ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Tema:

DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN BÁSICA PARA PERSONAS CON PARÁLISIS CEREBRAL ESPÁSTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas y Computación

Línea de Investigación:

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ROBÓTICA, DOMÓTICA Y/O SISTEMAS EXPERTOS

Autor:

Francisco Javier Barrera Bonilla

Director:

Ing. Mg. José Marcelo Balseca Manzano

Ambato – Ecuador

Noviembre 2023

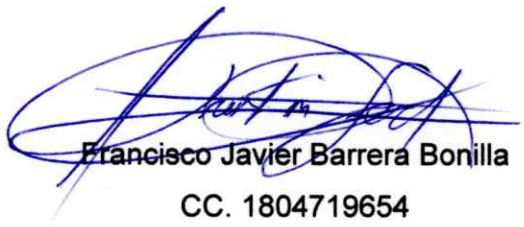
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **FRANCISCO JAVIER BARRERA BONILLA**, con cédula de ciudadanía **1804719654**, autor del trabajo de graduación titulado: "DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN BÁSICA PARA PERSONAS .CON PARÁLISIS CEREBRAL ESPÁSTICA UTILIZANDO TECNOLOGIA ARDUINO", previa a la obtención del título profesional de **INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**, en la escuela de **INGENIERA EN SISTEMAS.**

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, noviembre 2023



Francisco Javier Barrera Bonilla
CC. 1804719654

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE AMBATO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Tema:

DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN BÁSICA PARA PERSONAS CON PARÁLISIS CEREBRAL ESPÁSTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO

Línea de Investigación:

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ROBÓTICA, DOMÓTICA Y/O SISTEMAS EXPERTOS

Autor: Francisco Javier Barrera Bonilla

José Marcelo Balseca Manzano, Ing. Mg. f._____
CALIFICADOR

Paul Hernán Zurita Llerena, Ing. Mg. f._____
CALIFICADOR

Darío Javier Robayo Jácome, Ing. Mg. f._____
CALIFICADOR

Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing. Mg. f._____
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE SISTEMAS

Hugo Rogelio Altamirano Villarroel, Dr. f._____
SECRETARIO GENERAL PUCESA

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
SECRETARÍA GENERAL
PROCURADURÍA

Ambato – Ecuador

Noviembre 2023

DEDICATORIA

El tiempo ha sido un gran aliado para saber tomar decisiones, y por todo esto y la razón de mi existir te dedicó a ti mi vida, mi princesa, mi amor, mi vida, mi pequeña retoña Emily, y a la mujer que me acompaña de vida Valeria, gracias por ser ese apoyo, esa luz, esa fortaleza que me han dado muchas más ganas de vivir y salir adelante, gracias por darme en esta vida lo que necesario, una gran sonrisa de mi pequeña y el amor más puro de la persona que escogido para que sea mi pareja de vida, mi apoyo incondicional, les amare con todo el corazón son todo mi mundo, y siempre seré el más orgulloso por tenerlas a mi lado, les amo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis hermanas, especialmente a mis padres quienes me han ayudado a cumplir este gran sueño, pues si dedicación y compromiso por regalarme lo mejor del mundo ha sido un hecho y valor muy notorio siempre; agradezco también a Dios padre todo poderoso por regalarme la oportunidad de estudiar, crecer, aprender, instruirme como un ser humano con pensamiento y conciencia propia para poder enfrentarme al mundo de la mejor manera, siendo capaz de discernir lo bueno de lo malo y actuar de forma consciente ante cada circunstancia de vida; y como no agradecer a mis primos, mis amigos que me han dado aliento y fortaleza para ser lo que soy, siendo uno de los pilares fundamentales en los cuales me he apoyado; y como no agradecer a cada uno de mis profesores, aquellas damas y caballeros que me brindaron no solo conocimiento de la materia, sino también la voz de la experiencia que me han dejado una gran legado de admiración y simpatía por cada experiencia compartida.

RESUMEN

El principal objetivo del presente proyecto de investigación es la creación e implementación de un dispositivo para personas con parálisis cerebral espástica, para que de esta forma pueda el individuo comunicarse de mejor manera en el entorno en donde se encuentra su círculo social. La medicina conjuntamente con la tecnología ha estado en un proceso vanguardista para ayudar a las personas con capacidades especiales, tratando de proporcionarles una mejor calidad de vida, tanto para sí mismos como para las personas que les asisten y de esta manera se espera ayudarlos en su desarrollo en cada ámbito que lo requieran. Por lo tanto, se considera que la principal finalidad de este trabajo es brindar una ayuda mucho más adecuada y sencilla para que las personas con este tipo de padecimiento se puedan adaptar a su entorno con una mejor comunicación con la sociedad, de manera asertiva y concisa acerca de las necesidades que poseen. Por lo que para el desarrollo del dispositivo se aplica una novedosa metodología conocida como Design Thinking, que aprovecha las características intrínsecas para adaptar prototipos a las necesidades del usuario, dando así cabida a las reformas del prototipo según los casos necesarios a atender; también se procura una manera ágil y sistemática en el proceso de creación del prototipo, afirmando cada paso con una prueba y posibles modificaciones en el desarrollo, para mejorar el sistema en general.

Palabras Clave: Arduino, Prototipo, Parálisis Cerebral, Entorno social, Comunicación, Design Thinking.

ABSTRACT

The aim of this research is the creation and implementation of a device for people with spastic cerebral paralysis, so that they can communicate in a better way in the environment where their social circle is located. Medicine together with technology represent an avant-garde process to help people with special abilities, trying to provide a better quality of life for themselves and for the people who assist them and help in their development in every area they require. The main purpose of this work is to provide a much more adequate and simple help so that people with this type of condition can adapt to their environment with a better communication with society, in an assertive and concise way about the needs they have. For the development of the device, a novel methodology known as Design Thinking is applied, which takes advantage of the intrinsic characteristics to adapt prototypes to the user's needs, allowing the prototype to be modified according to the cases to be attended; it also seeks an agile and systematic way in the process of creating the prototype, affirming each step with a test and possible modifications in the development, to improve the system in general.

Keywords: Arduino, Prototype, Cerebral Paralysis, Social Environment, Communication, Design Thinking.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
RESUMEN vi
ABSTRACT vii
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA 6
1.1. Parálisis cerebral 6
1.2. Causas 8
1.3. Características 8
1.4. Parálisis cerebral espástica 9
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO 24
2.1. Metodología de la investigación 24
2.2. Método de investigación analítico-sintético 24
2.3. Tipo de investigación 25
2.4. Enfoque de investigación 25
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 30
3.1. Primera fase 30
3.2. Segunda fase 30
3.3. Tercera fase 38
3.4. Cuarta fase 51
CONCLUSIONES 60
RECOMENDACIONES 61
BIBLIOGRAFÍA 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población y muestra objeto de estudio 26
Tabla 2. Comparación de prototipos 37
Tabla 3. Lista de materiales utilizados 46
Tabla 4. Tabla de evaluación 54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Definiciones de parálisis cerebral 7
Cuadro 2. Definiciones de la comunicación..... 11
Cuadro 3. Definiciones de comunicación básica 14
Cuadro 4. Definición de Arduino..... 16
Cuadro 5. Comparación de lenguajes de programación 19
Cuadro 6. Características del Arduino..... 31
Cuadro 7. Respuesta a la pregunta 5..... 57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de prototipo I y II 37
Gráfico 2. Comparación de prototipo I y II 38
Gráfico 3. Código módulo de audio prototipo I 39
Gráfico 4. Código de emparejamiento con el módulo Bluetooth, Prototipo I 40
Gráfico 5. Conexión APP Prototipo I 41
Gráfico 6. Esquema de conexión 47
Gráfico 7. Código Android Studio 48
Gráfico 8. Código control de los módulos de Arduino 49
Gráfico 9. Primera vista de la APP 50
Gráfico 10. Parámetros de evaluación standard 52
Gráfico 11. Ejemplo de llenado de matriz 52
Gráfico 12. Ejemplo de matriz de evaluación 53
Gráfico 13. Ejemplo 55
Gráfico 14. Respuesta a la pregunta 1 55
Gráfico 15. Respuesta a la pregunta 2 56
Gráfico 16. Respuesta a la pregunta 3 56
Gráfico 17. Respuesta a la pregunta 4 57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Afectación de la parálisis espástica 9

ÍNDICE DE REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Arduino 18
Fotografía 2. Módulo DFPlayer Mini 32
Fotografía 3. Modulo Bluetooth HC-06 33
Fotografía 4. Módulos utilizados 34
Fotografía 5. Sub-Ensamble del prototipo 35
Fotografía 6. Conexión eléctrica 36
Fotografía 7. Fijación del código Arduino por medio de cable USB 39
Fotografía 8. Módulo de conexión Bluetooth 42
Fotografía 9. Modulo convertidor de señal para Display 43
Fotografía 10. LCD 16X2 43
Fotografía 11. Speaker 44
Fotografía 12. Botonera Simple 44
Fotografía 13. DFPLayer Mini 45
Fotografía 14. Arduino NANO 45
Fotografía 15. Vista superior prototipo II 58
Fotografía 16. Vista frontal prototipo II 58
Fotografía 17. Vista lateral derecha del prototipo II 59
Fotografía 18. Vista inferior del prototipo II 59

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación se plantea asistir en la comunicación a las personas que tienen parálisis cerebral espástica (PCE). Según el Doctor Bachrach (2013), la parálisis cerebral es un daño provocado a la corteza superior del cerebro, causando diversos deterioros de comunicación entre los diferentes hemisferios cerebrales y por consiguiente a algunas de las partes del cuerpo; ocurre cuando la persona que lo padece lo adquiere a una edad muy temprana o germina desde el vientre materno con esta condición y se clasifica según el lugar afectado del cuerpo tales como un solo lado del cuerpo o las extremidades inferiores (hemipléjica, diplejía), trastorno neurológico y la severidad con la que se encuentra el deterioro se deriva la subdivisión de daños y trastornos.

Para Piovesana (2013), la PCE es un síndrome causado por diferentes etiologías, la más usual es el abuso de sustancias y/o accidentes en la formación del feto en el proceso de gestación, como también en los primeros días de vida. Algunos padecimientos detectados a tiempo son tratados inmediatamente y según el desarrollo es posible controlar su avance. Igualmente, Vázquez y Vela (2016) describen a la parálisis cerebral como problema de salud mundial en niños que nacen o desarrollan este tipo de daño en la corteza superior del cerebro con una complicación permanente de las funciones motrices del cuerpo, sin esperanza a mejorar en un futuro. Por lo que López (2016) afirma que al ser la PCE un déficit del desarrollo embrionario, esta debe ser tratada pertinentemente según el nivel de discapacidad propio de cada niño.

La PCE se diferencia de otras parálisis por la complejidad al momento de enviar pulsos de energía a través de los nervios para controlar y dominar los músculos en general; esta falta de control puede ser mayor o menor según la fluidez del movimiento o la completa contractura de los músculos que por lo general acompañan un daño en los sentidos, en la comunicación del individuo o cognitivo neurológico, como lo explica Póo (2010). En pacientes con PCE, los gestos y rasgos de los neonatos a veces es bastante distintivos, por lo que se procede a un examen especializado para determinar

el déficit, no obstante, la severidad de la avería en el cerebro se lo sabrá en el proceso de vida; porque quienes padecen PCE poseen un impedimento para hablar y formular un dialogo comprensible por la dificultad en el control de los músculos.

La autora Muñoz (2015) describe la importancia de la detección de la PCE en los primeros años de vida del infante, puesto que en este tiempo es donde la rehabilitación adecuada junto a un conjunto de tratamientos y medios se puede ayudar a producir células cerebrales, para así disminuir el trastorno o en el mejor de los casos suprimir por completo el desorden. Por tal motivo, la tecnología ha procurado avanzar positivamente en la medicina y es por esto que los dispositivos de ayuda tecnológica han alcanzado su importancia tanto para médicos como a pacientes que tienen o adquirieron algún tipo de daño, ya que reciben en mayor o menor medida el beneficio en su salud con el uso de la robótica y software específico para este tipo de discapacidades.

Según lo afirman Castillo y Toscano (2016), los niños que son detectados con parálisis cerebral a una temprana edad, podrían ser tratados con un desarrollo nutricional y físico más objetivo y con muchos mejores progresos para su vida diaria, mientras los que no, son más difíciles de tratar, por lo que es necesario un prototipo especializado por cada niño con un déficit cerebral específico. Como lo hace notar Molano (2015), al ser la parálisis cerebral un grupo de desórdenes en el desarrollo del movimiento y la postura, en ciertos casos también se la detecta en lo cognitivo, por lo que las personas con PCE necesitan en gran magnitud ayuda para ampliar su comunicación social, en donde cabe perfectamente el uso de medios tecnológicos para satisfacer la necesidad del paciente.

Los dispositivos tecnológicos especializados tienen gran impacto en la sociedad médica, ya que no solo un médico puede ser la ayuda principal en la recuperación de un paciente, sino también el apoyo de la tecnología según lo afirma la Doctora Berges (2015), puesto que es una ayuda para los médicos en acciones específicas y también para los pacientes en su recuperación. Por lo que desarrolladores de software y

hardware procuran avances significativos en la medicina, probando novedosos prototipos, flexibles, adaptativos y a la vez menos invasivos para pacientes que padecen de PCE, promoviendo la mejora intelectual como social. Sin embargo, localmente estos desarrollos tecnológicos son escasos por lo que este proyecto procura aportar la asistencia que se necesita en la medicina en el área de la PCE.

Según Herrador (2010), se puede aprovechar la tecnología Arduino que es un soporte para prototipos de electrónica que junto con la programación se obtiene un código abierto *open-source* basado en hardware y software de fácil utilización. Esta tecnología fue creada con la intención de que ingenieros, profesores, estudiantes y quienes con mucho o poco conocimiento de electrónica, puedan crear y controlar cualquier objeto. De acuerdo a Lletí (2015), estudiantes que entendieron la complejidad de crear una placa con *pics* y/o transistores, necesitaban una tecnología adaptable y de fácil manejo y de programación y/o comprobación con código libre, legible y fácil de aprender; por lo que Arduino al ser un software y hardware libre, ayuda a los desarrolladores a ampliar los límites de la imaginación en la creación de objetos electrónicos.

Para Galvis (2015), las aplicaciones con Arduino son amigables en el desarrollo como en la implementación, sobre todo, el usuario se siente familiarizado por ser una interfaz intuitiva y fácil de llevar. Por lo que Montesinos (2013), señala que la intercomunicación entre una aplicación desarrollada en Android y complementada con Arduino debe ser lo más estable posible, por medio de estas frecuencias de comunicación pasa la información para el correcto funcionamiento de un prototipo, de esta forma se cumple los reglamentos y requerimientos que debe tener la aplicación y el dispositivo a implementar. Concordando así con Nacho (2016), quien asegura que Arduino es una placa electrónica que trabaja de la mano de la programación, por permitir que su manipulación sea más intuitiva, flexible y adaptable para cada circunstancia.

Las personas con daños en la corteza superior del cerebro necesitan de asistencia que les facilite las actividades básicas, pero sobre todo en la comunicación de ideas y necesidades; tal como lo expresa Calderón (2010), quien resalta a la comunicación

como un factor esencial del ser humano y base fundamental para el desarrollo y participación en el entorno. Por lo que la tecnología ha promovido nuevos avances en la medicina con la entrega de mejores accesorios y adaptaciones que mejoran la calidad de vida de las personas con parálisis cerebral; sin embargo, la frecuente desinformación ha producido una escasa disponibilidad de aparatos tecnológicos especializados y por lo tanto no son adquiridos para las personas con PCE, por la insuficiente variedad y adaptabilidad para aquellas personas que así lo requieren.

Por lo indicado, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo general construir un dispositivo para comunicación básica de personas con parálisis cerebral espástica utilizando tecnología Arduino. De tal manera que para alcanzar lo planteado es necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos:

1. Fundamentar teóricamente los aspectos relacionados a la temática del proyecto.
2. Diagnosticar las necesidades de comunicación y las posibilidades de interacción de las personas con parálisis cerebral espástica.
3. Diseñar un dispositivo con tecnología Arduino que se adapte a las necesidades de los usuarios.
4. Implementar una aplicación para la administración y parametrización de las funciones requeridas por los usuarios.

Al definir el tema del presente trabajo, se considera lo que asegura Gómez (2011) acerca de los aspectos básicos que desde el punto de vista metodológico se debe tomar en cuenta: el enfoque, el tipo de investigación y la construcción teórica del proceso. Así que se procede a realizar la investigación con un enfoque de tipo cualitativo para comprender e interpretar la realidad, con el uso de la investigación bibliográfica-documental que provee de información suficiente de sustento teórico para el desarrollo del proyecto. Con respecto al tipo, es una investigación aplicada ya que según Castillero (2020), al ser cualitativa tiene un carácter interpretativo y comprensivo de los datos existentes en documentos y textos científicos en la búsqueda de lograr los objetivos trazados al abordar el problema planteado.

En lo que se refiere a la construcción teórica del proceso, se concuerda con Acosta y Forero (2017), quienes señalan que la metodología denominada *Design Thinking* o pensamiento de diseño es una filosofía de trabajo usada en procesos de innovación, donde se puede emplear diferentes ideas y perspectivas que van surgiendo dependiendo del tiempo y del modo en el que se desarrolle un proyecto. El *Design Thinking* es un proceso de varios pasos, en donde cada transición siempre vuelve a visualizar el objetivo al cual se quiere llegar, se observa detenidamente cada idea que surge y nunca se deja aparte las muchas o pocas oportunidades que existen al momento del desarrollo de un prototipo.

Según González (2016), la premisa principal para realizar el proceso de un buen *Design Thinking* se enfoca en los valores humanos, puesto que la empatía hacia las personas para las cuales se está desarrollando un prototipo es fundamental para lograr un diseño equilibrado. La comunidad a la que se destina estos dispositivos siempre necesita palpar los avances alcanzados, por lo que debe mostrárselo con explicaciones de funcionamiento de cada una de las partes que lo componen. La colaboración de los individuos o equipo de trabajo es fundamental para que todo el proceso cumpla con las expectativas deseadas, ya que así al verificar con las pruebas pertinentes se puede seguir mejorando y perfeccionando el producto.

Ante la necesidad de solventar la falta de comunicación apropiada que tienen los pacientes con PCE con los demás que, al no tener problemas cognitivos, sino de tipo muscular y no de comprensión, se aprecia que la tecnología avanza de forma sustancial y no objetivamente a cada problema específico de PCE, por lo cual se pretende demostrar que la tecnología puede implicar el uso de un dispositivo de comunicación básica con tecnología Arduino para promover el desarrollo de las personas con PCE para que puedan adaptarse con normalidad a un grupo social; y, debido a que no hay una suficiente variedad de dispositivos que puedan adecuarse a las necesidades específicas de las personas con PCE, el presente trabajo se considera netamente original y factible de realizar por los conocimientos previamente obtenidos.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA

La importancia de la tecnología y los sistemas expertos han tomado una gran relevancia y protagonismo en varios sectores y fundamentalmente en el campo de la psicología y la medicina, ya que con su maniobrabilidad sirven de soporte en el proceso de atención a personas con capacidades especiales, por su aporte en el progreso de adaptabilidad y comunicación con los demás. Por lo que en el presente trabajo se pretende abarcar una de las posibilidades de aplicación de la tecnología en la salud, específicamente a la parálisis cerebral espástica (PCE) la cual puede ser el resultado de diferentes tipos de anomalías genéticas o daños cerebrales; por lo cual se procede a establecer las definiciones y conceptos que esclarecen el tema planteado.

1.1. Parálisis cerebral

Se procede a presentar los principales criterios importantes para definir correctamente la parálisis cerebral de los siguientes autores:

Cuadro 1. Definiciones de parálisis cerebral según varios autores.

Autor	Definición
Belegui López (2013)	A la parálisis cerebral la define como un trastorno del desarrollo del tono postural y del movimiento de manera persistente (no variable), que condiciona una limitación en la actividad de la persona, secundario a una agresión no progresiva de un cerebro no desarrollado.
Sara Lucero (2013)	Asegura que es la expresión más común para describir a niños con problemas posturales y del movimiento que normalmente se hacen evidentes en la primera infancia. Y que no es una expresión diagnóstica, sino que describe una secuela resultante de una encefalopatía no progresiva en un cerebro inmaduro.
Julia Reina y Myriam Sópalo (2015)	Manifiestan que la parálisis cerebral describe un grupo de trastornos del desarrollo psicomotor, que causan una limitación de la actividad de la persona, atribuida a dificultades en el desarrollo cerebral del feto o del niño o niña.
Philippe Hercberg (2021)	La parálisis cerebral es un trastorno global de la persona que, según explica, es un desorden permanente y no inalterable del tono, la postura y el movimiento, debido a una lesión no progresiva en el cerebro antes de que su desarrollo y crecimiento sean completos.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las definiciones de los autores indicados en el cuadro 1, se deduce que la parálisis cerebral es un grupo de alteraciones que involucran las funciones principales del cerebro y del sistema nervioso central, cuya consecuencia es un déficit en la movilidad, audición, visión y la inteligencia social; siendo el aprendizaje una limitante importante.

1.2. Causas

Es una de las anomalías más estudiadas y controvertidas para el área de la medicina, ya que una gran parte del desarrollo cerebral se produce en el trascurso del proceso fetal o durante los dos primeros años de vida, cuando el cerebro absorbe una gran cantidad de nutrientes y minerales que fomenta su crecimiento de la mejor y más saludable manera posible para una posterior madurez. Sin embargo, existe la posibilidad de parálisis cerebral o desarrollar sus síntomas debido a un bajo nivel de oxígeno en zonas específicas del cerebro, como también puede ser a consecuencia de pequeños golpes que a su vez causan sangrados internos, o por infecciones, como lo explica Hurtado (2007).

La parálisis cerebral es una causa de discapacidad y se revela por medio de malformaciones o problemas motores originados en las primeras etapas de vida, con una estadística de prevalencia de dos infantes por cada 1000 niños nacidos, mayormente en aquellos nacidos a término. Los síntomas pueden ser detectados en el embarazo mediante una ecografía al focalizar el desarrollo del cerebro embrionario, o antes de los dos años de nacido, al observar señales leves o muy graves del comportamiento motriz. Se puede distinguir, por ejemplo, que un solo lado del cuerpo responde a contracciones no naturales que realiza un recién nacido, o el médico puede detectar un crecimiento no proporcional de piernas o brazos en función del otro par, o puede detectar extremidades muy desarrolladas, tal como expone Malagón (2007).

1.3. Características

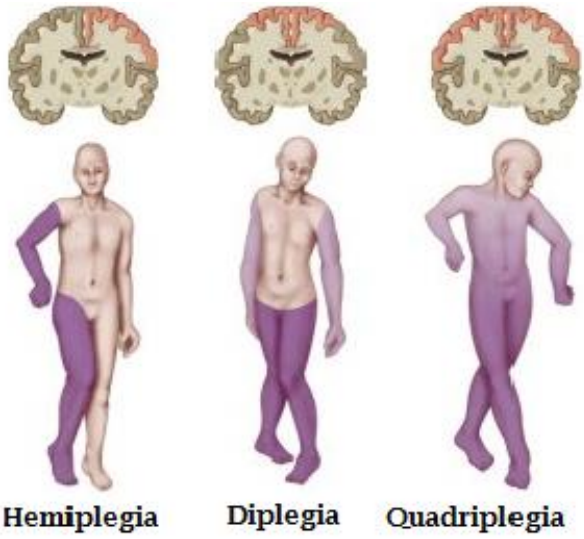
La gran mayoría de niños presentan ciertas características tardías que permiten a los padres estar alertas, puesto que los infantes desde su nacimiento instintivamente realizan ciertas acciones o movimientos, los cuales están ausentes cuando se muestra la indicada patología, presentan movimientos descontrolados, dificultad para hacer roles, sentarse, gatear y marcha inestable. A la vez estas características pueden estar acompañadas de convulsiones, disfagia y deficiencia intelectual, como lo asegura

Casco (2018). Además, señala que existen cuatro tipos de parálisis cerebral, los cuales se clasifican en función del daño cerebral, el tipo de daño en el movimiento y otros síntomas causados por esta condición, siendo la más común la parálisis cerebral espástica, con la cual los reflejos son exagerados y el movimiento muscular es rígido.

1.4. Parálisis cerebral espástica

A la parálisis cerebral espástica (PCE), se la puede identificar por el excesivo aumento del tono muscular (hipertonía), acompañado de un elevado grado de rigidez muscular (espasticidad), lo cual puede inducir a movimientos exagerados y con escasa coordinación, fundamentalmente notorio en las extremidades superiores o inferiores y/o en la espalda. Al aquejar la espasticidad en las piernas, estas se pueden encorvar y cruzarse en las rodillas aparentando tijeras, lo que dificulta el caminar. Ciertos pacientes experimentan temblores y sacudidas incontrolables en uno de los lados del cuerpo que, al ser severas, obstruyen la realización de movimientos, puesto que así lo manifiesta Madrigal (2015).

Ilustración 1. Afectación de la parálisis espástica



Fuente: Tomado a partir de Abass (2019)

La parálisis cerebral no se puede curar y los síntomas persisten durante toda la vida. Sin embargo, una serie de medidas pueden promover la movilidad e independencia del niño. El objetivo es hacer que sea lo más independiente posible. La fisioterapia y la terapia ocupacional, así como el tratamiento con ayudas de apoyo y las tecnologías actuales, mejoran el control muscular y la marcha, especialmente si las medidas de rehabilitación se inician temprano. Con la terapia del habla, el lenguaje puede aclararse y la dificultad para tragar puede disminuir, así con la ayuda de una segunda persona puede comunicarse. Para mejorar su independencia y desarrollo social incluso puede utilizar sistemas expertos que pueden cumplir a cabalidad la comunicación que el paciente necesite.

Según Cashin (2019), el tratamiento se encamina mayoritariamente a que el individuo se pueda desarrollar físicamente lo mejor posible, así como en la convivencia en el entorno social en el que vive. Existe también la posibilidad de la utilización de células madre del cordón umbilical para mejorar el enlace intracerebral y mejorar así tanto el caminar como el hablar. De la misma manera, la rehabilitación con el uso de artículos ortopédicos son las mejores opciones que tiene el paciente con PCE para mejorar su realidad; y, asimismo, los video juegos se han convertido en herramientas que fomentan la utilización de las extremidades y la movilidad en general del paciente, ayudándolo conjuntamente en su interacción con otras personas.

La comunicación

Al ser el principal concepto, dada su importancia en el presente proyecto, se procura dar a entender cómo y para que se crea el prototipo mediante la presentación de las diferentes definiciones investigadas.

Cuadro 2. Definiciones de la comunicación según diferentes autores de artículos científicos

Autor	Definición
Valentina Santos (2012)	Afirma que la comunicación es un conjunto de dialectos o códigos con información, es una cadena de ideas que expresa algún sentido desde el emisor. Quien recibe la información es el receptor, que debe conocer el código que el emisor ha remitido. El canal es el medio por donde se lleva a cabo el mensaje, por donde circula el conjunto de códigos que traduce el receptor; esta vía toma diferentes formas o lugares, por lo que el mensaje debe ser conciso y claro para evitar confusión al interpretar el mensaje.
Roberto Pascual (2016)	Describe que la comunicación se lleva a cabo en varios pasos para que sea lo más fluida posible. El primer paso es la expresión de un mensaje y el último paso es cuando el interlocutor entiende la idea transmitida. Por consiguiente, la comunicación ayuda a diferenciar el proceso que está llevando a cabo el emisor, quien utiliza un código para elaborar el mensaje sea hablado, escrito, musical, por señales, etc., donde nace el propósito del mensaje para que tenga un fin concreto al llegar al receptor.
Irene Palacios, Paola Traverso y Brian Williams (2017)	Según manifiestan los autores, la comunicación es el medio que utiliza el ser humano para transmitir y expresar lo que se encuentra en su interior, sean pensamientos, ideas o sentimientos; y para que logre su efectividad es necesario que se apliquen algunas estrategias y formas al momento de transmitir o recibir la información.
Cecivel Huaraca (2020)	Aclara que es la acción de comunicar o comunicarse, añade que se entiende como el proceso por el que se transmite y recibe información. El ser humano tiene la capacidad de comunicarse con los demás, considerándola como la acción consciente de intercambiar información entre dos o más personas que tienen la habilidad de relacionarse con los demás.

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que la comunicación es el intercambio de información entre las personas y constituye una necesidad fundamental en la vida humana. Está estrechamente relacionada con la interacción social porque crea y cambia las relaciones. Por lo tanto, es un proceso interactivo e interpersonal que está compuesta por elementos que forman parte del intercambio de hechos. De tal manera que se convierte en un medio de conexión o de unión entre uno o varios individuos que forman un dialecto para transmitir un mensaje, es decir que cada vez que se interactúa con otras personas en un contexto dado, se transmite emociones que son perceptivas durante un tiempo específico, lo que hace que se establezca un vínculo con ellas.

Entonces, la comunicación es la transmisión de información entre dos o más entes, los campos que pueden utilizar varían según las circunstancias en las que se encuentran y la cantidad de información a transmitir. Los seres humanos utilizan ciertos métodos para la comprensión y asimilación de la información emitida, para proporcionarle sentido y así compartirla. Se la debe realizar de persona a persona, por lo que debe conocerse los factores significativos y cómo afectan a las personas y/o su entorno. Se ha demostrado que las señales acústicas, visuales y kinestésicas son memorizadas, por consiguiente, Brito, Sotomayor y Tenesaca (2018) explican que los caracteres o acciones impactan en mayor o menor medida según las cualidades de las personas quienes receptan la información dependiendo del tipo o forma de comunicación.

Por lo tanto, para que la comunicación pueda tener acción en un individuo debe llevar ciertas normas y requisitos para que cumpla la decisión de comunicar, es decir, que pueda ser entendida la información a través del habla del sujeto con sustento para el envío de información, lo que puede ser a través de mensajes sean hablados o escritos e incluso gestos si el caso así lo requiere. Es por tal circunstancia que las personas con PCE tienen una gran diferencia de comunicación entre ellos y con los demás, por lo que es importante conocer las cualidades individuales del sujeto para así ayudarles a mejorar su comunicación y proveerles una mejor calidad de vida en el entorno donde se encuentre.

La comunicación básica

Para transmitir ideas se considera principalmente el uso de la comunicación básica, es decir, de persona a persona, sin la necesidad de un procesamiento de información complejo, para que el ser humano entienda fácilmente y así deduzca lo que el interlocutor desea dar a conocer. Por lo cual Zayas (2015) expresa que la comunicación es una función básica de vital importancia para el desarrollo de una sociedad. Agrega que el hombre en sus inicios tuvo que valerse de señas y gestos para relacionarse con sus semejantes, para de esta manera poder subsistir ante las necesidades básicas como alimentación, seguridad, entre otras, constituyéndose así los orígenes de la comunicación al ser trasmitidas de unos a otros.

Se encontró además a varios autores que explican la definición de comunicación básica, a saber:

Cuadro 3. Definiciones de comunicación básica según investigadores

Autor	Definición
Filiberto López (2014)	Explica que la comunicación entre individuos es el eje de la vida social en todas las culturas; y, la lengua es la manifestación concreta de la capacidad humana para comunicar el pensamiento y los sentimientos, es decisivo como apoyo de la memoria y complemento indispensable de la percepción y recurso básico de la imaginación.
Yomary Huanga (2015)	Indica que el lenguaje es un instrumento básico para la relación interpersonal; es un acto de comunicación que permite intercambiar ideas y emociones. Se encuentra estrechamente unido a la inteligencia y al pensamiento, ya que para llegar al lenguaje tenemos que ser capaces de imaginar y recordar, tener el símbolo de las cosas sin que éstas se encuentren presentes.
Maite Moyá (2016)	Revela que la comunicación es un proceso interactivo que se realiza entre personas que entienden la interlocución general en sí. Puede llevar etapas, interactividad y ser interpersonal, porque ocurre entre uno o más individuos, compuesta por elementos que pueden comprender los interlocutores.
Pablo Ladino (2017)	Describe a la comunicación como un sistema que integra un modelo elemental que involucra la acción y la reacción, por complejo que sea su contenido; por lo cual se la entiende como un nivel de intercambio de información. Además, indica que existen varios elementos en común: fuente, codificador, mensaje, canal y receptor.

Fuente: Elaboración propia.

De las definiciones expresadas, se determina que la comunicación básica es una de las formas primarias que el ser humano ha tomado y perfeccionado, utilizando como

base el lenguaje verbal nativo que ha adaptado a su entorno, por lo que en cada parte del mundo existen diferentes expresiones y dialectos que se utilizan para expresar y formar una comunicación fluida y en un contexto concreto que puedan entender las dos partes.

Niveles de comunicación

La comunicación es más que una forma de expresarse, debido a que puede tener varias formas y estilos. Es una interacción entre individuos y, por lo tanto, sirve no solo para transmitir una idea o mensaje con algún contenido, sino también para construir una relación entre quienes forman parte de la comunicación. Al igual que todas las actividades del ser humano, la comunicación interpersonal (cara a cara) es dirigible y por lo tanto puede ser planificada, organizada, liderada y controlada, como lo manifiesta Zayas (2015), quien además señala que según la naturaleza de los signos empleados puede suscitarse generalmente en cuatro niveles diferentes:

- Verbal: lo que se ha dicho, la palabra misma.
- No Verbal: lo no dicho, expresiones faciales, gestos, diseños tales como imágenes.
- Paraverbal: comportamiento de habla, pronunciación, volumen.
- Extra Verbal: condiciones marco, tiempo, lugar, relación de comunicación, apariencia, tipo de medio.

Tecnología Arduino

La tecnología de Arduino es una plataforma con un sistema de código abierto, que está basado en controladores y software libre, con un fácil manejo y acceso para creadores y desarrolladores. Para adquirir un conocimiento pleno sobre el tema necesitaremos la comprensión de varios conceptos que van a ser expuestos a continuación.

Cuadro 4. Definición de Arduino según algunos autores

Autor	Definición
Emilio Sánchez (2012)	Arduino provee un soporte significativo a la electrónica por su diseño y hardware libre, permite que las personas no requieran de una licencia para manipularlo, junto con su código abierto lo hace más accesible al público.
Ricardo Cajo (2013)	Una placa electrónica o una Placa de Circuito Impreso, las superficies planas fabricadas en un material conductor, puede estar de distintas capas de material conductor, haciéndola muy resistente y adaptable a la demanda del diseño.
Rubén Nacho (2016)	Arduino es una plataforma electrónica de código abierto con un microcontrolador, esto quiere decir que tiene un ordenador integrado en un chip que permite interactuar con la plataforma de manera muy sencilla.

Fuente: Elaboración propia.

Con el paso del tiempo, Arduino ha sido el componente principal de cientos de proyectos, desde objetos cotidianos tales como un reloj despertador, hasta dispositivos científicos complejos. Arduino tiene una comunidad extensa que aporta constantemente al desarrollo, en el que participan estudiantes, aficionados, artistas, programadores y profesionales, que gracias a sus contribuciones se ha almacenado información de acceso público para profesionales y quienes están empezando. Por lo que, complementando la información citada, se establece que Arduino es una placa de hardware libre conformada por microcontroladores, que junto con su código abierto permite una gran facilidad de uso en proyectos de electrónica y gracias al software que maneja, brinda una gran flexibilidad al momento de desarrollar aplicaciones.

Características de la Tecnología Arduino

El Arduino es una placa conformada por microcontroladores, que son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, siendo el principal de este el *Atmega328*, por el cual se maneja por el lenguaje de programación C++ que se puede utilizar en el entorno Arduino IDE. Con estas instrucciones se pueden crear programas que interactúen con los componentes de la placa. Su microcontrolador tiene la capacidad de establecer una conexión entre la placa y distintos periféricos, a la que la denominamos como interfaz de entrada. Una vez que se conecten los periféricos a la placa estos transmitirán la información al microcontrolador el cual se encargara de procesar los datos y ejecutar las instrucciones programadas.

Arduino es una placa de hardware libre que utiliza un microcontrolador programable con diferentes modelos y distintas características (desde el tamaño físico, modelo del controlador, número de pines, etc.), brinda la facilidad de compartir similitudes de software, arquitectura, librerías y documentación, tal como lo indica Ojeda (2018). Asegura que el Arduino es extensible lo que permite desarrollar placas electrónicas sin problema, con acceso a un sistema de placas no oficiales de distintos propósitos y con sus librerías permite la adaptación según la necesidad; y, por la comunidad trabajando en la plataforma, permite instalarlo y ejecutarlo sin ninguna dificultad en varios sistemas operativos. Según Halley (2015), Arduino utiliza un lenguaje de programación *(writting/processing)* de alto nivel, que ejecuta las instrucciones de microcontrolador.

Fotografía 1. Arduino



Fuente: Tomado a partir de Ojeda (2018)

Lenguajes de programación que soporta Arduino

Un lenguaje de programación es una herramienta para instruir acciones a un computador, de esta forma se puede ejecutar varios comandos seguidos, es un programa. El programa está traducido al lenguaje de máquina o código binario, consiste en el cálculo de varias operaciones aritméticas que se llevan a cabo una tras otra, ya que un computador no puede agregar o entender nada más que código binario. Sin embargo, hace esto de manera tan rápida y eficiente que toda la tecnología informática actual se basa en esto, Arduino no es la excepción y necesita de lenguaje de programación para poder ejecutar las acciones requeridas para una determinada tarea. A continuación, algunos de los mejores lenguajes de programación:

Cuadro 5. Comparación de lenguajes de programación

Lenguaje de Programación	Descripción	Ventaja	Desventaja
ArduBlock	Lenguaje de programación básico y fácil de usar, usa bloques para programar en la placa Arduino y los integra a manera de rompecabezas (Infante, 2021).	• Fácil de escribir e identificar los procesos. • Programación en forma visual.	• No puede llevar programas o funciones muy pesadas o complejas.
Snap4Arduino	Lenguaje de programación visual de bloques: arrastrar y soltar, este lenguaje permite interactuar con la mayor parte de versiones (Eusakara, 2021).	• Se basa en el lenguaje de Tomar y Soltar (Drag&Drop) • Muy Simple y sencillo el formato de programación.	• Procesos muy largos requiere de una gran capacidad metódica y complicada.
C#	C# es lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft tomando de base a C y C++, con mejoras de otros lenguajes, también ocupa una plataforma .NET similar a la que utiliza java.	• Muy fiable, estable y seguro al programar. • Orientado a objetos, las librerías de programación casi infinitas. • Muy fácil de programar por su ambiente de trabajo no agresivo.	• Se necesita bases de programación. • Es muy complicado identificar los objetos si no se especifica correctamente. • Necesita de una licencia.
Python	Lenguaje multiplataforma de fácil manejo sin fin concreto, puede ser de uso general, incluso orientado a objetos o solo como funcional, puede funcionar en varios sistemas operativos y compila directamente basándose en el código.	• Muy Fácil de identificar los puertos. • Amigable, fácil de configurar y/o programar.	• Se requiere de bases de Programación. • Necesita de un hardware robusto para ejecutar las acciones.
Sketch en Arduino	Programa en el que se almacenan determinadas tareas que la placa las va a realizar por medio de la lectura del código.	• Existen blog de ayuda para este tipo de programa. • Muy fácil de programar y amigable en su entorno.	• Se necesita de conocimiento de programación en C. • Difícil identificación de librerías y objetos declarados en la programación.
Android Studio	Entorno de desarrollo integrado basado en IntelliJ IDEA, se centra en creación de apps para Android donde tiene varias plantillas de código para usarse y facilita el manejo de este lenguaje.	• Amigable, flexible y fácil de usar. • Mejor ambiente y prestaciones. • Base de desarrollo y ayuda de Google.	• Limitado a un sistema operativo. • Demanda costo de desarrollo y conocimiento básico de programación.

Fuente: Elaboración propia.

Con el avance de la tecnología se ha ido desarrollando diferentes lenguajes de programación con el fin de facilitar y ahorrar tiempo a los programadores, junto con la nueva tecnología móvil, Google dio origen a uno de los mejores lenguajes que es el *Android Studio*, que brinda una facilidad para editar el código junto con una compilación rápida y una ejecución en tiempo real y directo de la app en desarrollo mediante el móvil, reconociéndolo como uno de los mejores desarrolladores de app. Sin embargo, no soporta para el desarrollo para *NDK* junto con que no permite el uso o ejecución en diferentes sistemas operativos, pero a cambio es de uso práctico, fácil y que se podría emplear con un conocimiento básico de programación, se puede dar origen a apps básicas hasta complejas con una buena estabilidad en su ejecución.

Design Thinking

El *Design Thinking* es un concepto relativamente nuevo que se ha implementado gradualmente en los últimos años en la creación de productos y prototipos para satisfacer las exigencias de los mercados actuales. En las empresas en las que los prototipos son lo más adecuado para probar el mercado, esta metodología toma fuerza porque ayuda a los diseñadores a mejorar el proceso agilizándolo y aumentando las posibilidades del que el modelo sea el indicado para el mercado al que se dirige. El estudio del mercado es importante, como lo resalta Isaza (2016), puesto que el mercado se expande y el prototipo debe apuntar a alcanzar un impacto en él, por lo tanto, esta metodología es una opción estimada y adecuada porque asiste en el perfeccionamiento propicio y sistemático para el producto final.

Por lo expuesto, el *Design Thinking* es un proceso que busca comprender al usuario final para ayudar a solucionar el problema con un mejor servicio y/o prototipo, dando así una mejor adaptación para el desempeño planteado. Los resultados que se obtienen gracias a esta metodología de desarrollo poseen cuatro fases, las cuales se presentan a continuación.

Fase I: Empatizar

Según Romero (2013), la primera fase de la metodología *Design Thinking* se refiere a la empatía con aquella persona o colectivo para el que se realiza la labor de diseño de una solución mejor; es decir, que es necesario ser parte de una solución, proponiendo el bien común sobre el personal, de tal manera que se conciba la satisfacción del futuro usuario en función de sus necesidades. Por lo tanto, es la forma de cómo se construye una idea para brindar una solución concreta y eficiente para el usuario final, no obstante, la búsqueda del mejor y ergonómico diseño viene de como el usuario final puede operar desde dicho instrumento, por lo tanto, el pensamiento debe estar por completo en el objetivo y versatilidad del individuo que vaya a utilizar el próximo artilugio.

Fase II: Definir

La metodología *Design Thinking* transmite lo que expresa la palabra definir, es decir la enuncia en un contexto refiriéndose al problema a desarrollar, por lo que esta metodología especifica en la mejor forma posible el problema, para así tener en claro el proceso a llevar a cabo. De acuerdo con Romero (2013), se debe hacer preguntas relativas a la solución del problema afines con las necesidades que tiene el usuario, causas del problema, eficiente proceso, entre otras; con esta información se puede determinar el objetivo del proceso; no obstante, la dinámica de cómo se ejecuten los cuestionamientos se obtendrán respuestas de forma más directa y eficiente que beneficiará a la funcionalidad y equilibrio que debe tener el producto en específico, lo que implica un conocimiento amplio de lo que se necesita para llegar al objetivo final.

Fase III: Prototipar

Prototipar las ideas es la primera prueba, es donde se observa el desarrollo y las falencias que ocurren para adaptar de mejor manera la solución final, es decir de las fallas encontradas tanto en adaptación y ergonomía deben aprenderse y mejorar para

el próximo modelo que se realizará. Para Romero (2013), al menos dos prototipos deberían desarrollarse para constatar que el funcionamiento y la adaptación al entorno sean correctos, no obstante, la predicción de los futuros errores debe estar definidos correctamente en la fase de definición de la problemática, es decir, es el complemento de la fase de definición para así llegar a una forma óptima. Por lo que manifiesta que los resultados de realizar los primeros prototipos podrán ser los siguientes:

- Prototipo I

Mala estética
Mala autonomía
Mala flexibilidad a las adaptaciones que requiere el paciente

- Prototipo II

Estética mejorada, con más rigidez
Teclado amplio para mejor comodidad al paciente cuanto quiere comandar una acción
Mejorar autonomía

Como explica Brown (2015), un prototipado resulta ser un ensayo rápido, barato, tangible y muy flexible a las adaptaciones futuras que pueda tener un nuevo modelo de producto para así concebirse en un ejemplar listo para salir a ser probado en el entorno para el cual fue desarrollado, no obstante, este prototipo puede o no tener todas las funciones o características que deberá tener al final, sin embargo, la adaptabilidad al cambio es lo que le hace surgir para las siguientes formas posibles y las diferentes fases de interacción pueden ser infinitas, considerando al tiempo como primordial para un efectivo desarrollo del proyecto convenientemente realizado.

Fase IV: Evaluar

Concordando con lo indicado por Marín (2015), esta etapa a pesar de ser una de las últimas en la metodología *Design Thinking*, define todos los parámetros anteriormente presentados, lo cual asegura que el proyecto y/o prototipo tenga un modelo lógico y certificado para su correcto funcionamiento. Empero, no todos los proyectos son aprobados al primer intento, lo que hace que los primeros prototipos puedan tener alguna falla a corregir para definir un correcto funcionamiento en el futuro de este prototipado; sin embargo, la evaluación que se obtenga del usuario final es la más considerada, ya que define el proceso y lo utilizará en el futuro. Asimismo, otra forma de definir la evaluación del sistema es la prueba a un sobre esfuerzo, donde se evalúa los efectos y el proceso que lleva cada uno para una sobre explotación del sistema.

CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología hace referencia al conjunto de procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos que rige una investigación científica, dicho de otra manera, es una exposición doctrinal de tareas que requieren de ciertas habilidades, conocimientos y cuidados específicos. Con frecuencia puede definirse a la metodología como el estudio adecuadamente aplicable para determinado objeto.

2.1. Metodología de la investigación

La metodología de investigación es una disciplina que se encarga de elaborar y sistematizar los diferentes procesos y técnicas, para que en el desarrollo de un proyecto sea posible pronosticar los posibles acontecimientos. Como lo explica Gómez (2013), la investigación consiste en la percepción y comprensión del objeto a estudiar; no obstante, debe ser directa y objetiva cuyos resultados obtenidos sean comprensibles, para así poder establecer un conocimiento específico. De la misma manera Hernández (2014), indica que la investigación se utiliza para solventar un problema planteado, para lo cual es necesario definir tanto el objetivo general como los específicos, de esta manera se determina el campo que abarca y entonces será posible establecer como se solucionaría el problema.

2.2. Método de investigación analítico-sintético

De acuerdo con Pérez y Rodríguez (2017), el método analítico-sintético tiene gran utilidad en la búsqueda y procesamiento de información, ya que el análisis que se realiza posibilita descomponerla en lo indispensable con respecto al objeto de estudio, mientras que la síntesis lleva a generalizaciones que contribuyen a la solución del problema científico mediante la construcción de regularidades, principios o leyes que conforman una teoría; por lo que para un mejor desarrollo del proyecto, se emplea este tipo de investigación ya que mediante el proceso de desarrollo se mantiene las actualizaciones necesarias para mejorar la construcción y avance del producto.

Además, se puede proporcionar las partes del producto a posibles usuarios para obtener información más detallada de las características de uso y de esta manera analizar su funcionamiento y perfeccionarlo.

2.3. Tipo de investigación

Asegura Sanca (2011), que se debe obtener información de fundamento sólido ya sea teórico o experimental, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento alcanzado. Manifiesta que para llegar a los objetivos propuestos se escoge el tipo de investigación científica a usar, que para el actual proyecto es la investigación aplicada. Según el autor esta utiliza la experiencia del investigador y la emplea en estudios de campo; de tal modo que se relaciona con la investigación experimental por basarse en la manipulación de la realidad para observar lo que sucede en situaciones vigiladas. Por lo que, en el presente trabajo se obtiene datos en condiciones controladas, información recopilada que es detallada por un sistema auxiliar que comunica lo necesario para mejorar el ambiente en el que se encuentra la prueba del producto final.

2.4. Enfoque de investigación

La presente investigación es de enfoque mixto, que según Otero (2018) el método de este enfoque busca responder a un problema de investigación desde un diseño concurrente, secuencial, de conversión o de integración según la finalidad establecida. Señala que recolecta, analiza e interpreta datos cualitativos y cuantitativos que el investigador considera necesario para su estudio. Este método posee la visión objetiva de la investigación cuantitativa y la visión subjetiva de la investigación cualitativa, las cuales se fusionan para dar respuesta a problemas humanos. El autor asegura que la validez del método mixto que se emplea busca la eficacia interna y externa del enfoque cuantitativo, así como la dependencia y otros criterios del cualitativo, además de otros elementos como el rigor interpretativo, calidad en el diseño y legitimidad.

Población y muestra

De acuerdo con Arias, Miranda y Villasís (2016), es el conjunto general de algún tipo de objetos y/o personas, que integra participantes que tienen características particulares que permiten responder los objetivos planteados y con sus respuestas es posible extrapolarlos a poblaciones similares. Aseguran que generalmente para cualquier estudio se incluyen muestras o subgrupos de poblaciones y en pocas ocasiones la población total, situación suscitada porque se ahorra tiempo y recursos, además de que a veces estudiar a la totalidad de los miembros puede ser una tarea inaccesible o imposible de realizar. Para la obtención de los datos en el desarrollo del presente proyecto de investigación se toma como muestra al personal médico que se desenvuelve en el tratamiento de personas con parálisis cerebral espástica.

Tabla 1. Población y muestra objeto de estudio

Individuos	Población	Muestra
Personal médico especialista en atención a pacientes con PCE	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Recolección de la información

Según señala Tamayo (2015), la recolección de datos es la forma en la que se interpretan los datos obtenidos por medio de instrumentos, estos son pasados a estudio por medio de herramientas o técnicas que pueden ayudar en el análisis del desarrollo del producto, por lo tanto, el tiempo en que se aplique el instrumento es primordial para saber la particularidad del proceso. De tal manera que las encuestas son un método de investigación y recopilación de datos para obtener información de personas sobre temas específicos o variados, según la necesidad del encuestador y tiene una finalidad específica para cada método de investigación para validar los datos y llevar acabo el conocimiento de un entorno.

Una de las características de la encuesta según Malhotra (2019) es la necesidad de examinar, analizar y estudiar, procesos o actividad especificas o abiertas de algún tema determinado. Es la técnica por excelencia para la recolección de datos, da lugar a establecer contacto con los encuestados, sabiendo así de primera mano la forma en que reaccionan ante la encuesta. Es el diálogo entre dos personas, puesto que de esta forma se trata de captar las opiniones que dio lugar a la charla en la cual se discute un tema en específico, así el entrevistado es más específico en sus respuestas y la entrevista es más concreta al objetivo que se quiere llegar. De tal manera que el instrumento a utilizar en este proyecto es una encuesta como mecanismo para la recolección de datos que permitirán informar acerca del avance del producto.

Propuesta de investigación

Según como lo enfoca el autor Peralta (2016), el *Design Thinking* es una herramienta, que ha ido tomando fuerza de una forma muy consistente y enfocada a fomentar la innovación de las empresas y organizaciones, para que con esta nueva metodología revolucionaria se pueda formar una cultura de eficacia y eficiencia para que así puedan mejorar el producto en relación a la competitividad del mercado a su alrededor. Por otra parte, según el Institute of Design at Stanford (2017), señala que esta metodología es muy flexible para todos los campos de investigación, puesto que está en cada paso haciéndola muy eficaz en cuanto a decisiones y tiempo, no obstante, se ha visto que las nuevas investigaciones han tomado un rumbo maleable pero a la vez con la sencillez que se necesita para desarrollar la presente investigación.

Empatía

Para Brown (2015), la empatía es la base para el proceso de un diseño que se está tratando de centralizar en las acciones e ideas de los usuarios o del investigador; en otras palabras, es profundizar y comprender las necesidades, para objetivos planteados y dar una mejor solución lo más simple posible. Por lo que para este proyecto se establece como finalidad principal la creación de un dispositivo que pueda

ser de utilidad diaria para las personas con PCE, de esta forma la idea es adecuar un teclado para que por medio de comandos pueda expresar de una forma directa las necesidades básicas de las personas con este tipo de capacidades especiales.

Definición del producto

La fase de definición del producto aclara el camino a seguir con el producto final, de esta forma se busca la idea principal del diseño, por lo que el proceso que se lleva a cabo, los materiales y las modificaciones son revisados minuciosamente para que el proyecto pueda tener una futura adaptación en el entorno. Se trata del enfoque hacia la solución del problema sin dejar de lado el lado crítico constructivo del proceso de solución, de esta manera se observa un punto significativo que puede ser el ítem de partida para el procedimiento y el manejo adecuado del asunto. El producto se adapta a las necesidades de las personas con PCE, ya que el objetivo es analizar y comprender los requerimientos y prioridades de estos individuos, dándoles un excelente beneficio y adaptabilidad para el desenvolvimiento en su entorno.

Como el objetivo principal es hacer un prototipado elemental de un dispositivo de comunicación básico para personas con parálisis cerebral espástica utilizando tecnología Arduino, se indaga lo suficiente para poder descartar posibles falencias o daños que puedan ocurrir en el proceso de construcción del modelo y dar cabida a diferentes posibilidades, para así proporcionar un prototipo adaptado a las necesidades del usuario, alcanzando de esta manera lo planteado. Dicha situación se convierte en una posibilidad gracias a la base lógica de la creatividad en la solución práctica, que a su vez fomente que el proceso de mejora o adaptación pueda surtir su efecto eficientemente.

Prototipar

En esta fase, el prototipado se convierte en una realidad ya que se construye de forma objetiva y concreta para realizar la prueba de campo en la realidad para la que fue

erigido. Como lo afirma Chiluiza (2016), el proceso de desarrollo de un prototipo difiere de todos los demás ya que antes de realizarlo existe un proceso de búsqueda y adaptación no probado para la creación de un nuevo modelo, en otras palabras, hay un método de observación previa para el desarrollo del dispositivo; sin embargo, estas exploraciones anteriores no definen una creación correcta del prototipo, ya que en el ensamble se encuentra diferentes formas de realizarlo e incluso materiales que pueden facilitar el proceso. En esta metodología se cubre varios objetivos, se inclina hacia las mejores ideas y se establece un prototipo de lo escrito a lo tangible.

Evaluar

Esta fase de la metodología propone mejorar y solucionar los modelos, puesto que, en esta parte, los prototipos se los envía a evaluar a los usuarios finales y de estos se toma la información que es necesaria para mejorar el funcionamiento y acoplamiento a los requerimientos, para después de mejorar el diseño se los pueda volver a evaluar con los usuarios finales y así mejorar la interacción del usuario y el dispositivo. En la evaluación de los usuarios, se prueba el producto en el campo al que fue desarrollado; puede ser que este ensayo tome tiempo, ya que se necesita revisar los posibles casos de falla, si existiere; caso contrario, el proceso de acople será de forma directa y objetiva a la que fue construido.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Primera fase

La investigación de los requerimientos de los usuarios es esencial para un prototipo idóneo, ya que se puede manejar con mejor eficiencia y agilidad el proceso, además de pruebas con mejores resultados. El detalle y adaptación del modelo es primordial y el tiempo que lleve generarlo debe ser el adecuado para no retardar los procesos siguientes. Por lo tanto, es necesario realizar una encuesta que posea preguntas que exprese las necesidades del diario vivir de las personas con PCE para proporcionarles una solución para una vida mejor. Para ello se requiere de un cuestionario a personal médico, porque pueden definir las modificaciones del prototipo según la afectación de la patología. La configuración del prototipo y la adaptación es crucial por no ser estándar, es personalizado e individual según la dificultad del paciente con PCE.

3.2. Segunda fase

Las necesidades de definir con mesura las opciones más relevantes para el desarrollo, implican un conocimiento amplio de lo que se precisa para llegar al objetivo trazado. Para lo cual, se pretende utilizar varios materiales, entre los que se destaca el Arduino que es uno de los mejores dispositivos de hardware de software libre y por ello es uno de los más flexibles en cuanto a materializar prototipos, según las necesidades de los usuarios este ofrece gran variedad y estilos de placas de los cuales se detalla los siguientes:

Cuadro 6. Características del Arduino

Modelo	Características
Arduino UNO	De los primeros y más utilizados en la educación, es un microcontrolador más sencillo y fácil de usar. La desventaja es la necesidad de utilizar módulos exteriores para control y hacer la función para poder alcanzar estándares.
Arduino Leonardo	Es un controlador muy útil, con relación muy parecida al Arduino UNO, la diferencia son los puertos del microcontrolador, que puede servir para la comodidad del creador.
Arduino Due	Es el primer Arduino con un procesador bastante potente como para poder controlar un núcleo basado en los 32 bits, es muy llamativo y potente pero su precio si es algo elevado en comparación con sus otros hermanos.
Arduino Yún	Microcontrolador bastante útil en redes inalámbricas, ya que no solo puede servir como un punto de red sino también cuenta con una entrada Ethernet, todo esto incorpora un puerto tipo USB-A y una ranura de micro-SD con 20 pines.
Arduino Robot	Primer Arduino oficializado, viene por defecto con ruedas, dos motores en su sistema y cargado con programa básico de seguido de líneas, es uno de los más potentes, el más costoso y grande en relación con los Arduino, pero el costo beneficio que tiene este Arduino es muy igualitario, ya que con este Arduino se podrá robotizar todo mientras sea una aplicación móvil.
Arduino Explora	Derivado de la placa de Arduino Leonardo, la diferencia con las demás placas es la incorporación de sensores listos para usar y relación de intercomunicación entre estos para facilitar el movimiento y/o control de acciones mientras de sensores se trata; incorpora un joystick para futuras incorporaciones en cuanto a movimiento y Leds que informan el funcionamiento.
Arduino Mega ADK	Placa de microcontrolador, tiene una interfaz de host USB para conectar a teléfonos móviles de Android, ayuda a integración de funciones móviles y accesiones de emparejamiento, alto costo en relación con las demás placas de la familia de Arduino.
Arduino Ethernet	En relación con las otras placas, las placas de Arduino ethernet son más simples y para propósitos específicos.
Arduino Mega 2560	Es un microcontrolador basado en un procesador ATmega2560, el cual tiene 54 pines de entrada y salida, los cuales son comúnmente utilizados para manera y proporcionar control a partes específicas de algún hardware que se quiera enlazar.
Arduino Mini 05	Microcontrolador minúsculo de la familia Arduino, cuenta con solo 14 pines y con una base de datos limitada a los 2 MB por lo que su programación debe ser específica para funciones en control o de sensores que necesiten validaciones por cálculos.
Arduino Nano	Tablero muy pequeño, completo y fácil de usar, microcontrolador potente y flexible para labores complejas en una placa completamente minúscula, tiene entrada USB mini-B que facilita el encaje en plataformas o estuches de poco espacio. Su potencia y flexibilidad para adaptarse a módulos externos mejora su funcionamiento y el sistema que se quiera obtener.
Arduino Pro Mini	Tiene un microprocesador que ayuda con tiempo de respuesta aceptables en cálculos exigentes, así se amplía el espacio de memoria y se lleva a cabo una cierta forma de especificar los procesos ya que sigue limitado por solo 14 pines.
Arduino Pro	Placa de microcontrolador, puede realizar cálculos a 16 MHz con 14 pines de entrada y salida digitales, es una placa adaptable y funcional dependiendo del sistema o como se quiera llevar a cabo el proyecto.
Arduino Micro	Microcontrolador que se basa en la flexibilidad de compartición de procesos, es muy fiable en la repartición de puntos de voltaje, cuenta con 20 pines y una entrada micro USB que lo hace más compacto.
Arduino Fio	Menor tamaño y gran capacidad de proceso de información, con antenas de recepción y emisión para conexiones a distancias no muy extensas, basada en microcontrolador ATmega328V que funciona con 3.3V y velocidad máxima de lectura de 8 MHz.
Arduino LilyPad	Este particular Arduino se concibió para la adaptación de telas conductoras y de transmisión de datos por lo cual es muy raro.

Fuente: Elaboración propia.

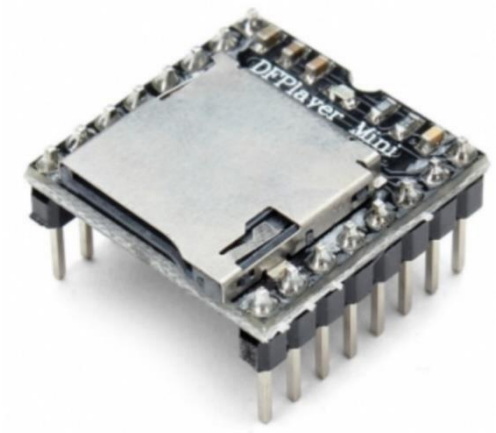
En base a la investigación realizada se puede concluir que el mejor para el proceso de la creación del primer prototipo es Arduino NANO, puesto que es una de las mejores placas y además existe una gran cantidad de información que ayuda a la creación del modelo para las personas con PCE. Otra de las virtudes es que su tamaño ayuda a la adaptación de una *case* en el cual se pueda moldear todos los componentes a utilizar en el prototipado; sin embargo, la codificación que requiere es basada en C++ por lo cual el entorno de desarrollo es parte de la investigación y adaptación para el sistema seleccionado.

Entre los materiales que también se utilizan son los módulos inalámbricos, los cuales son tarjetas y/o accesorios compatibles con el microcontrolador de Arduino, por ello hay una infinidad de módulos a los que se le puede adaptar según el requerimiento del creador del prototipo, que para este caso detalla los módulos utilizados:

- DFPlayer Mini MP3.

Es un módulo pequeño que reproduce el sonido en MP3, es muy compacto y resistente de bajo precio y con muy buen desempeño.

Fotografía 2. Módulo DFPlayer Mini



Fuente: Tomado a partir de Morales (2017)

- Modulo Bluetooth HC-06

Este módulo es el más utilizado para las conexiones inalámbricas que Arduino ofrece, su costo es muy accesible y cuenta con gran cantidad de tutoriales para la configuración de este según lo que el usuario lo requiera.

Fotografía 3. Modulo Bluetooth HC-06



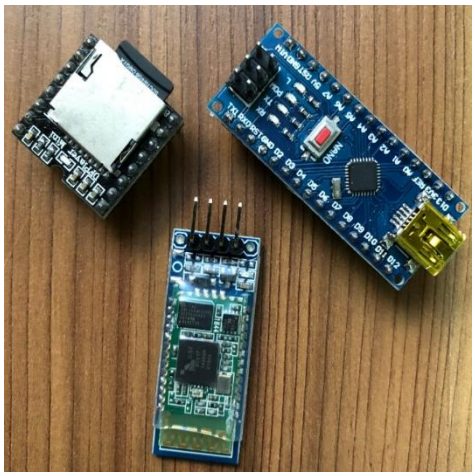
Fuente: Tomado a partir de Pineda (2015)

Concordando con Romero (2013), se decide elaborar dos prototipos por lo tanto, seguidamente se procede a definir el primer prototipo, para lo cual se plantea una construcción sencilla, portable y lo más liviana posible, de tal manera que para ello se opta por módulos pequeños y no muy costoso, de esta forma también se delimita que el primer prototipo no debe tener una armadura o case rígido, por lo cual este primer prototipo es un poco más flexible en cuanto a manejo de módulos; por otro lado, la construcción y la adaptación de software es Android Studio, creando así una adaptación lo más parecida al producto final. Como adaptación tenemos los siguientes módulos:

- Módulo Arduino NANO
- Módulo Bluetooth
- Parlante de Salida o Speaker
- DFPLayer Mini
- LCD 16X2

El primer prototipo está basado en la idea principal para la comunicación del individuo, para el cual se estableció parámetros basados en la utilidad del habla en el entorno en el que se desarrolla el usuario para que pueda satisfacer sus necesidades. Luego de la primera prueba es posible hacer las correcciones respectivas y así continuar el proyecto. En el prototipo I se instalan todos los componentes seleccionados, lo cual facilita el proceso de ensamblaje por el tamaño que poseen los módulos, sin embargo, el proceso da cabida a una serie de fallas por medio de cables no firmes en el proyecto, porque no se ha creado la impresión de base para la prueba pertinente, es decir el prototipo se encuentra en el formato más simple que se puede presentar sin una base firme a la cual montar a la silla de ruedas de este tipo de personas.

Fotografía 4. Módulos utilizados

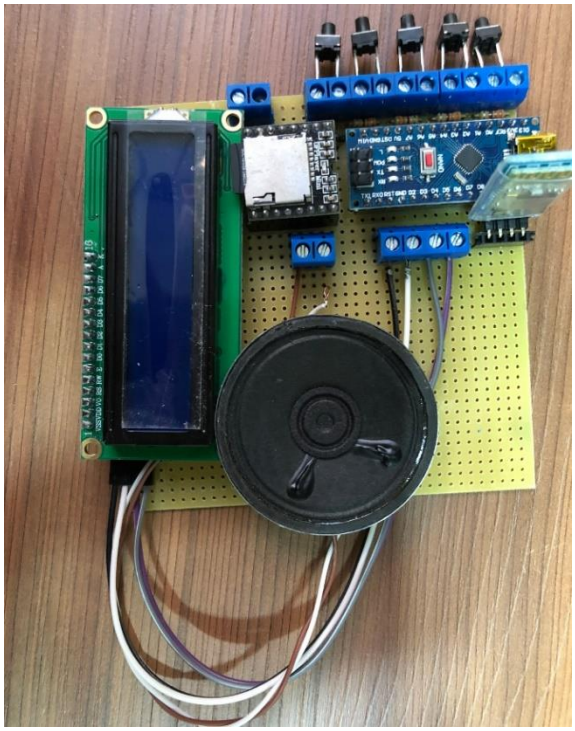


Fuente: Elaboración propia

Al primer prototipo se le realiza una base firme en la cual se lo puede apoyar por un tiempo no prologado para hacer la prueba de funcionamiento en una silla convencional y no médica, así es solo para dar una idea de las posibles movilidades que la persona puede tener en el proceso de manipular el prototipo. Este modelo es probado como posible ejemplar ya funcional en su completo ensamble, pero sin una protección para una base sólida a la cual se pueda adaptar, es decir, una carcasa que puede cubrir los componentes, con el fin de que después del segundo prototipado se pueda armar una sola carcasa adaptable para cualquier silla de ruedas.

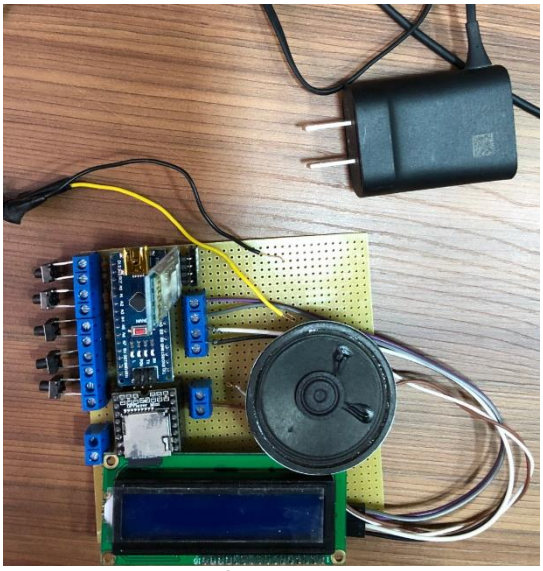
La dificultad encontrada y que motivó a elaborar la segunda propuesta fue la forma en la que se armó, puesto que no tiene la adaptación de una carcasa adecuada a la silla de ruedas y además de que no existe una batería de alimentación recargable, sino más bien desechable proporcionando así una corta vida útil al prototipo, con la cual el proceso de prueba solo se realizó por un tiempo muy limitado por la observancia de una batería nueva para el correcto funcionamiento del equipo.

Fotografía 5. Sub-Ensamble del prototipo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6. Conexión eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Para el prototipo II se realiza en una maquetación completa de todos los módulos de Arduino, con el fin de dar el espacio para mejoras y adaptaciones, es decir que el segundo modelo es más adaptable a superiores procesos y de código, para así avanzar en la comunicación entre módulos. Dadas las circunstancias, el ensamble se le prueba anticipadamente para dar así cabida a mejoras y recopilar posibles errores que se pueda tener durante el proceso de depuración en cuanto al proceso de mejora se refiera con los módulos escogidos. Los valores a continuación mencionados son obtenidos del análisis antes descrito y calificados bases el estándar de (Morales, 2017), el cual indica valores de mínimo 1 y máximo 5 para valorar el prototipo en el estándar de Arduino.

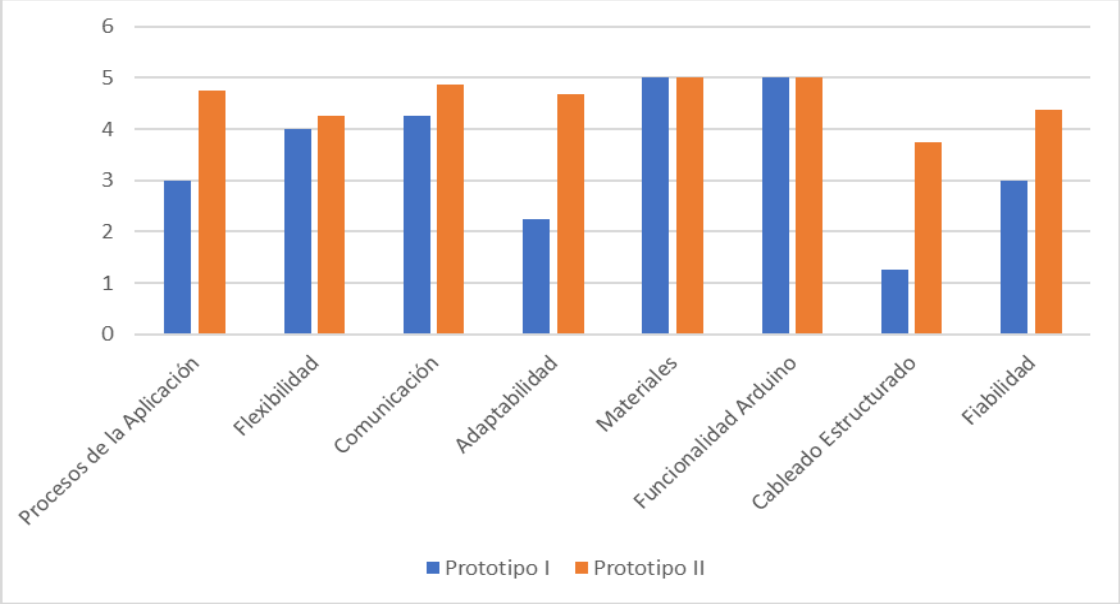
Tabla 2. Comparación de prototipos

	Prototipo I	Prototipo II	Puntaje Maximo
Procesos de la Aplicación	3	4,75	5
Flexibilidad	4	4,25	5
Comunicación	4,25	4,88	5
Adaptabilidad	2,25	4,69	5
Materiales	5	5	5
Funcionalidad Arduino	5	5	5
Cableado Estructurado	1,25	3,75	5
Fiabilidad	3	4,37	5
Puntaje	27,75	36,69	40

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra el puntaje basado en las valoraciones que según Romero (2016) provee una amplia tasa de estimación según los componentes y procedimientos tomados en la fase de definición del prototipo para el cual fue creado.

Gráfico 1. Comparación de prototipo I y II



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Tercera fase

En concordancia con lo manifestado por Chiluiza (2016), se procede a la búsqueda y adaptación de un prototipo nuevo, por lo que el avance del código para el control de Arduino resulta ser el procedimiento principal que se realiza para identificar sus posibles clases y configuraciones; de tal manera que el programa seleccionado como gestor de código es el Arduino IDE, el mismo que con sus actualizaciones más recientes ayuda a que su programación sea más dinámica, el entorno sea mucho más sencillo y a la vez muy útil por los enlaces precisos que posee. Tal es así que, para esta fase, el desarrollo realizado se refleja en las imágenes que a continuación se presentan:

Gráfico 2. Comparación de prototipo I y II

AdvancedSettingViaSerial1

```
void setup()
{
  Serial1.begin(9600);
  Serial.begin(115200);

  Serial.println();
  Serial.println(F("DFRobot DFPlayer Mini Demo"));
  Serial.println(F("Initializing DFPlayer ... (May take 3~5 seconds)"));

  if (!myDFPlayer.begin(Serial1)) {  //Use softwareSerial to communicate with mp3.
    Serial.println(F("Unable to begin:"));
    Serial.println(F("1.Please recheck the connection!"));
    Serial.println(F("2.Please insert the SD card!"));
    while(true){
      delay(0); // Code to compatible with ESP8266 watch dog.
    }
  }
  Serial.println(F("DFPlayer Mini online."));

  myDFPlayer.volume(10);  //Set volume value. From 0 to 30
  myDFPlayer.play(1);  //Play the first mp3
}

void loop()
{
  static unsigned long timer = millis();

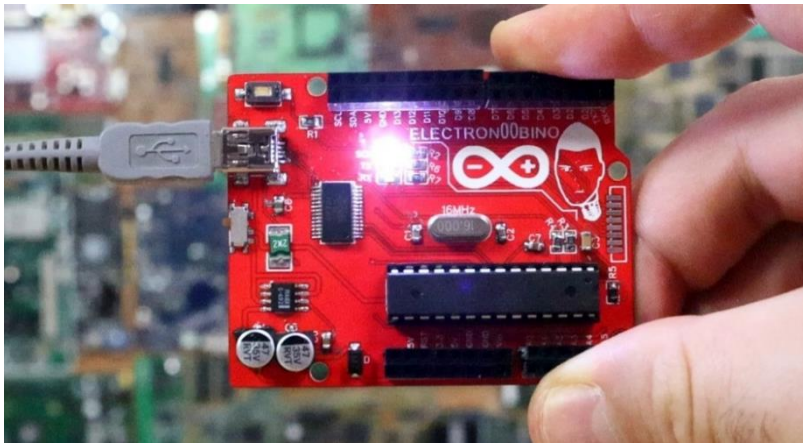
  if (millis() - timer > 3000) {
    timer = millis();
    myDFPlayer.next();  //Play next mp3 every 3 second.
  }

  if (myDFPlayer.available()) {
    printDetail(myDFPlayer.readType(), myDFPlayer.read()); //Print the detail message from DFPlayer to handle different errors and states.
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia.

Al conectar la placa de Arduino NANO por medio de un cable USB, se realiza la fijación del código para proceder a ejecutar la prueba de funcionamiento en conjunto con los demás módulos seleccionados y de esta manera valorar el trabajo.

Fotografía 7. Fijación del código Arduino por medio de cable USB



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Código módulo de audio prototipo I

AdvancedSettingWithoutACK

```
SoftwareSerial mySoftwareSerial(10, 11); // RX, TX
DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
void printDetail(uint8_t type, int value);

void setup()
{
  mySoftwareSerial.begin(9600);
  Serial.begin(115200);

  Serial.println();
  Serial.println(F("DFRobot DFPlayer Mini Demo"));
  Serial.println(F("Initializing DFPlayer ... (May take 3~5 seconds)"));

  if (!myDFPlayer.begin(mySoftwareSerial, false)) {  //Use softwareSerial to communicate with mp3.
    Serial.println(F("Unable to begin:"));
    Serial.println(F("1.Please recheck the connection!"));
    Serial.println(F("2.Please insert the SD card!"));
    while(true){
      delay(0); // Code to compatible with ESP8266 watch dog.
    }
  }
  Serial.println(F("DFPlayer Mini online."));

  myDFPlayer.volume(10);  //Set volume value. From 0 to 30
  myDFPlayer.play(1);  //Play the first mp3
}

void loop()
{
  static unsigned long timer = millis();

  if (millis() - timer > 3000) {
    timer = millis();
    myDFPlayer.next();  //Play next mp3 every 3 second.
  }

  if (myDFPlayer.available()) {
    printDetail(myDFPlayer.readType(), myDFPlayer.read()); //Print the detail message from DFPlayer to handle different errors and states.
  }
}

void printDetail(uint8_t type, int value){
  switch (type) {
    case TimeOut:
      Serial.println(F("Time Out!"));
      break;
    case WrongStack:
      Serial.println(F("Stack Wrong!"));
      break;
```

Fuente: Elaboración propia.

La programación del módulo de audio es resultado de diferentes subprocesos desarrollados, tales como la interpretación de audio por parte del módulo Modulo DFPlayer Mini y de la conectividad del módulo Bluetooth para así diferenciar el accionar de cada uno de los módulos al procesar datos.

Gráfico 4. Código de emparejamiento con el módulo Bluetooth, Prototipo I

AdvancedSettingWithoutReset

```
  }
}

void printDetail(uint8_t type, int value){
  switch (type) {
    case TimeOut:
      Serial.println(F("Time Out!"));
      break;
    case WrongStack:
      Serial.println(F("Stack Wrong!"));
      break;
    case DFPlayerCardInserted:
      Serial.println(F("Card Inserted!"));
      break;
    case DFPlayerCardRemoved:
      Serial.println(F("Card Removed!"));
      break;
    case DFPlayerCardOnline:
      Serial.println(F("Card Online!"));
      break;
    case DFPlayerUSBInserted:
      Serial.println("USB Inserted!");
      break;
    case DFPlayerUSBRemoved:
      Serial.println("USB Removed!");
      break;
    case DFPlayerPlayFinished:
      Serial.print(F("Number:"));
      Serial.print(value);
      Serial.println(F(" Play Finished!"));
      break;
    case DFPlayerError:
      Serial.print(F("DFPlayerError:"));
      switch (value) {
        case Busy:
          Serial.println(F("Card not found"));
          break;
        case Sleeping:
          Serial.println(F("Sleeping"));
          break;
        case SerialWrongStack:
          Serial.println(F("Get Wrong Stack"));
          break;
        case CheckSumNotMatch:
          Serial.println(F("Check Sum Not Match"));
          break;
        case FileIndexOut:
          Serial.println(F("File Index Out of Bound"));
          break;
```

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra una parte del código de conexión del módulo Bluetooth con la APP, para de esta manera permitir el intercambio de información entre Android Studio y Arduino, puesto que es preciso que existe el enlace entre la aplicación que se desarrolla, denominada Motrix, que ayuda a mejorar la experiencia de manejo del usuario final.

Gráfico 5. Conexión APP Prototipo I

FullFunction

```
//  myDFPlayer.sleep();     //sleep
//  myDFPlayer.reset();     //Reset the module
//  myDFPlayer.enableDAC();  //Enable On-chip DAC
//  myDFPlayer.disableDAC();  //Disable On-chip DAC
//  myDFPlayer.outputSetting(true, 15); //output setting, enable the output and set the gain to 15

  //----Mp3 play----
  myDFPlayer.next();  //Play next mp3
  delay(1000);
  myDFPlayer.previous();  //Play previous mp3
  delay(1000);
  myDFPlayer.play(1);  //Play the first mp3
  delay(1000);
  myDFPlayer.loop(1);  //Loop the first mp3
  delay(1000);
  myDFPlayer.pause();  //pause the mp3
  delay(1000);
  myDFPlayer.start();  //start the mp3 from the pause
  delay(1000);
  myDFPlayer.playFolder(15, 4);  //play specific mp3 in SD:/15/004.mp3; Folder Name(1~99); File Name(1~255)
  delay(1000);
  myDFPlayer.enableLoopAll(); //loop all mp3 files.
  delay(1000);
  myDFPlayer.disableLoopAll(); //stop loop all mp3 files.
  delay(1000);
  myDFPlayer.playMp3Folder(4); //play specific mp3 in SD:/MP3/0004.mp3; File Name(0~65535)
  delay(1000);
  myDFPlayer.advertise(3); //advertise specific mp3 in SD:/ADVERT/0003.mp3; File Name(0~65535)
  delay(1000);
  myDFPlayer.stopAdvertise(); //stop advertise
  delay(1000);
  myDFPlayer.playLargeFolder(2, 999); //play specific mp3 in SD:/02/004.mp3; Folder Name(1~10); File Name(1~1000)
  delay(1000);
  myDFPlayer.loopFolder(5); //loop all mp3 files in folder SD:/05.
  delay(1000);
  myDFPlayer.randomAll(); //Random play all the mp3.
  delay(1000);
  myDFPlayer.enableLoop(); //enable loop.
  delay(1000);
  myDFPlayer.disableLoop(); //disable loop.
  delay(1000);

  //----Read imformation----
  Serial.println(myDFPlayer.readState()); //read mp3 state
  Serial.println(myDFPlayer.readVolume()); //read current volume
  Serial.println(myDFPlayer.readEQ()); //read EQ setting
  Serial.println(myDFPlayer.readFileCounts()); //read all file counts in SD card
  Serial.println(myDFPlayer.readCurrentFileNumber()); //read current play file number
  Serial.println(myDFPlayer.readFileCountsInFolder(3)); //read file counts in folder SD:/03
```

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se presenta las pruebas desarrolladas con los módulos físicos, por lo que se inicia con el Bluetooth el cual es una conexión que posibilita la transmisión de datos entre diferentes dispositivos y que para el presente proyecto es en forma de comandos de voz mediante un enlace de radio de muy baja densidad; de esta forma se aprovecha la portabilidad, disponibilidad y bajo consumo energético. En combinación con la tecnología Arduino, el módulo de conexión Bluetooth brinda una gran ventaja para la conectividad con dispositivos que tengan la opción de una conexión por bluetooth.

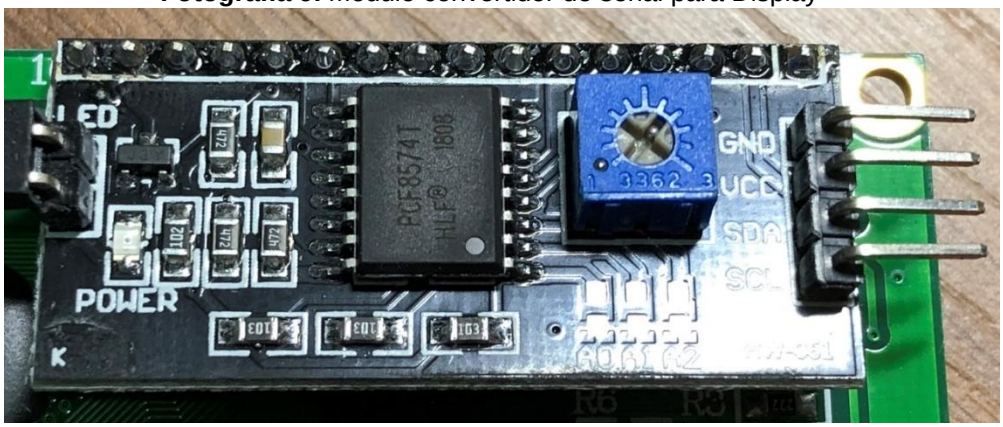
Fotografía 8. Módulo de conexión Bluetooth



Fuente: Elaboración propia.

En el presente proyecto, se considera que las señales de tensión o voltaje se las debe convertir en legibles para los dispositivos de comunicación a los cuales se conecta, ya que la señal que se maneja dentro de un circuito es de tipo analógica, es decir que son pulsaciones de electricidad que viajan a través de las placas o módulos, por lo cual los convertidores de señal facilitan el desarrollo de las tareas indicadas a través de la información compartida.

Fotografía 9. Modulo convertidor de señal para Display



Fuente: Elaboración propia.

Los módulos Display son comunicadores visibles que muestran al usuario las acciones que se están ejecutando al pedir un requerimiento o ejecutar otros módulos externos.

Fotografía 10. LCD 16X2



Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, se presenta el dispositivo que permite la transformación de una señal eléctrica en una onda de sonido.

Fotografía 11. Speaker



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se utiliza como dispositivo de entrada a la botonera, la cual permite activar el prototipo por medio de señales eléctricas, ya que al pulsar uno o varios botones se provee de información para que realice la actividad que se desea.

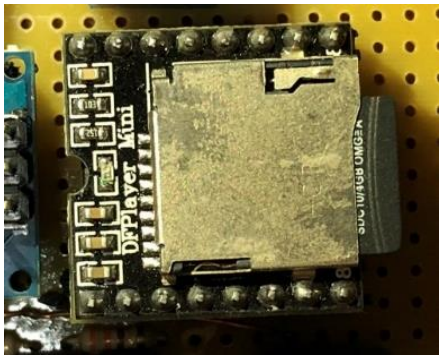
Fotografía 12. Botonera Simple



Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, el DFPLayer Mini es un reproductor de audio de bajo costo que se utiliza en el presente proyecto, porque permite el procesamiento de archivos a formato MP3, situación que se consideró porque Arduino por sí solo no interpreta los datos que no forman parte de su lenguaje, de tal manera que necesita de un intérprete externo como el indicado para que lo ayude en el análisis de la información, decodificando el archivo para hacerlo legible.

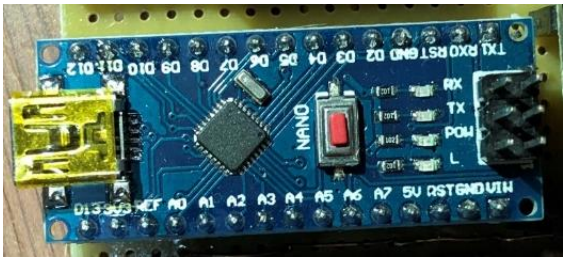
Fotografía 13. DFPLayer Mini



Fuente: Elaboración propia.

También se utiliza el Arduino NANO el cual resulta ser el más pequeño de su tipo y está compuesto por un procesador ATmega328 que ayuda a mejorar el proceso de datos, a su vez la entrada mini-USB que dispone permite la subida de código fuente para la ejecución de comandos.

Fotografía 14. Arduino NANO



Fuente: Elaboración propia.

Cada componente indicado se escoge en la fase definir, por lo cual estos son los módulos que se utiliza en el desarrollo del presente proyecto, a continuación, se detalla una lista detallada de cada componente y las cantidades específicas a utilizar.

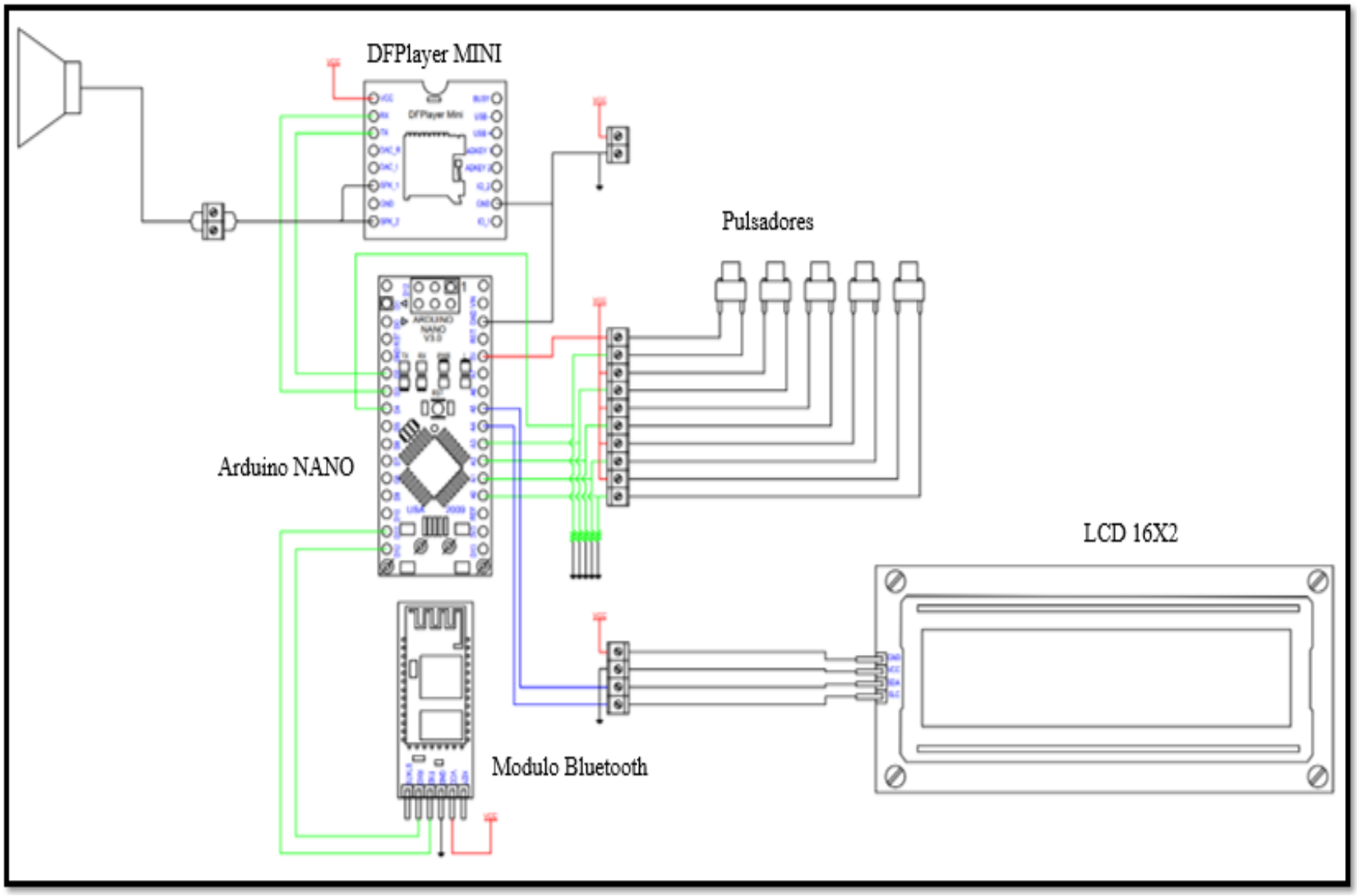
Tabla 3. Lista de materiales utilizados

Ítem	Dispositivo	Descripción	Cantidad
1	Arduino nano	Microcontrolador	1
2	HC-06	Módulo bluetooth	1
3	DFplayer mini	Reproductor mp3	1
4	LCD 16x2 i2c	Pantalla LCD I2C	1
5	Borneras	Borneras para 2 conexiones	9
6	Speaker	Parlante de 3 ohmios	1
7	Pines hembras	Pines para conexiones	1
8	Placa galleta	Placa para conexiones	1
9	Micro SD	Memoria de 1 Gb	1
10	Pulsadores	Pulsadores para protoboard	5
11	Resistencias	Resistencias de 330 ohmios	5

Fuente: Elaboración propia.

Para el ensamblaje se utiliza una placa perforada con la siguientes medidas 32x32mm, en la cual se organiza cada uno de los materiales utilizados y se sueldan los puntos necesarios para proporcionar conexión entre los componentes, tomando en cuenta la metodología utilizada, en específicamente haciendo énfasis en el literal “Definir”, se toma en consideración los puntos de soldado, puesto que en el futuro se puede modificar los materiales o las conexiones entre módulos de esta forma se procura a la medida de lo posible dar paso a posibles alteraciones y/o reformas dando así el cumplimiento de la metodología. A continuación, un dibujo del esquema de conexiones.

Gráfico 6. Esquema de conexión



Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo de la aplicación, junto a Android Studio se ha logrado obtener algunas librerías muy específicas tales como TX y RX (recibir e enviar información) para el control y proceso de datos entre clases y los patrones externos, de esta forma la conexión es más estable y procura el funcionamiento correcto de los módulos de Arduino, así también, el código lleva una reestructuración basado en código libre, específicamente del gestor de Google, que es básicamente un código más simple para la interpretación de Arduino. A continuación, el procedimiento de la APP.

Gráfico 7. Código Android Studio

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:versionCode="1"
    android:versionName="1.0"
    package="com.example.marcj.motrix"
    platformBuildVersionCode="1"
    platformBuildVersionName="1065353216.000000">

    <uses-sdk
        android:minSdkVersion="23"
        android:targetSdkVersion="27" />

    <uses-permission
        android:name="android.permission.BLUETOOTH" />

    <uses-permission
        android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />

    <uses-permission
        android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />

    <uses-permission
        android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />

    <permission
        android:label="BLUETOOTH"
        android:name="android.permission.BLUETOOTH" />

    <permission
        android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />

    <permission
        android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />

    <permission
        android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />

    <application
```

Fuente: Elaboración propia.

Para dar mayor estabilidad entre el comportamiento de la APP y los diferentes módulos utilizados de Arduino, se procede a la programación separada de cada módulo en clases distintas, con su respectivo proceso de llamada y acción pertinente.

Gráfico 8. Código control de los módulos de Arduino

```
<application
    android:theme="@ref/0x7f0c0005"
    android:label="@ref/0x7f0b001d"
    android:icon="@ref/0x7f0a0000"
    android:debuggable="true"
    android:allowBackup="true"
    android:supportsRtl="true"
    android:roundIcon="@ref/0x7f0a0002">

    <activity
        android:name="com.example.marcj.motrix.bluetooth">

        <intent-filter>

            <action
                android:name="android.intent.action.MAIN" />

            <category
                android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
        </intent-filter>
    </activity>

    <activity
        android:name="com.example.marcj.motrix.MainActivity" />
</application>
```

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas respectivas del correcto funcionamiento de la APP se realizan en un simulador de Android, de esta forma es posible resolver problemas con la compatibilidad de algunos dispositivos móviles, y también corregir posibles falencias en el funcionamiento correcto de la APP.

Gráfico 9. Primera vista de la APP



Fuente: Elaboración propia.

La App llamada Motrix está desarrollada en Android Studio y en conjunto con la librería ACCESS_FINE_LOCATION, permite tener una comunicación con el módulo Bluetooth de Arduino, de manera estable, por lo cual el proceso de desarrollo en prototipo de la aplicación ha dado una gran facilidad, también ha optimizado el código del propio Arduino NANO, haciendo que la lectura del código fuente sea más simple, así como también él desarrollo llevado a cabo con procesos del traspaso de información al módulo Arduino.

El lenguaje utilizado es C++, aunque no es el lenguaje oficial de Android Studio, es el más flexible para la comunicación entre los módulos y la APP, por lo tanto el traspaso de información es casi sin problemas, conjuntamente con la librería de gestor de Google, ayuda a mejorar la lectura entre variables y comandos que pueden recibir y actuar los módulos, mostrando así las acciones en el display LCD 16X2, la información que se vaya a ejecutar estará visible siempre en el módulo display LCD 16X2.

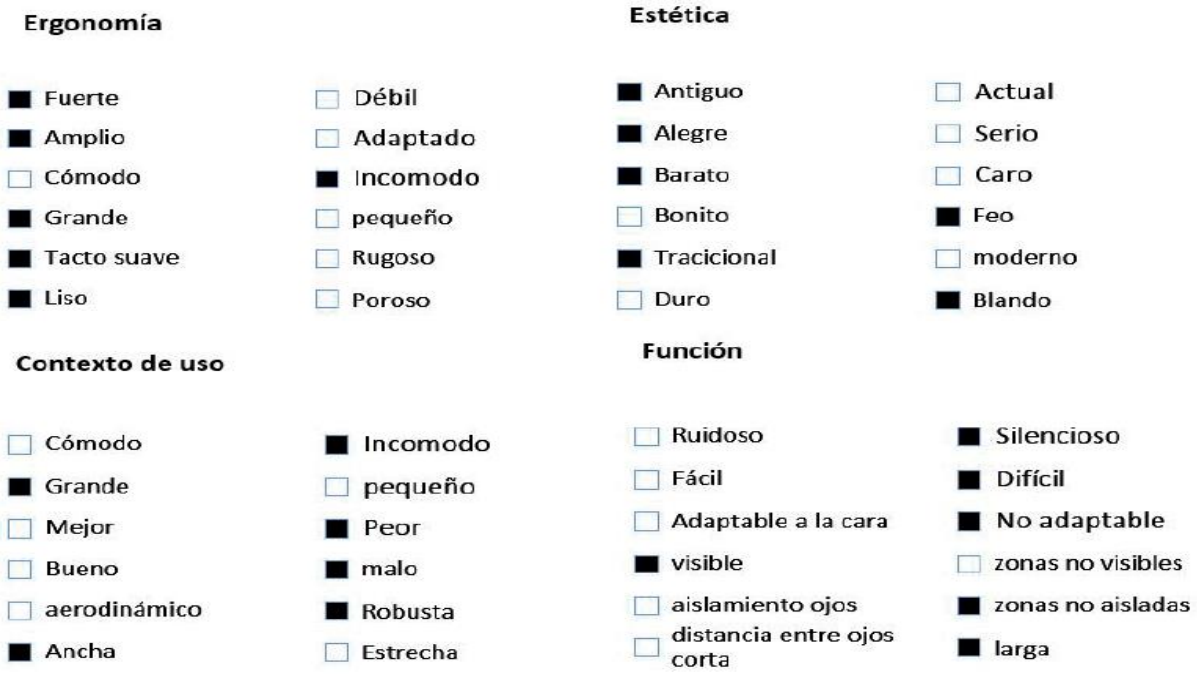
3.4. Cuarta fase

Evaluación

Una forma de definir la evaluación del sistema es la prueba de los elementos a un sobre esfuerzo, dando así resultados sistemáticos a tomar en cuenta para un proceso en el cual se pueda pulir en un fututo, se evalúa los efectos y el proceso que lleva cada uno de estos para llegar a una sobre explotación del sistema. De tal manera que para el prototipo I se procede a realizar pruebas básicas de comportamiento, es decir, que funcione de manera parecida o igual al plan de definición establecido, por lo cual los datos arrojados son casi perfectos a los esperados para una adaptación idónea al entorno en donde las personas con PCE pueden desarrollarse, de esta manera el prototipado realizado es de una elaboración simple y amigable para el usuario siendo muy directo en las formas de comunicación con el entorno.

Entonces para evaluar el prototipo I, se procede a realizar un esquema para especificar las variables de evaluación. Según Rodríguez (2016), los parámetros a evaluar no siempre son los mismos, por lo cual no existe una matriz definida para la calificación de productos, sin embargo, se utilizan factores estandarizados que ayudan al investigador a valorar de forma correcta.

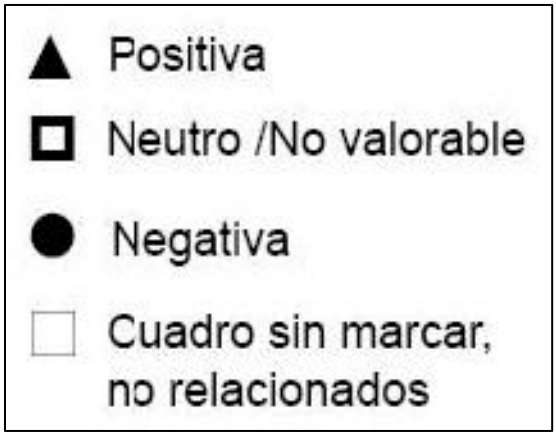
Gráfico 10. Parámetros de evaluación standard



Fuente: Elaboración propia.

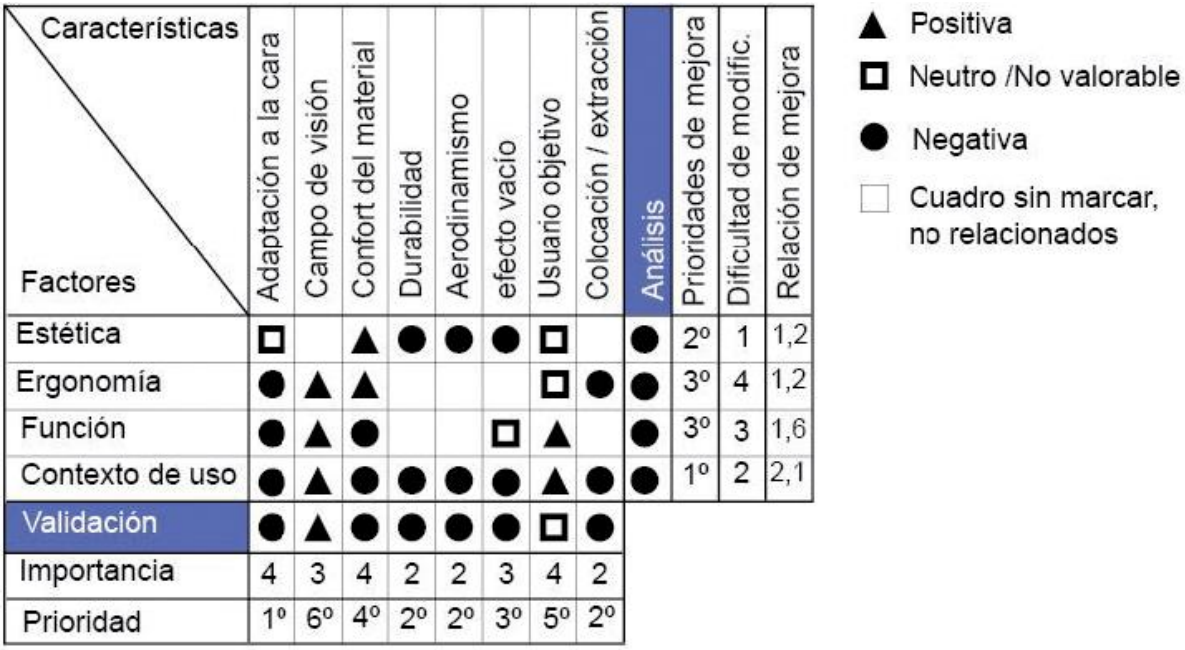
La definición idónea de la matriz de evaluación ayuda al progreso de la formulación del prototipo. Para Romero (2016), una de las formas más directas y precisas para llenar de mejor manera este formato, es utilizando símbolos o números basados en una calificación que pueda aclarar cada ítem.

Gráfico 11. Ejemplo de llenado de matriz



Fuente: Tomado a partir de Romero (2016)

Gráfico 12. Ejemplo de matriz de evaluación



Fuente: Tomado a partir de Romero (2016)

A continuación, se muestra los valores obtenidos en la comparativa de prototipos según el avance alcanzado.

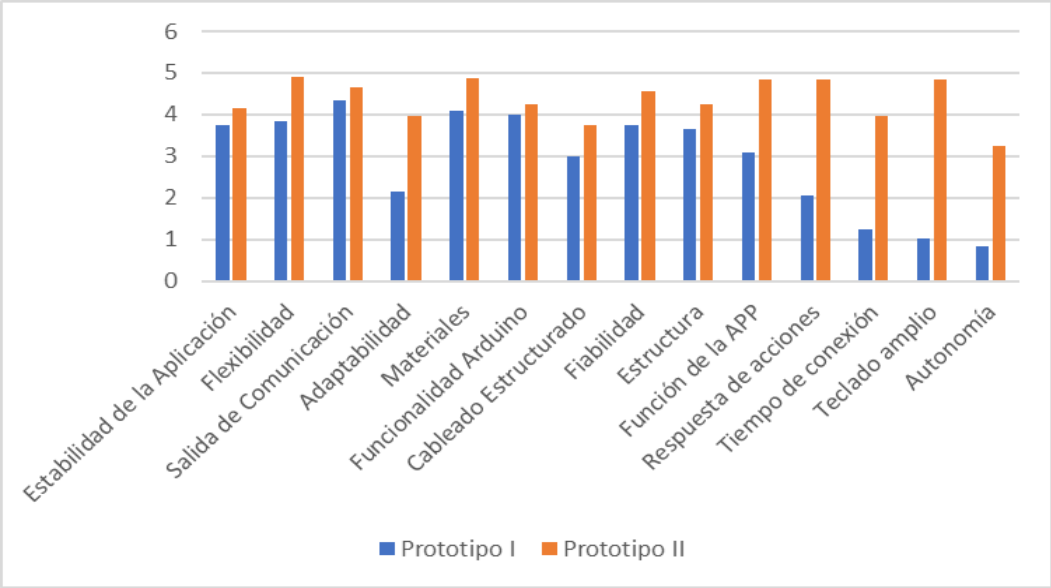
Tabla 4. Tabla de evaluación

	Prototipo I	Prototipo II	Puntaje máximo
Estabilidad de la aplicación	3,75	4,15	5
Flexibilidad	3,85	4,89	5
Salida de comunicación	4,35	4,66	5
Adaptabilidad	2,15	3,98	5
Materiales	4,1	4,86	5
Funcionalidad Arduino	4	4,25	5
Cableado estructurado	2,98	3,75	5
Fiabilidad	3,75	4,55	5
Estructura	3,65	4,25	5
Función de la APP	3,1	4,85	5
Respuestas de acciones	2,05	4,85	5
Tiempo de conexión	1,25	3,96	5
Teclado amplio	1,02	4,85	5
Autonomía	0,85	3,25	5

Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados en la tabla de evaluación, corresponden a la calificación proporcionada por un paciente con PCE de los prototipos I y II, mientras hacía uso de ellos en el entorno en donde se desarrolla normalmente.

Gráfico 13. Ejemplo



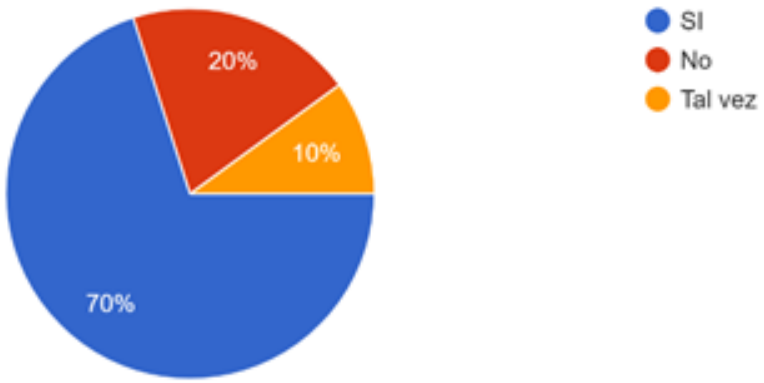
Fuente: Elaboración propia.

Resultados obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos del personal médico que se desenvuelve en el tratamiento de personas con PCE, siendo un total de 10 personas, los resultados los siguientes:

Pregunta 1: ¿Se escucha claramente el requerimiento de la persona con PCE?

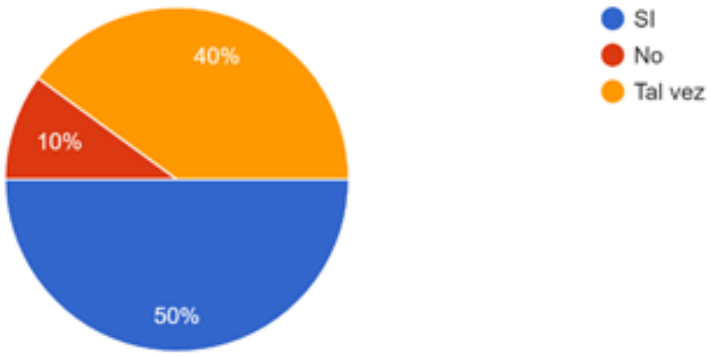
Gráfico 14. Respuesta a la pregunta 1



Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 2: ¿Se puede defender de mejor manera en su entorno social la persona con PCE?

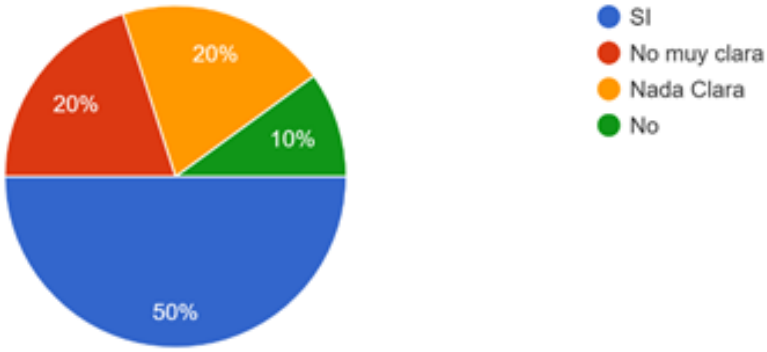
Gráfico 15. Respuesta a la pregunta 2



Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 3: ¿La comunicación fue clara y precisa?

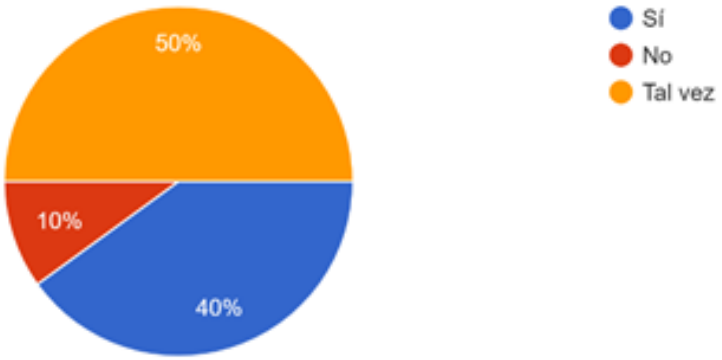
Gráfico 16. Respuesta a la pregunta 3



Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 4: ¿La persona con PCE pudo mejorar su comunicación con este tipo de dispositivos?

Gráfico 17. Respuesta a la pregunta 4



Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 5: Si se podría mejorar alguna función del prototipo. ¿Cuál sería?

Cuadro 7. Respuesta a la pregunta 5

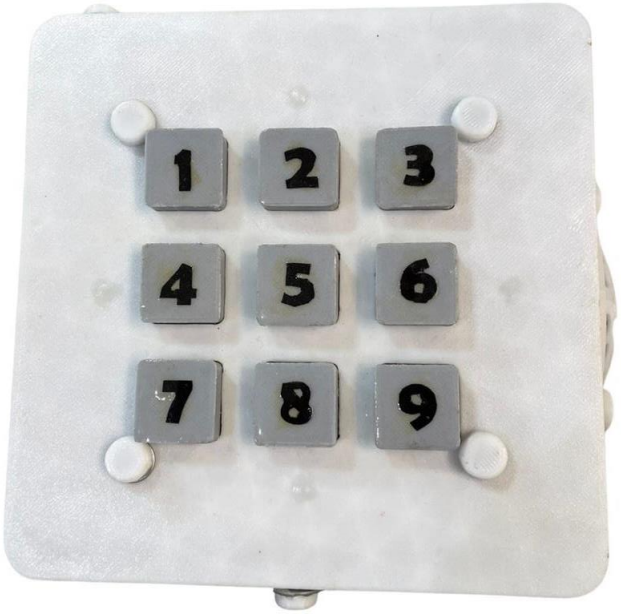
Mejor audio
Mejor dialogo del dispositivo
Respuestas rápidas
Durabilidad de la batería
Mejor audio
Todo bien
Mejor bateria
Mejorar el dispositivo para mejores respuestas

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el resumen presentado, el uso del prototipo II en el ámbito social de las personas con PCE, ha sido la deseada; no obstante, las personas que corroboran la aceptación del producto son las personas que ayudan directamente a

estos pacientes. No obstante, presentamos un grupo de imágenes en donde presentamos como prototipo II fue realizado con los estándares anteriormente mencionados.

Fotografía 15. Vista superior prototipo II



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 16. Vista frontal prototipo II



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 17. Vista lateral derecha del prototipo II



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 18. Vista inferior del prototipo II



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Al realizar el presente proyecto, se alcanza las siguientes conclusiones:

- Se construyó un dispositivo para comunicación básica de personas con parálisis cerebral espástica utilizando tecnología Arduino.

- Se realizó la fundamentación teórica de los aspectos relacionados a la temática del proyecto.

- Fue posible la realización del diagnóstico de las necesidades de comunicación y las posibilidades de interacción de las personas con parálisis cerebral espástica.

- Luego de recopilar la información necesaria, se procedió a elaborar un dispositivo con tecnología Arduino que se adaptó muy bien a las necesidades de los usuarios con la patología de PCE.

- Se puede concluir que se implementó favorablemente la aplicación para la administración y parametrización de las funciones requeridas por los usuarios del prototipo presentado.

RECOMENDACIONES

- Se debe considerar el proceso adecuado de discriminación del tipo de capacidad especial que poseen los pacientes y determinar cuáles son las derivadas del mismo para el cumplimento de las expectativas del proyecto.

- Es necesario mantener las debidas actualizaciones de la APP para su correcto funcionamiento, junto con los módulos Arduino.

- Como recomendación importante está que es preciso mantenerse informado de las posibles fluctuaciones que puede existir en el uso de las tecnologías por parte de personas con capacidades especiales, para que el prototipo tenga su correspondiente personalización y así mejorar el ambiente de pruebas.

- Se recomienda impulsar la tecnología en el campo de la medicina de manera conjunta, para que con la mutua colaboración se realice procesos más estables y seguros, en beneficio de pacientes con cualquier tipo de capacidad especial.

BIBLIOGRAFÍA

Abass, H. (2019). *Grep Med*. Obtenido de Types of cerebral palsy and areas of brain damage involved: https://www.grepmed.com/images/4995/cereberal_palsy

Acosta, L., & Forero, A. (2017). El impacto de la cultura del diseño en el éxito de las organizaciones. *ONTARE, V*(0), 49-72. doi:https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2006

Arias, J., Miranda, M., & Villasís, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México, 63*(2), 201-206. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf

Bachrach, S. (2013). *Paralisis Cerebral.* Madrid: Kids Health from Nemours. Obtenido de https://kidshealth.org/es/kids/cerebral-palsy-esp.html

Berges, G. (2015). *La robótica aplicada a la medicina.* Madrid.

Brito, L., Sotomayor, J., & Tenesaca, M. (2018). Medios publicitarios que influyen en el consumidor a la hora de adquirir un producto o servicio. *Killkana Sociales, 2*(3), 179-186. doi:https://doi.org/10.26871/killkana_social.v2i3.347

Brown, T. (2015). *Prototipar*. Obtenido de Thinking Desing: https://xn--designthinkingespaa-d4b.com/prototipar

Cajo, R. (2013). *Evaluacion de la Plataforma Arduino e Implementacion de un sistema de control.* Guayaquil.

Calderón, C. (2010). *Las tecnologías de apoyo en paralisis cerebral.* Madrid.

Casco, A. (2018). Facilitación neuromuscular propioceptiva para disminuir la tensión muscular constante en niños con parálisis cerebral espástica que residen en la Casa de la caridad de las Hermanas Franciscanas - Penipe. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4766/1/UNACH-EC-FCS-TER-FIS-2018-0009.pdf

Cashin, A. (2019). *Incidencia de la parálisis cerebral*. Obtenido de https://www.news-medical.net/health/Cerebral-Palsy-Prevalence-(Spanish).aspx

Castillero, O. (2020). *Los 15 tipos de investigación (y características)*. Obtenido de Psicología y mente: https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion

Castillo, S., & Toscano, V. (2016). *Lenguaje y parálisis cerebral: El uso.* Montevideo.

Chiluiza, M. (2016). *Metodologías Clásicas.* Caracas.

Eusakara. (2021). *Codigo 21 tecnologías creativas*. Obtenido de https://codigo21.educacion.navarra.es/autoaprendizaje/snap4arduino-ventajas-instalacion-e-importacion-de-proyectos-de-scratch/

Galvis, S. (2015). *Control de iluminación de forma inalámbrica con Arduino y Android.* Pereira.

Gómez, L. (2011). Un espacio para la investigación documental. *Revista Vanguardia Psicológica,* *I*(2), 226-233. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4815129

Gómez, S. (2013). *Metodología de la Investigación.* Mexico DF.

González, F. (2016). *Mini guía: una introducción al Desing Thinking.* California.

Halley, G. (2015). *Intruduccion a Arduino.* Santigo de Chile.

Hercberg, P. (2021). ¿Qué es la parálisis cerebral? En C. ASPACE, *Descubriendo la parálisis.* Madrid, España. Obtenido de https://aspace.org/assets/uploads/publicaciones/726a6-descubriendo-p.-cerebral.pdf

Hernández, S. (2014). *Metodología de la Investigación.* Mexico FD.

Herrador, R. (2010). *Guía de usuario de Arduino.* California.

Huanga, Y. (2015). Dificultades del lenguaje oral en niños y niñas de primer año de educación básica de la escuela Juan Montlvo de la ciudad de Pasaje 2014-2015. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4589/1/CD00005-2016-TESIS%20COMPLETA.pdf

Huaraca, C. (2020). La comunicación asertiva en los estudiantes de la Unidad Educativa "Cap. Edmundo Churiboga", período Abril-Agosto 2019. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6512/1/UNACH-EC-FCEHT-TG-P.EDUC-2020-000029.pdf

Hurtado, L. (2007). La parálisis cerebral. Actualización del concepto, diagnóstico y tratamiento. *Pediatría integral, XI*(8), 687-698. Obtenido de https://www.guiadisc.com/wp-content/uploads/2013/06/paralisis-cerebral-actualizacion-del-concepto-diagnostico-y-tratmiento.pdf

Infante, J. (2021). Obtenido de Rambal automatización y robótica: https://rambal.com/content/42-ardublock

Institute of Desing at Stanford. (2017). *Mini guia Desing Thinking.* New York.

Isaza, J. (2016). *Que es el Desing Thinking.* Madrid.

Ladino, P. (2017). *Teorías de la comunicación* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Fondo editorial Areandino.

Obtenido de https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1399/Teor%C3%ADas%20de%20la%20comunicaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lletí, F. (2015). *Comunicación Bluetooth entre Arduino uno y Android aplicado a un detector de mentiras.* Gandia.

López, A. (2016). *Lenguaje y Comunicacion en Niños Con Paralisis.* Salamanca.

López, B. (Octubre de 2013). Factores asociados a parálisis cerebral infantil en Veracruz en Menores de 6 años de edad. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.

Obtenido de https://www.uv.mx/blogs/favem2014/files/2014/06/Belegui.pdf

López, F. (2014). Juego didáctico y desarrollo del lenguaje. Quetzaltenango, Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/05/08/Lopez-Filiberto.pdf

Lucero, S. (2013). Hidrokinesioterapia en la discapacidad motora de origen cerebral (parálisis cerebral infantil) en niños de 3 a 8 años que asisten a la fundación de rehabilitación de niños especiales de San Miguel de Salcedo FUNESAMI, en el período marzo - agosto 2012. Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3837/1/HIDROKINESIOTERAPIA1.pdf

Madrigal, A. (2015). *La parálisis cerebral.* Buenos Aires. Obtenido de https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO8993/paralisis_cerebral.pdf

Malagón, J. (2007). Parálisis cerebral. *Actualizaciones en neurología infantil, 67*(6), 586-892.

Obtenido de https://www.medicinabuenosaires.com/demo/revistas/vol67-07/n6-1/v67_6-1_p586_592_.pdf

Malhotra, N. (2019). *Qué es una encuesta*.

Obtenido de https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html

Marín, C. (2015). *Consultoria Especializada de Politicas y Gestión Pública.* Santiago de Chile.

Molano, M. (2015). *Paralisis cerebral, neuropsicología y abordajes terapéuticos.* Barcelona.

Montesinos, J. (2013). *Red de sensores auto-configurables mediante tecnologías ZigBee y Arduino.* Cartagena.

Morales, J. (2017). *Arduino y Módulos.* Bogotá.

Moyá, M. (2016). Habilidades Comunicativas y Comunicación Política. Alicante, España: Universidad Miguel Hernández. Obtenido de http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3208/1/TD%20Moya%20Ruiz%2C%20Maria%20Teresa.pdf

Nacho, R. (2016). *Sistema de control domótico basado en Arduino.* La Paz.

Ojeda, L. (2018). *Arduino*. Obtenido de http://arduino.cl/que-es-arduino/

Otero, A. (2018). *Enfoques de investigación.* Colombia: Universidad del Atlántico. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326905435

Palacios, I., Traverso, P., & Williams, B. (2017). *La comunicación efectiva.* Samborondón: Ecotec.

Obtenido de https://www.ecotec.edu.ec/content/uploads/investigacion/libros/comunicacion-efectiva.pdf

Pascual, R. (2016). *Fundamentos de la comunicacion humana.* Alicante: Editorial Club Universitario.

Obtenido de https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/fundamentos_de_la_comunicacion_humana-roberto_de_miguel_pascual.pdf

Peralta, J. (2016). *Desing thinking.* Lima.

Pérez, O., & Rodríguez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 179-200. doi:https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647

Piovesana, S. (2013). *Evaluación clínica y videofluoroscópica de la deglución en pacientes con parálisis cerebral tetraparésica espástica y atetósica.* Barcelona.

Póo, P. (2010). *Paralisis Cerebral Infantil.* Barcelona.

Reina, J., & Sópalo, M. (2015). Funcionalidad familiar en niños con parálisis cerebral que acuden al servicio de pedihabilidad del hospital José María Velasco Ibarra

de la provincia de Napo en los meses de julio a diciembre del año 2014. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4990/1/T-UCE-0006-56.pdf

Rodríguez, L. (2016). *Modelo de análisis y validación.* Barcelona.

Romero, E. (2013). *Empatizar con el Otro.* Granada.

Romero, L. (2016). *Modelo de análisis y validación de propuestas de diseño.* Barcelona.

Sanca, M. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista de actualización clínica, 9*, 621-624.
Obtenido de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf

Sánchez, E. (2012). *Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino.* Valencia.

Santos, V. (2012). *Fundamentos de la comunicación.* Tlalnepantla: Red Tercer Milenio.
Obtenido de http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/comunicacion/Fundamentos_de_comunicacion.pdf

Tamayo, C. (2015). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.* Barcelona.

Vázquez, C., & Vela, C. (2016). *Parálisis cerebral infantil.* Mexico DF.

Zayas, P. (2015). *La comunicación interpersonal.* San Salvador: Universidad Tecnológica de El Salvador.

Obtenido de biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55772.pdf