelColor(1, color1);
        tira_led.setPixelColor(2, color2);
        tira_led.setPixelColor(3, color2);
    }
}

```

Ilustración 53:Función colores neopixel

Fuente: Autoría Propia

10.2.4 Interfaz gráfica en processing

Desarrollamos la interfaz del prototipo a utilizar en el software PROCESSING de la siguiente manera:

```
/*
 * Subrutina para configuracion
 */
void setup() {
  // List all the available serial ports
  printArray(Serial.list());
  // Open the port you are using at the rate you want:
  puerto = new Serial(this, Serial.list()[2], 9600);
  size(1280,720);
  fondo = loadImage("fondoTESIS.jpg");
  imagenPINZA1 = loadImage("fondoTESIS.jpg");
}
```

Ilustración 55: Declaramos y habilitamos el monitor serial para lectura y flujo de datos.

Fuente: Autoría Propia

```
/*
 * Programa principal
 */
void draw() {
  background(fondo);
  fill(68,174,102);
  textSize(25);
  textAlign(CENTER, TOP);
  text("PROYECTO DE TITULACION: INTERFAZ EN PROCESSING",400,0); // texto, posición X,Y

  // Colocamos un comentario en pantalla principal
  fill(0,0,0);
  textSize(20);
  text("Realizado por: Francisco Soto",400,40);

  // Colocamos un comentario en pantalla principal
  fill(0,0,0);
  textSize(12);
  text("DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER",1105,130);
  text("INTERFACE (BCI) PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA ",1105,150);

  text("EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021",1105,170);

  // Colocamos un comentario en pantalla principal
  fill(0,0,0);
  textSize(25);
  text("Loja, 07/09/2021",1100,550);
```

Ilustración 54: definimos el tamaño y parámetros de la imagen.

Fuente: Autoría Propia

```

while (puerto.available() > 0) {
    String inBuffer = puerto.readString();
    if (inBuffer != null) {
        println(inBuffer);
    }
    datoRX = int(inBuffer);
    println(datoRX);
}

fill(255,255,255);
textSize(40);
text("DatoRX = ",260,510);

fill(255,255,255);
textSize(50);
text(datoRX,370,500);

```

Ilustración 56:lectura de datos del sensor en tiempo real.

Fuente: Autoría Propia

```

if (datoRX <= 10){
    fill(colorLED2);
    circle(846,600,30);        // Nivel 1 (0-10)
    fill(colorLED1);
    circle(846,550,30);        // Nivel 2 (10-20)
    circle(846,500,30);        // Nivel 3 (20-30)
    circle(846,450,30);        // Nivel 4 (30-40)
    circle(846,400,30);        // Nivel 5 (40-50)
    circle(846,350,30);        // Nivel 6 (50-60)
    circle(846,300,30);        // Nivel 7 (60-70)
    circle(846,255,30);        // Nivel 8 (70-80)
    circle(846,205,30);        // Nivel 9 (80-90)
    circle(846,155,30);        // Nivel 10(90-100)
}

if ((datoRX > 10) && (datoRX <= 20)){
    fill(colorLED2);
    circle(846,600,30);        // Nivel 1 (0-10)
    circle(846,550,30);        // Nivel 2 (10-20)

    fill(colorLED1);
    circle(846,500,30);        // Nivel 3 (20-30)
    circle(846,450,30);        // Nivel 4 (30-40)
    circle(846,400,30);        // Nivel 5 (40-50)
    circle(846,350,30);        // Nivel 6 (50-60)
    circle(846,300,30);        // Nivel 7 (60-70)
    circle(846,255,30);        // Nivel 8 (70-80)
    circle(846,205,30);        // Nivel 9 (80-90)
    circle(846,155,30);        // Nivel 10(90-100)
}

```

Ilustración 57:Recepcion de datos según el nivel de concentración


Fuente: Autoría Propia

pruebaS2

PROYECTO DE TITULACION: INTERFAZ EN PROCESSING

Realizado por: Francisco Soto


CONTROL DE PINZA (SERVOMOTOR)




INDICADOR DE NIVEL

Nivel 10 (90-100)	●
Nivel 9 (80-90)	●
Nivel 8 (70-80)	●
Nivel 7 (60-70)	●
Nivel 6 (50-60)	●
Nivel 5 (40-50)	●
Nivel 4 (30-40)	●
Nivel 3 (20-30)	●
Nivel 2 (10-20)	●
Nivel 1 (0-10)	●


DATO RECIBIDO (ATENCIÓN):



MODULO RELAY (ATENCIÓN>90)



Loja, 07/09/2021



ELECTRÓNICA
TECNOLOGÍA SUPERIOR

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI) PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUDAMERICANO
Hacemos gente de talento!

Ilustración 58: Interfaz final

Fuente: Autoría Propia

10.2.5 Diagrama de flujo del Sensor Mindwave



Ilustración 59: Diagrama de flujo sensor Mindwave

Fuente: <http://www.lacofa.es/index.php/general/introduccion-a-los-sistemas-brain-computer-interface>

10.3 Resultados Del Prototipo

Una vez hemos analizado la ergonomía de la interfaz podemos comenzar a realizar las primeras pruebas de captación de señales. Como ya se comentó en el capítulo anterior, para poder establecer comunicación entre la interfaz y un PC debemos emparejar ambos dispositivos, y tras esto podremos comenzar a capturar las diferentes ondas cerebrales que emite nuestro cerebro en estado de activación. Para esta primera captura de señales se ha utilizado el software de prueba de proporciona NeuroSky, dado que el objetivo de estas primeras pruebas es comprobar el correcto funcionamiento del sensor de la interfaz, la etapa de procesado de señales, y la conexión entre esta y el PC. A continuación, se irán mostrando las diferentes imágenes obtenidas de la primera prueba realizada con el software de NeuroSky, y las iremos describiendo junto con las acciones que se estaban llevando a cabo por el usuario, para comprobar el nivel de calidad de las señales obtenidas.



Ilustración 60: Respuesta cerebral en estado natural

Fuente: Autoría Propia

Esta primera imagen corresponde a la respuesta cerebral de una persona en un estado natural, tanto de activación, cómo de relajación. Se puede observar como el diagrama de ondas cerebrales aún no muestra datos relevantes, ya que esta primera

imagen se corresponde con el establecimiento de la comunicación entre la interfaz y el software, lo cual se puede comprobar con el icono verde la esquina superior derecha, que nos indica que se están recibiendo los datos recabados por la interfaz de forma correcta. Por otro lado podemos observar como el electroencefalograma tampoco aporta datos relevantes, debido al estado de reposo de la persona. Las pequeñas variaciones que se observan (artefactos) son debidas a la propia respiración del usuario, y a los pequeños movimientos que este pueda realizar inconscientemente. Por último, evaluaremos la concentración y la relajación del usuario en un rango 1 – 10. En este caso se observa como el usuario presenta una concentración de aproximadamente un nivel 3, y un estado de relajación de nivel 7.



Ilustración 61: Respuesta cerebral en un estado activado

Fuente: Autoría Propia

En esta última imagen se puede observar en el electroencefalograma, tanto la huella correspondiente a un parpadeo, como la respuesta cerebral a un estado de activación (movimientos musculares, diálogo, etc.). Como vemos, el hecho de que el usuario de la interfaz se encuentre un estado de activación no impide el correcto funcionamiento de la interfaz, ya que como se ha mencionado anteriormente esta

incluye un filtro para prevenir interferencias de artefactos. Además vemos como este estado de activación se corresponde con una excitación de las ondas gamma y alfa, tal y como se aprecia en el diagrama. Por último podemos concluir que el hecho de que el usuario se encuentre en un estado de activación o reposo no afecta a los niveles de concentración y/o relajación, puesto que en este caso presentan unos valores intensidad de 7.5 y 6 respectivamente.

10.3.1 Funcionamiento de todos los sistemas.

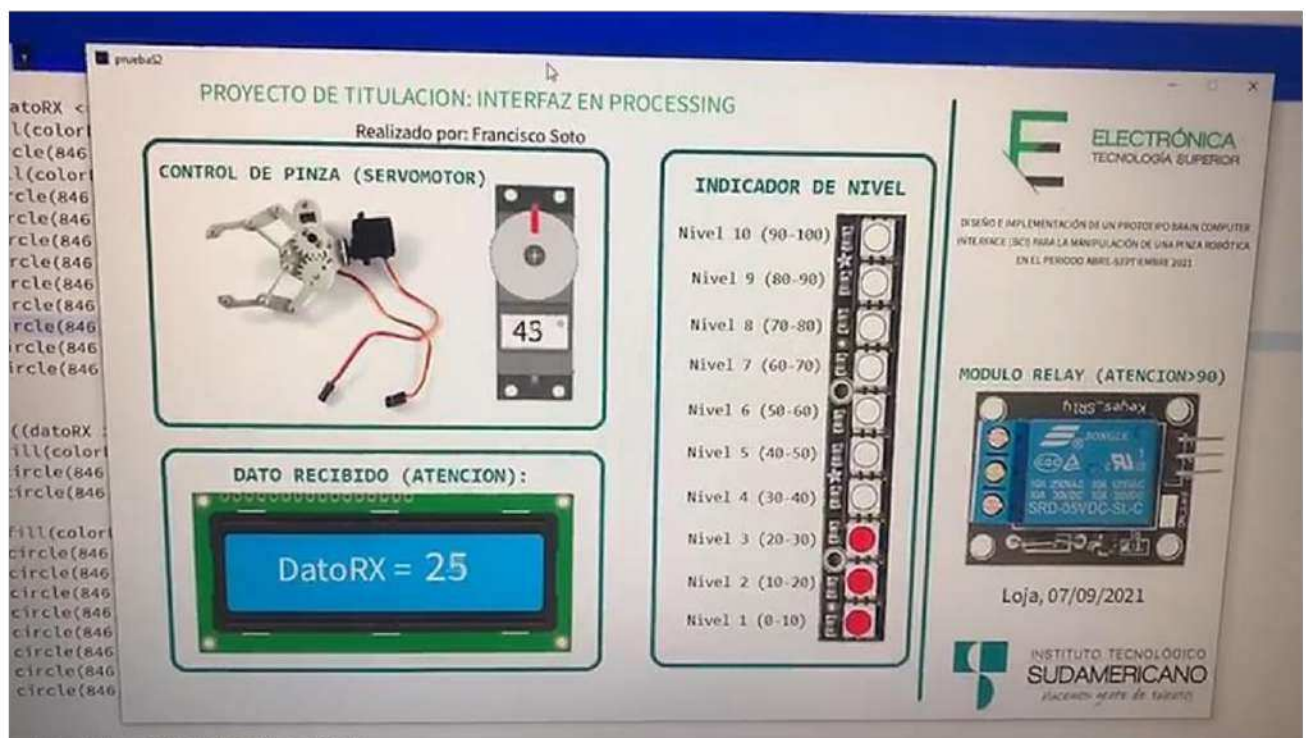


Ilustración 62: FUNCIONAMIENTO COMPLETO DE LA INTERFAZ Y ACTUADORES EN TIEMPO REAL

Fuente: Autoría Propia

Finalmente se realizó todas las pruebas correspondientes al control y manejo por parte del usuario con los actuadores programados y en tiempo real como lo refleja la ilustración 62, quedando evidenciado el correcto funcionamiento de todos los dispositivos actuadores mediante las señales del sensor MINDWAVE.

11. Conclusiones

- Finalmente se desarrollo el prototipo de comunicación Cerebro – Computadora para el control de una pinza robótica a través de la comunicación inalámbrica de los módulos BLUETOOTH HC-05, Utilizando el sensor TGAM desarrollado por la empresa NEUROSVKY, para el control de datos encefalográficos, que nos sirvió de tal forma que no solo pudimos tener acceso a la información neuronal en tiempo real sino también desarrollar una interfaz compatible para combinar esta comunicación con actuadores adicionales a la pinza robótica, que le da un valor agregado la investigación realizada.

- Durante el desarrollo del prototipo se ha logrado comprender y manejar las características de las señales cerebrales P300, las cuales definen la actividad eléctrica cerebral y por ende desarrollar con eficacia las funcionalidades del prototipo.

- Durante el desarrollo del proyecto, luego de haber realizado pruebas de comunicación con los distintos software libre que tenemos a nuestro alcance y estableciendo protocolos de comunicación inalámbrica se logró obtener el resultado deseado para poder adquirir, interpretar y filtrar las señales electroencefalográficas que posterior a ello serían utilizadas en el manejo y control de la pinza robótica y actuadores adicionales.

- Luego de obtener el control de la pinza robótica a través de señales encefalografías, se optó por la implementación de una interfaz gráfica amigable con el usuario final de tal forma que para poder seguir manteniendo la comunicación inalámbrica con el dispositivo se realizó en el programa de software libre PROCESSING, obteniendo la interfaz gráfica deseada.

- Finalmente se logró el control al 100% de la pinza robótica utilizando el dispositivo de señales electroencefalográficas, permitiendo de esa forma evidenciar y documentar los resultados satisfactorios de la investigación realizada.

12. Recomendaciones

- Al momento de realizar el diseño e implementar el prototipo Cerebro – Computadora se vio necesario realizar la recomendación de utilizar y descargar las librerías específicas que según el fabricante son compatibles con el lenguaje de encriptación de datos del dispositivo neuronal utilizado para el control de la pinza robótica.
- El usuario debe encontrarse en estado de relajación cada vez que empiece a utilizar la interfaz para una concentración rápida de tal manera que se pueda aprovechar las señales cerebrales P300 que garantizan el correcto funcionamiento del dispositivo, Si el prototipo no entra en funcionamiento al momento de establecer comunicación con el computador, esta debe ser reconectado para su reconocimiento.
- Para la lectura de las ondas electromagnéticas, se recomienda la correcta ubicación del sensor en la parte frontal de la cabeza de la persona pues de aquello dependerá la posibilidad de adquirir las señales y su fiabilidad, además de para el acondicionamiento y filtrado de las señales electroencefalográficas se debe realizar la programación del bluetooth Hc-05 en modo maestro de tal forma que pueda ser compatible con el protocolo de envío y recepción de datos del sensor y se pueda interpretar a través del monitor para accionar y tener el control de la pinza robótica.
- Se recomienda la utilización del programa de software libre PROCESSING para realizar la interfaz de visualización en tiempo real del flujo de datos y accionamiento de la pinza robótica así como de los actuadores programados, ya que este software luego de haber hecho las pruebas necesarias es uno de los pocos compatibles para interactuar con la encriptación de datos del sensor.
- Finalmente se recomienda que para las pruebas de funcionamiento el usuario debe encontrarse en un lugar en donde a la medida de lo posible este alejado de los ruidos y distracciones del ambiente que puedan dificultar la interacción de las señales cerebrales con los actuadores programados así como el preciso manejo de la pinza robótica mediante las señales eléctricas neuronales.

13. Bibliografía

- areatecnologia.com. (2021). *areatecnologia.com*. Obtenido de areatecnologia.com:
<https://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html>
- Bonsiepe, G. (1975). ARQ Ensayos y documentos Essays and documents54Entrevista a Gui Bonsiepe. *scielo*.
- bookdown.org. (2021). *bookdown.org*. Obtenido de bookdown.org:
https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/actuadoreselectricos.htm
 1
- C, R. (2006). *Sensors, Nanoscience, Biomedical Engineering, and Instruments: Sensors Nanoscience Biomedical Engineering (The Electrical Engineering Handbook Third Edition)* . CRC Press.
- cursosaula21. (2021). *www.cursosaula21.com*. Obtenido de www.cursosaula21.com:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>
- emotiv. (2021). *emotiv.com*. Obtenido de emotiv.com:
<https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-ecg/>
- G.TEC. (AGOSTO de 2021). *gtec.at*. Obtenido de gtec.at:
<https://www.gtec.at/product/gnautilus-research/>
- GADAMER, H. G. (1960). *Estudios Públicos*. Obtenido de Estudios Públicos:
<https://www.uma.es/gadamer/resources/Vigo.pdf>
- García, A. (julio de 2017). *tesis.ipn*. Obtenido de tesis.ipn:
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>
- GARCÍA, J. (JUNIO de 2017). *tesis.ipn.mx*. Obtenido de tesis.ipn.mx:
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>

Instituto Tecnológico Superior Sudamericano. (23 de 2 de 2013). *Instituto Tecnológico Superior Sudamericano*. Obtenido de <http://www.tecnologicosudamericano.edu.ec/>

interempresas. (s.f.). *interempresas.net*. Obtenido de interempresas.net: <http://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Placas-de-desarrollo-de-microcontroladores-AVR-169991.html>

interempresas.net. (2021). *interempresas.net*. Obtenido de interempresas.net: <http://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Placas-de-desarrollo-Arduino-M0-136998.html>

Kim E. Barret, S. M. (2010). *Ganong, Fisiología Médica. México Distrito Federal: Mcgraw-Hill*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.

Martín, S. (2013). *Empresa*. Madrid: Esic Editorial.

Martínez, C. &. (2012). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3979972>

Morillo, L. E. (19 de junio de 2014). *Asociacion Colombiana De Neurologia*. Obtenido de Asociacion Colombiana De Neurologia: <Http://Www.Acnweb.Org/En/Guia-Neurologica/Guia-7-Neurofisiologia/404- Analisis-Visual-Del-Electroencefalograma.Html>

neuroelectrics. (julio de 2020). *neuroelectrics*. Obtenido de neuroelectrics: <https://www.neuroelectrics.com/get-quote/?add=3>

neurosky. (2021). *neurosky*. Obtenido de neurosky: <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>

- Ortiz, S. (17 de febrero de 2017). *Prueba y error*. Obtenido de Prueba y error:
<http://entreparesis.org/prueba-y-error/>
- PANEZO, M. A. (abril de 2019). *repositorio.pucese*. Obtenido de repositorio.pucese:
<https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1896/1/CEDE%C3%91O%20PANEZO%20%20MARLON%20ALEXANDER.pdf>
- PANEZO, M. A. (ABRIL de 2020). *pucese*. Obtenido de pucese:
<https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1896/1/CEDE%C3%91O%20PANEZO%20%20MARLON%20ALEXANDER.pdf>
- Ponty, M. M. (1962). *Phenomenology of Perception*. New York: PHAE, volume 192.
- ROWAN, E. (2004). *Conceptos Básicos Sobre Eeg*. Madrid: Elsevier España S.A.
Elsevier España S.A.
- Rowan, J. (2004). *Conceptos Básicos Sobre Eeg*. Madrid: Elsevier España S.A.
- RS COMPONENTS. (2021). *RS COMPONENTS*. Obtenido de RS COMPONENTS:
<http://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Placas-de-desarrollo-de-microcontroladores-AVR-169991.html>
- Rus, D. (MAYO de 2019). *bbvaopenmind*. Obtenido de bbvaopenmind:
<https://www.bbvaopenmind.com/articulos/robotica-una-decada-de-transformaciones/>
- Sánchez, E. V. (abril de 2016). *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. Obtenido de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología:
https://www.anmm.org.mx/publicaciones/ultimas_publicaciones/Rehabilitacion.pdf

seas. (2021). *www.seas.es*. Obtenido de *www.seas.es*:

<https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>

Stmicroelectronics. (2004). *General Purpose J-Fet Dual Operational Amplifiers*. Italy: Printed In Italy.

Tancara, C. (1993). La investigación documental. *scielo*, 1. Obtenido de


http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0040-29151993000100008&script=sci_arttext

tesis.ipn.mx. (2021). *tesis.ipn.mx*. Obtenido de *tesis.ipn.mx*:

<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/23570/1/T1865.pdf>

14. Anexos

14.1 Certificado de aprobación



VICERRECTORADO ACADÉMICO

Loja, 06 de julio del 2021
Of. N° 141-V-ISTS-2021


Sr. Francisco Xavier Soto Sarmiento
ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA DEL ISTS
Ciudad


De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para comunicarles que una vez revisado el proyecto de investigación de fin de carrera de su autoría titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021”**, el mismo cumple con los lineamientos establecidos por la institución; por lo que se autoriza su realización y puesta en marcha, para lo cual se nombra como director de su proyecto de fin de carrera (el/la) Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre.

Particular que le hago conocer para los fines pertinentes.

Atentamente,


Ing. Germán Patricio Villamarín Coronel Mgs.
VICERRECTOR ACADÉMICO DEL ISTS
c/c. Estudiante, Archivo



Matriz: Miguel Riofrío 156-25 entre Sucre y Bolívar. Telfs: 07-2587258 / 07-2587210 Pagina Web:
www.tecnologicosudamericano.edu.ec

14.2 Autorización de la ejecución del proyecto



Yo, Ing. Oscar Geovanny Jiménez con documento de identidad 1103571590, coordinador de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja a petición verbal del interesado.

AUTORIZO

A FRANCISCO XAVIER SOTO SARMIENTO con cedula de identidad Nro. 1105713505, estudiante del periodo extraordinario de la carrera de Electrónica del “Instituto Superior Tecnológico Sudamericano”; para que realicen su proyecto de investigación de fin de carrera titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”** para lo cual nos comprometemos en entregar a los estudiantes la información necesaria hasta que culmine dicho proceso.

Loja, 13 de Septiembre del 2021

Ing. Oscar Jiménez

C.I. 1103571590

14.3 Certificado de implementación del proyecto.



Loja, 13 de septiembre del 2021

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA-ELECTRÓNICA, a petición verbal por parte del interesado.

CERTIFICO




Que el señor Francisco Xavier Soto Sarmiento con cedula de identidad Nro. 1105713505 ha venido trabajando en el Proyecto de fin de carrera titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO BRAIN COMPUTER INTERFACE (BCI), PARA LA MANIPULACIÓN DE UNA PINZA ROBÓTICA UTILIZANDO COMUNICACIÓN INALÁMBRICA. EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE 2021.”**; el mismo que se encuentra a la presente fecha en un 90% culminado según los requerimientos funcionales planteados. Lo certifico en honor a la verdad para los fines pertinentes y a solicitud del interesado.

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

TUTOR DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA

Semestre abril – septiembre 2021

14.4 Certificado del Abstract

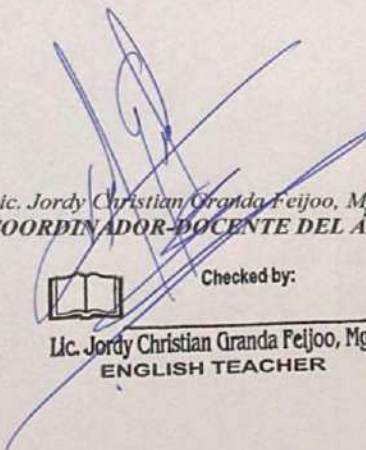
CERTF. N° 019-JG-ISTS-2021
 Loja, 05 de Octubre de 2021

El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., COORDINADOR-DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO "SUDAMERICANO", a petición de la parte interesada y en forma legal,


CERTIFICA:

*Que el apartado **ABSTRACT** del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera del señor **SOTO SARMIENTO FRANCISCO XAVIER** estudiante en proceso de titulación periodo Abril - Noviembre 2021 de la carrera de **ELECTRÓNICA**; está correctamente traducido, luego de haber ejecutado las correcciones emitidas por mi persona; por cuanto se autoriza la presentación dentro del empastado final previo a la disertación del proyecto.*

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes.



Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.
COORDINADOR-DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS ISTS - CIS


Checked by:

Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.
ENGLISH TEACHER

English is a piece of cake!

Matriz: Miguel Riofrio 156-26 entre Sucre y Bolívar

14.6 Presupuesto

El presente proyecto de investigación tiene un presupuesto, de los materiales a utilizar en el mercado de la provincia y del país

Tabla 2: Presupuesto

PRESUPUESTO			
Material	Precio unitario	Unidades	valor total
Arduino NANO	8	1	8
Arduino UNO	15	1	15
Sensor TGAM	220	1	220
Modulo bluetooth HC-05	8	3	24
Pinza Robótica	50	1	50
Baterías 5v	5	2	10
Lcd I2C 20x4	15	1	15
Neopixel	2	10	20
Materiales para informes	30	1	30
Materiales para armado final	150	1	150
Materiales para pruebas electrónicas	50	1	50
Total, presupuesto			592

14.7 Recursos

Tabla 3: Docentes Investigadores

DOCENTES INVESTIGADORES		
Nombres y Apellidos	Materia	N° Horas Empleadas en la Investigación
Cesar Cristian Carrión Aguirre	Proceso de Titulación	120

Tabla 4: Estudiantes Investigadores

ESTUDIANTES INVESTIGADORES		
Nombres y Apellidos	Materia	N° Horas Empleadas en la Investigación
Francisco Xavier Soto Sarmiento	Proceso de Titulación	120

