



Recibido: 15/08/2019
Aceptado: 18/09/2019

Tecnología asistiva para la comunicación y movilidad de personas con discapacidad motriz

Jaime Sayago Heredia ¹ Wilson Chango Sailema ¹ Xavier Quiñonez Ku ¹ Maria Torres Rodriguez ¹ Augusto Cabrera Duffaut ² Ligia Jacome ³

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas, Ecuador

²Universidad Católica de Cuenca, Ecuador,

³Universidad Tecnológica Indoamerica,

jaime.sayago@puces.edu.ec, wilson.chango@puces.edu.ec,
xavier.quinonez@puces.edu.ec, maria.torresrodriguez@puces.edu.ec,
acabrera@ucacue.edu.ec, ligiajacome@uti.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en desarrollar un sistema de control para aplicarlo en una silla de ruedas convencional a través de distintas herramientas tecnológicas (teclado virtual, joystick y Neurosky MindWave) que ayude a las personas con discapacidad motriz con problemas de lenguaje (comunicación) y movilidad de distinto grado, mediante la utilización de hardware y software libre. La movilidad joystick, el dispositivo Neurosky MindWave y la comunicación se la realiza junto con la manipulación de un dispositivo móvil (celular/tablet) utilizando la pantalla táctil, implementado sobre la silla de ruedas para el control de la persona con discapacidad, el hardware (Arduino) y los tipos de software (Xamarin studio, PHP, java) que utilizan son open source cumpliendo con el decreto 1014 y código ingenios establecido en la república del Ecuador. Se propone implementar este sistema y que brinde ventajas importantes frente a similares en términos de costo y de fácil adaptabilidad a cualquier silla de ruedas estándar. De esta forma las personas con discapacidad puedan comunicarse y moverse cuando lo requieran.

Palabras-clave: tecnología asistiva; comunicación; movilidad; discapacidad motriz; silla de ruedas.

ABSTRACT

This research focuses on developing a control system to apply in a conventional wheelchair through different technological tools (virtual keyboard, joystick, Neurosky MindWave) to help people with motor disabilities with language problems (communication) and mobility of different degrees, through the use of hardware and free software. The joystick mobility and the Neurosky MindWave device and communication is carried out together with the manipulation of a mobile device (cellular, Tablet,) using the touch screen, implemented on the wheelchair for the control of the disabled person, the hardware (Arduino) and software (Xamarin studio, PHP, java) used are open source complying with decree 1014 and code ingenios established in the Republic of Ecuador. It is proposed to implement this system and to offer important advantages over similar ones in terms of cost and easy adaptability to any standard wheelchair. In this way, people with disabilities can communicate and mobilize when they need it.

KEYWORDS: assistive technology; communication; mobility; motor disability; wheelchair.

1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), promueve la libre circulación de ideas por medio de la palabra, la imagen y el fomento del aprendizaje potenciado



por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Como establecido en su Programa, la UNESCO impulsa estrategias destinadas a lograr una mayor utilización de las TIC en la adquisición y el intercambio de conocimientos a fin de reducir estas disparidades, fomentando particularmente el acceso por parte de las personas con discapacidad, las comunidades locales, los pueblos indígenas y los grupos minoritarios. Su acción, por tanto, se orienta principalmente a asegurar el acceso equitativo y asequible a la información para todos como requisito fundamental para crear sociedades del conocimiento, que todavía están fuera del alcance de la mayoría de las personas [1]. El informe sobre la discapacidad según la organización Mundial de la Salud (OMS), más de mil millones viven en todo el mundo con alguna forma de discapacidad de ellas casi 200 millones experimentan dificultades considerables en su movimiento[2][3] El Ecuador tiene 458.505 personas con discapacidad motriz de las cuales el 56,16 % son masculino y el 43,83 % femenino, las provincias con mayor cantidad son Quito, Guayaquil y Cuenca como se puede apreciar en el informe del CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades)[4]. Una persona con discapacidad motriz tiene una disminución de la movilidad total o parcial de uno o más miembros del cuerpo, también le impide que pueda comunicarse con su entorno sin la movilidad de sus extremidades inferiores y la falta de articulación de palabras se genera muchas barreras limitando el acceso a lugares públicos o privados provocando de esta manera que afecte su calidad de vida limitando su desarrollo personal y/o profesional, en este escenario la tecnología asistiva es una alternativa de solución. Esta tecnología se la podría definir como cualquier herramienta utilizada para permitir a individuos con discapacidad o necesidades especiales verse involucrado con sus pares sin discapacidad [5]. Estas discapacidades pueden ser de lenguaje, hablada o escrita incluyendo condiciones tales como discapacidades perceptivas, problemas cerebrales, etc[6]. Para la barrera de movilidad de una persona con discapacidad motriz, la silla de ruedas convencional es la mejor opción, debido a que se observa que, diseñar artefactos exclusivos para las personas con discapacidad motriz es inviable económicamente debido a que es una población relativamente reducida [7].

Actualmente existen investigaciones de métodos de movilidad y comunicación para personas con discapacidad motriz, donde se propone el uso de distintas herramientas o sistemas, dispositivos de comunicación, computadoras, domótica, etc. En este trabajo se propone un sistema para movilidad y su comunicación a través de distintas herramientas (joystick, teclado virtual, y Neurosky MindWave). En este sistema el paciente podrá elegir la forma de comunicación de acción de la silla de ruedas convencional adaptada y la comunicación con su grupo asistencial.

Reseña Bibliográfica. / Revisión de literatura.

[8]Proponen una silla de ruedas inteligente y evalúa factores humanos para asegurar que esta tecnología será aceptada por aquellos para los que está diseñada e implementa una prueba de habilidades en silla de ruedas para futuros participantes de la prueba. Utiliza una cámara HD y el escáner 3D que se ubica de tal manera que brindan datos confiables con la precisión necesaria para detectar obstáculos, construir mapas en 3D, seguir guías, anticipar eventos y brindar asistencia de navegación.

[9] Implementan un sistema inteligente de detección de emociones en tiempo real para controlar equipos, como sillas de ruedas eléctricas o vehículos de asistencia robótica, el sistema tiene en cuenta la patología del paciente y puede integrarse en un teléfono inteligente, garantizando una navegación segura para el paciente discapacitado. [10]Proponen una solución de movilidad inteligente utilizando un teléfono inteligente con sensores incorporados (acelerómetro, cámara y altavoz) como interfaz de entrada. Un Emotiv Epoc+ utilizado para el control de entrada basado en imágenes motoras sincronizado con expresiones faciales en casos de discapacidad extrema.

(2018)[11] Describen el Perfil de Resultados de la Tecnología de Asistencia para la Movilidad (ATOP / M) que fue diseñado para aislar el impacto de la tecnología de asistencia de movilidad en la dificultad percibida con la actividad y la participación. Los objetivos del estudio fueron examinar sus propiedades de medición (fiabilidad y validez convergente) y aplicabilidad para usuarios de sillas de ruedas eléctricas (PWC) de mediana edad y mayores.

La investigación de [12] se centra en los sistemas destinados a controlar dispositivos móviles (como una silla de ruedas). Al controlar una silla de ruedas en un entorno real, es necesario garantizar la seguridad.

[13] Proponen un sistema compuesto por una silla de ruedas eléctrica, una cámara RGB, una cámara



ra infrarroja, 4 sensores ultrasónicos, un láser LiDAR (detección de luz y equipo de alcance) y una computadora personal. Basado en la red de sensores inteligentes y algoritmos de control de prioridad de sensores, puede detectar diferentes obstáculos con varios niveles peligrosos, enviar alarmas de voz y gráficas, y sugerir un camino seguro para evitarlos.

[14]En su artículo plantean como el movimiento de la silla de ruedas se controla mediante una wi-red que está conectado a través de varios módulos, incluyendo la interfaz entre la aplicación de Android y Raspberry Pi, promoviendo el uso de la tecnología IoT.

[15]Proponen un módulo controlado por silla de ruedas que es una base con dos servos que se pueden mover a dos dimensiones y también se pueden adaptar a otros joysticks para sillas de ruedas. Este sistema también controla de forma remota algunos dispositivos y se comunica con el cuidador a través del mensaje de envío al teléfono inteligente.

[16]Proponen el control de una silla de ruedas a través de parpadear. Para adquirir la señal de atención y el parpadeo, el electroencefalograma de un solo canal (onda EEG) fue capturado por un Neurosky MindWave Mobile. Una de las características más destacadas del esquema propuesto es el 'Mapa de destinos' mediante el cual la silla de ruedas desarrolla un mapa virtual a medida que el usuario se desplaza y luego alcanza de forma autónoma las posiciones deseadas al tomar el comando desde una interfaz inteligente basada en la señal EEG. [17]Plantean un modelo experimental de robot móvil y se puede controlar mediante la fuerza del parpadeo del ojo humano. Las señales de EEG se adquieren de NeuroSky Mind wave Sensor (prototipo de un solo canal) de manera no invasiva y las características de la señal se extraen mediante la adopción de la transformada de wavelet discreta (DWT) para modificar la resolución de la señal. Analizamos y comparamos las wavelets db4 y db7 para una clasificación precisa de las señales de parpadeo. [18]En esta investigación demuestran, a través de un experimento, el uso de una silla de ruedas. Adaptado para tener el apoyo de VR (Realidad virtual) y EEG (electroencefalografía) para la formación de la locomoción y la interacción individualizada de los usuarios de sillas de ruedas. Los resultados demostraron que el uso de VR con señales de EEG tiene el potencial de mejorar la calidad de vida e independencia de usuarios ciegos en silla de ruedas.

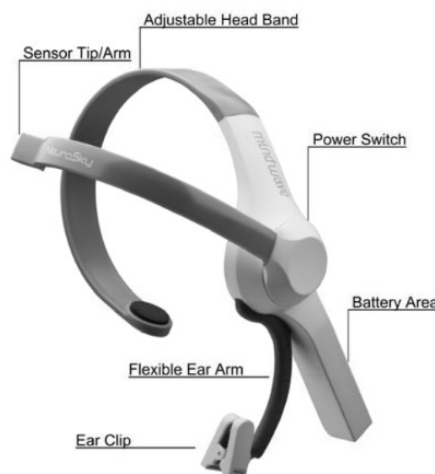


Figura 1: Diseño de dispositivo MindWave [19]

2. Metodología

El prototipo elaborado consta de una silla de ruedas estándar, un sistema mecánico, una placa ARDUINO que se podría definir como una plataforma de prototipo de electrónica de código abierto [20] en su versión NANO, un joystick para Arduino, una placa de relés 4 canales, puente H30v-15 a, dos motores



de alto torque 450w-4600 rpms a computadora portátil y dos baterías tipo estándar.

- **Motor DC**

Motor DC 12-24V – Gearbox de la serie Gearbox – MT92, es de alta potencia, muy robusto y apto para los robots más exigentes. Funciona con una tensión de alimentación de 12V a 24V y dispone de una caja reductora y freno manual para bloqueo de motor.

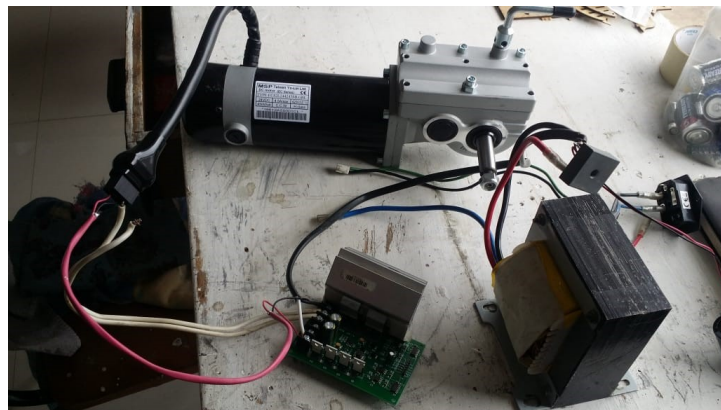


Figura 2: Motores DC 12-24V junto con la placa Arduino

- **Controlador De Motor Puente H Bts7960**

BTS7960 como puente H para permitir el control de los motores, cuenta con un protector ante sobrecalentamiento y sobre corriente. Este módulo cuenta con un aislador que permite separa el circuito de control de la parte de potencia para mantener la integridad del dispositivo, puesto que este driver puede llegar a generar una corriente de hasta 43A. El BTS7960 contiene dos transistores MOSFET de tipo P y N con un controlador IC en un solo paquete, lo cual permite la conexión de interfaz a un dispositivo externo de control, ajuste de velocidad, generación de tiempo muerto y protección contra exceso de temperatura, sobretensión, baja tensión, sobre corriente y corto circuito.

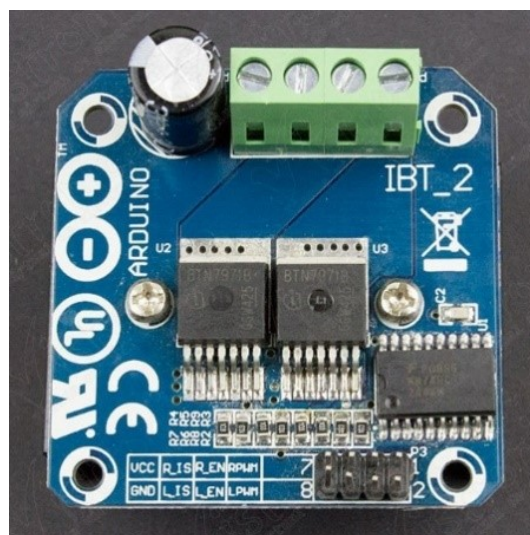


Figura 3: Driver BTS7960

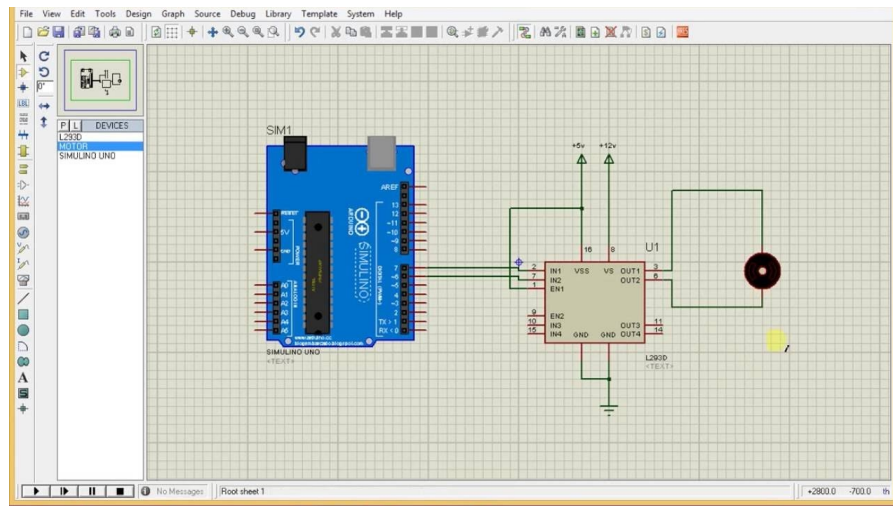


Figura 4: Diagrama electrónico de conexión BTS9760

- **Esquema de conexión electrónico general**

A continuación, se muestra un esquema electrónico general de conexión de todos los componentes:

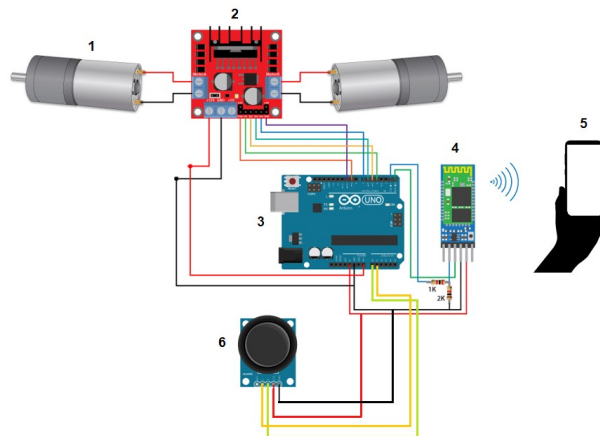


Figura 5: Conexión general de componentes

- **Mindwave – Neurosky**

Es un dispositivo electrónico que no es invasivo en la naturaleza y generalmente se utiliza para registrar la actividad de la mente en forma de pequeñas señales de voltaje. Mindwave proporcionado por Neurosky da las ondas cerebrales en forma de ondas alfa, beta y gamma. Estas ondas pueden ser mostradas en el software llamado "Brain wave Visualizer" proporcionado por Neurosky [21]. La medición se realiza mediante un innovador sensor que capta y digitaliza las frecuencias de las ondas cerebrales. El sensor se coloca en la frente, concretamente, en la zona que los neurocientíficos denominan FP1. Una pequeña pinza colocada en el lóbulo de la oreja sirve como referencia eléctrica neutra para medir con más precisión. De esta manera es posible obtener una medida inmediata de biofeedback que nos permite medir valores de Atención, Relajación y Meditación [19][22]. Los valores o niveles detectados por el Mindwave se pueden procesar mediante la placa Arduino y un módulo Bluetooth para su comunicación, de acuerdo con los rangos establecidos podemos controlar dispositivos, en nuestro caso controlar el movimiento de la silla

- La comunicación con la persona

<http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Informaticaysistemas>

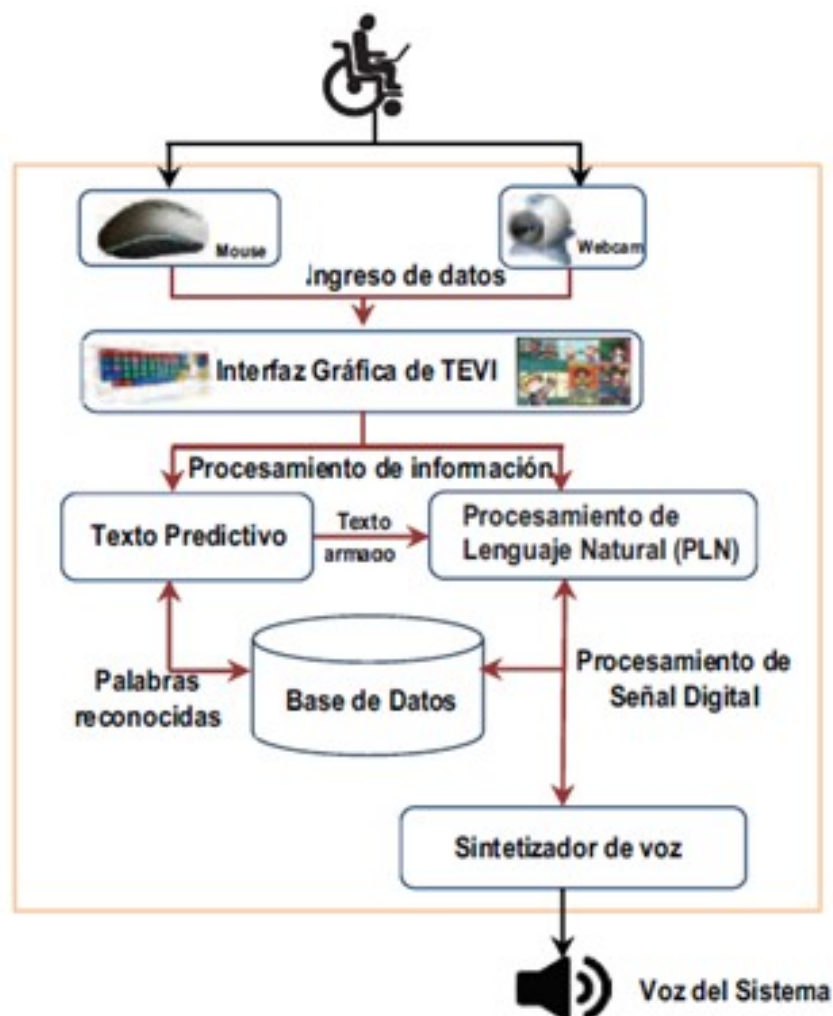


Figura 7: Diseño General del Aplicativo Informático para la comunicación

3. Proceso de datos

La placa ARDUINO NANO es la que obtiene y procesa la información, de los comandos que el usuario envía desde el software del computador portátil. El procesamiento lo realiza el software desarrollado para el reconocimiento de comandos del teclado o a través de pictogramas que sirve para obtener los distintos comandos de movimiento de la silla y su respectiva comunicación con el usuario. Las baterías brindan energía a la placa ARDUINO NANO, el computador portátil y el sistema mecánico. En el siguiente gráfico se puede observar el diagrama de la comunicación entre la placa con los distintos componentes. Para el proceso de los datos se utiliza la siguiente arquitectura y tecnología que la observamos en el siguiente gráfico:

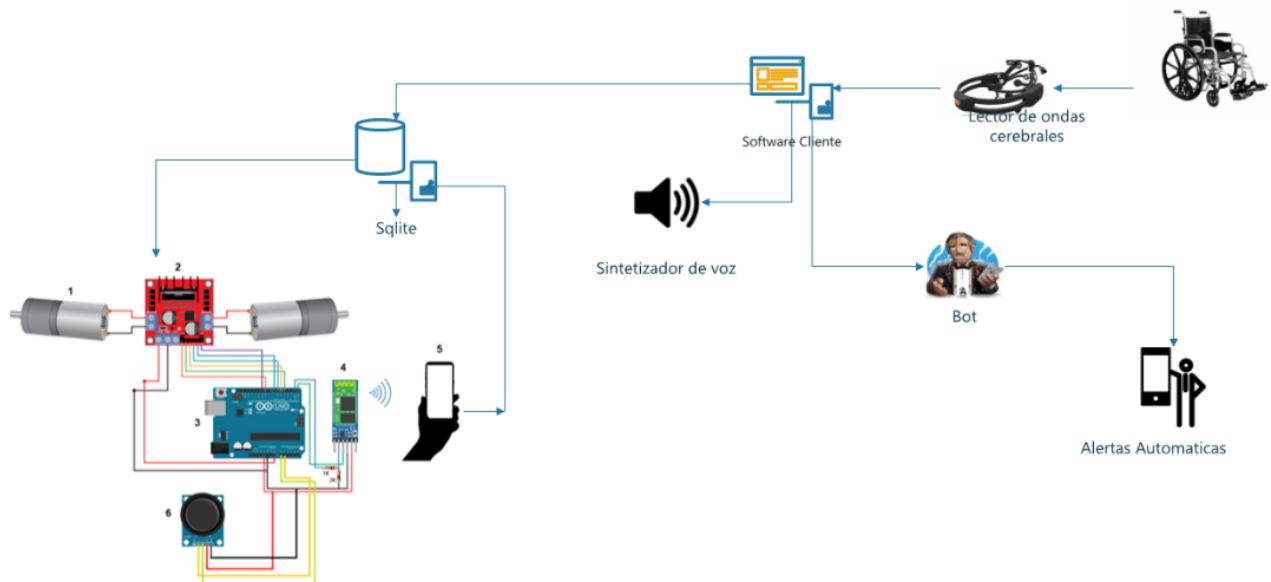


Figura 8: Diagrama de la comunicación entre la placa con los distintos componentes

4. Resultados y discusión

Los experimentos se realizaron con una silla de ruedas convencional adaptada a eléctrica a partir de motores. Se construyó la estructura mecánica y la implementación de hardware de silla de ruedas y además se implementó la aplicación de comunicación. Como podemos ver el prototipo es una silla de ruedas eléctrica con un mínimo de modificaciones. Las sillas de ruedas inteligentes amplían las capacidades de dispositivos eléctricos tradicionales mediante la introducción de control e inteligencia de navegación. Estos dispositivos pueden fácilmente operar a la persona discapacitada. La silla de ruedas inteligente es controlada de tres maneras: Aplicación móvil, sensor NeuroSky y el joystick.

5. Trabajos futuros

La silla de ruedas se controla por tres vías: movimiento, teclado y joystick. A futuro se procederá a mejorar la capacidad de procesamiento de la aplicación de comunicación con mayores funciones. Es recomendable continuar con los trabajos para lograr el objetivo de una aplicación, la silla de ruedas a nivel inteligente. La silla de ruedas debe ser capaz de navegar tanto en interiores como en exteriores y considerar algún sistema mecánico que permita el uso del prototipo en superficies irregulares o con inclinación.

6. Conclusiones

Este documento presenta el diseño y desarrollo de silla de ruedas para personas con discapacidad motriz. La silla de ruedas y sus componentes de comunicación logran cumplir con los objetivos de ayudar a personas con discapacidad motriz. La silla de ruedas requiere algunas configuraciones, pero el prototipo es funcional, se utiliza para para movilidad y comunicación para personas con discapacidad motriz y

INFORMÁTICA Y SISTEMAS

REVISTA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMÁTICA
Y LAS TELECOMUNICACIONES



Vol. 3, No. 2, (Julio-Diciembre 2019), 1-11

ISSN 2550-6730

de comunicación por ejemplo discapacidades físicas, neuronas motoras bajas y con pacientes que tengan parálisis. Es un dispositivo útil para la sociedad y será muy útil para las personas discapacitadas a fin de que puedan movilizarse a distintos lugares y comunicarse con las personas que le brindan asistencia.



Referencias

- [1] Pilar Samaniego Santillán y col. "Informe sobre el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en la educación para personas con discapacidad". En: (2013).
- [2] D. Fernández y E. Najar. "Informe mundial sobre la discapacidad." En: *Revista Medica Herediana* 27 (2016). URL: <https://doi.org/10.20453/rmh.v27i1.2785>.
- [3] B. Sivakumar y K. Sudhagar. "Design & developent of intelligent wheelchair". En: *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10.11 (2015), págs. 5004-5006. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/a4bb/d63fd0cd8c710cccb6c67bf5380ce0b4bba7.pdf>.
- [4] *Estadísticas de Discapacidad*. 2019. URL: https://public.tableau.com/views/Discapacidad/Inicio?:embed=y&:showVizHome=no&:loadOrderID=0&:display_count=yes&:showTabs=y.
- [5] José Alberto Morales Mancilla y col. "Control de una Silla de Ruedas por Medio de un Dispositivo Móvil con Sistema Operativo Android." En: *Revista Tecnología Digital Vol 2.1* (2012), págs. 1-13.
- [6] D. Edyburn. "Assistive Technology and Students with Mild Disabilities." En: *Focus on Exceptional Children* 32.9 (2018), págs. 18-28. URL: <https://doi.org/10.17161/fec.v32i9.6776>.
- [7] Jhon Fernando Sanchez Alvarez y Jovani Alberto Jiménez Builes. "Teclado virtual para personas con enfermedades neuromusculares accionado a través de un evento acústico". En: *Revista Politécnica* 12.22 (2016), págs. 33-40.
- [8] Jesse Leaman, Hung Manh La y Luan Nguyen. "Development of a smart wheelchair for people with disabilities". En: *2016 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI)*. IEEE, 2016, págs. 279-284.
- [9] Yassine Rabhi, Makrem Mrabet y Farhat Fnaiech. "A facial expression controlled wheelchair for people with disabilities". En: *Computer methods and programs in biomedicine* 165 (2018), págs. 89-105.
- [10] Aartika Sethi y col. "Smart mobility solution with multiple input Output interface". En: *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. IEEE, 2017, págs. 3781-3784.
- [11] Claudine Auger y col. "Reliability, convergent validity and applicability of the Assistive Technology Outcome Profile for Mobility for middle-aged and older power wheelchair users". En: *Australian occupational therapy journal* 65.5 (2018), págs. 439-448.
- [12] Francisco Velasco-Álvarez y col. "Control strategies of a brain-controlled wheelchair using two mental tasks". En: *Smart Wheelchairs and Brain-Computer Interfaces*. Elsevier, 2018, págs. 345-368.
- [13] Jiangbo Pu y col. "Low cost sensor network for obstacle avoidance in share-controlled smart wheelchairs under daily scenarios". En: *Microelectronics Reliability* 83 (2018), págs. 180-186.
- [14] Shridevi Soma y col. "An Approach to Develop a Smart and Intelligent Wheelchair". En: *2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. IEEE, 2018, págs. 1-7.
- [15] Aniwat Juhong, T. Treebupachatsakul y C. Pintavirooj. "Smart eye-tracking system". En: *2018 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)*. IEEE, 2018, págs. 1-4.
- [16] Ahmed Maksud y col. "Low-cost EEG based electric wheelchair with advanced control features". En: *TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference*. IEEE, 2017, págs. 2648-2653.
- [17] L. Ramya Stephygraph, N. Arunkumar y V. Venkatraman. "Wireless mobile robot control through human machine interface using brain signals". En: *2015 International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM)*. IEEE, 2015, págs. 596-603.



- [18] Everton Silva de Souza, Alexandre Cardoso y Edgard Lamounier. "A Virtual Environment-Based Training System for a Blind Wheelchair User Through Use of Three-Dimensional Audio Supported by Electroencephalography". En: *Telemedicine and e-Health* 24.8 (2018), págs. 614-620.
- [19] Wojciech Sałabun. "Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave". En: *Przegląd Elektrotechniczny* 90.2 (2014), págs. 169-174.
- [20] Rafael Enríquez Herrador. "Guía de Usuario de Arduino". En: *Universidad de Córdoba* 13 (2009).
- [21] P. Girase y M. Deshmukh. "Mindwave Device Wheelchair Control." En: *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5.6 (2016), págs. 2172-2176. URL: <https://doi.org/10.21275/v5i6.nov164722>.
- [22] Kuldeep Tiwari y S. Saini. "Brain controlled robot using neurosky mindwave". En: *JTASR* 1.4 (2015), págs. 328-331.
- [23] Ligia Jácome-Amores, Janio Jadán-Guerrero y Gustavo Chango-Sailema. "Teclado Virtual para Apoyar la Comunicación de Niños con Discapacidad Motriz". En: *CienciAmérica* 5.1 (2016), págs. 85-96.
- [24] Ana Souza y col. "Multiple sclerosis and mobility-related assistive technology: systematic review of literature". En: *J Rehabil Res Dev* 47.3 (2010), págs. 213-23.