



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES**

**TEMA
“IMPLEMENTACIÓN DE UN GUANTE ELECTRÓNICO
QUE REPRODUZCA UNA SEÑAL AUDITIVA PARA
PERSONAS CON PROBLEMAS DE MOTRICIDAD”**

**AUTOR
PINCAY MAGALLAN JOSÉ WASHINGTON**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. INFO. ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, MG.**

GUAYAQUIL, ABRIL 2019



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA
UNIDAD DE TITULACIÓN

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado ING. MSc ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **PINCAY MAGALLAN JOSE WASHINGTON**, C.C.: 0929790558, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**.

Se informa que el trabajo de titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN GUANTE ELECTRÓNICO QUE REPRODUZCA UNA SEÑAL AUDITIVA PARA PERSONAS CON PROBLEMAS DE MOTRICIDAD"**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 1% de coincidencia.

URKUND

Documento

Tesis_Pincay Jose versión antiplagio.docx (514334804)

Presentado

2019-06-15 09:56 (-05:00)

Presentado por

jose.pincaym@ug.edu.ec

Recibido

harry.zurita@analysis.orkund.com

Mensaje

Anti plagio [Verificar el mensaje completo](#)

3%

de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes

Bloques

☐

Categoría

Enlace/nombre de archivo

☒

[https://www.translationapi.com/search/bending-station](https://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&tl=es&u=https://www.translationapi.com/search/bending-station)

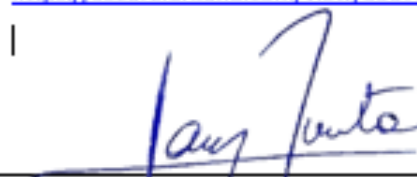
☐

Fuentes alternativas

☐

Fuentes no usadas

<https://secure.orkund.com/view/53373818-325329-510528>


ING. ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, MSc
CC: 0910561372

Declaración de autoría

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Pincay Magallan José Washington

C.C. 0929790558

Dedicatoria

La presente tesis va con dedicación especial a Dios por darme la oportunidad de poder concluir la carrera y por darme un día más de vida.

Con mucho cariño de manera especial a mis padres y mi familia que me apoyaron incondicionalmente, tanto económicamente y motivándome día a día para poder seguir adelante y que sin duda fueron una base muy importante durante todo ese tiempo.

Agradecimiento

En esta tesis doy gracias a Dios por darme la oportunidad de vivir, por siempre estar conmigo y por cada momento que he pasado y he salido adelante, por fortalecer mi alma e iluminar mi mente y por permitirme haber avanzado a este presente y bendecirme con salud para poder cumplir con uno de los objetivos propuestos.

Índice del contenido

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I El problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	3
1.1.1	Formulación del problema	4
1.1.2	Sistematización del problema	5
1.2	Objetivos de la investigación	5
1.2.1	Objetivo general	5
1.2.2	Objetivos específicos	5
1.3	Justificación	5
1.4	Delimitación del problema	6
1.4.1	Delimitación espacial	6
1.4.2	Delimitación temporal	6
1.5	Premisa de la investigación	6
1.6	Alcance	6

Capítulo II Marco teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes	8
2.1.1	Tecnología asistencial	8
2.1.2	Guantes sensorizados	8
2.1.3	Guantes CyberGlove II	8
2.1.4	Guantes CyberGlove III	9
2.1.5	Datas Gloves 5DT	11
2.1.6	Guante Cyber Touch	12
2.1.7	DT Data Glove 5 ultra	13
2.1.8	DT Data Glove 5 MRL	14
2.2	Marco teórico	15

N°	Descripción	Pág.
2.2.1	Estructura de la Mano Humana	15
2.2.1.1	La mano humana	15
2.2.1.2	Partes de la mano humana	16
2.2.2	Dedos	17
2.2.2.1	Ángulos de los dedos	18
2.2.3	Movimientos de la mano	20
2.3	Marco Conceptual	22
2.3.1	Microcontroladores	22
2.3.2	NodeMCU ESP8266	24
2.3.3	DF Player Mini MP3	26
2.3.4	Sensores de flexión	28
2.3.5	Arduino ID	29
2.3.5.1	Software Arduino ID	30
2.3.6	Multiplexor 4051	32
2.3.7	Proteus Professional	33
2.3.8	Eagle	34
2.4	Marco Legal	34

Capítulo III

Metodología

N°	Descripción	Pág.
3.1	Marco metodológico	36
3.2	Tipos de investigación	36
3.2.1	Investigación exploratoria	36
3.2.2	Investigación bibliográfica	37
3.2.3	Investigación descriptiva	37
3.2.4	Investigación evaluativa	37
3.3	Diseño de investigación	38
3.3.1	Investigación documental	38
3.3.2	Investigación experimental	38
3.4	Modalidad de la Investigación	38
3.5	Simulación y análisis de datos	39

N°	Descripción	Pág.
3.5.1	Adquisición y análisis de datos de simulación	39
3.5.1.1	Simulación en Proteus	39
3.5.1.2	Simulación en arduino id	41
3.5.2	Análisis de adquisición de datos obtenidos entre Proteus y Arduino ID	42
3.5.3	Análisis de datos cuasi experimental	43
3.5.4	Análisis general de la simulación	46

Capítulo IV

Diseño de la propuesta de investigación

N°	Descripción	Pág.
4.1	Etapas 1: Identificar y evaluar el hardware a usar en el prototipo	47
4.1.1	Evaluación de los sensores de flexión	47
4.1.2	Evaluación de NodeMCU ESP8266	51
4.1.3	Evaluación del multiplexor	52
4.2	Etapas 2: Diseño del prototipo	53
4.3	Etapas 3: Prueba en un hardware de Simulación	54
4.3.1	Instalación de librerías en Arduino IDE	54
4.3.2	Código en Arduino IDE para probar la curvatura del sensor Flex	58
4.4	Etapas 4: Desarrollo del prototipo	59
4.4.1	Desarrollo de la placa PCB	59
4.4.2	Codificación para el NodeMCU Esp8266	61
4.4.3	Verificación, Subida y Corrección del Código	63
4.5	Presupuesto	66
4.6	Conclusiones	67
4.7	Recomendaciones	68
	Anexos	70
	Bibliografía	89

Índice de tablas

N°	Descripción	Pág.
1	Configuración del PIN del sensor de flexión	28
2	Tabla de verdad de cómo funciona el multiplexor 4051	33
3	Marco legal	35
4	Tipos de diseños disponibles para la investigación en el 2016	38
5	Valores de la flexión del sensor obtenidos en arduino	43
6	Valores de la simulación obtenida de dos sensores	44
7	Pines usados del NodeMCU 8266	53
8	Presupuesto del prototipo	67

Índice de figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Genero de Discapacidad	4
2	Tipos de Discapacidad	4
3	Grado de Discapacidad	4
4	Guante CyberGlove II	4
5	Guante CyberGlove III	9
6	Datas Gloves 5DT	10
7	Guante Cyber Touch	12
8	5DT Data Glove 5 Ultra	13
9	5DT Data Glove MRI	14
10	Estructura de la Mano Humana	14
11	Estructura-huesos de la Mano Humana	15
12	Nombres de los dedos de la mano	17
13	Arco y Ángulos de movimiento de los dedos de la mano 120 a 135 grados	18
14	Arco y Ángulos de movimiento de los dedos contraídos de la mano	19
15	Arco y Ángulos de movimiento de los dedos de la mano	19
16	Arco y Ángulos de movimiento de los dedos de la mano, vista frontal	19
17	Movimiento de los dedos de la mano, vista de la palma de la mano	20
18	Movimiento de la mano vista lateral	20
19	Movimiento de la mano, dedos recogido	21
20	Movimiento de la muñeca de la mano	21
21	Movimiento de la muñeca de la mano vista frontal	21
22	Diagrama de Bloques de un Microcontrolador	22
23	NodeMCU ESP8266	24
24	Diagrama de los Pin de salida del NodeMCU ESP8266	26
25	DF Player Mini MP3	26
26	Mapa de PIN del Player Mini MP3	27
27	Sensor de Flexión / Pin de salida del sensor de Flexión	28
28	Microcontrolador Arduino UNO. Información tomada de Sparkfun	29
29	Software de descarga Arduino IDE	30
30	Interfaz de inicio del Software Arduino IDE	31

N°	Descripción	Pág.
31	Pines de salida del multiplexor 4051	32
32	Iniciación de Proteus Professional	33
33	Imagen de inicio del programa EAGLE	34
34	Sensor Flex del software Proteus	40
35	Sensor Flex del software Proteus-parte II	40
36	Arduino y Sensor Flex	41
37	Esquema de Arduino y Sensor Flex	42
38	Datos de la Simulación del Sensor Flex del software Arduino IDE	42
39	Gráfica de análisis del Sensor Flex del software Proteus	44
40	Gráfica del Diseño y construcción de un guante de datos mediante sensores de flexibilidad y acelerómetro	45
41	Grafica de Rango de movimiento de un Guante con sensores de flexión	45
42	Sensor flex	47
43	Pin de salida del sensor de flexión	47
44	Doblaje de ángulos del sensor Flex	47
45	Divisor de voltaje	48
46	Resistencia de variable junto al sensor de flexión	49
47	Sensor Flex con un rango de curvatura	49
48	Sensor Flex y Arduino UNO en base de pruebas	50
49	Datos negativos obtenido del sensor de flexión mediante arduino	50
50	Datos obtenidos del sensor de flexión mediante arduino	51
51	ESP8266 NODEMCU1	52
52	Pines de entrada y salida del multiplexor	52
53	Pines del NodeMCU 8266	53
54	Diagrama de conexión del prototipo	54
55	Software Arduino IDE sin librerías del Microcontrolador	55
56	Librería del microcontrolador NodeMCU Esp8266	55
57	Introducción de la librería del Microcontrolador	56
58	Librería descargada del microcontrolador	56
59	Librería del microcontrolador NodeMCU Esp8266 instalada	57
60	Librería de DFplayer Mp3	57
61	Código en Arduino IDE para probar la curvatura del sensor Flex	58

N°	Descripción	Pág.
62	Placa diseñada del PCB del prototipo	59
63	Placa PCB del prototipo vista frontal	60
64	Placa PCB del prototipo vista trasero	60
65	Placa PCB del prototipo	61
66	Verificación del código	64
67	Código subido al Node MCU Esp8266	64
68	Verificación de la lectura del código mediante los movimientos de la mano	65
69	Lectura del código satisfactoria mediante los movimientos de la mano	65
70	Prototipo finalizado	66

Índice de anexos

N°	Descripción	Pág.
1	Marco legal	71
2	Manual de usuario	72
3	Datasheet del sensor de flexión	74
4	Datasheet del multiplexor	76
5	Datasheet del DF player mp3	81
6	Código final del prototipo en captura de pantalla	84
7	Ensamblaje del prototipo	86



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

UNIDAD DE TITULACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN GUANTE
ELECTRÓNICO QUE REPRODUZCA UNA SEÑAL
AUDITIVA PARA PERSONAS CON PROBLEMAS DE
MOTRICIDAD”**

Autor: Pincay Magallan José Washington

Tutor: Ing. Zurita Hurtado Harry, MS

Resumen

Los avances en tecnología y medicina se vienen desarrollando de manera conjunta desde hace muchos años, producto de este trabajo se podrá ver que en la actualidad existen diversos dispositivos o productos que ayudan a la recuperación del ser humano y alargar su vida. Un gran porcentaje de personas en el mundo poseen algún tipo de discapacidad física. Hoy en día muchas de estas personas se ven beneficiadas con algunos de estos dispositivos dependiendo del grado de discapacidad que posean.

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de un prototipo para ayudar en la recuperación física a diversas personas, tales como; aquellas que hayan sufrido accidentes, que nazcan o tengan problemas de habla y de motricidad en sus manos.

El microcontrolador usado recepta la información que proporciona los sensores y mediante el movimiento que se haga posteriormente saldrá un audio, el cual dirá la necesidad que la persona requiera. Mediante las simulaciones de los sensores y de las pruebas del guante se prevé que es de fácil uso y de tamaño pequeño, por lo que puede determinar que es de gran utilidad para aquellas personas que posean un cierto grado de dificultad en los movimientos de los dedos de las manos.

Palabras Claves: Guantes, Sensores de flexión, Ayuda, Movimiento.



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

UNIDAD DE TITULACIÓN

**‘IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC GLOVE
THAT REPRODUCES AN AUDITORY SIGNAL FOR
PEOPLE WITH MOTOR SKILLS PROBLEMS’**

Author: Pincay Magallan José Washington

Tutor: E. Zurita Hurtado Harry, MS

Abstract

Advances in technology and medicine have been developing jointly for many years, as a result of this work it can be seen that currently there are various devices or products that help the recovery of human beings and extend their lives. A large percentage of people in the world have some kind of physical disability. Today, many of these people benefit from some of these devices depending on the degree of disability they have.

This paper aims to design a prototype to assist in the physical recovery of various people, such as; those who have suffered accidents, who are born or have speech and motor skills problems in their hands.

The used microcontroller receives the information provided by the sensors and through the movement that is made later an audio will come out, which will say the need that the person requires. Through simulations of sensors and glove tests, it is expected to be easy to use and small in size, so it can be determined that it is very useful for people who have a certain degree of difficulty in finger movements of the hands.

Keywords: Gloves, Flex sensors, Help, Movement.

Introducción

Con el paso del tiempo la tecnología y la medicina se han ido relacionado y han alcanzado un gran avance progresivo dando resultados que han beneficiado a millones de personas alrededor de todo el mundo. Entre los beneficiados de estas grandiosas soluciones están las personas que han nacido con alguna discapacidad física o en sus sentidos y también las personas que tras un accidente han desarrollado una discapacidad, en el presente proyecto de investigación se hace un enfoque particular a las personas con falta de motricidad.

Se prevé dar una mejor calidad de vida a las personas que tienen problemas de motricidad, se ha planteado diseñar un guante electrónico que permita reproducir una señal auditiva que beneficie a las personas con problemas de motricidad.

Se describe como se planteó, se formuló y se realizó la sistematización del problema, por consiguiente, se determinan el objetivo general en el cual está enfocado la presente investigación y los objetivos específicos para lograrlo. Además, la justificación del tema y su delimitación la cual está descrita de manera espacial y temporal para finalizar el capítulo se plantea una premisa de investigación y determina el alcance.

Contiene información base necesaria para fundamentar la investigación la cual es llamada marco teórico, se explica el marco conceptual y finalmente se especifican las leyes que contienen esta investigación, presentadas como marco legal.

Expone el marco metodológico en donde se puntualizan los tipos de metodologías investigación utilizadas, el diseño de la misma, visto desde dos perspectivas documental y experimental, se muestra también la simulación y el análisis de los datos del presente proyecto.

Se conforma por la realización y ensamblaje del prototipo, el cual se explica cómo se procedió a la realización de la implementación. Se realizó pruebas por separado, se visualiza ciertas partes de la simulación de los sensores de flexión, para dicha simulación se usó un arduino uno y mediante un código de lectura se obtuvo los datos necesarios.

Este capítulo posee la parte del esquemático del prototipo, la cual fue desarrollada en el software EAGLE, es un programa que ayuda en la realización de proyecto electrónicos, se puede diseñar diagramas, esquemas y mediante el auto enrutador se puede obtener las placas PCBS “Printed Circuit Board” en español, placa de circuito impreso, el cual ayuda en minimización del circuito, tanto en peso y en longitud.

El prototipo es factible para todas las edades, podría ser utilizado por personas que tiene un cierto porcentaje en el movimiento de sus manos, ya que, cualquier ser humano no puede

prever los accidentes que puedan ocurrir en el diario vivir. Los accidentes que pueden dejar a una persona con falta de movilidad y poco habla pueden ser; los accidentes físicos, accidentes de tránsito, daño en el cerebro, el cual puede dejar con un derrame cerebral y este causar fallas en partes del cuerpo, eh incluso en el rostro del ser humano. Se podría usar en la recuperación de los pacientes que han salido de alguna operación o trauma moderada, uno de ellos son las mujeres luego de salir del área de parto, debido a que los doctores suelen dejarlas en reposo y ellas no se puede mover del todo.

Capítulo I

El Problema

1.1 Planteamiento del problema

“Lenguaje” es un concepto más amplio que la palabra hablada; abarca distintos canales para comunicarnos (los sentidos, el cuerpo, los gestos, el movimiento, la mirada, las expresiones artísticas, la escritura, las señales de signos, etc.). La persona oyente, reduce estas otras posibilidades de lenguaje y no utiliza en todo su potencial estos canales, a excepción de ambientes particulares como el deporte, uso militar, navegación (Leybón, Ramírez, & Taboada, SENSOR FOTO-ELÉCTRICO APLICADO AL MOVIMIENTO DE LOS DEDOS DE LAS MANOS, 2006).

Conforme a la información que proporciona la OMS (Organización Mundial de Salud), se redacta que, en su antecedente universal acerca de la discapacidad, se estima que alrededor del mundo hay más de 1000 millones de personas que padecen de alguna discapacidad, y de ese porcentaje, un aproximado de 200 millones de personas tienen problemas, ya sea motriz, psicológico, etc. Según los resultados obtenidos en los sondeos de la OMS, estima que los países de ingresos bajos están más propensos a presentar un porcentaje mayor de discapacidad a diferencia con aquellos países que poseen un ingreso mayor.

La Organización Mundial de Salud, realizó un curso internacional en Argentina, en la cual se reunieron 13 países latinoamericanos donde fueron capacitados sus profesionales para que puedan dar una mejor asesoría sobre los procesos de información acerca de la discapacidad, conforme al catálogo Internacional del funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF), alude que por lo menos un 15% de habitantes de todo el mundo, sostienen algún modelo de incapacidad, la OMS aspira desplegar el funcionamiento del CIF en los países que no tienen conocimiento acerca de este tema y al significado que representa, sin embargo, en la Ciudad de México el desarrollo de la implementación del CIF, ya está en la vanguardia, promoviéndolo como óptimo para aquellas personas que contenga alguna discapacidad como: motora, auditiva, sensorial, etc.

De acuerdo con el (CONADIS) Consejo Nacional para igualdad de discapacidades del Ecuador, existen en el país un total de 460.568 personas que están registrada con discapacidad, de esa cantidad se destaca que 196.758 personas muestran algún tipo de discapacidad motriz.

De acuerdo con los datos registrados a través del CONADIS, el 46,60% sufre de discapacidad física en todo el Ecuador.

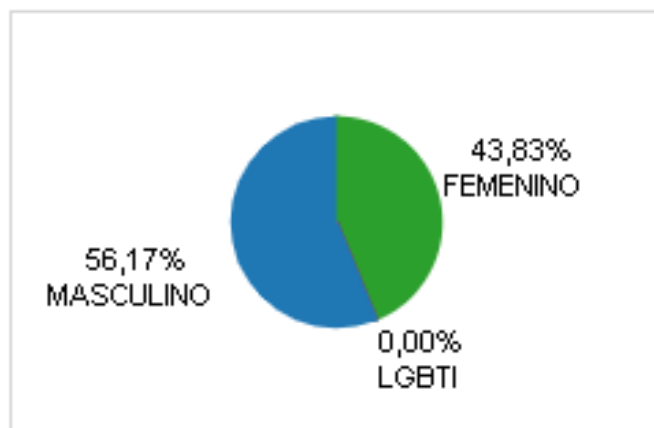


Figura 1. Genero de Discapacidad, 2019. Información tomada de El consejo nacional para la igualdad de discapacidades CONADIS. Elaborado por el autor.

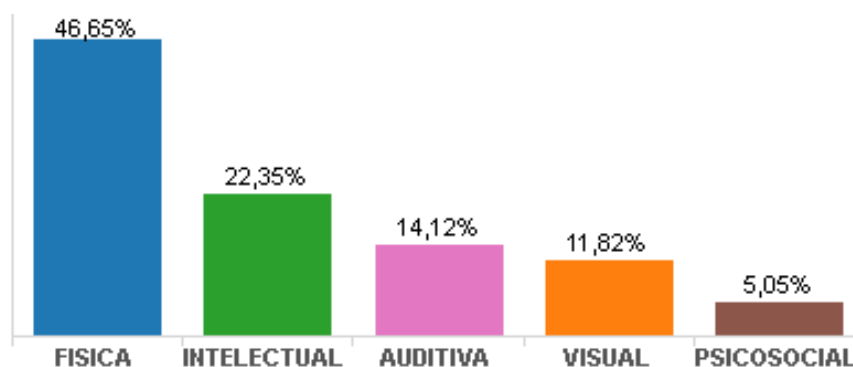


Figura 2. Tipos de Discapacidad, 2019. Información tomada de El consejo nacional para la igualdad de discapacidades CONADIS. Elaborado por el autor.

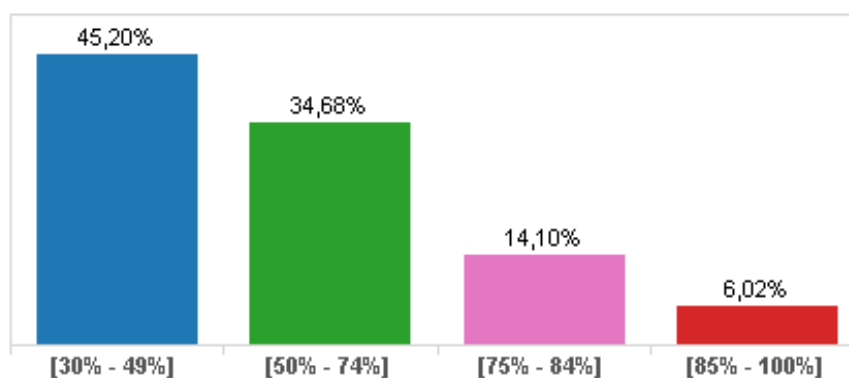


Figura 3. Grado de Discapacidad, 2019. Información tomada de El consejo nacional para la igualdad de discapacidades CONADIS. Elaborado por el autor.

1.1.1 Formulación del Problema.

¿De qué manera es factible desarrollar un prototipo de guante electrónico que ayude a mejorar la comunicación con personas que tienen problema de motricidad?

1.1.2 Sistematización del Problema.

Basándonos en la pregunta antes mencionada, las personas que se han alejado de la sociedad por problemas al no tener una comunicación eficiente con las demás, porque están parcialmente paralizadas o tiene problemas para poder hablar correctamente.

Mediante la investigación de este proyecto se deja en exposición algunas interrogantes:

¿Cuáles serían los elementos para utilizar en el proceso del desarrollo de dicho prototipo?

¿Cómo será la prueba de eficiencia del prototipo en desarrollo para depurar errores en el caso que existiera alguno, para el uso adecuado?

¿Qué obstáculo o desventaja podrían existir en el transcurso que se esté realizando el prototipo?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general.

Diseñar un prototipo de guante electrónico que contengan sensores de flexión que permita ayudar a las necesidades de personas con problema de motricidad emitiendo una reproducción auditiva para el control de su comportamiento.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Analizar las características y funciones de los elementos seleccionados para el diseño del guante prototipo.
- Investigar los diferentes sistemas o aplicaciones tecnológicas que existen en el mercado.
- Generar un lenguaje propio que se adapte a las necesidades de las personas con afecciones de motricidad.
- Ejecutar pruebas del guante para luego depurar errores que permita el correcto uso del prototipo.

1.3 Justificación

Esta tesis presenta un conjunto de contribuciones que podrían ayudar en el futuro apoyar con el diseño de mejores tecnologías para la rehabilitación en el hogar de las personas con problemas de motricidad. Estas contribuciones comprenden más general las necesidades de interacción de las personas que han experimentado un cambio dramático y potencialmente traumático en su vida, y de los mecanismos para adaptar las tecnologías informáticas persuasivas a las motivaciones específicas de quienes las usan.

Este prototipo se manifiesta mediante las necesidades de ayudar a las personas que tienen capacidades limitadas, las oportunidades de lograr un beneficio de mejorar su comunicación y rehabilitación en sus viviendas y que puedan tener una mejor calidad de vida.

Se pretende diseñar una tecnología que se adapte lo suficientemente a las necesidades de estas personas, con la finalidad de poder quebrantar el paradigma de la comunicación, alcanzando a enlazar estos dos mundos diversos a través de la lengua de señas y voz artificial.

Mediante la realización y la configuración del guante prototipo se buscará que la comunicación que establezca una persona con capacidad motriz reducida y la persona que no contenga discapacidad sea de un poco más clara y efectiva.

1.4 Delimitación del problema

De contenido:

Área académica de la carrera: Teleinformática.

Línea de investigación: Tecnología aplicada.

Sub-línea: Robótica.

1.4.1 Delimitación espacial.

El actual proyecto se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil.

1.4.2 Delimitación temporal.

El proyecto de tesis se realizó en el semestre de mayo CI 2019-2020 de acuerdo con el reglamento de graduación establecido para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Estatal de Guayaquil.

1.5 Premisa de la investigación

A través de este trabajo de investigación se aspira mostrar si es factible un prototipo que ayude a la posible rehabilitación en el hogar y a mejorar la comunicación de las personas con poca movilidad y con deficiencia de habla, así mismo, que por medio del diseño y confección del prototipo se pueda apreciar el correcto manejo.

1.6 Alcance

Mediante la investigación de este proyecto se desarrollará los siguientes procesos: La implementación de este guante prototipo básico tendrá como finalidad poder cubrir ciertas

necesidades de las personas con problemas de motricidad, algunas podrían ser; Uso adecuado de servicios higiénicos, facilidad al tomar líquidos, entre otros.

Se diseñará un guante prototipo que ayude con los gestos de las manos para aquellas personas con falta de motricidad.

Documentar toda la información necesaria sobre las necesidades de personas con problemas de motricidad.

Evaluar el prototipo de guante para la corrección de posibles errores.

Investigación sobre la implementación de tecnología basada en sensores que se hayan creado con antelación en estudios y planteamientos previos.

Desarrollar un manual de guía que explique el funcionamiento y uso del guante.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Tecnología asistencial.

Tecnología asistencial es una terminación general, que puede ser utilizado por personas que poseen alguna discapacidad o lesión. Son herramientas, dispositivos, productos, instrumentos, programas o algún tipo de equipamiento que ayudan a incrementar el rendimiento, hacer sus labores, actividades.

La tecnología asistencial en el medio de la informática abarca los equipos de asistencia y los dispositivos electrónicos, adecuación y rehabilitación en un procedimiento electrónico o informático. (Gomar, 2018)

2.1.2 Guantes sensorizados.

Hoy en día se utilizan sensores de flexión lo que hace que sea más fácil poder obtener los datos, información sin requerir de un Hardware complejo, se mostrara a continuación guantes que están inmersos en el mercado.

2.1.3 Guante CyberGlove II.

Según (Aumentaty Solutions, 2014), el guante inalámbrico de datos de captura de movimiento CyberGlove II está completamente equipado con hasta 22 sensores de alta precisión. Utiliza la tecnología patentada de detección de curvas para transformar con precisión los movimientos de las manos y los dedos en datos de ángulo articular digitales en tiempo real.

Características.- Entre las características principales a mencionar para este tipo de guantes se encuentran las siguientes:

- Número de sensores: 18 o 22.
- Resolución del sensor: <1 grado.
- Repetibilidad del sensor: 3 grados (desviación estándar promedio entre el desgaste de los guantes).
- Linealidad del sensor: 0,6% de no linealidad máxima en todo el rango de la articulación.
- Velocidad de datos del sensor: 90 registros / seg.
- Temperatura de funcionamiento típica: 10 -45 °.

- Sistema operativo: Windows 2000 y XP.
- Guantes admitidos en cada entorno: Se han probado hasta 6 pares (es posible que haya más)
- Movimientos con mucha precisión
- Tecnología inalámbrica: 2,4 GHz
- Duración de la batería: 3 horas
- Periodo de la batería: 1 año (se degrada al 80% de la capacidad original)
- Cargador de batería: Externo
- Rango de operación externo: radio de 49 pies desde el puerto USB
- Interfaz: puerto USB para el receptor inalámbrico
- Aprobaciones: CE, FCC.
- Regulaciones técnicas: certificación de conformidad de equipos de radio especificados.



Figura 4. Guante CyberGlove II, 2014. Información tomada de Aumentaty Solutions. Elaborado por el autor.

2.1.4 Guante CyberGlove III.

Según (CyberGloveSystems, 2017), la tecnología patentada HyperSensor, los datos de captura de la mano con movimiento, son limpios y aún más precisos. La nueva comunicación Wi-Fi brinda una mejor conectividad y un mayor rango operativo de más de 100 pies.

Almacenamiento de datos portátil integrado: permite un mayor almacenamiento de datos, un seguimiento constante de los datos, la capacidad de múltiples dispositivos para capturar simultáneamente, una conexión y reproducción más rápida para facilitar la recuperación de datos; Varias capacidades de almacenamiento dan más flexibilidad.

Jam Synch: sincronizo los MoCap Gloves con el reloj analógico del reloj maestro de escenario con otros sistemas de captura de movimiento, video y otros dispositivos periféricos (es decir, rastreadores faciales y de cuerpo completo, cámaras de cabeza, etc.).

Compatibilidad con versiones anteriores: Soporte continuo para aplicaciones de software existentes. Conjunto de comandos mejorado: permite un control preciso de la captura de datos, independientemente de cada canal (Wi-Fi, tarjeta SD y USB).

Características.- Se muestran las siguientes características:

- Número de sensores: 18 o 22
- Resolución del sensor: <1 grado.
- Repetibilidad del sensor: 3 grados (desviación estándar promedio entre los desgastes).
- Linealidad del sensor: no linealidad máxima de la desviación estándar del 0,6% en todo el rango de la junta.
- Velocidad de datos del sensor: hasta 100 registros / s (tarjeta SD); Hasta 120 registros / seg (USB y Wi-Fi)
- Sistema operativo y hosts: Windows XP de 32 bits y Vista (próximamente XP de 64 bits y Windows 7)
- Tecnología inalámbrica: 802.11g Wi-Fi
- Duración de la batería: 2 horas.
- Cargador de batería: Externo
- Rango de operación: radio de más de 100 pies desde la fuente de Wi-Fi (ambiente óptimo)
- Interfaz: 802.11g Wi-Fi, USB, tarjeta micro SD.



Figura 5. Guante CyberGlove III, 2017. Información tomada de CyberGloveSystems. Elaborado por el autor.

2.1.5 Datas Gloves 5DT.

Según (Aumentaty Solutions, 2014), este guante está diseñado para capturar y animar los movimientos de la mano. Es un guante cómodo, fácil de usar y, además, dispone múltiples controladores, que permiten obtener rápidamente datos de gran calidad.

El sistema se conecta al ordenador mediante un cable USB. Cuenta con baja deriva y una arquitectura abierta y la resolución que proporciona es de 10 bits por flexión. Los datos generados se transmiten mediante tecnología Bluetooth (hasta 20m de distancia) y para aquellas conexiones de alta velocidad, la batería puede durar hasta un aproximado de 8 horas. Este modelo de guantes está disponible para diestros y zurdos y el material con el que se ha fabricado es lycra (Aumentaty Solutions, 2014).

Características.- Las características principales de este tipo son las siguientes:

- Tecnología de sensores avanzada
- Amplia compatibilidad con aplicaciones
- Calidad asequible
- Comodidad extrema
- Un tamaño se adapta a muchos
- Calibración automática
- Alta resolución (Resolución de flexión mínima de 10 bits)
- Independiente de la plataforma - Interfaz USB o serie
- SDK multiplataforma (Windows, Linux y Mac)
- Software incluido
- Alta tasa de actualización
- Encendido de procesador de placa
- Interferencia baja entre los dedos
- Versión inalámbrica disponible (kit ultra inalámbrico 5DT)
- Conexión de "liberación rápida"

Versiones básicas y mejoradas.- El 5DT Data Glove Ultra está disponible en 2 variantes, con 5 o 14 sensores por guante.

El 5DT Data Glove 5 Ultra calcula la flexión que ocurre en el dedo (por cada dedo un sensor) de la mano. El 5DT Data Glove 14 Ultra calcula la flexión que ejerce el dedo (2 sensores por dedo), así como la abducción entre los dedos.

Kits de desarrollo de software:

- Windows (XP, Vista, Windows 7) (ambos C++ y C#)

- Linux (solo C ++)
- Mac OSX



Figura 6. *Datas Gloves 5DT, 2014. Información tomada de Aumentaty Solutions, Elaborado por el autor.*

2.1.6 Guante Cyber Touch.

Según (CyberGlove Systems, 2017), el sistema CyberTouch es una opción de retroalimentación táctil para el guante instrumentado CyberGlove de CyberGlove Systems.

Cuenta con diminutos estimuladores vibro-táctiles en cada uno de los dedos y en la palma del sistema CyberGlove. Cada estimulador puede programarse individualmente para variar la fuerza de la sensación táctil.

El conjunto de estimuladores puede generar sensaciones simples, como pulsos o vibraciones sostenidas, y se pueden usar en combinación para producir patrones de retroalimentación táctiles complejos.

Los desarrolladores de software pueden diseñar sus propios perfiles de actuación.

Características.- Se menciona sus principales aspectos:

- Actuadores vibro-táctiles: 6; Una en cada dedo, otra en la palma.
- Frecuencia vibracional: 0-125 Hz
- Amplitud vibracional: 1.2 N pico a pico a 125 Hz (máx.)
- Actividad del sensor: <1 grado
- Linealidad del sensor: máximo 0,6% de no linealidad en toda la gama de juntas.
- Repetibilidad del sensor: 3 grados (desviación estándar promedio entre los desgastes)

- Velocidad de datos del sensor: 90 registros / seg (típico)
- Unidad de interfaz: 3.0 x 4.55 x 1.04 in (7.62 x 11.56 x 2.64 cm)
- Cable: Estándar de 25 pies (7.62 m)
- Interfaz: RS-232 (115.2 kbaud max)



Figura 7. Guante Cyber Touch, 2017. Información tomada de CyberGlove Systems. Elaborado por el autor.

2.1.7 DT Data Glove 5 Ultra.

Según (Immersion , 2014), el Data Glove 5 Ultra está diseñado para satisfacer los estrictos requisitos de los modernos profesionales. Ofrece comodidad, facilidad de uso, un pequeño factor de forma y múltiples controladores de aplicación. La alta calidad de los datos, la baja correlación cruzada y la alta velocidad de datos.

El 5DT Data Glove 5 Ultra mide la flexión del dedo (1 sensor por dedo) de la mano del usuario. El sistema interactúa con la computadora a través de un cable USB. Cuenta con resolución de flexión de 8 bits, comodidad extrema, baja deriva y una arquitectura abierta. El kit 5DT Data Glove Ultra Wireless se conecta con la computadora a través de la tecnología Bluetooth (hasta 20 m de distancia) para una conectividad de alta velocidad de hasta 8 horas con una sola batería. Los modelos para diestros y zurdos están disponibles. Talla única para muchos (lycra elástica).

Características.- DT Data Glove 5 Ultra muestra las siguientes características:

- Tecnología avanzada de sensores
- Amplio soporte de aplicaciones
- Calidad asequible
- Comodidad extrema
- Calibración automática - resolución mínima de flexión de 8 bits

- Plataforma independiente: interfaz USB o serie (RS 232)
- Software incluido
- Procesador a bordo
- Interferencia baja entre los dedos.
- Conexión rápida de "liberación en caliente"



Figura 8. 5DT Data Glove 5 Ultra, 2014. Información tomada de Inmersión. Elaborado por el autor.

2.1.8 DT Data Glove 5 MRI.

Según (MINDFLUX, 2014), la serie 5DT Data Glove MRI está optimizada para su uso en entornos de resonancia magnética (MRI). El guante en sí no contiene ninguna parte magnética. Se comunica con una caja de control (5-7m de distancia) a través de fibra óptica. La caja de control interactúa con la computadora a través de un cable al puerto serie (RS 232 - plataforma independiente).

Hay disponibles modelos de 5 sensores y 14 sensores. Los modelos para diestros y zurdos están disponibles. Talla única para muchos (lycra elástica).



Figura 9. 5DT Data Glove MRI, 2014. Información tomada de MINDFLUX. Elaborado por el autor.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Estructura de la Mano Humana.

2.2.1.1 La mano humana.

Para el proceso del guante para personas con falta de motricidad, es inevitable la compactación de los movimientos, se requiere la sublevación, estructuras y partes de la anatomía de la mano, así el prototipo a emplearse pueda acoplarse de una manera óptima y permita que el funcionamiento sea efectivo.

La mano es la herramienta definitiva, puede utilizarse para la manipulación fina o como arma, como herramienta de expresión o como utensilio para comer, y como herramienta para el trabajo.

Según (NCBI, 2018), la mano es una estructura complicada que consta de 27 huesos y una variedad de tejidos blandos. Sin embargo, las lesiones o enfermedades a esta parte anatómica pueden tener un impacto profundo en la calidad de vida, por lo cual se detallará de breve manera los conceptos principales de cómo está diseñada la mano. La mano está compuesta de muchos huesos pequeños llamados cárpales, metacarpianos y falanges. Los dos huesos de la parte inferior del brazo, el radio y el cúbito, se unen en la mano para formar la muñeca.

La mano es una de las partes por la que está constituido el cuerpo humano y es de vital importancia como cada una de las demás partes por la que está conformado el cuerpo del ser humano.



Figura 10. Estructura de la Mano Humana, 2012. Información tomada de Taringa Ciencia y Educación, Elaborado por el autor.

Desde que nace el ser humano hasta que fallece, la mano por lo general está en constante movimiento ya que las usamos para las diversas tareas, tales como, escribir, trabajar, etc, la mano es una herramienta que, así como es muy útil puede ser muy sensible mediante algún tipo de golpe, puede lesionarse e incluso perder la movilidad, consta con una gran cantidad de huesos, músculos, tejidos, tendones, vasos sanguíneos, que pueden ser muy sensibles y bastante vulnerables.

La palma de la mano tiene una pequeña cuenca que nos permite, sostener objetos, y poder agarrar cosas, también consta con una cierta movilidad de ángulos la cual permite que la mano tenga sienta factibilidad en hacer diversos movimientos hasta de casi 180 grados, la cual es fundamental porque así se puede flexionar (doblar o estirar), puede estar propensa a poder contraer una fractura debido a que el ser humano ocupa su mano en todo el día y a cada hora por lo que se puede enfrentar en ciertas circunstancias con objetos posiblemente perjudiciales que puedan lastimar la integridad física de las manos.

Las manos captan sensaciones de presión, movimiento y vibración, por lo que es con buena razón que el sentido del tacto a menudo lo relacionan con la mano. La parte más sensible que tiene tacto es la que se encuentre en las puntas de los dedos.

2.2.1.2 Partes de la mano Humana.

Según (arch, s.f.), los nervios mediano y lunar son los nervios principales de la mano, que recorren la longitud del brazo para transmitir impulsos eléctricos hacia y desde el cerebro para crear movimiento y sensación.

Cada mano contiene 27 huesos mayores y menores, 29 articulaciones principales, al menos 123 ligamentos nombrados, entre otros tales como:

- 34 músculos logran mover los dedos.
- 17 músculos en la palma de la mano, y 18 en el antebrazo.
- 48 nervios nombrados: 3 nervios mayores.
- 24 ramas sensoriales nombradas.
- 21 ramas musculares con nombre.
- 30 arterias con nombre y casi tantas ramas más pequeñas con nombre.

En la figura 11, se muestra la estructura de la mano en donde se observa cada parte con sus respectivos huesos correspondientes a los falanges o dedos, metacarpo o palma y carpo o muñeca. De esa forma se conocerá a fondo cada hueso de la mano para llevar a cabo la elaboración del proyecto.

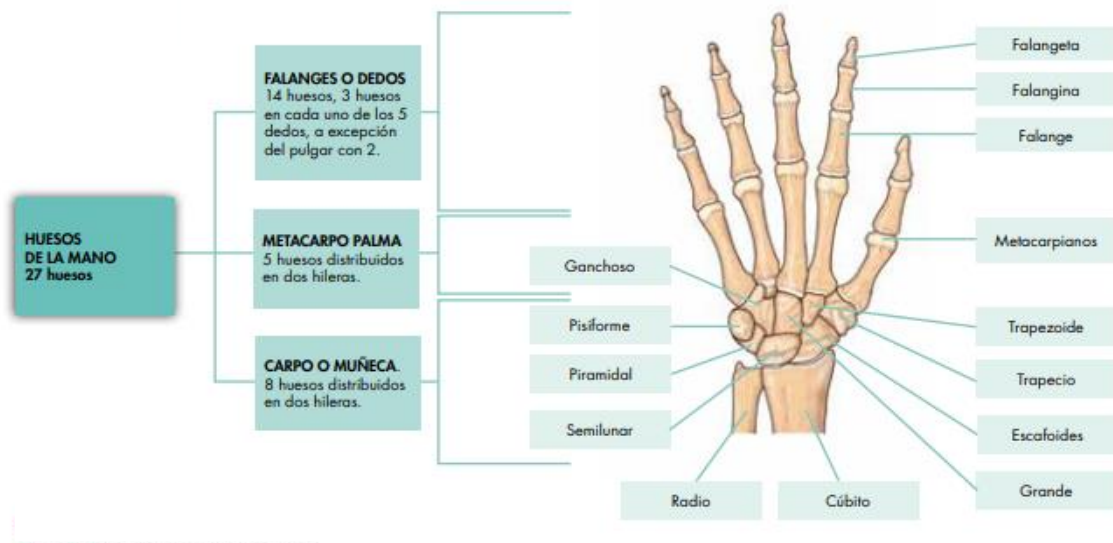


Figura 11. Estructura-huesos de la Mano Humana, 2012. Información tomada de Unidad 1 Morfología de Manos y Pies, Elaborado por el autor.

2.2.2 Dedos.

Según (mccc, 2012), los dedos de la mano, es el órgano primordial que sirve para poder manipular los objetos físicos que encontramos en el medio, mediante estos se puede obtener la información táctil que tendremos en el entorno, el tacto es el sentido de las manos, por eso se involucra directamente con las manos.

La mano está formada por el pulgar, índice, medio, anular y meñique, estos a su vez están constituidos por metacarpianos y las falanges.

Los dedos también pueden denominarse: pulgar, puntero, largo, anillo y pequeño.

El pulgar y los dedos tienen esencialmente la misma estructura ósea, sin embargo, el pulgar tiene solo 2 falanges y los demás dedos tienen 3.

La mano, está formada por el pulgar y 4 dedos, a continuación, se describen como están compuestos.

- 5 metacarpianos
- 5 falanges proximales
- 4 falanges medias
- 5 falanges distales.
- No hay hitos óseos significativos en estos huesos.



Figura 12. Nombres de los dedos de la mano, 2017. Información tomada de Okdiario. Elaborado por el autor.

2.2.2.1 Ángulos de los dedos.

Es de vital importancia poder observar los movimientos de los dedos de la mano y que ángulos puede formar cuando ésta es flexionada.

Flexión- extensión.- Metacarpofalángica: su grado de movilidad rota de 120 a 135 y está separada en 90 para flexión y la extensión se mueve de 30 a 45.

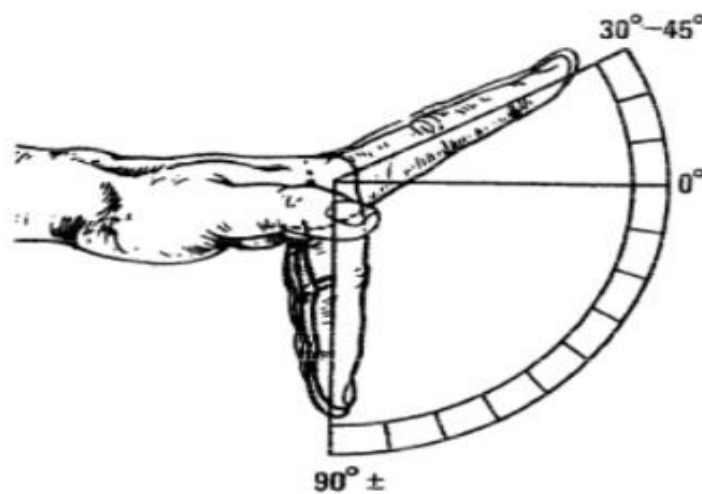


Figura 13. Arco y Ángulos de movimiento de los dedos de la mano 120 a 135 grados, 2013. Información tomada de SlideShare. Elaborado por el autor.

Flexión- Extensión.- Interfalángica proximal: en este arco de rotación no existe la extensión, pero si la flexión, la cual es de 100.

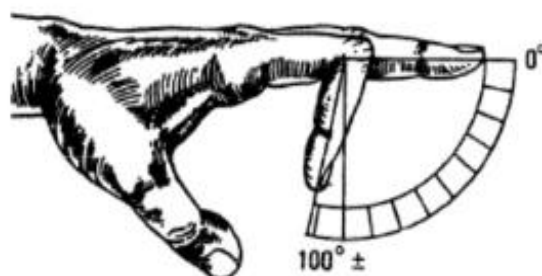


Figura 14. Arco y Ángulos de movimiento de los dedos contraídos de la mano, 2013. Información tomada de SlideShare. Elaborado por el autor.

Flexión- extensión.- Interfalángica distal: tiene una movilidad que va de 90 a 100, éste se separa en 90 con la flexión y con un pequeño rango de 0 a 10 lo ocupa la extensión.

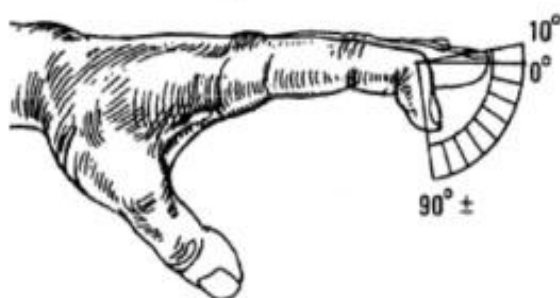


Figura 15. Arco y Ángulos de movimiento de los dedos de la mano, 2013. Información tomada de SlideShare. Elaborado por el autor.

Abducción- Aducción.- Es la movilidad con la que consta los dedos para poder juntarse y separarse entre sí, para la abducción el rango con el que se puede separar es de 20 entre ellos y para la aducción solo logran juntarse y separarse entre sí.

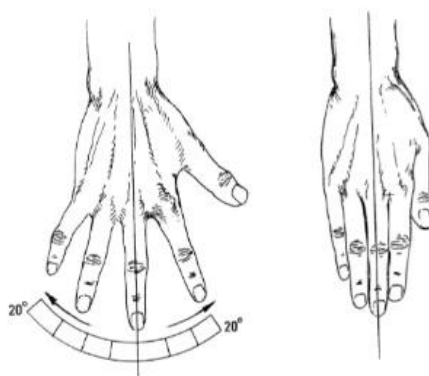


Figura 16. Arco y Ángulos de movimiento de los dedos de la mano, vista frontal, 2013. Información tomada de SlideShare. Elaborado por el autor.

2.2.3 Movimientos de la mano.

Las manos tienen una estructura muy delicada y compleja. Los seres humanos producen movimientos de la mano para manipular objetos, pero también hacen movimientos de la mano para transmitir información social relevante entre sí. Gracias a esta estructura, puede hacer una gran variedad de cosas con las manos, como agarrar objetos con fuerza y levantar pesos pesados, así como guiar un hilo fino a través del diminuto ojo de una aguja.

Nuestras manos transmiten información que puede diferir de nuestras palabras. También sirven para confirmar lo que estamos diciendo y agregar un mayor significado a nuestras palabras.

Los gestos con las manos son uno de los medios principales para transmitir información socialmente relevante a otra persona.

Las manos poseen un cierto grado de libertad para poder hacer ciertos movimientos, entre ellos tenemos: abducción, aducción, flexión y extensión.

Flexión / Extensión.- Ocurre en un plano // a la palma (plano frontal).

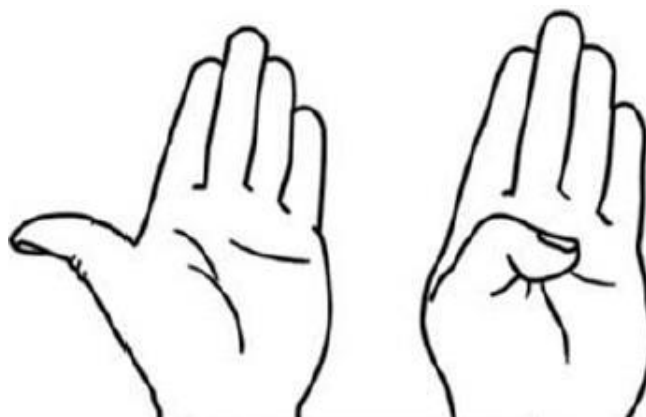


Figura 17. Movimiento de los dedos de la mano, vista de la palma de la mano, 2012. Información tomada de *The Hand*. Elaborado por el autor.

Abducción / Aducción.- Ocurren en un plano perpendicular a la palma (plano sagital).

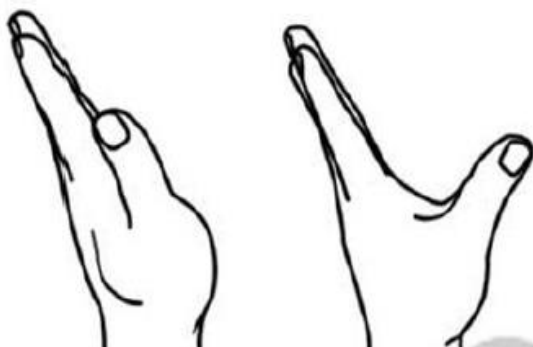


Figura 18. Movimiento de la mano vista lateral, 2012. Información tomada de *The Hand*. Elaborado por el autor.

Oposición / Reposición.- La oposición es una combinación de flexión y abducción, con rotación de accesorios. La reposición es el retorno a la posición anatómica.

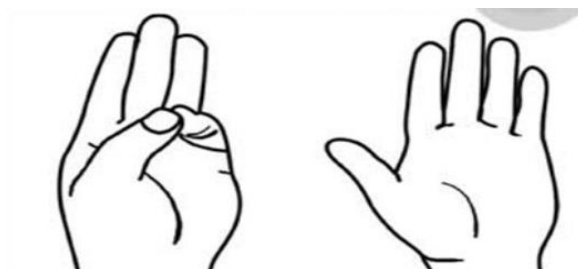


Figura 19. Movimiento de la mano, dedos recogidos, 2012. Información tomada de *The Hand*. Elaborado por el autor.

Se logra formar un radio mediante los movimientos de las articulaciones.

Flexión- Extensión: el ángulo que se forma es de 170 grados, se logra dividir en 80 para la flexión y 70 en extensión

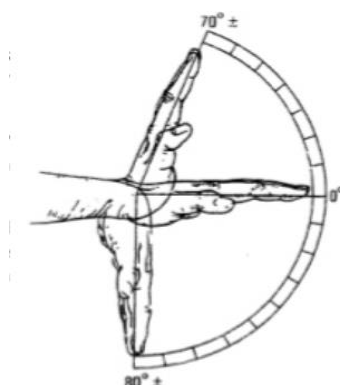


Figura 20. Movimiento de la muñeca de la mano, 2013. Información tomada de SlideShare. Elaborado por el autor.

Desviación: tienes solo dos formas en la que se puede ver si factibilidad de movilidad, ya sea: radial o cubital, se puede describir como un arco de 50, el cual se puede dividir en 30 enfocados en la desviación cubital y 20 enfocados en la radial.

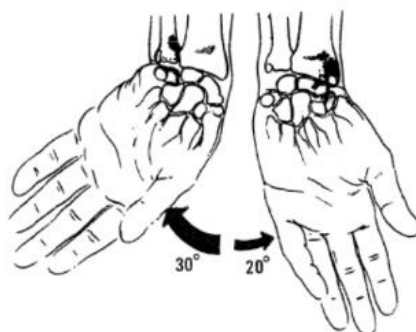


Figura 21. Movimiento de la muñeca de la mano vista frontal, 2013. Información tomada de SlideShare. Elaborado por el autor.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Microcontroladores.

Según (techopedia, 2019), un microcontrolador es una computadora presente en un solo circuito integrado que se dedica a realizar una tarea y ejecutar una aplicación específica.

Contiene memoria, periféricos de entrada / salida, programable y un procesador. Los microcontroladores están diseñados principalmente para aplicaciones integradas y se utilizan mucho en dispositivos electrónicos controlados automáticamente, como teléfonos celulares, cámaras, hornos de microondas, lavadoras, etc (techopedia, 2019).

Los microcontroladores se utilizan en sistemas integrados para sus diversas características. Se compone de procesador, pines de E / S, puertos serie, temporizadores, ADC, DAC y control de interrupción.

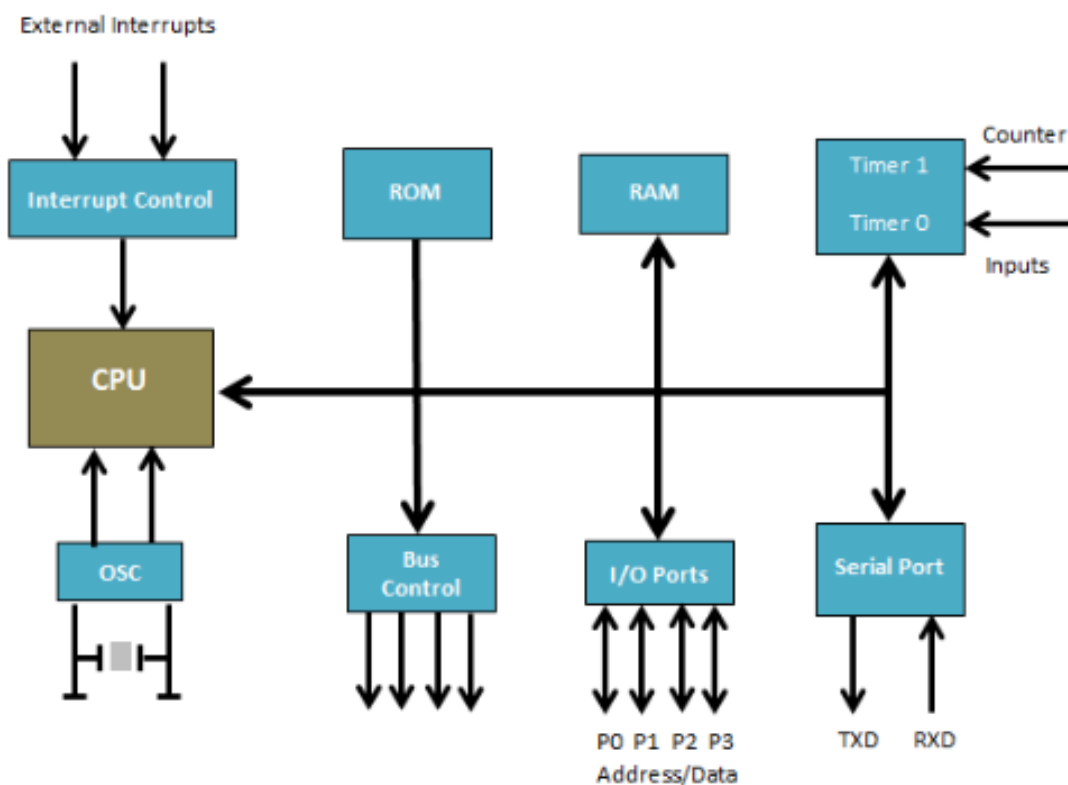


Figura 22. Diagrama de Bloques de un Microcontrolador, 2015. Información tomada de CircuitDgest. Elaborado por el autor.

Características.-

- El control de los dispositivos y procesos electrónicos es mucho más económico, ya que el tamaño y el costo involucrados son comparativamente menores que otros métodos.
- Operando a una frecuencia de reloj baja, usualmente usa palabras de cuatro bits y está diseñado para un bajo consumo de energía.

- La arquitectura varía mucho con respecto al propósito de lo general a lo específico, y con respecto a las funciones de microprocesador, ROM, RAM o E / S.
- Tiene un instrumento de entrada y por lo general posee una pantalla para la salida.
- Por lo general, está integrado en otro equipo y se utiliza para controlar las cualidades o acciones del equipo.
- El programa utilizado por el microcontrolador se almacena en la ROM.

Según (CircuitDigest, 2015), los microcontroladores se utilizan en sistemas integrados, básicamente una variedad de productos y dispositivos que son una combinación de hardware y software, y están desarrollados para realizar funciones particulares.

Se usan para emplear la automatización en aplicaciones integradas. La principal razón detrás de la inmensa popularidad de los microcontroladores es su capacidad para reducir el tamaño y el costo de un producto o diseño, en semejanza con un diseño que se construye utilizando un microprocesador, memoria y dispositivos de entrada / salida separados.

Procesador o CPU.- Procesador es el cerebro de un microcontrolador. Cuando se proporciona la entrada a través de los pines de entrada y las instrucciones a través de los programas, procesa los datos en consecuencia y los proporciona en los pines de salida.

Memoria.- Los circuitos integrados de memoria están integrados en un microcontrolador para reunir todos los programas y datos. Existen diversos tipos de memoria integrada en microcontroladores como ROM, RAM, EPROM, EEPROM, memoria Flash, etc.

Puertos de entrada-salida.- Cada microcontrolador tiene puertos de salida de entrada. dependiendo de los tipos de microcontroladores, el número de pines de salida de entrada puede variar. Se utilizan para interactuar con dispositivos externos de entrada y salida como sensores, unidades de visualización, etc.

Puertos seriales.- Facilitan la interfaz serial de los microcontroladores con otros periféricos. Un puerto que se encuentra en serie es una interfaz de comunicación en serie mediante la cual la información se transfiere dentro o fuera de uno en uno.

ADC y DAC.- A veces, los sistemas integrados necesitan convertir datos de digital a analógico y viceversa. Por ende, la mayoría de los microcontroladores tienen incorporados un ADC (Convertidor analógico a digital) y DAC (Convertidor digital a analógico) para realizar la conversión requerida.

Temporizadores.- Los temporizadores y controladores son partes importantes de los sistemas integrados. Se requieren para las diversas operaciones como la generación de impulsos.

Control de interrupciones.- El control de interrupciones es una de las características poderosas de los microcontroladores. Es una especie de notificación que interrumpe el proceso en curso e instruye para realizar la tarea definida por el control de interrupción.

Para resumir, los microcontroladores son una especie de mini computadores compactas que están diseñadas para realizar tareas específicas en sistemas integrados. Con una amplia gama de características, su importancia y uso son muy amplios y se pueden encontrar en productos y dispositivos en todas las industrias.

2.3.2 NodeMCU ESP8266

Según (AHIRLABS, 2017), NodeMCU es una plataforma de IoT de código abierto. Incluye el firmware que se ejecuta en el módulo Wi-Fi ESP8266 de Espressif Systems y el hardware que se basa en el módulo ESP-12. El término "NodeMCU" por defecto se refiere al firmware en lugar de a los kits de desarrollo. El firmware de NodeMCU se desarrolló para que los comandos AT puedan reemplazarse con scripts Lua.

El ESP8266 es un chip Wi-Fi de bajo costo con capacidad total de TCP / IP pila y microcontrolador.

Según (NodeMcu, 2015), un firmware de fuente abierta y un kit de desarrollo que lo ayuda a crear un prototipo de su producto IOT dentro de unas pocas líneas de script Lua.



Figura 23. NodeMCU ESP8266, 2015. Información tomada de AHIRLABS. Elaborado por el autor.

Características

- Posee una fuente abierta
- Interactivo
- Se puede Programar
- Bajo costo

- Sencillo
- Inteligente
- Posee habilitado el Wi-Fi
- USB-TTL incluido
- Plug & Play

NodeMCU Especificación

- Desarrollador: ESP8266
- Tipo de comunidad de código abierto: microcontrolador de una sola placa.
- Sistema operativo: XTOS
- CPU: ESP8266
- Memoria: 128kBytes
- Almacenamiento: 4MBytes
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- RAM: 32KB
- Data RAM: 96KB
- Alimentación por: USB
- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- Temperatura de trabajo: -40 °C ~ + 125
- Transmisión: continua: $\approx 70\text{mA}$ (200mA MAX), en espera: $<200\mu\text{A}$
- Tasa de transferencia: 110-460800bps
- Código: Arduino
- IDE Cpp utilizando: Arduino IDE
- GPIO: 10
- Antena en PCB
- 802.11 b/g/n

Ventajas

- Bajo consumo de energía.
- Soporte integrado para la red WIFI.
- Tamaño reducido del tablero.
- Bajo costos

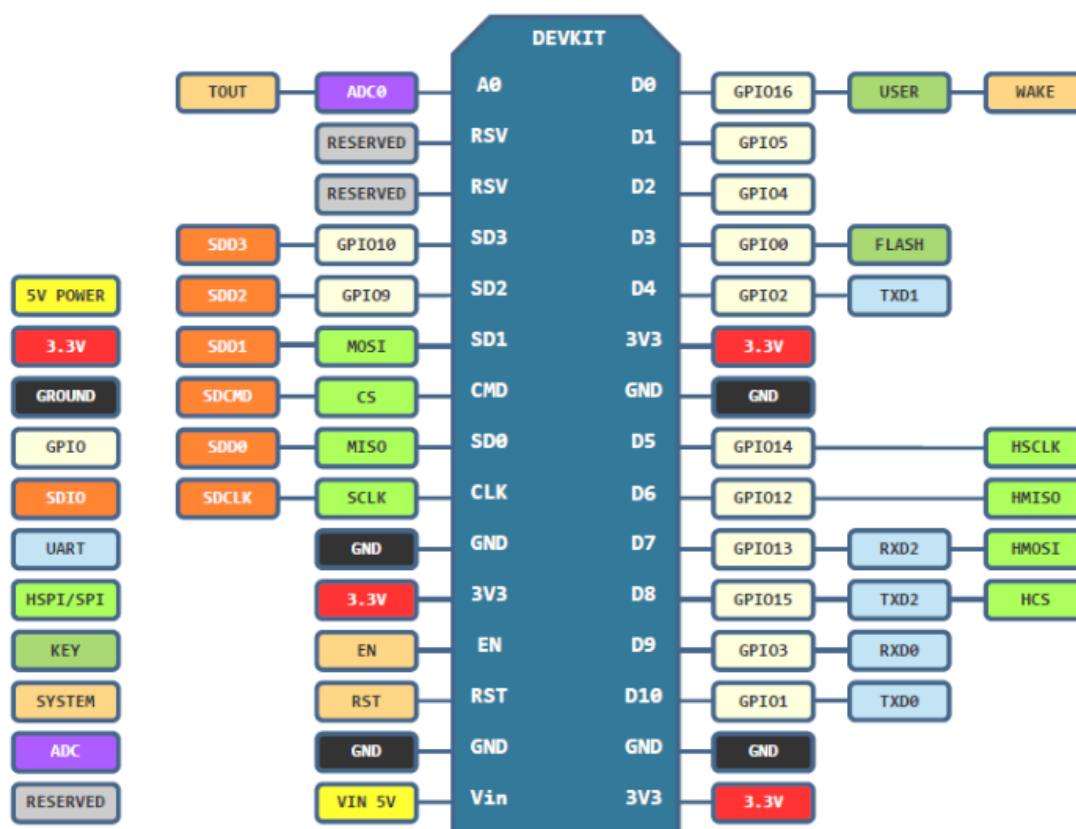


Figura 24. Diagrama de los Pin de salida del NodeMCU ESP8266, 2017. Información tomada de AHIRLABS. Elaborado por el autor.

2.3.3 DF Player Mini MP3

Según (DFROBOT DRIVE THE FUTURE, 2018), es un módulo MP3 pequeño y de bajo precio con una salida simplificada directamente al altavoz. El módulo se puede usar como un módulo independiente con batería, altavoz y botones adjuntos o se puede usar en combinación con un Arduino UNO O cualquier otro con capacidades RX / TX.

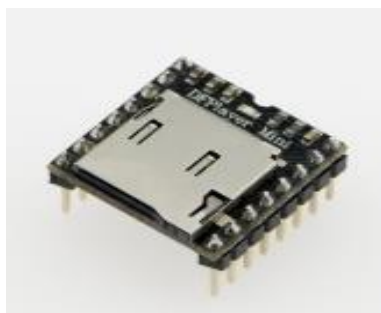


Figura 25. DF Player Mini MP3, 2018. Información tomada de DFRobot. Elaborado por el autor.

Especificaciones

- Volumen que puede ajustar en 30 niveles, posee un ecualizador que se puede ajustar de 6 niveles.

- Posee frecuencias que están admitidas en un rango de muestreo (kHz): 8 / 11.025 / 12/16 / 22.05 / 24/32 / 44.1 / 48.
- Salida DAC (señal analógica en digital) de 24 bits, soporta un rango dinámico que va en 90dB decibelios, soporte SNR 85dB.
- Soporte completo FAT16, posee un sistema de archivos FAT32 (Tabla de asignación de archivos), tiene un máximo de 32GB de soporte TF, soporta en el disco U 32G, NORFLASH de 64M bytes.
- Posee diversos modos de control, modo de control de E / S, en serie, botón AD.
- Posee una característica de espera de sonido de publicidad, la música se puede detener. Luego que la publicidad termine, la música continúa reproduciéndose.
- Los datos de audio se pueden clasificar por carpetas, tiene un máximo de hasta 100 carpetas, tiene un rango límite de 255 audios por carpeta

Aplicación

- Transferencia de voz de navegación para el automóvil.
- Controlador de transporte vial, estaciones de peaje de voz.
- Estación de tren, inspección de seguridad de autobuses mensajes de voz.
- Electricidad, comunicaciones, avisos de voz en las salas de negocios financieros.
- El vehículo que entra y sale del canal verifica que el mensaje de voz aparezca
- Los mensajes de voz del canal de control de fronteras de seguridad pública
- Alarma de voz multicanal o guía de funcionamiento del equipo de voz
- La voz de conducción segura del coche eléctrico.
- Alarma de falla de equipo electromecánico. Indicadores de voz de alarma de incendio.
- Componentes de transmisión automática, emisión regular.

Mapa de PIN.- Se muestra el player mini mp3 en la figura 26.

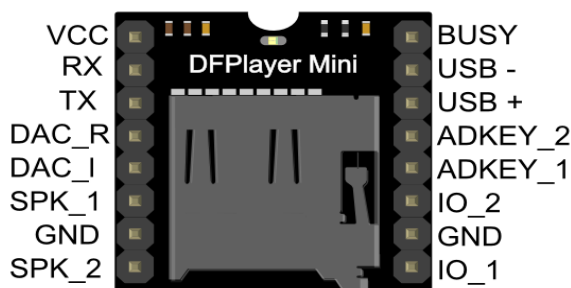


Figura 26. Mapa de PIN del Player Mini MP3, 2018. Información tomada de DFRobot. Elaborado por el autor.

2.3.4 Sensores de Flexión.

Según (COMPONENTS101, 2018), los sensores de flexión suelen estar disponibles en dos tamaños. Uno es de 2.2 pulgadas y otro de 4.5 pulgadas. Aunque los tamaños son diferentes, la función básica sigue siendo la misma. También se dividen en función de la resistencia. Existen tipos de resistencia BAJA, resistencia MEDIA y resistencia ALTA.

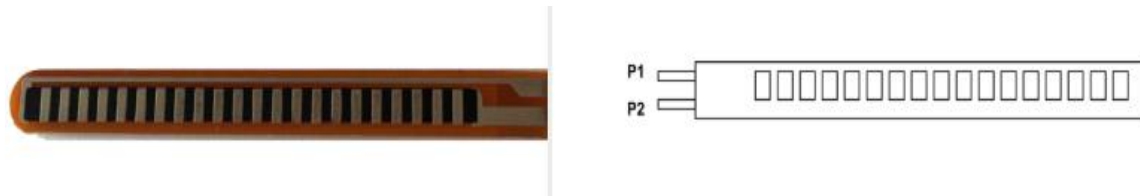


Figura 27. Sensor de Flexión / Pin de salida del sensor de Flexión, 2018. Información tomada de Components101. Elaborado por el autor.

Función del sensor.- La resistencia del terminal del sensor Flex cambia cuando se dobla.

Configuración de pin del sensor Flex.- El sensor de flexión es un dispositivo de dos terminales. El sensor Flex no tiene terminales polarizados como el diodo. Entonces no hay positivo ni negativo.

Tabla 1. Configuración del PIN del sensor de flexión.

Numero de pin	Descripción
P1	Generalmente conectado a positivo de fuente de alimentación
P2	Normalmente conectado a tierra.

Información adaptada de Components101. Elaborado por el autor.

Características y Especificaciones

- Tensión de funcionamiento del sensor FLEX: 0-5V
- Puede funcionar con voltajes BAJOS
- Potencia nominal: 0,5 vatios (continuo), 1 vatio (pico)
- Vida: 1 millón
- Temperatura de funcionamiento: -45°C a + 80°C.
- Resistencia plana: 25K Ω
- Tolerancia de resistencia: $\pm 30\%$
- Rango de resistencia de la curva: 45K a 125K Ohms (dependiendo de la curva).

Aplicaciones

- Robótica
- Juegos (movimiento virtual)

- Dispositivos médicos
- Periféricos de la computadora
- Instrumentos musicales
- Terapia física.

2.3.5 Arduino ID.

Arduino es una plataforma de código abierto utilizada para construir proyectos de electrónica. Arduino consta de una placa de circuito física programable (a menudo denominada microcontrolador) y una pieza de software, o IDE (Entorno de desarrollo integrado) que se ejecuta en su computadora, que se utiliza para escribir y cargar código de computadora en la pizarra física (sparkfun, s.f.).

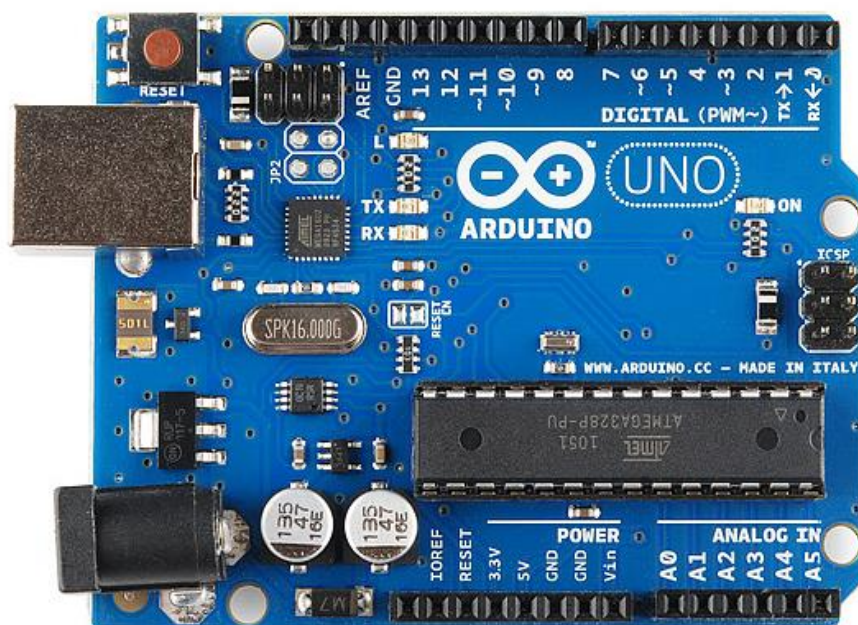


Figura 28. Microcontrolador Arduino UNO. Información tomada de sparkfun. Elaborado por el autor.

Esta plataforma Arduino ha logrado ser suficientemente famosa entre los usuarios que comienzan con la electrónica, y por una excelente razón. En comparación de las diversas placas de circuito programables, al arduino no le hace falta una pieza de hardware separada (denominada programador) para cargar algún código en la placa; solamente puede utilizar un cable USB. También, el IDE de Arduino utiliza una interpretación simplificada del lenguaje llamado C ++, lo que facilita al aprendizaje de programar. Por último, Arduino facilita un submúltiplo de estructura estándar que dividirá las características del microcontrolador más asequible.

Especificaciones.- Arduino tiene diferentes tipos de pines, cada uno de ellos está nombrado en el tablero y se usa para diferentes funciones.

GND: Abreviatura de 'Ground'. Hay diversos pines GND, cualquiera de los ellos se puede usar para unir a tierra su circuito.

5V y 3.3V: 5V proporciona 5 voltios de energía, y el pin de 3.3V proporciona 3.3 voltios de energía. La mayoría de los elementos sencillos utilizados con el Arduino trabajan frecuentemente con 5 o 3.3 voltios.

Analógico: El área de los pines bajo la etiqueta "Entrada analógica" (A0 a A5) son pines de acceso analógica. Estos pines tienen la potestad de interpretar la representación de un sensor analógico (sensor de temperatura) y convertirla en un valor digital que podamos leer.

Digital: A través de los pines analógicos se encuentran los pines digitales (0 a 13). Estos pines se pueden emplear como puerta digital (como para tener en cuenta si se presionara un botón) y la salida digital (como para encender un LED).

PWM: La tilde (~) junto a otros de los pines que son digitales (3, 5, 6, 9, 10 y 11). Aquellos pines se comportan conforme a los pines digitales habituales, pero asimismo pueden usarse para algo denominado Modulación de ancho de pulso (PWM), estos pines son capaces de simular una salida analógica (como atenuar un LED dentro y fuera).

AREF: Significa semejanza analógica. La mayoría de ocasiones se puede permitir que este pin quede aislado. Algunas veces se usa para implantar una tensión de relación externa (entre 0 y 5 V) aproximadamente el termino superior para los pines de acceso analógico.

2.3.5.1 Software Arduino ID.

En la figura 29 se muestra la interfaz del software de arduino y su disponibilidad para las diferentes plataformas.

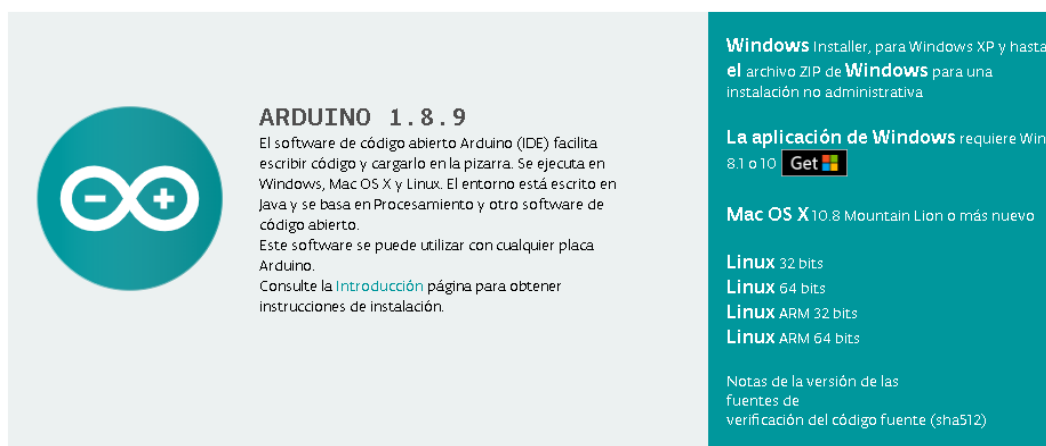


Figura 29. Software de descarga Arduino IDE, 2019. Información tomada de Arduino. Elaborado por el autor.

El IDE de Arduino es increíblemente minimalista, pero proporciona un entorno casi completo para la mayoría de los proyectos basados en Arduino. La barra de menú superior tiene las opciones estándar, que incluyen "Archivo" (nuevo, guardar carga, etc.), "Editar" (fuente, copiar, pegar, etc.), "Bosquejo" (para compilar y programar), "Herramientas" (opciones útiles para proyectos de prueba), y "Ayuda". El departamento central del IDE es un editor fácil de texto en el que puede ingresar el código del programa. La sección dependiente del IDE está dedicada a una ventana de salida que se usa para ver el estado de la compilación, la ración de memoria que se ha empleado, los errores que se encontraron en el programa y otros mensajes útiles.

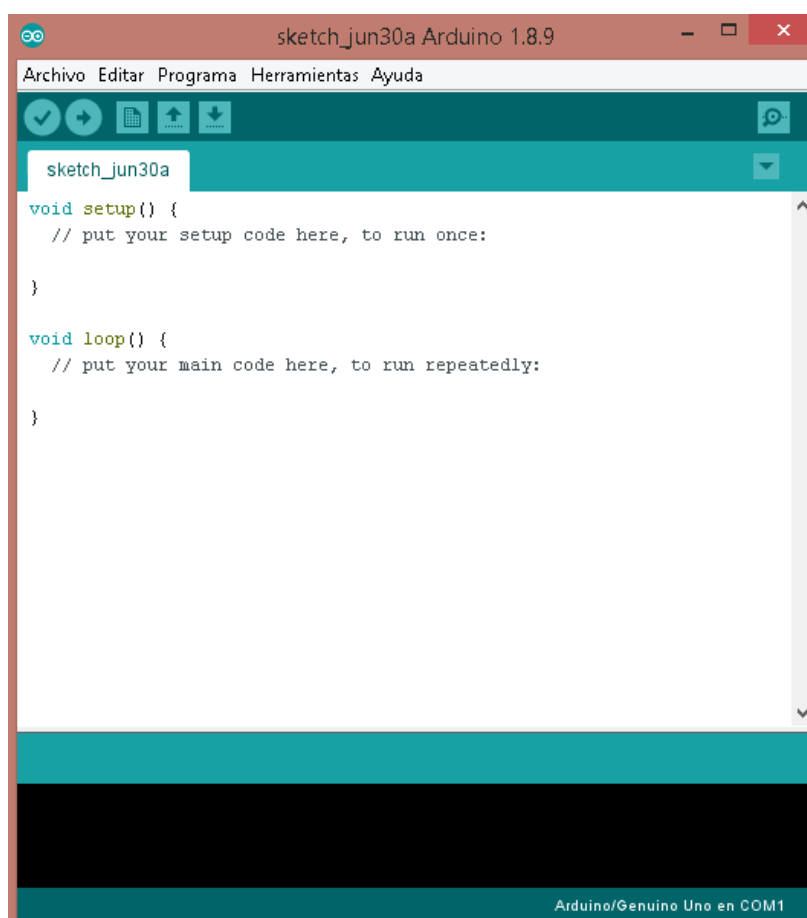


Figura 30. Interfaz de inicio del Software Arduino IDE, 2019. Información tomada de pc del autor. Elaborado por el autor.

Los proyectos realizados con Arduino se denominan bocetos, y dichos bocetos generalmente se redactan en una versión limitada de C ++ (no se incluyen varias características de C ++). Debido a que la programación de un microcontrolador es algo diferente de la programación de una computadora, hay una serie de bibliotecas específicas del dispositivo (por ejemplo, cambio de modo de pin, salida de datos en pin, lectura de valores analógicos y temporizadores). Esto a veces confunde a los usuarios que piensan que

Arduino está programado en un "lenguaje Arduino". Sin embargo, Arduino está, de hecho, programado en C ++. Simplemente utiliza bibliotecas únicas para el dispositivo.

2.3.6 Multiplexor 4051.

El dispositivo HCF4051 es un circuito integrado monolítico fabricado en tecnología MOS (semiconductor de óxido metálico) disponible en paquetes SO-16 y PDIP-16 (Aprendizaje arduino, 2019).

El multiplexor/demultiplexor analógico HCF4051 es un interruptor analógico controlado digitalmente que tiene una impedancia de encendido baja y una corriente de fuga de apagado muy baja. Este circuito multiplexor disipa una potencia de reposo extremadamente baja en todo el rango de voltaje de suministro VDD-VSS y VDD-VE, independientemente del estado lógico de las señales de control (Aprendizaje arduino, 2019).

Este dispositivo es un único multiplexor de 8 canales que tiene tres entradas de control binarias, A, B y C, y una entrada de inhibición. Las tres señales binarias seleccionan 1 de los 8 canales que se encenderán y conectan una de las 8 entradas a la salida. Cuando hay un "1" lógico en el terminal de entrada de inhibición, todos los canales están desactivados (Aprendizaje arduino, 2019).

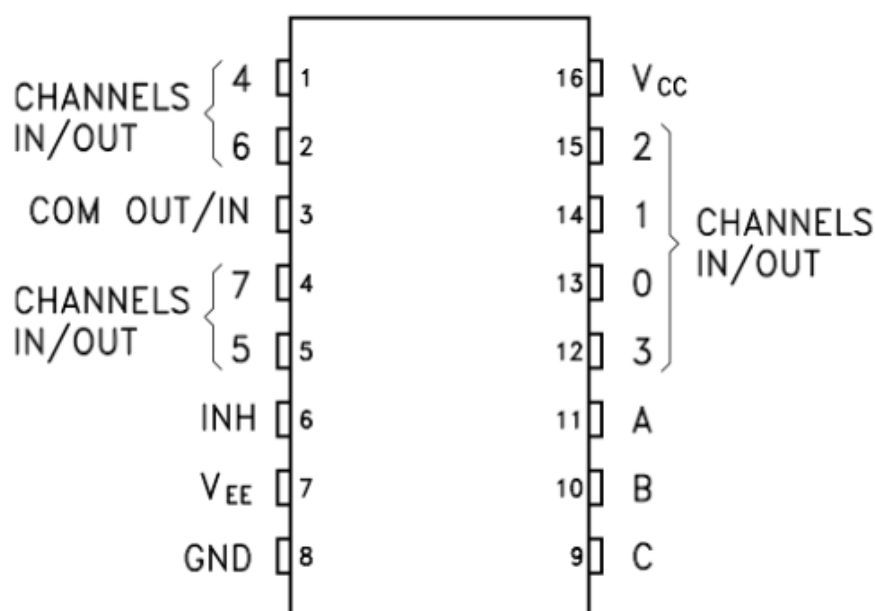


Figura 31. Pines de salida del multiplexor 4051, 2019. Información tomada de aprendizaje arduino. Elaborado por el autor.

En la tabla 2, se muestra cómo funciona el multiplexor 4051 con sus respectivos estados de entrada y canales correspondientes.

Tabla 2. *Tabla de verdad de cómo funciona el multiplexor 4051.*

Estados de entrada				Canales
Habilitado	S2	S1	S0	
L	L	L	L	A0
L	L	L	H	A1
L	L	H	L	A2
L	L	H	H	A3
L	H	L	L	A4
L	H	L	H	A5
L	H	H	L	A6
L	H	H	H	A7
H	X	X	X	NONE

Información tomada de aprendizaje arduino. Elaborado por el autor.

El multiplexor IC (74HC4051N) es capaz de convertir una entrada analógica en ocho.

2.3.7 Proteus Professional.

Proteus Professional es un paquete de software para el diseño asistido por ordenador de circuitos electrónicos. El paquete es un sistema de simulación de circuitos, sobre la base de modelos de componentes electrónicos realizados en PSpice (Universo Informatico, 2019)

Una característica distintiva del paquete de Proteus Professional es la posibilidad de simular el funcionamiento de los dispositivos programables: microcontroladores, microprocesadores, DSP y otros. Además del paquete de Proteus Professional es un diseño de sistema de placas de circuitos impresos (Universo Informatico, 2019).

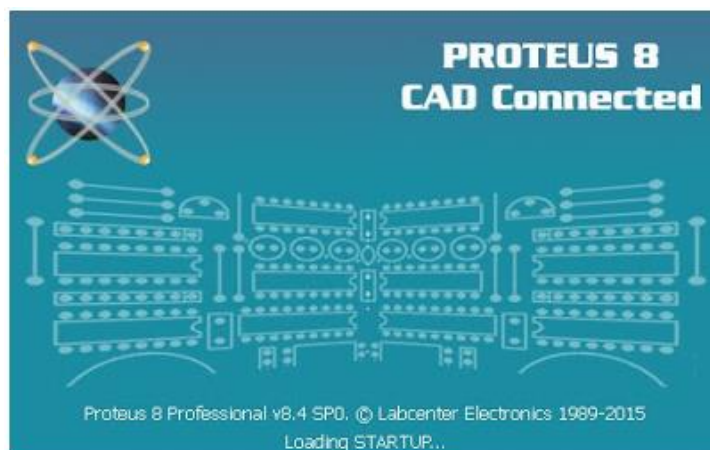


Figura 32. *Iniciación de Proteus Professional, 2019. Información tomada de Universo Informático. Elaborado por el autor.*

El Proteus es un software de diseño de circuitos electrónicos que incluye una captura esquemática, simulación y módulos de diseño de PCB (placa de circuito impreso).

Proteus tiene una enorme lista de componentes y muchas bibliotecas disponibles que se pueden agregar para incluir más componentes.

Proteus le ayuda a ejecutar una simulación mediante la cual puede verificar si el circuito está funcionando y da la salida deseada.

2.3.8 Eagle.

EAGLE, un acrónimo de E asily A p rectble G raphical L ayout E ditor, es un software de diseño de Cadsoft Computers. Es ampliamente utilizado por educadores, estudiantes, aficionados y profesionales debido a su interfaz rica pero simple con soporte de múltiples plataformas de bibliotecas de componentes (maxEmbedded, 2014).

Autodesk EAGLE es un software de automatización de diseño electrónico (EDA). Permitir que los diseñadores de placas de circuito impreso (PCB) conecten a la perfección diagramas esquemáticos, ubicación de componentes, enrutamiento de PCB y contenido completo de la biblioteca (AUTODESK, 2019).

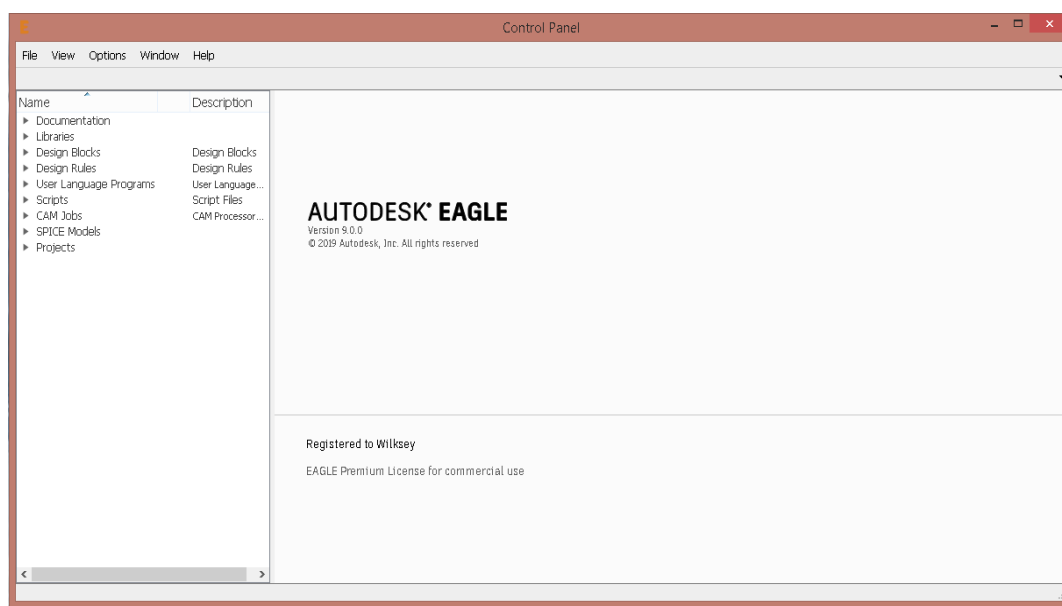


Figura 33. Imagen de inicio del programa EAGLE, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

2.4 Marco Legal

La siguiente tabla muestra los diferentes artículos relacionados con el tema, que de acuerdo con los mismos se consideran los medios que ayudan a ejecutar el proyecto bajo un marco legal. [Ver Anexo 1.](#)

Capítulo III

Metodología

3.1 Marco metodológico

Por medio del presente capítulo se podrá describir los procesos o los diversos métodos y diferentes técnicas que podrán hacer factible adquirir la información que será de utilidad para poder desarrollar la investigación.

En esta investigación se podrá argumentar la importancia del uso del software e instrumentos que faculden la metodología que se aplicará en el desarrollo del prototipo ayudando en la instrucción académica del estudiante.

El marco metodológico aporta un enfoque de estudio utilizando métodos de diversas clases para la recopilación de datos.

Para el estudio de metodologías se requiere un enfoque pragmático que incorpore la consideración de datos cuantificables y datos cualitativos más subjetivos.

El estudio metodológico varia, pero está compuesto de diversos pasos básicos, se empieza con el tipo de alineamiento y el diseño del análisis, comprobando el punto de vista tanto cualitativamente y cuantitativamente.

Otro de los pasos del marco metodológico es considerar si la población está involucrada en el estudio para el desarrollo de la problemática, decretando un área en concreta a investigar. Se define subjetivamente cada fase que se relacione con la metodología que se ha elegido para el desarrollo de la investigación, los cuales tendrán que ser justificados por el investigador.

3.2 Tipos de investigación

La investigación se define como una consideración cuidadosa del estudio con respecto a una preocupación particular o un problema que utiliza métodos científicos. Según el sociólogo estadounidense Earl Robert Babbie, “la investigación es una investigación sistemática para describir, explicar, predecir y controlar el fenómeno observado. La investigación involucra métodos inductivos y deductivos” (QuestionPro, 2019).

3.2.1. Investigación exploratoria.

La investigación exploratoria o conocida comúnmente, investigación formativa o estratégica, se basa en la investigación de un problema o situación que logre proporcionar información al investigador.

Se utiliza diversas maneras, métodos, estudios u otras técnicas con el fin de obtener información para lograr familiarizarse con el tema que hasta en ese entonces se desconoce.

Esta investigación proporciona e identifica diversos puntos de vista que puedan ayudar a la definición de algún acontecimiento. Se precisa de un exigente proceso de adquisición de información para el desarrollo e implementación del prototipo y estar al tanto del origen de la problemática que esté presente en el tema de investigación, para lo cual se precisa obtener información de revistas tecnológicas o diversidad de fuentes, etc.

3.2.2 Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica dentro de este trabajo conlleva a la recopilación de información de material ya antes publicado, libros, revistas, artículos, periódicos, etc, además también pueden involucrar, grabaciones de audio, fotografías, videos.

Un trabajo de investigación es más que una versión resumida de lo que otros han dicho o escrito.

Un artículo de investigación representa una síntesis de sus propias percepciones, actitudes, ideas y experiencias respaldadas por información obtenida de otras fuentes.

3.2.3 Investigación descriptiva.

Se llama método de investigación observacional porque ninguna de las variables que forman parte del estudio de investigación está influenciada en ninguna capacidad.

Esta investigación es utilizada para poder explicar la validez de situaciones, acontecimientos, personas, sector, sociedad que se vaya analizar con el enfoque hacia los más destacado de un acontecimiento en concreto.

Una etapa que maneja la investigación descriptiva es que examina las características que tema a tratar, determinarlo y formular hipótesis, elegir la técnica para la adquisición de datos.

3.2.4 Investigación evaluativa.

Según (M, 2013) la investigación evaluativa es un proceso científico que consiste en coleccionar, analizar e interpretar información para evaluar el diseño, implementación y resultados de un programa. Entendiendo por programa una acción pública organizada orientada a mejorar el bienestar de la población como la prestación de servicios, políticas públicas y proyectos de investigación.

Se valorará los resultados que sean más característicos y que contribuyan a la solución del problema en un marco social, en este caso a las personas con problemas de motricidad y

habla, se calcula los efectos que podría ocasionar la implementación comparando con los objetivos que se plantearon, así se lograra tomar decisiones que ayuden a l mejoramiento del prototipo.

3.3 Diseño de investigación

Un diseño de investigación describe como se manejará la investigación del estudio; constituye parte de la propuesta de investigación, debería presentar una vista general de lo que se va a usar para llevar a cabo la investigación del proyecto. (lifeder.com, 2019). Detalla para alcanzar los objetivos planteados, la respuesta a su incógnita y analizarla.

En una investigación se aplican algunas clases de diseño:

Tabla 3. *Tipos de diseños disponibles para la investigación en el 2016.*

Tipo	Sub clasificación
Experimentales	Pre experimentos
	Cuasi experimentos
	Experimentos puros
No experimentales	Transaccionales o transversales
	Longitudinales

Información tomada de investigación en DIPA Investigación Científica en Slideshare.net del Diseño de la Investigación, Elaborado por el autor.

3.3.1 Investigación documental.

Se basa en la obtención de análisis de los datos que se obtienen de otros datos o componentes impresos (cualquier case de documentación física) que estén enfocados con los requerimientos del proyecto.

3.3.2 Investigación experimental.

Esta investigación se enfoca en la práctica, a casa suceso que se realice, experimentos, entre otros, admite ejecutar modificaciones, establecer procesos y conservar un manejo con una eficiencia superior.

3.4 Modalidad de la Investigación

El actual proyecto de tesis está compuesto con diversos métodos de investigación la cual se exhibe a continuación: El método experimental autoriza la realización de estudios y si se requiere, se realiza mejoras. El método de investigación documental se lleva acabo con cada

concepto que se genera como informe, fuentes de información como revistas científicas, libros, folletos técnicos, internet, etc.

El método hipotético deductivo, permite la realización de hipótesis y a su vez estudia los criterios que presenta el proyecto. Lleva a cabo un comparativo entre cada uno de ellos, se asegura que ambas partes no pierdan dirección, la parte teórica con la experimental.

Adentro del método inductivo se halla aspectos relevantes como: cuantos objetivos de estudio está constituido y cuantos elementos esta proporcionado. Este método permite detallar la información, las propiedades y el origen por el cual se encuentre relacionado con algún objetivo. El método experimental, corresponde a los conocimientos que hemos obtenido, este método permite tener confianza con las variaciones que se le realice a cada secuencia que se aplique en el proyecto de investigación.

La unión de la información recopilada se muestra como consecuencia en solidez que acorde a la demostración los cuales se adquieren en el método deductivo.

3.5 Simulación y análisis de datos

En esta parte se presentará datos mostrados durante la simulación que será realizada en el Software de Proteus Professional versión 8.5 y Arduino ID, también se llevará a cabo una observación de datos Cuasi experimental mediante un experimento y muestras reales concurrente al tema.

3.5.1 Adquisición y análisis de datos de simulación.

La ejecución de una simulación es una fase muy fundamental para el boceto y desarrollo de un prototipo como tal por consiguiente permite poner en demostración si la implementación del sensor de flexión 2.2 en el prototipo tiene una funcionalidad correcta y a su vez realizar progresar hasta encontrar en funcionamiento correcto.

En el actual trabajo se progresó con la simulación en los softwares de Proteus Professional y Arduino ID para conocer las variaciones que podrían tener los sensores flex y conocer la forma de cómo se llevó a cabo de dicho desarrollo.

3.5.1.1 Simulación en Proteus.

Podemos decir que el sensor Flex es básicamente la resistencia variable cuya resistencia depende de la cantidad de curva. Se debe de tener en cuenta que el sensor Flex es el sensor analógico, por lo que, para medir el cambio en la resistencia correspondiente a la cantidad de flexión del sensor flexible, necesitamos un circuito divisor de voltaje simple. El circuito

para leer el cambio en la tensión como resultado del cambio en la resistencia se muestra en la siguiente figura:

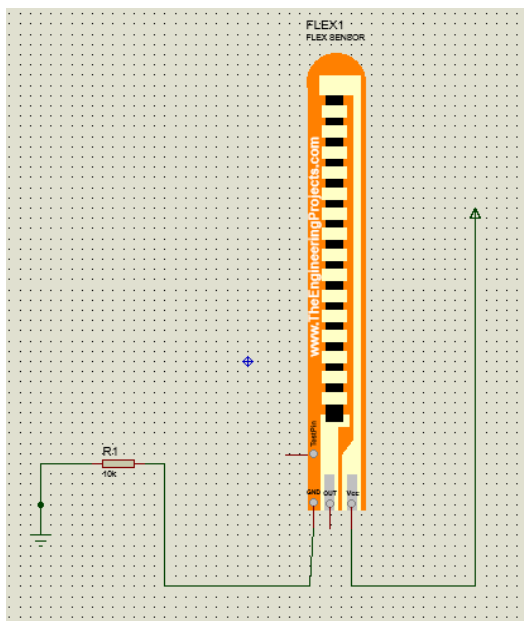


Figura 34. Sensor Flex del software Proteus, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

Como puede verse en la figura, el sensor Flex está conectado a la resistencia de 10 kilo ohmio en la configuración del divisor de voltaje. Entonces, si la resistencia del sensor de Flex varía con la cantidad de flexión, la caída de voltaje según lo regula la ecuación del divisor de voltaje varía a través de la resistencia de 10 kilo y el sensor de flexión mismo.

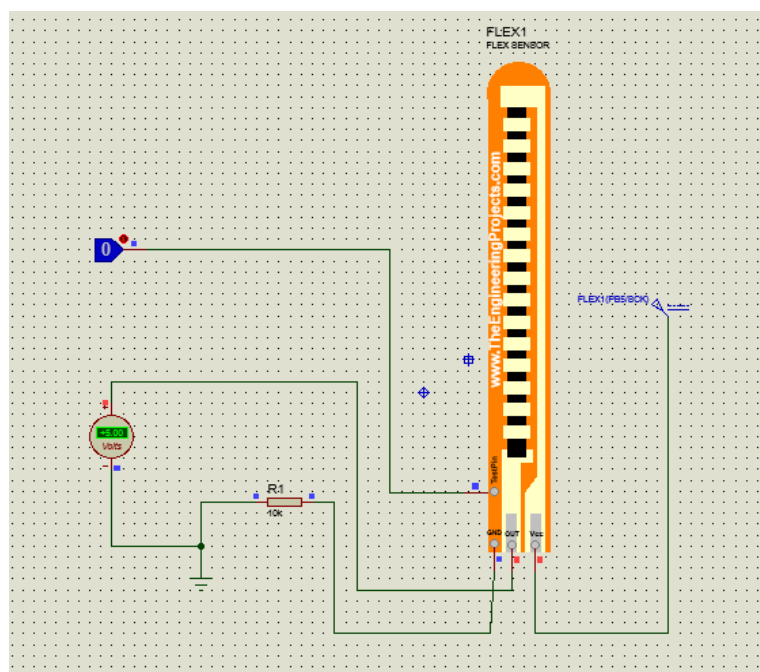


Figura 35. Sensor Flex del software Proteus, parte II, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

El circuito está diseñado de tal manera que evalúa la tensión de salida correspondiente a la señal aplicada en la entrada del sensor Flex. Se tiene en cuenta que en este caso se utiliza el conmutador lógico digital y que la salida se toma del tercer terminal que no está presente en el sensor Flex real. Entonces, la razón de esto es que el modelo de simulación del sensor flexible está en progreso de diseño y aquí está el modelo aproximado. Cuando se empuja el interruptor hacia arriba o hacia abajo, el nivel de voltaje correspondiente se leerá en el voltímetro.

Por medio del entorno grafico de Proteus podremos observar que no hay mucha variación en el valor que muestra el multímetro, se hizo diferentes pruebas con variedades de valores en resistencia y el valor que reflejaba no variaba mucho.

3.5.1.2 Simulación en arduino id.

Como se puede apreciar, el vcc del sensor de flexión (la línea que va de forma continua al sensor) a 5v de Arduino, el GND “que procede a ser la tierra” de Arduino estará enlazada en serie con la entrada analógica y a una resistencia de 10k ohm y a su vez también estará conectada a tierra.

La resistencia de 10 k Ω en el lado del suelo y el sensor de flexión en el lado de 5 V, significa que a medida que aumenta la resistencia del sensor de flexión (lo que significa que el sensor se está doblando), la tensión en A0 disminuirá.

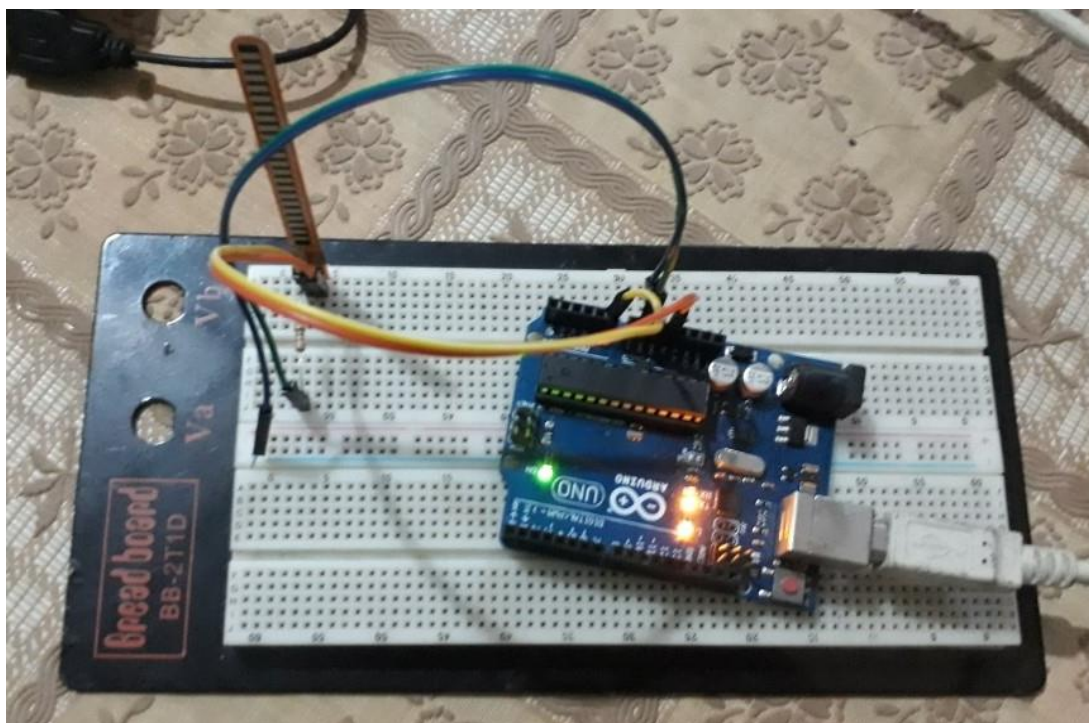


Figura 36. Arduino y Sensor Flex, 2019. Información tomada del Celular móvil del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

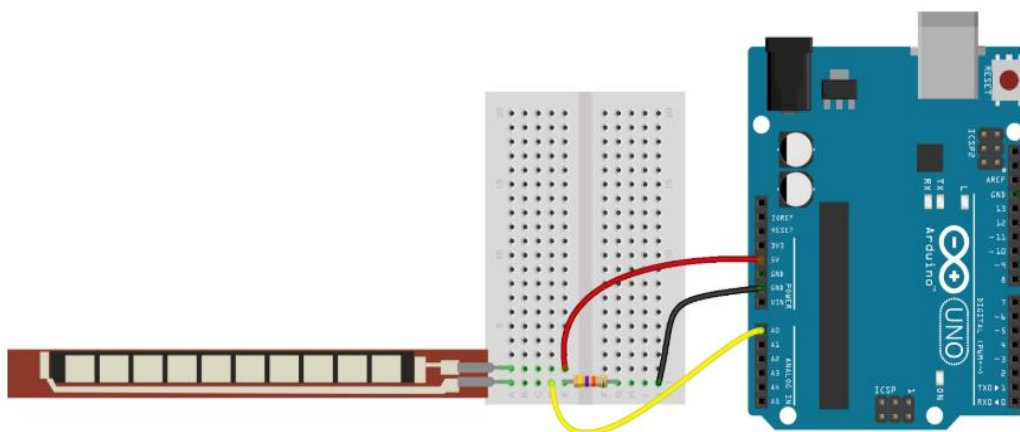


Figura 37. Esquema de Arduino y Sensor flex, 2017. Información tomada de sparkfun. Elaborado por el autor

A medida que se dobla el sensor de flexión, se puede observar cómo cambian los cálculos de resistencia y ángulo estimado.

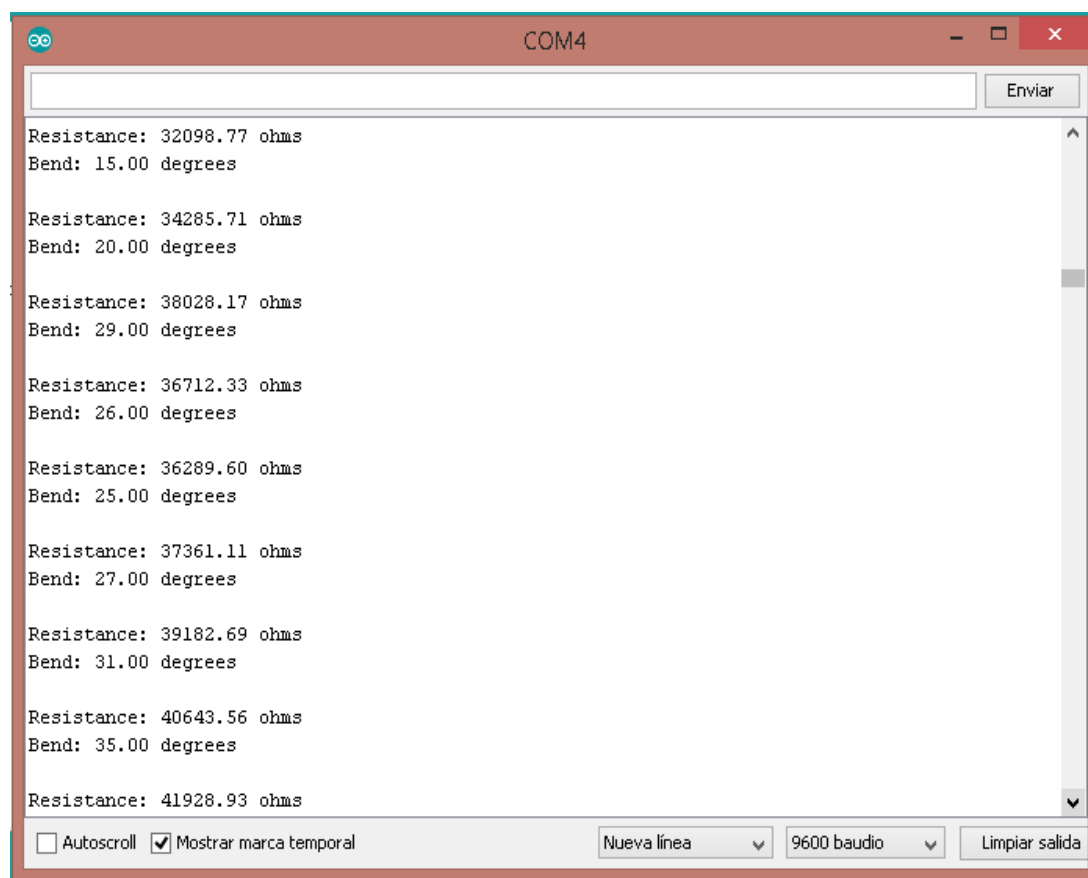


Figura 38. Datos de la Simulación del Sensor Flex del software Arduino IDE, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

3.5.2 Análisis de adquisición de datos obtenidos entre Proteus y Arduino ID

Mediante las figuras antes descriptas se puede mostrar los datos que se obtuvieron en la prueba de los sensores de flexión, se puede observar que el funcionamiento del sensor es

correcto conforme con los que se necesitan para configurar para el funcionamiento del prototipo, se procedió a realizar variaciones en el sensor media la flexión en ángulos de 0 grados a 90 grados, el sensor de flexión reacciona a diferentes cambios en arduino mostrando distintas variaciones.

Los datos obtenidos en Proteus son muy escasos ya que mediante un pin analógico que se le colocó y solo se podrá accionar para arriba o hacia abajo ya que el sensor flex no se lo puede manipular para darle movimiento y ver la flexión, las pruebas que se le hizo con diferentes tipos de resistencia, el resultado que reflejaba al cambio de resistencia no variaba mucho en relación a arduino.

Los datos obtenidos mediante arduino, se procedió a hacerle capturas de pantallas a la variación que mostraba la marca temporal en el COM4 (pantalla de arduino que muestra la simulación).

Tabla 4. *Valores de la flexión del sensor obtenidos en arduino.*

Resistencia	Flexión en grados
25034k	0
26148k	2
26405k	3
27749k	6
29498k	10
32098k	15
34478k	21
37142k	27
38741k	30
40643k	35
56428k	70
57748k	73

Información tomada de la simulación de los sensores flex. Elaborado por el autor.

3.5.3 Análisis de datos cuasi experimental

En el diseño Cuasi experimental se escogió los resultados de dos diferentes sensores de flexión y se hizo la comparación con la simulación en arduino.

Se procedió a tomar la información que producía los dos sensores de flexión y a su vez plasmarla en un gráfico comparativo.

Tabla 5. Valores de la simulación obtenida de dos sensores.

Grados	Sensor A1	Sensor A2
0.00	24560.81	24914.67
1.00	25769.23	25930.15
3.00	26405.70	26806.90
5.00	27610.28	27972.20
9.00	29045.80	29195.40
15.00	32098.77	32125.40
21.00	34478.26	34630.76
30.00	38714.28	38890.20
36.00	41407.03	41920.70
42.00	43842.11	43650.10
70.00	56428.57	56520.90

Información tomada de la simulación de los sensores. Elaborado por el autor.

A continuación, se muestra los valores en el gráfico:

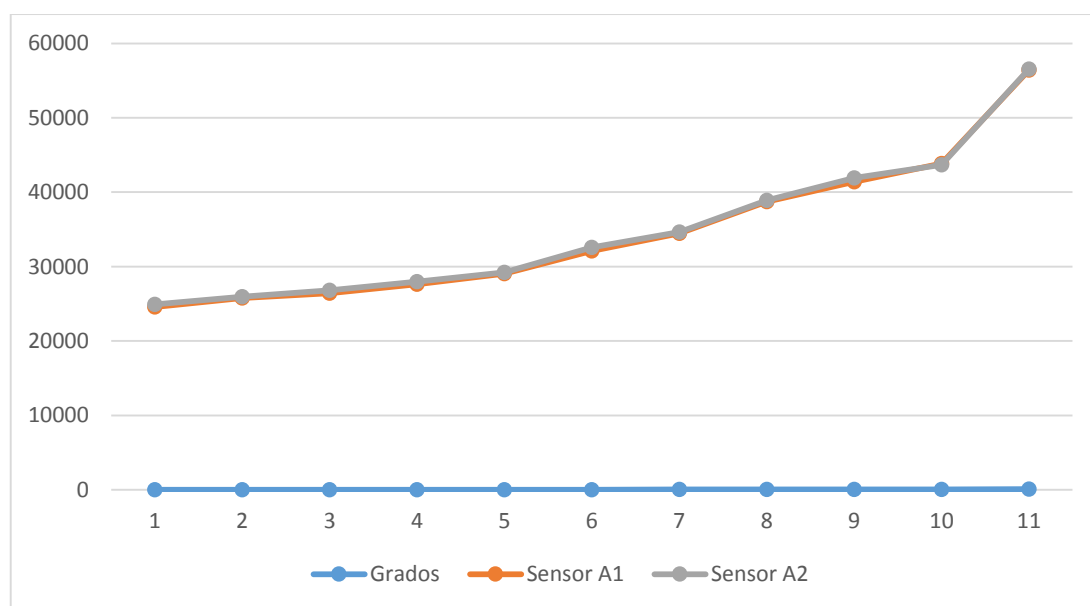


Figura 39. Grafica de análisis del Sensor Flex del software Proteus, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

A continuación, se muestran valores obtenidos de sensores de flexión planteados en otros proyectos.

Se han llevado a cabo pruebas experimentales gracias a las cuales se han obtenido los valores de tensión para los distintos valores de flexión del sensor. Estas pruebas han

consistido en la conexión de cada uno de los sensores contruidos a un divisor de tensión y este a un multímetro de precisión (ResearchGate, 2012).

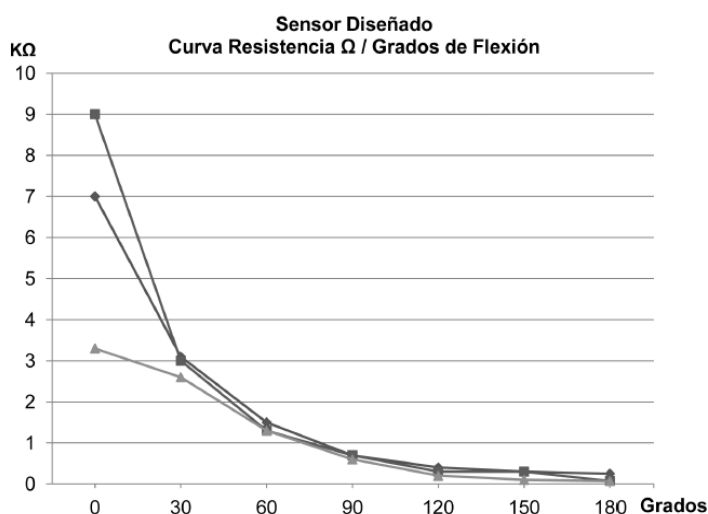


Figura 40. Grafica del Diseño y construcción de un guante de datos mediante sensores de flexibilidad y acelerómetro, 2011. Información toma de researchgate. Elaborado por el autor.

En la figura mostrada se puede apreciar que han probado la flexión del sensor con 3 sensores distintos y se puede observar mediante las líneas que los tres sensores tienen un comportamiento similar en cada uno de sus rangos.

A continuación, en el siguiente guante se probó el comportamiento del flex sensor en el rango de utilización del guante, que es de 0° a 90°, debido a que ese es el rango aproximado del movimiento de los dedos humanos. Se realizó la medición en este rango en pasos de 5°, obteniéndose un comportamiento bastante lineal, donde el eje y muestra el número de bits que corresponde a cada posición articular (SciELO, 2015).

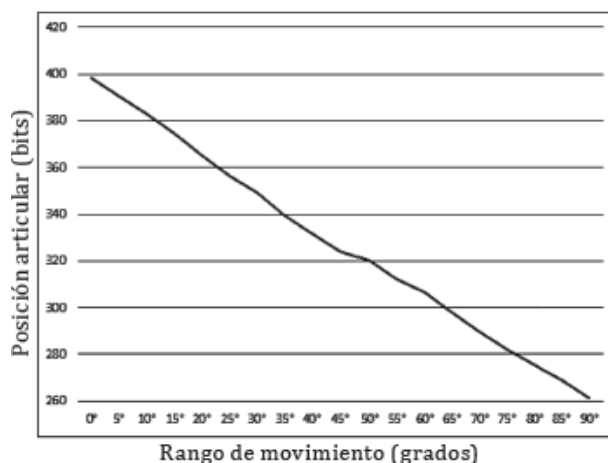


Figura 41. Grafica de Rango de movimiento de un Guante con sensores de flexión, 2015. Información tomada de SciELO. Elaborado por el autor.

Como se puede observar la gráfica muestra una línea significativa en la flexión que se le aplicó al sensor.

3.5.4 Análisis general de la simulación.

El sensor de curvatura generalmente está pegado a la superficie cuya curva se monitorea, ya que la superficie está curvada, la resistencia del sensor de flexión varía, es decir que la resistencia del sensor de curvatura es directamente proporcional a la cantidad de curvatura.

El principio del funcionamiento es como la resistencia variable normal o el potenciómetro, con la única diferencia; es decir, la resistencia del sensor flex cambia con la curva mientras que la resistencia variable o la resistencia del potenciómetro cambia a medida que giramos la perilla. También hay algunos otros tipos de sensor de curva, pero el que puede ver en las imágenes es el sensor de curva basado en tinta conductora.

Se logró llevar a cabo muestras experimentales gracias a esto se obtuvo valores de tensión para los distintos valores de flexión del sensor. Esta demostración consistió en la conexión de algunos sensores a un divisor de tensión.

Se colocó la base del sensor flex sobre los 0 grados y se fue doblando paulatinamente por la parte media del sensor (por lo que podría tener influencia en la medición de resistividad o por consiguiente a que no se mueva de su base y a que se puede dañar si se lo flexiona para el lado equivocado, si se lo flexiona para el lado contrario los resultados serían negativos).

La mediación fue variada debido a que el sensor de flexión se presta para eso, los ángulos variaron de 0 grados a los 180 grados.

Se procedió hacer algunas repeticiones para tomar un valor medio hasta lograr sacar un margen de error, entre las medidas obtenidas se verificó que el margen era inferior al 1%.

Dichos sensores que fueron estudiados en esta medición han mostrado unos resultados muy beneficiosos debido a que mediante la flexión responden de una manera muy lineal variando su resistencia en un rango muy extenso a su funcionamiento.

Capítulo IV

Diseño de la propuesta de investigación

4.1 Etapa 1: Identificar y Evaluar el Hardware a usar en el prototipo

4.1.1 Evaluación de los sensores de flexión.

El sensor de flexión seleccionado para el desarrollo del prototipo tiene una longitud de 2.2 pulgadas.



Figura 42. Sensor flex, 2018. Información tomada de Components10. Elaborado por el autor.

El sensor de flexión es un instrumento que está conformado por dos terminales, el sensor no posee terminales polarizados por lo cual no tiene lado positivo ni lado negativo.



Figura 43. Pin de salida del sensor de flexión, 2018. Información tomada de Components101. Elaborado por el autor.

El sensor Flex debido a su rango de movimiento y flexibilidad es esencialmente como una resistencia variable, esta resistencia cambia su rango de resistividad cuando se le aplique un cierto grado de doblaje. Como se puede apreciar en la figura, la primera línea es cuando el sensor está en modo de reposo. La segunda línea que muestra la figura tiene una ligera curva, lo cual muestra que el sensor ha sufrido un incremento en su resistividad y posee un aproximado de 45 grados. La tercera línea, el sensor tiene una curvatura mayor a la anterior lo cual indicia que su incremento de flexión fue mucho mayor a la anterior, la cual indicia que su curva forma aproximadamente 90 grados.

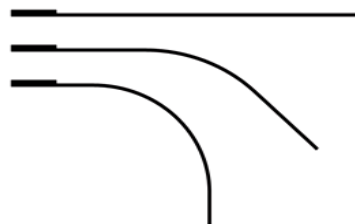


Figura 44. Dobla de ángulos del sensor flex, 2018. Información tomada de Components101. Elaborado por el autor

Como se puede apreciar en la figura anterior, el sensor en su estado normal posee su resistividad nominal. Debido a que el sensor se puede ir doblando esporádicamente la resistencia va a ir aumentado según el ángulo, cuando llega a los 90 grados, la resistencia puede llegar a ser 4 veces mayor que la resistencia nominal.

Entonces se puede decir que en cierta parte el sensor de flexión va a convertir los ángulos de flexión en un parámetro resistencia. El parámetro resistivo se convierte en un parámetro de voltaje, un circuito básico de divisor de voltaje.

Este circuito posee dos resistencias, la primera resistencia hace de una constante y la segunda es una resistencia variable.

En el punto medio del circuito posee un voltaje de entrada y de salida que esta denominado (V_o), este a su vez es la resistencia variable que se encuentra denominada (RV1). Entonces cuando la resistencia RV1 vaya a cambiar también lo hará la tensión de salida V_o . Por lo tanto, habrá un cambio de resistencia en el cambio de voltaje.

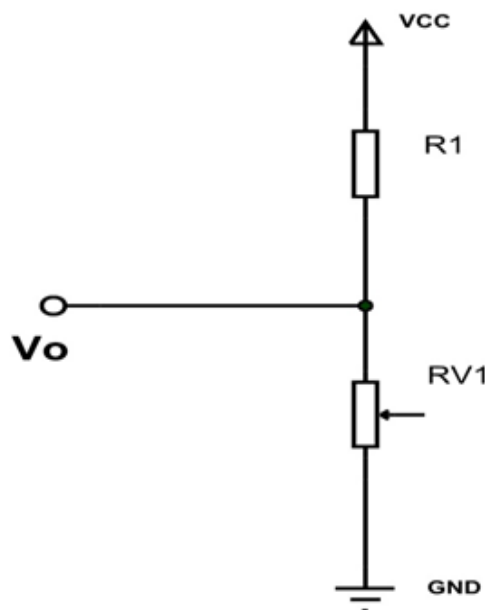


Figura 45. Divisor de voltaje, 2018. Información tomada de Components101. Elaborado por el autor.

En la figura presente se unió el divisor de voltaje con el sensor flex, reemplazando la variable RV1 por el sensor de flexión. R1 procederá a ser la resistencia constante y el sensor de flexión actuará como una resistencia variable. V_o fluirá a través del sensor de flexión y a su vez será el voltaje de salida. Cuando el sensor de flexión es doblado, aumentara la resistencia del terminal.

Y si bien con el aumento en la tensión del sensor Flex, en V_o el voltaje tendrá un aumento lineal. Así con eso se obtendrá el parámetro de volteje que representará la flexión. Se podrá obtener el parámetro de voltaje y enviarlo al ADC para adquirir el valor digital.

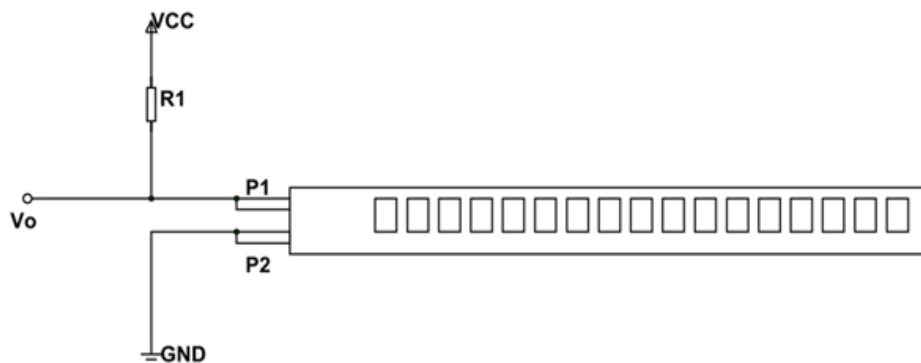


Figura 46. Resistencia de variable junto al sensor de flexión, 2018. Información tomada de Components101. Elaborado por el autor.

En la figura se observa claramente cómo se debe flexionar correctamente el sensor de flexión, si se flexiona de una forma errónea (al revés o desde los pines de entrada y salida) podría dañarse o botar datos en forma negativa.

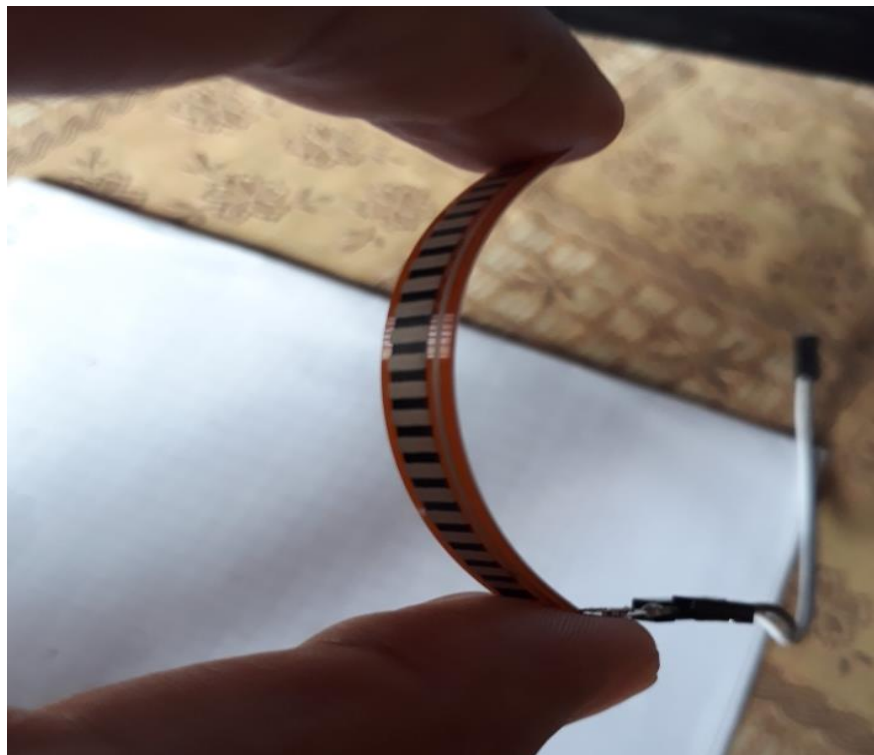


Figura 47. Sensor flex con un rango de curvatura, 2019. Información tomada del celular móvil del autor. Elaborado por el autor.

Para sacar datos de los sensores de flexión se usó arduino uno:

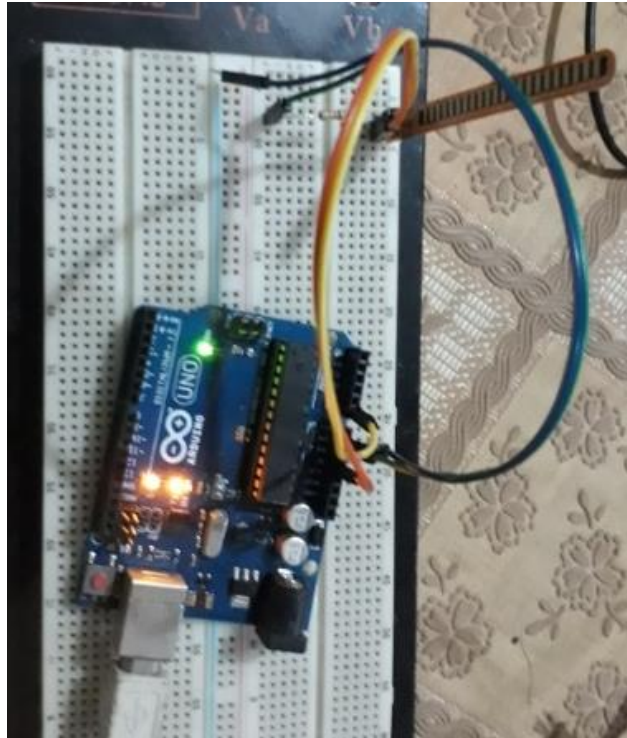


Figura 48. Sensor Flex y Arduino UNO en base de pruebas, 2019. Información tomada del celular móvil del autor. Elaborado por el autor.

Resultados de las pruebas que proporciona el sensor flex.- Prueba de error de la medición de los sensores de flexión, como se puede apreciar en la figura tiene una lectura negativa debido a la mala medición del instrumento.

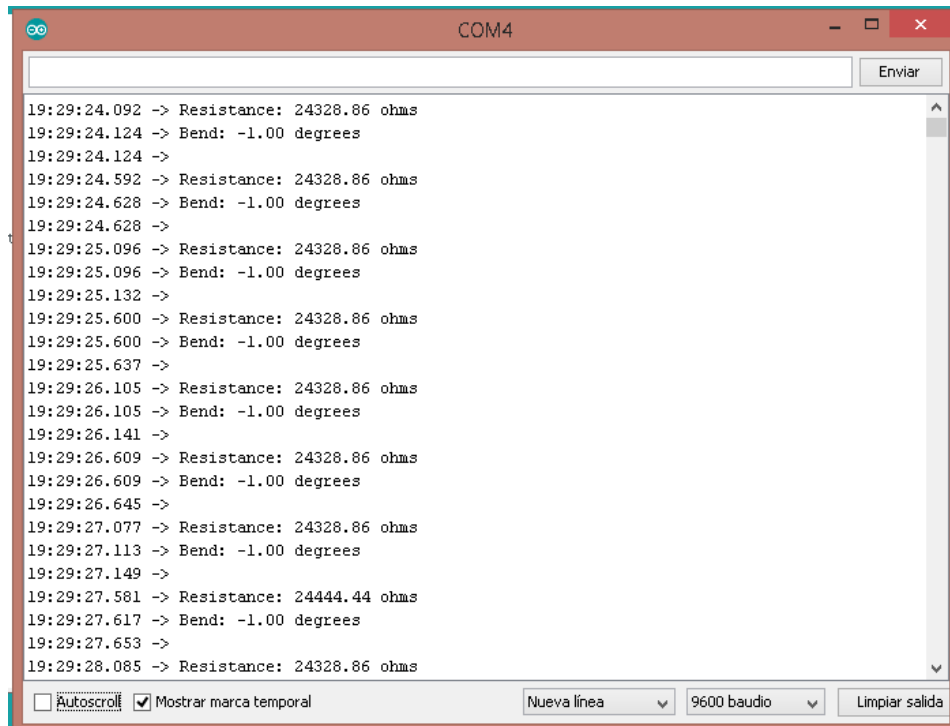


Figura 49. datos negativos obtenido del sensor de flexión mediante arduino, 2019. Información tomada del pc del autor Elaborado por el autor

El sensor de flexión es un instrumento muy fundamental para el desarrollo del prototipo, se acopla bien a los dedos de la mano y su flexibilidad hace que recupere la forma habitual rápidamente.

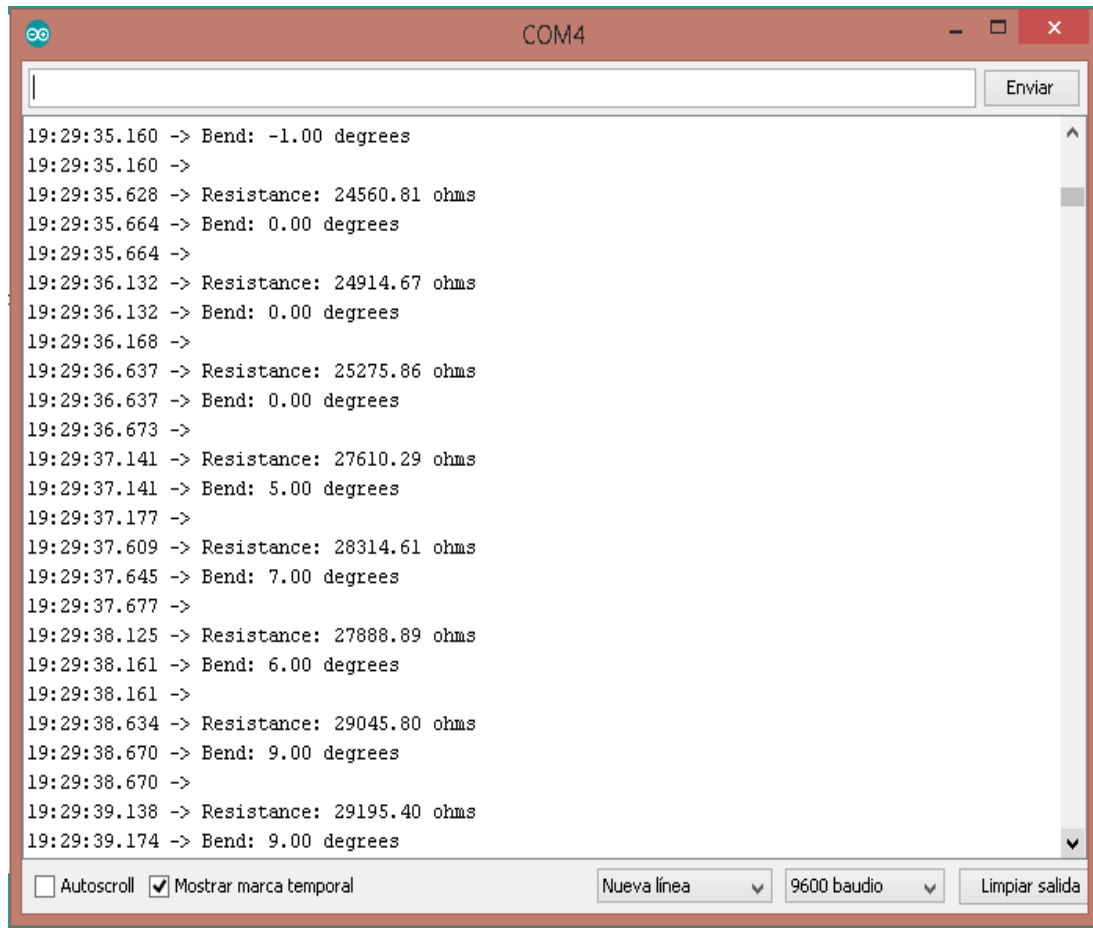


Figura 50. Datos obtenidos del sensor de flexión mediante arduino, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

4.1.2 Evaluación de NodeMCU ESP8266.

ESP8266 es el microcontrolador y cerebro del proyecto, posee un chip con una inmensa capacidad diseñada para cubrir las exigencias de un nuevo mundo en constante conexión. Propone un desenlace de redes Wi-Fi autosuficiente, lo que autoriza albergar la aplicación o descargar absolutamente las funciones de redes Wi-Fi de distintos microprocesadores. Posee internamente una eficaz suficiencia de almacenamiento y procesamiento que le otorga acoplarse con los sensores y diversos dispositivos específicos por medio de sus pines de entrada y salida “GPIO”, con un desenvolvimiento pequeño inicial y con una carga insignificante durante el periodo de realización. Su eminente rango de integración en el chip posibilita que sus circuitos externos sean de un tamaño mínimo, y toda la disolución, abarca el módulo delantero, está construida para adaptarse en un área de PCB mínima.



Figura 51. ESP8266 NODEMCU, 2019. Información tomada de Mindiamart. Elaborado por el autor.

4.1.3 Evaluación del multiplexor.

El multiplexor IC (74HC4051N), este IC es capaz de convertir una entrada analógica en ocho. El IC funciona activando una entrada analógica, leyéndola y apagándola, se enciende la siguiente entrada analógica. Al hacer esto, solo lee un sensor a la vez y lo envía al pin analógico del microcontrolador. El IC puede activar, leer y desactivar las entradas analógicas tan rápidamente que parece que las está leyendo todas al mismo tiempo. Esto es similar a cómo funcionan las pantallas de computadoras y teléfonos inteligentes; Cada píxel no puede tener su propio pin designado (¡eso sería un desastre!), Por lo que los enciende y apaga tan rápido que nuestros ojos los perciben a todos al mismo tiempo. Para funcionar, el IC necesita tres pines digitales. Al cambiar las combinaciones de los estados de encendido y apagado de los pines, el IC puede activar y desactivar las 8 entradas analógicas.

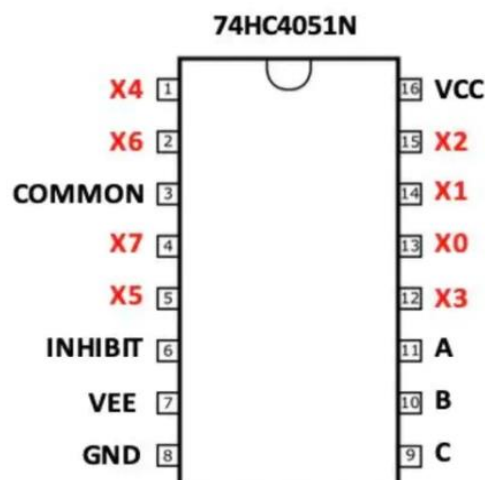


Figura 52. Pines de entrada y salida del multiplexor, 2019. Información tomada de hackster.io. Elaborado por el autor.

4.2 Etapa 2: Diseño del prototipo

Dentro del microcontrolador “NodeMCU ESPE8266” se utilizan diferentes pines de conexión los cuales serán descritos en la tabla que se mostrara a continuación.

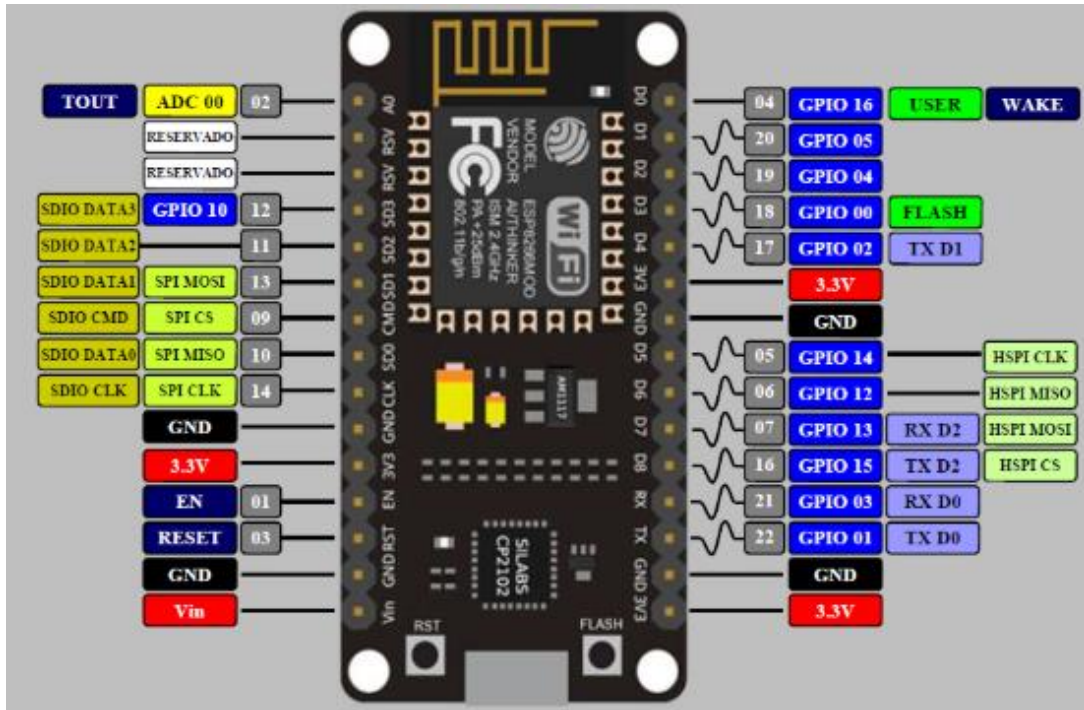


Figura 53. Pines del NodeMCU 8266, 2016. Información tomada de ESPloradores. Elaborado por el autor.

Tabla 7. Pines usados del NodeMCU 8266.

Puertos	Dispositivo	Pin del Dispositivo
AD0	Multiplexor	Multiplexor
GND	Tierra común	GND
3V3	Alimentación	Batería Externa/ Placa controladora
VIN	Alimentación	Batería Externa/ Placa controladora
D0	Estado	Mp3 Player
D1	Salida	Mp3 Player
D2	Entrada	Mp3 Player
D5	Entrada	Multiplexor
D6	Entrada	Multiplexor
D7	Entrada	Multiplexor

Información tomada por el autor. Elaborado por el autor.

En la siguiente figura se puede observar cómo va conectado el microcontrolador NodeMCU Esp8266 que es el cerebro del proyecto, junto al multiplexor que es el encargado de convertir la entrada analógica del NodeMCU en entradas digitales, se puede observar el DF MP3 player que portara la tarjeta SD que contiene las notas de audios, las cuales tendrán que estar nombradas “0001” con cuatro dígitos, ya que, si no poseen esa denominación el mp3 no podrá reproducir los audios, el circuito está ayudado con resistencias de 10 k ohm para cada uno de los sensores de flexión y a su vez ayudar a todo el circuito.

El diagrama fue desarrollado en el software EAGLE debido a que era más factible y de rápido desarrollo crear los componentes y a su vez poder transformarlo en una placa PBC.

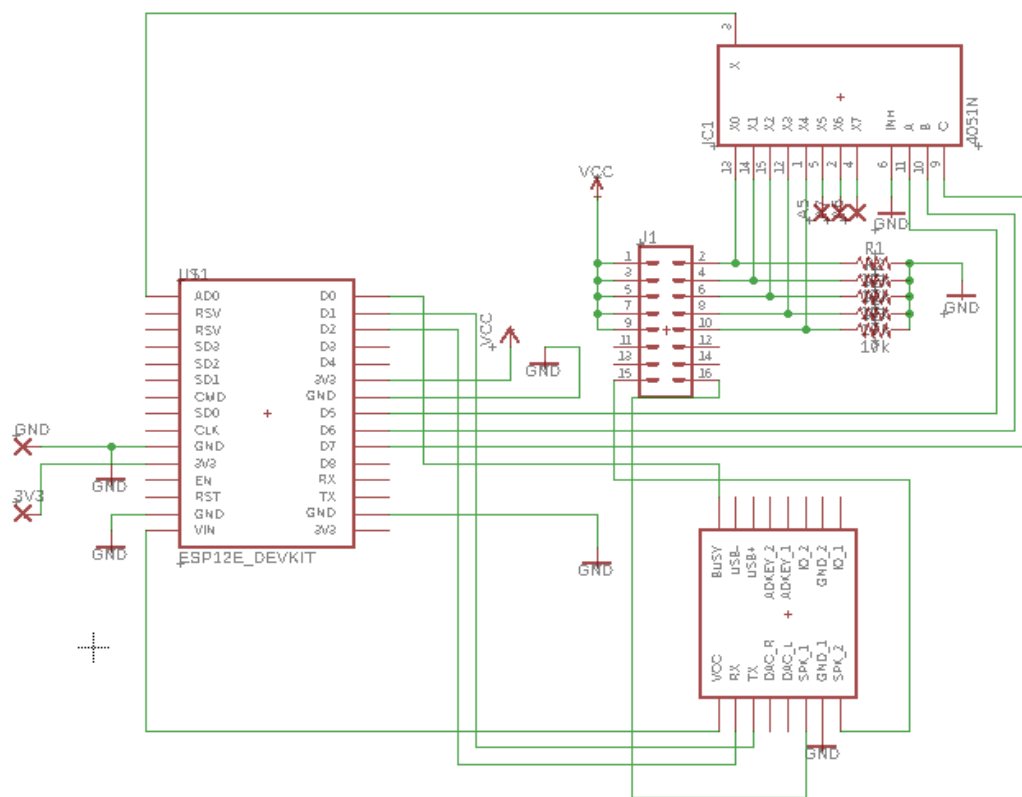


Figura 54. Diagrama de conexión del prototipo, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

4.3 Etapa 3: Prueba en un hardware de simulación

4.3.1 Instalación de librerías en Arduino IDE.

Luego de haber instalado el software Arduino IDE que servirá para subir la codificación al NodeMCU Esp8266, se observó que no posee la librería del antes mencionado, por ende, se procedió a descargar la librería.

En la siguiente figura se puede observar que no posee las librerías del Microcontrolador antes mencionado.

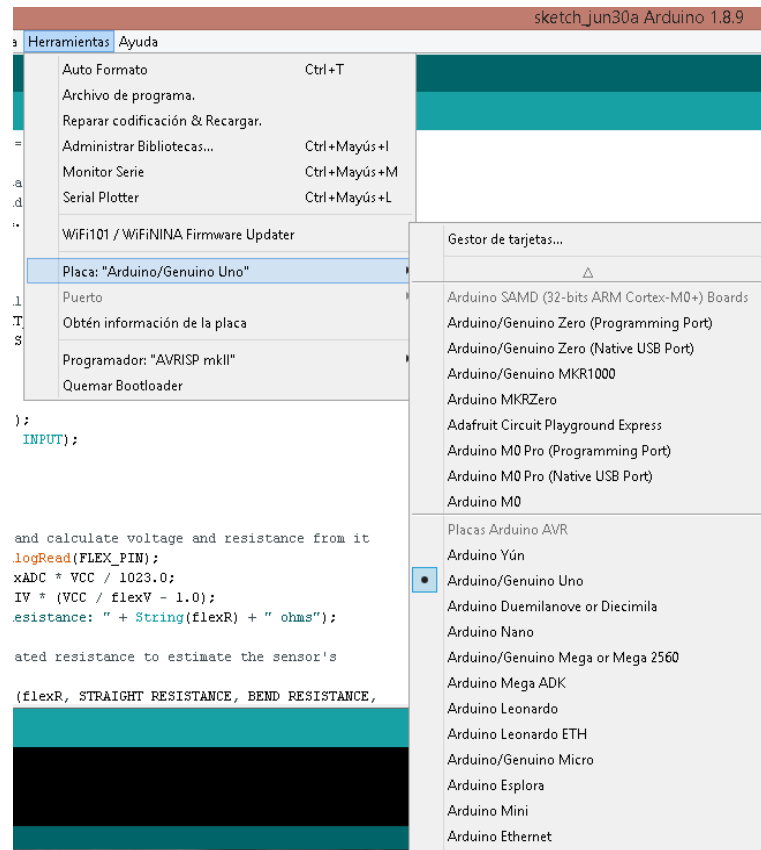


Figura 55. Software Arduino IDE sin librerías del Microcontrolador, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

Para la instalación de la librería del microcontrolador se procedió a descargar desde la página de JSON, a continuación, en las figuras siguientes se muestra la instalación de las librerías faltantes.

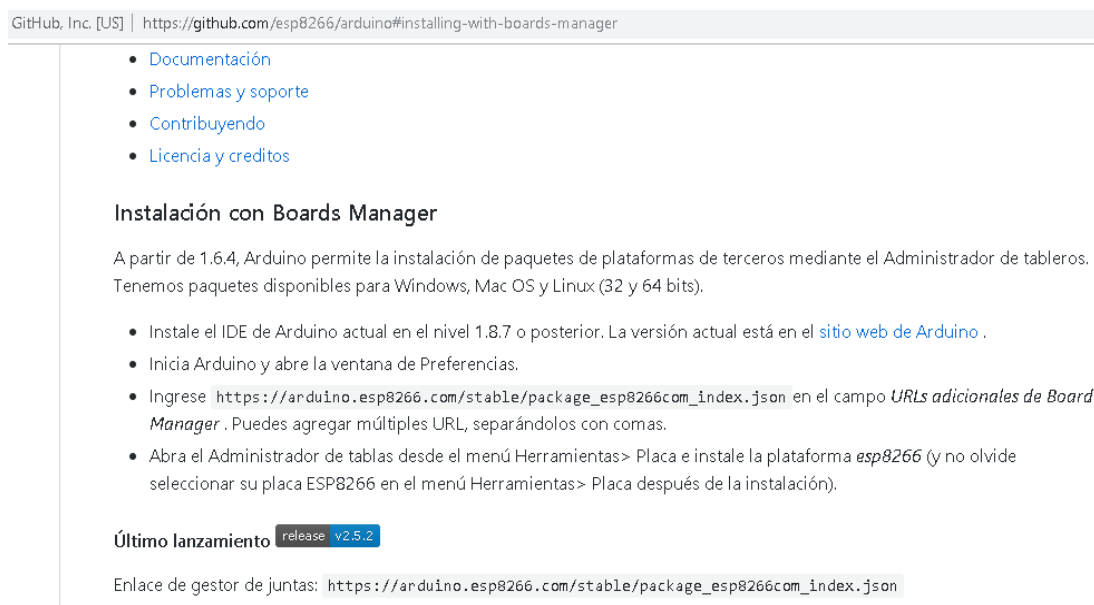


Figura 56. Librería del microcontrolador NodeMCU Esp8266, 2019. Información tomada de GitHub. Elaborado por el autor.

Se procede a obtener el link desde la página de GitHub y colocarlo en las opciones; archivo y luego preferencias.

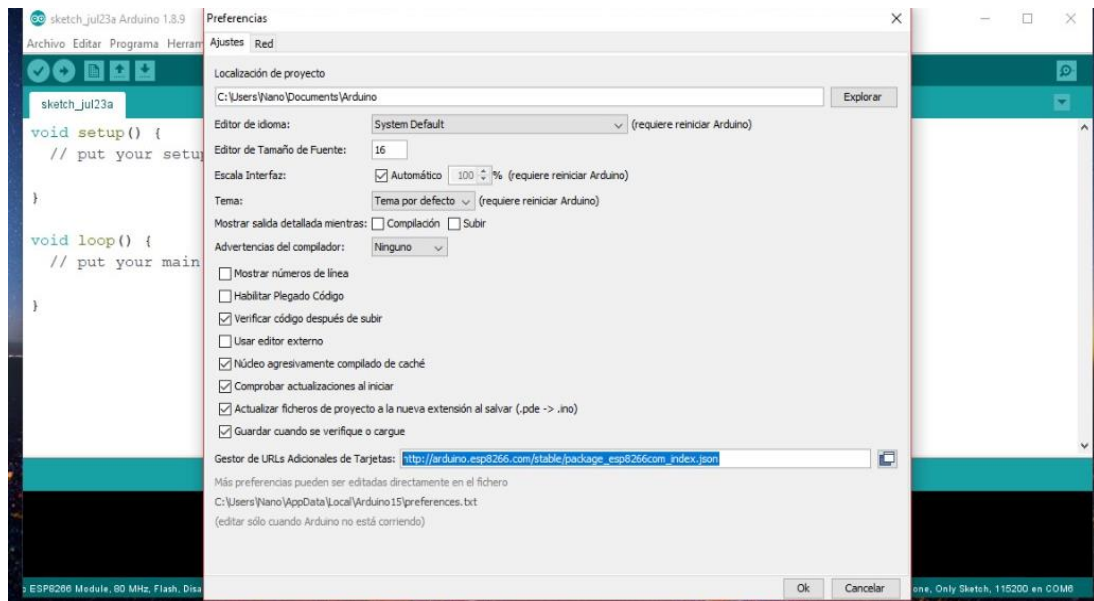


Figura 57. Introducción de la librería del Microcontrolador, 2019. Información tomada desde el pc del autor. Elaborado por el autor.

Aparecerá diferentes tipos de librerías, se procede a elegir la correcta y a su vez, descargarla.

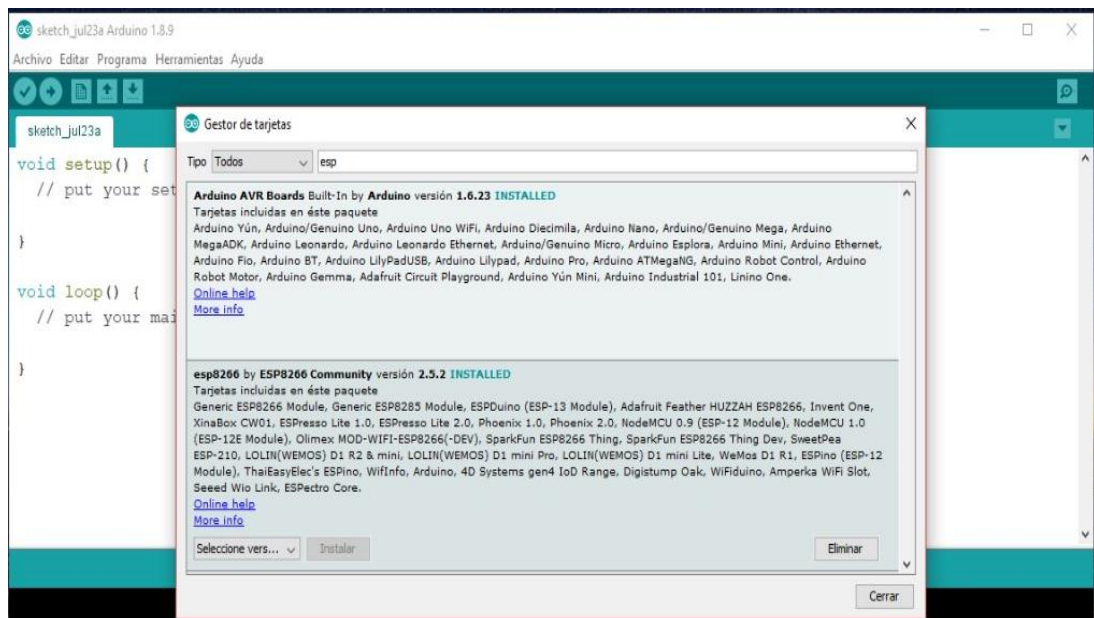


Figura 58. Librería descargada del microcontrolador, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

En la siguiente figura se podrá observar que ya aparece la opción para seleccionar el módulo NodeMCU Esp8266 para poder seleccionarlo y poderlo programar.

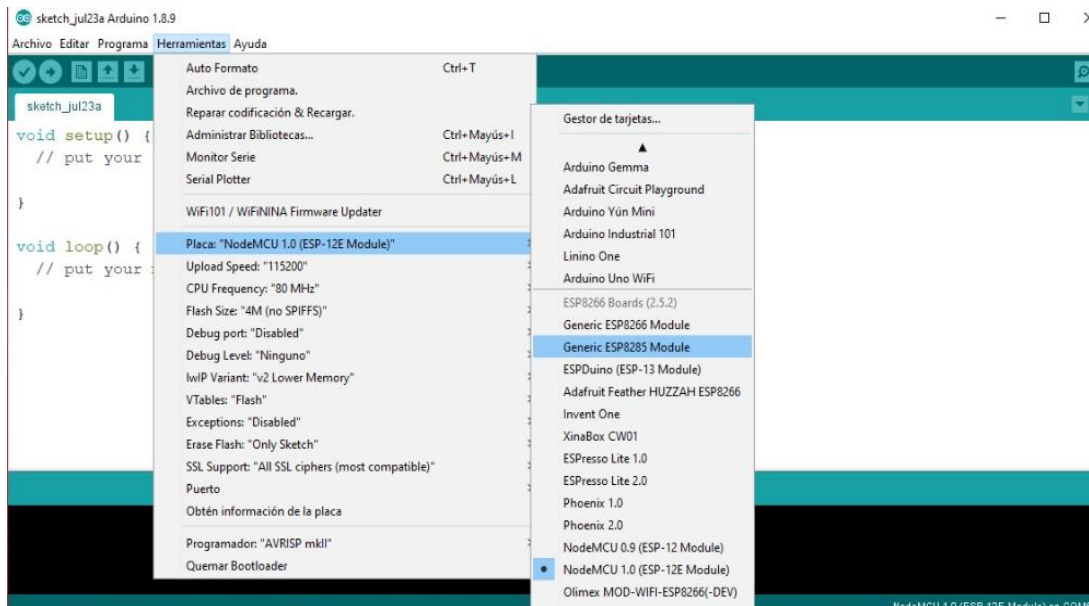


Figura 59. Librería del microcontrolador NodeMCU Esp8266 instalada, 2019. Información tomada del pc del autor. Elaborado por el autor.

Adicional, se procedió a descargar la librería del DF Mp3 player debido a que el software Arduino IDE no la tenía incorporada, se procedió hacer los mismos pasos de la instalación del NodeMCU Esp8266

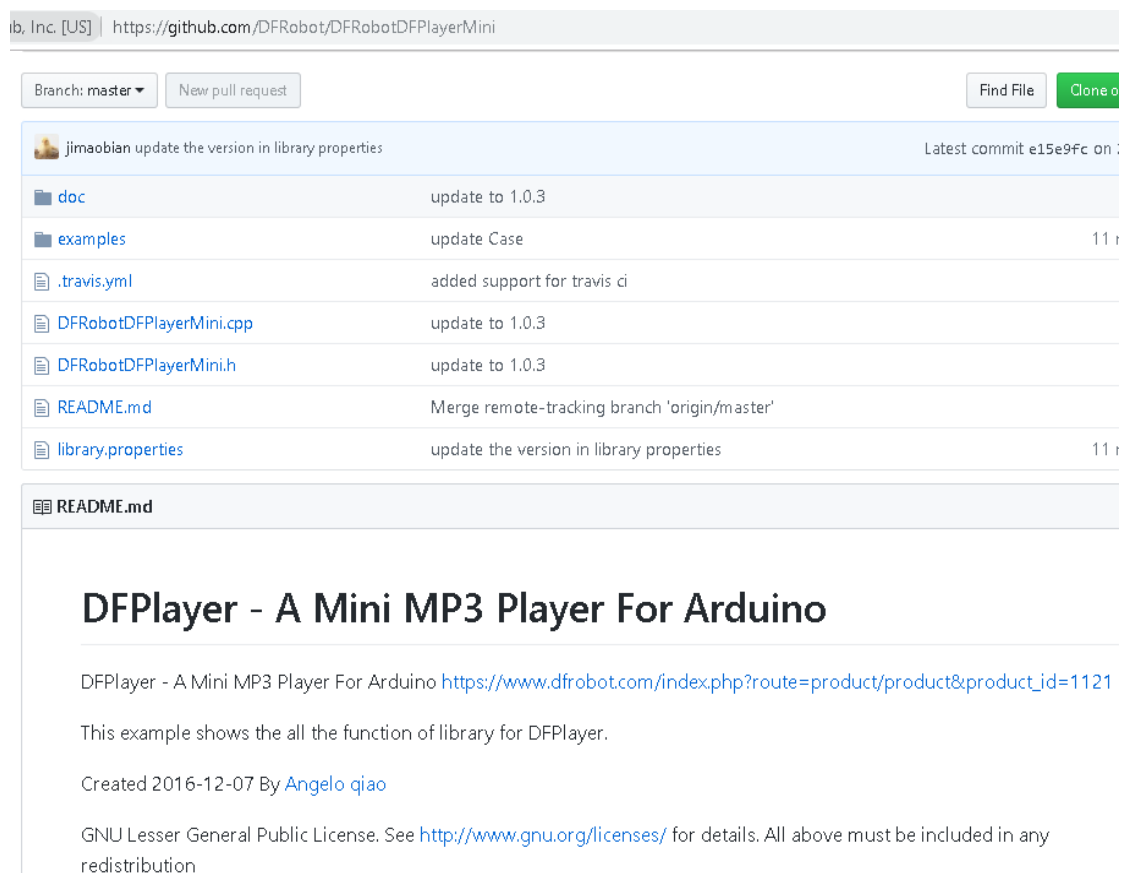


Figura 60. Librería de DFplayer Mp3, 2019. Información tomada de GitHub. Elaborado por el autor.

4.3.2 Código en Arduino IDE para probar la curvatura del sensor Flex.

Para la prueba que se le hizo en primera instancia a los sensores de flexión se usó la siguiente codificación.

La codificación está basada en; se midió con un multímetro el aproximado de lectura que un sensor mide cuando está en su forma recta “si aplicarle un rango de flexión”, luego se midió cuando se tenía en un rango estimado de flexión. Aquellos valores se editaron en la codificación con el nombre de “Straight resistance”, que vendría a ser cuando el sensor está en estado recto y “Bend resistance” cuando en sensor esta curvado. Posterior mente se lo coloco el resultado de la lectura en resistencia que reflejaba el multímetro. Adicional, se le proporciono una variante de una resistencia extra de 10 k ohm para que regulara el voltaje de entrada y así proteja la integridad de los sensores.

Se procedió a dejar en 9600 baudios que es la medida en velocidad de transmisión de la señal de los sensores de flexión que puede leer el software Arduino IDE, en caso de que se bajara el rango no reflejaba información alguna.

```

sketch_jun30a
const int FLEX_PIN = A0; // Pin connected to voltage divider output

// Measure the voltage at 5V and the actual resistance of your
// 47k resistor, and enter them below:
const float VCC = 4.98; // Measured voltage of Arduino 5V line
const float R_DIV = 10000.0; // Measured resistance of 3.3k resistor

// Upload the code, then try to adjust these values to more
// accurately calculate bend degree.
const float STRAIGHT_RESISTANCE = 25000.0; // resistance when straight
const float BEND_RESISTANCE = 65000.0; // resistance at 90 deg

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(FLEX_PIN, INPUT);
}

void loop()
{
  // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it
  int flexADC = analogRead(FLEX_PIN);
  float flexV = flexADC * VCC / 1023.0;
  float flexR = R_DIV * (VCC / flexV - 1.0);
  Serial.println("Resistance: " + String(flexR) + " ohms");

  // Use the calculated resistance to estimate the sensor's
  // bend angle:
  float angle = map(flexR, STRAIGHT_RESISTANCE, BEND_RESISTANCE,

```

Figura 61. Código en Arduino IDE para probar la curvatura del sensor flex. Información tomada de GitHub. Elaborado por el autor.

- La placa PCB posee pistas por los dos lados.
- Posee una dimensión de 5.7 centímetro de ancho por 7,4 centímetros de largo.
- Tiene un espesor de 1.6.
- Es de color verde.
- Posee 1 onza de cobre.
- El acabado de la superficie es de HALS con plomo.

Además, se muestra el diseño de la placa PBC ya elaborado:

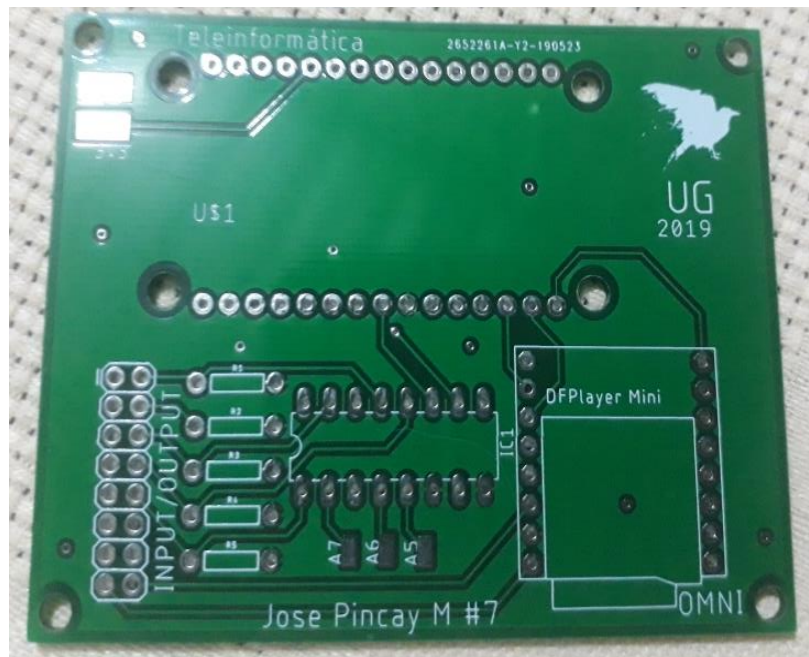


Figura 63. Placa PCB del prototipo vista frontal, 2019. Información tomada del celular móvil del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

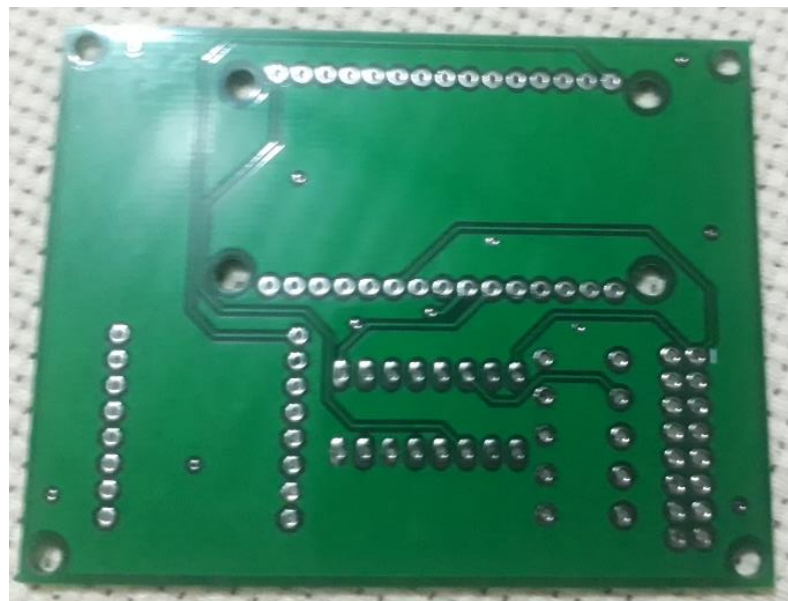


Figura 64. Placa PCB del prototipo vista trasero, 2019. Información tomada del celular móvil del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

Se procedió a colocar zócalo en cada uno de sus integrados para así salvaguardar la integridad de la placa en caso de que haya un exceso de temperatura o posible quemadura de dichos integrados, de esta manera sería más factibles remplazarlo, ya que, en el peor de los casi habría que estar soldar y des soldar cada componente en caso de que sufran alguna sobrecarga.

En la placa mostrada se ve claramente que el montaje de los circuitos integrados será mucho más fácil debido a que el zócalo tiene esa función, en otras palabras, los circuitos solo se sacarían y se colocarían de una manera mucho más fácil y cautelosa.

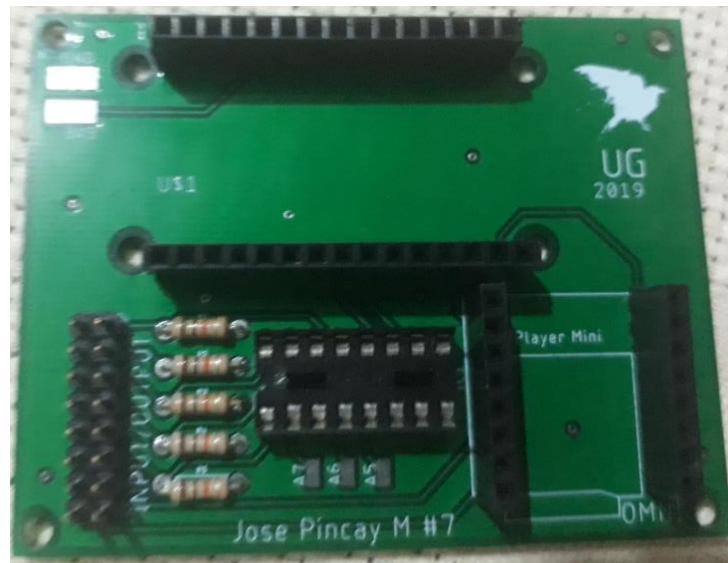


Figura 65. Placa PCB del prototipo, 2019. Información tomada del celular móvil del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

4.4.2 Codificación para el NodeMCU Esp8266.

Se muestra la codificación realizada en el software de arduino:

```
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#define PIN_BUSY D0
SoftwareSerial mp3Serial (D1, D2); // RX, TX
const int MUX_A = D5;
const int MUX_B = D6;
const int MUX_C = D7;
const int ANALOG_INPUT = A0;
int valueF1 = 0;
int valueF2 = 0;
int valueF3 = 0;
int valueF4 = 0;
int valueF5 = 0;
void setup() {
    pinMode(MUX_A, OUTPUT);
```

```

pinMode(MUX_B, OUTPUT);
pinMode(MUX_C, OUTPUT);
Serial.begin(115200);
pinMode(PIN_BUSY, INPUT);
Serial.begin (115200);
Serial.println("Setting up software serial");
mp3Serial.begin (9600);
Serial.println("Setting up mp3 player");
mp3_set_serial (mp3Serial);
delay(1000);
mp3_set_volume (20);
}

void changeMux(int c, int b, int a) {
    digitalWrite(MUX_A, a);
    digitalWrite(MUX_B, b);
    digitalWrite(MUX_C, c);
}

void readValues() {
    float value;
    changeMux(HIGH, LOW, LOW);
    valueF1 = analogRead(ANALOG_INPUT);
    Serial.print("F1: "); Serial.print(valueF1); Serial.print(" ");
    changeMux(LOW, LOW, HIGH);
    valueF2 = analogRead(ANALOG_INPUT);
    Serial.print("F2: "); Serial.print(valueF2); Serial.print(" ");
    changeMux(LOW, HIGH, LOW);
    valueF3 = analogRead(ANALOG_INPUT);
    Serial.print("F3: "); Serial.print(valueF3); Serial.print(" ");
    changeMux(LOW, HIGH, HIGH);
    valueF4 = analogRead(ANALOG_INPUT);
    Serial.print("F4: "); Serial.print(valueF4); Serial.print(" ");
    changeMux(LOW, LOW, LOW);
    valueF5 = analogRead(ANALOG_INPUT);
    Serial.print("F5: "); Serial.print(valueF5); Serial.println(" ");
}

```

```

    delay(200);
}
void loop() {
    readValues();
    if (valueF2 <= 193 && valueF2 > 160) {
        Serial.println("Stop");
        mp3_play (1);
        Serial.print("Busy: ");
        Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
        delay(500);
        delay (1000);
    }
    if (valueF5 <= 290 && valueF4 <=230) {
        Serial.println("Stop");
        mp3_play (2);
        Serial.print("Busy: ");
        Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
        delay(500);
        delay (1000);
    }
    if (valueF1 <= 316 && valueF5 <=299) {
        Serial.println("Stop");
        mp3_play (3);
        Serial.print("Busy: ");
        Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
        delay(500);
        delay (1000);
    }
    if (valueF2 <= 280 && valueF3 <=270 && valueF4 <=265) {
        Serial.println("Stop");
        mp3_play (4);
        Serial.print("Busy: ");
        Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
        delay(500);
    }
}

```

```

delay (1000);
}
if (valueF3 <= 264 && valueF4 <=250) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (5);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);
    delay (1000);
}
}

```

La programación que se usó para el NodeMCU Esp82660 en el desarrollo del prototipo tuvo algunas correcciones, se unió la entrada analógica y mediante el multiplexor salieron las 5 entradas analógicas que se necesitaban para cada uno de los sensores de flexión, se usó variables uno por cada dedo de la mano.

Se usó los pines del DF player para recibir y enviar la información que haga de conexión con el Esp8266 para que así mediante los movimientos de los dedos de mano pueda reproducir un audio, dicho audio está con la nomenclatura 0001. Dependiendo de la movilidad del dedo se le colocó un rango de alto y bajo para que en la variación de la flexión no presente problemas a la hora de pasar la información mediante el movimiento del sensor que está incluido en el guante.

Se colocó un rango promedio de retraso de 500 a 1000 para cada ejecución de movimiento, por cada señal saldrá un par para la ejecución del sonido.

En la programación se puede observar que hay 5 estados en los cuales hay movimiento de 1 solo dedo, de 2 dedos y de 3 dedos, por cada dedo se puso un rango en el que va a variar cuando el sensor esté flexionado y en ese rango de flexión está la salida del audio.

Se usó los dedos que serían los más óptimos y que tengan un movimiento leve, debido a que hay músculos en los cuales están conectados dos dedos, por eso cuando las personas tienen a mover un dedo casi por inercia se mueve otro.

La programación está diseñada para que cualquier persona pueda editarla y a su vez poder jugar con el rango de flexibilidad de sensor, es un gran punto debido a que no todas las personas tienen movilidad completa o por lo consiguiente pueden cambiar de dedo para que el movimiento no sea involuntario, el sensor puede leer la información en diversos tipos de ángulos, así sea el más mínimo movimiento.

4.4.3 Verificación, Subida y Corrección del Código.

En la verificación del código, se procedió a cambiar ciertas variables debido a que había confusión y alguno que otro error, luego de verificar el código y hacer sus respectivos cambios el código logro ser verificado por el software Arduino IDE y copilo de manera correcta.

```
void setup() {

    pinMode(MUX_A, OUTPUT);
    pinMode(MUX_B, OUTPUT);
    pinMode(MUX_C, OUTPUT);

    Serial.begin(115200);
```

```
Subiendo...
Auto-detected Flash size: 4MB
Compressed 273440 bytes to 198909...
Writing at 0x00000000... (7 %)
```

Figura 66. Verificación del código, 2019. Información tomada del Software del Arduino IDE. Elaborado por el autor.

Como poder observar en la siguiente imagen, se muestra que el código está siendo procesado y subido de una manera correcta.

```
✓ → 📄 ⬆ ⬇
xxxxxx
//Codigo de mano con sensor ... recordar cambiar de puerto si cambias de usb o si se llega a cambiar

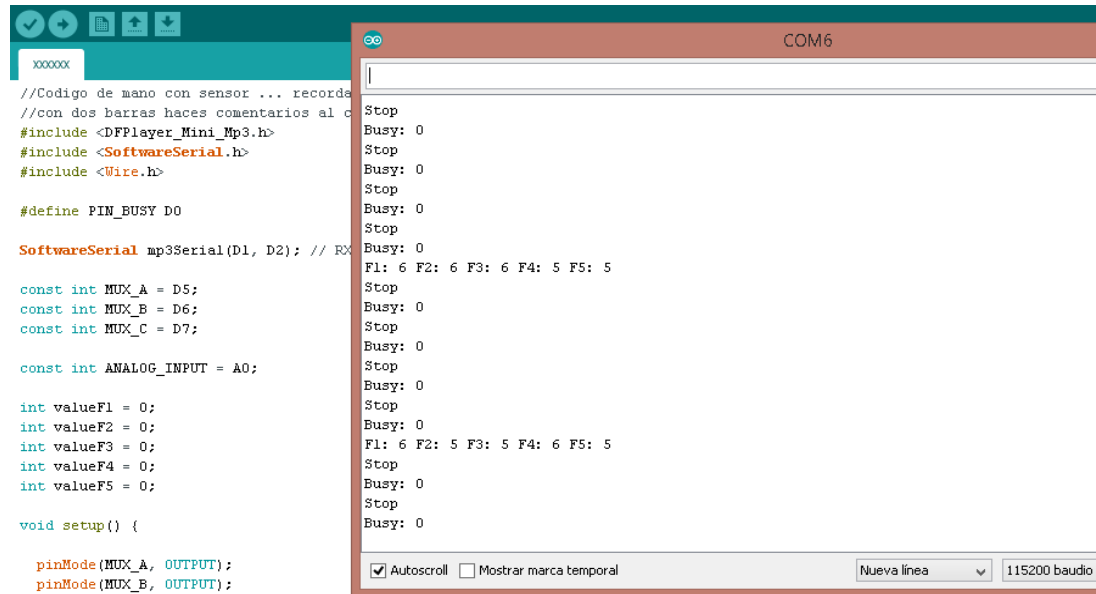
Subido
2.0
esptool.py v2.6
Serial port COM7
Connecting...
Chip is ESP8266EX
Features: WiFi
MAC: 3c:71:bf:3a:bf:c0
Uploading stub...
Running stub...
Stub running...
Configuring flash size...
Auto-detected Flash size: 4MB
Compressed 273440 bytes to 198909...

Writing at 0x00000000... (7 %)
Writing at 0x00004000... (15 %)
Writing at 0x00008000... (23 %)
Writing at 0x0000c000... (30 %)
Writing at 0x00010000... (38 %)
Writing at 0x00014000... (46 %)
Writing at 0x00018000... (53 %)
Writing at 0x0001c000... (61 %)
Writing at 0x00020000... (69 %)
Writing at 0x00024000... (76 %)
Writing at 0x00028000... (84 %)
Writing at 0x0002c000... (92 %)
Writing at 0x00030000... (100 %)
Wrote 273440 bytes (198909 compressed) at 0x00000000 in 18.5 seconds (effective 118.1 kbit/s)...
Hash of data verified.

Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
```

Figura 67. Código subido al Node MCU Esp8266, 2019. Información tomada del Software del Arduino IDE. Elaborado por el autor.

Luego del ensamblaje del circuito con los integrado y la codificación subida al Node MCU Esp8266 se procedió a colocar el guante para hacer la prueba correspondiente, pero los sensores de Flexión no reflejaban datos de información, luego se procedió a verificar cada parte del guante y debido a la tela con la que estaba hecha el guante se procedió a aislar parte baja de los sensores de flexión con cinta aislante. Adicional se cambió los “jumpers” debido a que estaban flojos o posiblemente dañados y eso hacía que los datos no se transporten de una forma correcta.



```

xxxxxx
//Codigo de mano con sensor ... recuerda
//con dos barras haces comentarios al c
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>

#define PIN_BUSY D0

SoftwareSerial mp3Serial(D1, D2); // RX

const int MUX_A = D5;
const int MUX_B = D6;
const int MUX_C = D7;

const int ANALOG_INPUT = A0;

int valueF1 = 0;
int valueF2 = 0;
int valueF3 = 0;
int valueF4 = 0;
int valueF5 = 0;

void setup() {

  pinMode(MUX_A, OUTPUT);
  pinMode(MUX_B, OUTPUT);
  pinMode(MUX_C, OUTPUT);

```

COM6

```

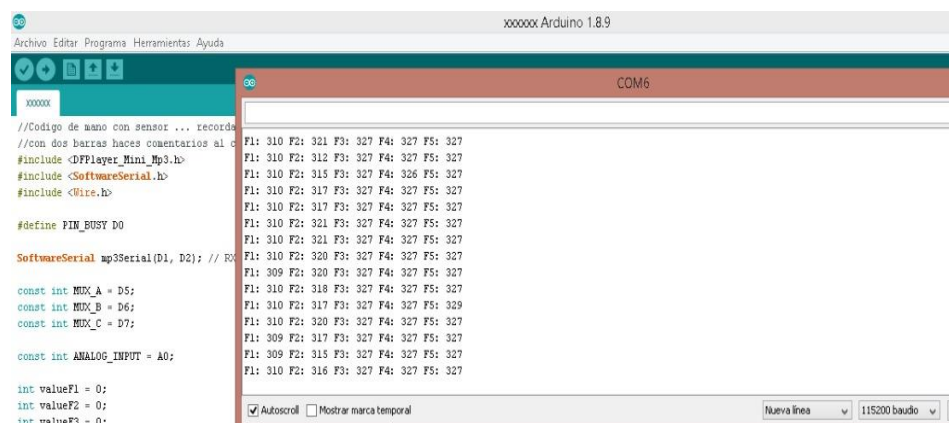
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0
F1: 6 F2: 6 F3: 6 F4: 5 F5: 5
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0
F1: 6 F2: 5 F3: 5 F4: 6 F5: 5
Stop
Busy: 0
Stop
Busy: 0

```

☒ Autoscroll ☐ Mostrar marca temporal Nueva línea 115200 baudio

Figura 68. Verificación de la lectura del código mediante los movimientos de la mano, 2019. Información tomada del Software del Arduino IDE. Elaborado por el autor.

Una vez arreglado el inconveniente se procedió a conectar el circuito junto al guante mediante el cable de bus de datos y como se puede apreciar, cada sensor de flexión que está colocado en el guante con su dedo respectivo refleja información.



```

xxxxxx
//Codigo de mano con sensor ... recuerda
//con dos barras haces comentarios al c
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>

#define PIN_BUSY D0

SoftwareSerial mp3Serial(D1, D2); // RX

const int MUX_A = D5;
const int MUX_B = D6;
const int MUX_C = D7;

const int ANALOG_INPUT = A0;

int valueF1 = 0;
int valueF2 = 0;
int valueF3 = 0;

```

COM6

```

F1: 310 F2: 321 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 312 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 315 F3: 327 F4: 326 F5: 327
F1: 310 F2: 317 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 317 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 321 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 321 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 320 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 309 F2: 320 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 318 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 317 F3: 327 F4: 327 F5: 329
F1: 310 F2: 320 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 309 F2: 317 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 309 F2: 315 F3: 327 F4: 327 F5: 327
F1: 310 F2: 316 F3: 327 F4: 327 F5: 327

```

☒ Autoscroll ☐ Mostrar marca temporal Nueva línea 115200 baudio

Figura 69. Lectura del código satisfactoria mediante los movimientos de la mano, 2019. Información tomada del Software del Arduino IDE. Elaborado por el autor.

En la siguiente figura se puede observar el prototipo, en el cual ya está proporcionada el código con el que funciona los sensores de flexión, incrustado dentro del guante, dicho guante posee dos capas de telas y en ese espacio se encuentran los sensores de flexión, los sensores están protegidos con cinta aislante.

Posteriormente se puede visualizar en la figura 76 todos los circuitos integrados colocados ya en el guante antes mencionados en su respectivo lugar.

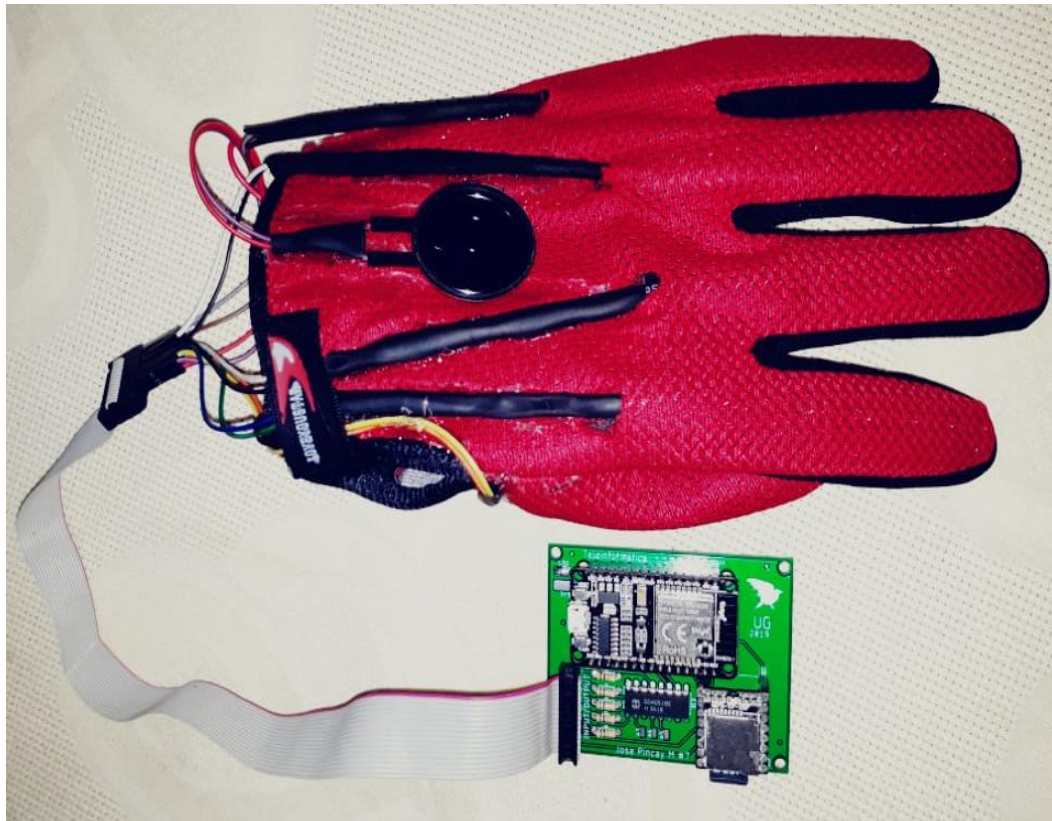


Figura 70. Prototipo finalizado, 2019. Información tomada del celular móvil del autor. Elaborado por Pincay Magallan José.

4.5 Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra los gastos de implementación del prototipo, como el tipo, descripción, cantidad y costo, es decir se refleja con detalle cada instrumento utilizado, los costos que tendrán respectivamente, el *nombre de disponible* para aquellas herramientas, dispositivo o hardware ya existentes antes y durante del desarrollo del prototipo.

Además, se visualiza el total de gastos para la implementación del prototipo.

Tabla 8. *Presupuesto del prototipo.*

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo
Hardware y Software	Computador	1	Disponible
	Memoria flash	2	Disponible
	Internet	1	Disponible
	Arduino Uno	1	Disponible
	NodeMCU	2	\$30
	Esp8266		
	Guante	1	\$12
	Cinta de bus de datos	1	Disponible
	Jumpers macho	1 tira	\$3
	Jumpers hembra	1 tira	\$3
	Mp3 Player	2	\$10
	Multiplexor	2	\$2
	Placa Integrada	1	\$50
	Sensores de Flexión	7	\$105
	Resistencias	10	\$2
	Parlante	2	\$3
	Zócalo	2 tiras	\$2
	Espadines	1 tira	\$1
Otros gastos	Impresiones		\$50
Total			\$273

Información tomada de los gastos originados en el desarrollo del prototipo. Elaborado por el autor.

4.6 conclusiones

La movilidad de las manos y el hecho de poder hablar es muy indispensable en la vida de toda persona desde muy pequeña edad, de infante se empieza a utilizar las manos para poder conocer que se encuentra alrededor y a dar sus primeras palabras para intentar comunicarse con las personas que se encuentren alrededor.

Debido a que la vida siempre presenta muchas circunstancias por las que las personas pasan, el prototipo está desarrollado para dar ayuda o como un artefacto de recuperación en

algún hospital o en el propio hogar, está diseñado para personas que sufren algún tipo de accidente físico en un rango de porcentaje no muy alto con respecto a la movilidad del cuerpo, tanto como para personas que tiene un accidente de tránsito o un derrame cerebral e incluso para personas que tienen que estar en reposo después que salgan de alguna operación y no les permitan hacer mucho movimiento.

A través de la simulación por separado de los sensores de flexión se mostró que los sensores es una parte fundamental en la realización del prototipo, los sensores tienen buena resistencia y no se puede dañar fácilmente a menos que se los use de una manera incorrecta o inapropiada, adicional a eso, cada sensor posee su respectiva resistencia lo que hace tener un periodo de vida bastante extensa.

El montaje del prototipo es de fácil acceso, debido a que se colocó en la placa PCB impresa zócalos, el zócalo sirve para poder retirar y colocar los microcontroladores o cualquier instrumento que se use en cualquier clase de proyecto electrónico que se vaya a realizar, el fácil acceso permite que, por algún motivo, ya sea, cambiar de circuito integrado porque termino su ciclo de vida o porque sufrió alguna falla técnica, puede ser que se quemó o que se dañó aun pin de conexión.

El prototipo se desarrolló para el uso de personas que sufren algún tipo de accidente físico y ayudar en su recuperación física cuando están en reposo médico, posee una longitud pequeña, poco peso y es de fácil colocación.

4.7 Recomendaciones

Conocer más sobre otros microcontroladores que sean más pequeños y que puedan brindar las mismas características o que posean mejores condiciones, que se encuentren en el mercado y que sea de fácil adquisición.

Conocer cómo funcionan los músculos de los dedos de la mano y su rango de flexión, eso ayudara a la hora de hacer las pruebas con los sensores de flexión, y estos a su vez probarlo uno por uno y de manera correcta. Proteger cada uno de los instrumentos ya sea, con cinta aislante en el caso de los sensores para que no tenga contacto con alguna superficie y con resistencias en el caso de que pueda haber exceso de voltaje, cada uno de los circuitos integrados.

Es recomendable tener de todos los instrumentos uno o dos respuestas a la mano en el caso de que se dañen o se quemen, y peor aún si los elementos no están a la fácil disposición del desarrollador. Es conveniente tener instrumentos que no sean muy pesados y de fácil movilidad, eso ayuda en la estética del prototipo.

Es recomendable primero hacer diversas pruebas en el Protoboard debido a que es más fácil obtener datos y corregir los posibles errores que pueda presentar el prototipo, adicional a eso colocar zócalos y no soldar los microcontroladores para que sea de fácil acceso en el caso de que los instrumentos vengan dañados o se sufran de sobrecalentamiento.

ANEXOS

Anexo 1

Marco legal

Art	Texto	Fuente
350	“El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo”.	(Constitución del Ecuador, 2008, página 103)
385	“El Art. 385 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que: “...el sistema nacional de ciencia, tecnología y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad: generar, adaptar, y difundir conocimientos científicos y tecnológicos; recuperar, fortalecer, y potenciar los saberes ancestrales; desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejorar la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir”””.	(Reglamento de selección y adjudicación de programas y/o proyectos de investigación científica y desarrollo tecnologico,2012. Página 1)
66	“La Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las personas dentro del derecho a la integridad personal; “La prohibición del uso de material genético y la experimentación científica que atente contra los derechos humanos	(Ministerio de Salud Pública del Ecuador,2013, numeral, 3 literal d)

Información adaptada de (nombre de la página). Elaborado por el autor.

Manual de usuario

Materiales

Los materiales usados en el prototipo son los que se detallaran a continuación.

- Guante
- Sensores de flexión
- NodeMCU Esp8266
- Multiplexor
- Dfplayer mp3
- Resistencias
- Cinta de bus de datos
- Jumpers
- Placa pcb
- Memoria sd
- Parlante

Funcionamiento

Los dedos de la mano, es el órgano primordial que sirve para poder manipular los objetos físicos que encontramos en el medio, mediante estos se puede obtener la información táctil que tendremos en el entorno, el tacto es el sentido de las manos, por eso se involucra directamente con las manos.

La mano está formada por el pulgar, índice, medio, anular y meñique, estos a su vez están constituidos por metacarpios y las falanges.

Los dedos también pueden denominarse: pulgar, puntero, largo, anillo y pequeño.



Los movimientos de cada dedo juegan un papel importante para la reproducción del sonido que saldrá mediante la bocina colocada en cima del guante.

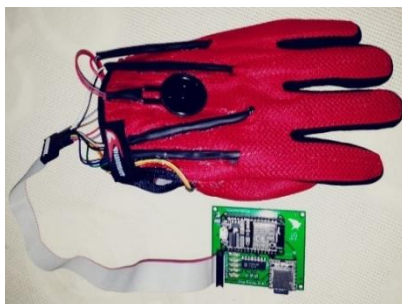
La memoria sd consta con 5 audios, el código está diseñado para que al mover 1 o varios dedos reproduzca dicho audio.

En el guante cada dedo posee un sensor de flexión, el cual es primordial para el funcionamiento del prototipo.

Cada sensor tiene una cierta resistividad, mediante el código se puede modificar, “jugar” con cada sensor para saber cuánto sería en rango necesario e ideal, para que así mediante la lectura que se obtenga pueda reproducir el audio.

Movimientos

- **Hola enfermera:** para que reproduzca esta frase en audio, será utilizado los dedos; medio y anular, dichos dedos serán flexionados hacia abajo y mediante el ángulo que se muevan junto con la lectura que se obtenga podrá reproducir el audio, los 3 dedos faltantes no tendrán ningún movimiento.
- **Necesito ayuda:** para que reproduzca esta frase en audio, será utilizado un solo dedo; índice, dicho dedo será flexionado hacia abajo y mediante el ángulo que se mueva junto con la lectura que se obtenga podrá reproducir el audio, los cuatro dedos faltantes no tendrán ningún movimiento.
- **Necesito usar el baño:** para que reproduzca esta frase en audio, serán utilizados los dedos; meñique y anular, dichos dedos serán flexionados hacia abajo y mediante el ángulo que se muevan junto con la lectura que se obtenga podrá reproducir el audio, los 3 dedos faltantes no tendrán ningún movimiento.
- **Puedo comer algo:** para que reproduzca esta frase en audio, será utilizado los dedos; índice, medio y anular, dichos dedos serán flexionados hacia abajo y mediante el ángulo que se muevan junto con la lectura que se obtenga podrá reproducir el audio, los dos dedos faltantes no tendrán ningún movimiento.
- **Puedo tomar un poco de agua:** para que reproduzca esta frase en audio, será utilizado los dedos; meñique y pulgar, dichos dedos serán flexionados hacia abajo y mediante el ángulo que se muevan junto con la lectura que se obtenga podrá reproducir el audio, los 3 dedos faltantes no tendrán ningún movimiento.



Anexo 2

Datasheet del sensor de flexión



FLEX SENSOR FS

Features

- Angle Displacement Measurement
- Bends and Flexes physically with motion device
- Possible Uses
 - Robotics
 - Gaming (Virtual Motion)
 - Medical Devices
 - Computer Peripherals
 - Musical Instruments
 - Physical Therapy
- Simple Construction
- Low Profile

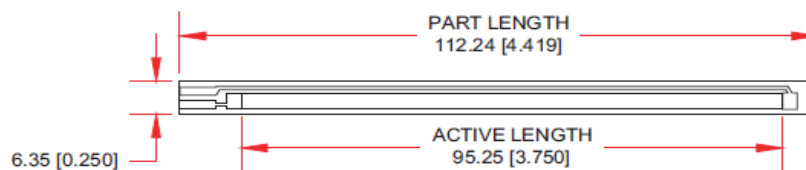
Mechanical Specifications

- Life Cycle: >1 million
- Height: $\leq 0.43\text{mm}$ (0.017")
- Temperature Range: -35°C to $+80^{\circ}\text{C}$

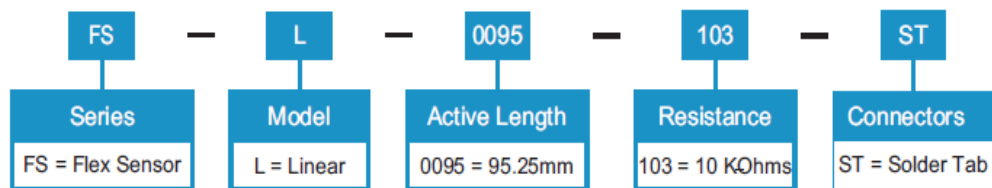
Electrical Specifications

- Flat Resistance: 10K Ohms $\pm 30\%$
- Bend Resistance: minimum 2 times greater than the flat resistance at 180° pinch bend (see "How it Works" below)
- Power Rating : 0.5 Watts continuous; 1 Watt Peak

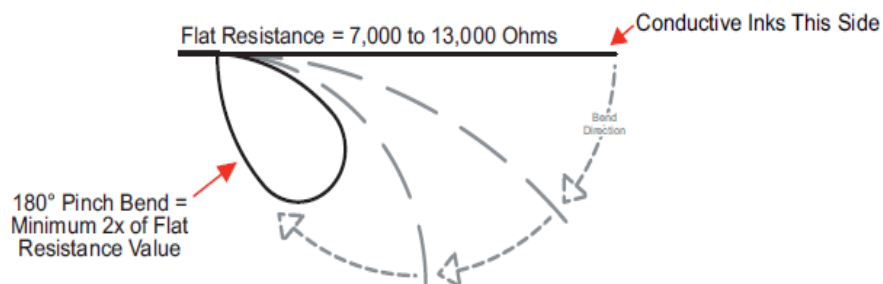
Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor



How to Order - Stock Flex Sensor

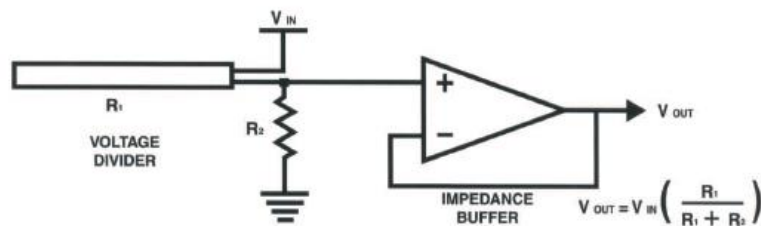


How It Works



Schematics

BASIC FLEX SENSOR CIRCUIT:

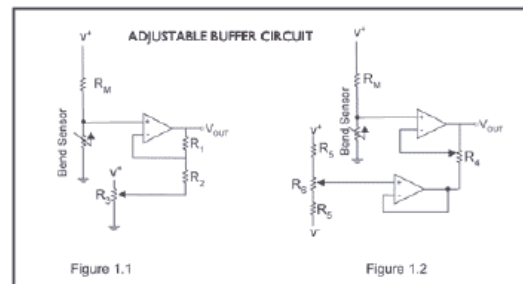


Following are notes from the ITP Flex Sensor Workshop

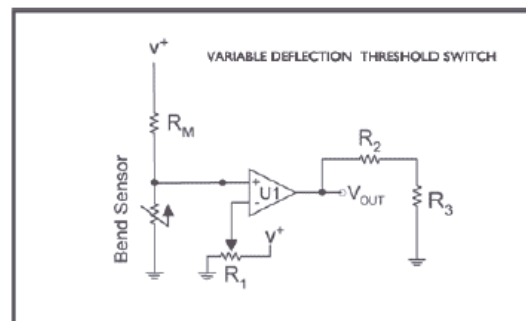
"The impedance buffer in the [Basic Flex Sensor Circuit] (above) is a single sided operational amplifier, used with these sensors because the low bias current of the op amp reduces error due to source impedance of the flex sensor as voltage divider. Suggested op amps are the LM358 or LM324."

"You can also test your flex sensor using the simplest circuit, and skip the op amp."

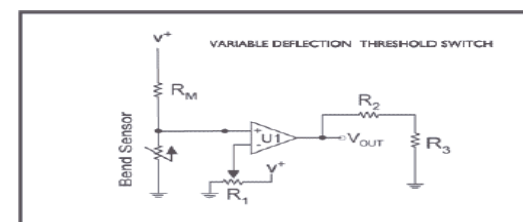
"Adjustable Buffer - a potentiometer can be added to the circuit to adjust the sensitivity range."



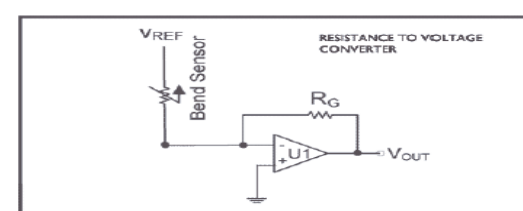
"Variable Deflection Threshold Switch - an op amp is used and outputs either high or low depending on the voltage of the inverting input. In this way you can use the flex sensor as a switch without going through a microcontroller."



"Variable Deflection Threshold Switch - an op amp is used and outputs either high or low depending on the voltage of the inverting input. In this way you can use the flex sensor as a switch without going through a microcontroller."



"Resistance to Voltage Converter - use the sensor as the input of a resistance to voltage converter using a dual sided supply op-amp. A negative reference voltage will give a positive output. Should be used in situations when you want output at a low degree of bending."



Anexo 3

Datasheet del multiplexor


UNISONIC TECHNOLOGIES CO., LTD
4051
CMOS IC•

8-CHANNEL ANALOG MULTIPLEXERS/DEMULTIPLEXERS

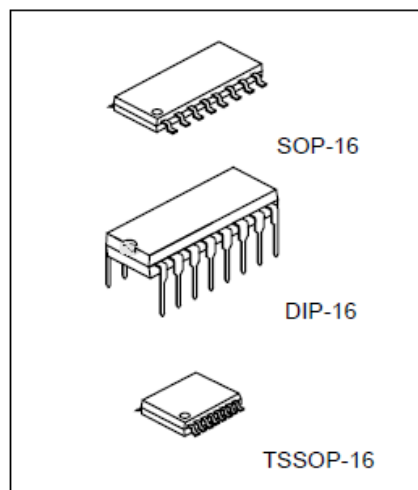
■ DESCRIPTION

UTC **4051** is single 8-channel analog multiplexers/demultiplexers for application as digitally-controlled analog switches.

The device has three binary control inputs and an inhibit input. It feature low ON impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to the complete supply voltage range can be achieved.

■ FEATURES

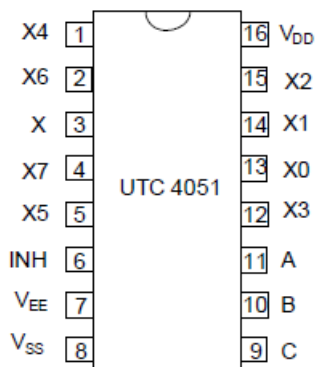
- * Wide Analog Voltage Range: $V_{DD}-V_{EE} = 3V\sim 18V$.
(Note: V_{EE} must be V_{SS})
- * Break-Before-Make Switching Eliminates Channel Overlap.
- * Linearized Transfer Characteristics
- * Implement an SP8T solid state switch effectively.
- * Pin-to-Pin Replacement for CD4051



*Pb-free plating product number: 4051L

4051
CMOS IC

■ PIN CONFIGURATION



■ PIN DESCRIPTION

PIN No.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
3	X	Common Input/Output
6	INH	Inhibit Inputs
7	V_{EE}	Supply Voltage
8	V_{SS}	Ground
11,10,9	A,B,C	Binary Control Inputs
13,14,15,12,1,5,2,4	X0~X7	Independent Inputs/Outputs
16	V_{DD}	Positive Supply Voltage

4051

CMOS IC

■ ABSOLUTE MAXIMUM RATING

PARAMETER	SYMBOL	RATINGS	UNIT
DC Supply Voltage (Referenced to V_{EE} , V_{SS} , V_{EE})	V_{DD}	-0.5 ~ +18	V
Input or Output Voltage (DC or Transient) (Referenced to V_{SS} for Control Inputs and V_{EE} for Switch I/O)	V_{IN} , V_{OUT}	-0.5 ~ V_{DD} +0.5	V
Input Current (DC or Transient), per Control Pin	I_{IN}	±10	mA
Switch Through Current	I_{SW}	±25	mA
Power Dissipation	P_D	500	mW
Derating above 65°C		7	mW/°C
Junction Temperature	T_J	125	°C
Operating Temperature Range	T_{OPR}	-40 ~ +125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-40 ~ +150	°C

Note: 1. Absolute maximum ratings are those values beyond which the device could be permanently damaged.

Absolute maximum ratings are stress ratings only and functional device operation is not implied.

2. The device is guaranteed to meet performance specification within 0°C ~ +70°C operating temperature range and assured by design from -40°C ~ +125°C.

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_a=25^\circ\text{C}$; unless otherwise specified.)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SUPPLY REQUIREMENTS (Voltages Referenced to V_{EE})						
Power Supply Voltage Range	V_{DD}	$V_{DD} - 3.0 \cdot V_{SS} \cdot V_{EE}$	3		18	V
Quiescent Current per Package	$V_{DD}=5V$	Control Inputs: $V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD} Switch I/O: $V_{EE} \cdot V_{IO} \cdot V_{DD}$, and $\Delta V_{sw} \cdot 500mV$ (Note 2)		0.005	5	μA
	$V_{DD}=10V$			0.010	10	
	$V_{DD}=15V$			0.015	20	
Total Supply Current (Dynamic Plus Quiescent, Per Package)	$V_{DD}=5V$	$T_a=25^\circ C$ only (The channel component, $(V_{IN}-V_{out})/R_{on}$, is not included.)	$(0.07 \mu A/kHz) f + I_Q$		μA	
	$V_{DD}=10V$		$(0.20 \mu A/kHz) f + I_Q$			
	$V_{DD}=15V$		$(0.36 \mu A/kHz) f + I_Q$			
SWITCHES IN/OUT AND COMMONS OUT/IN -- X, Y, Z (Voltages Referenced to V_{EE})						
Recommended Peak-to-Peak Voltage Into or Out of the Switch	V_{IO}	Channel On or Off	0		V_{DD}	V_{PP}
Recommended Static or Dynamic Voltage Across the Switch	ΔV_{SW}	Channel On	0		600	mV
Output Offset Voltage	$V_{O(OFF)}$	$V_{IN} = 0V$, No Load		10		μV
ON Resistance	$V_{DD}=5V$	$\Delta V_{sw} \cdot 500mV$ $V_{IN} = V_{IL}$ or V_{IH} (Control), and $V_{IN} = 0$ to V_{DD} (Switch)		250	1050	Ω
	$V_{DD}=10V$			120	500	
	$V_{DD}=15V$			80	280	
• ON Resistance Between Any Two Channels in the Same Package	$V_{DD}=5V$	ΔR_{ON}		25	70	Ω
	$V_{DD}=10V$			10	50	
	$V_{DD}=15V$			10	45	
Off-Channel Leakage Current	I_{OFF}	$V_{IN} = V_{IL}$ or V_{IH} (Control) Channel to Channel or Any One Channel, $V_{DD}=15V$		± 0.05	± 100	nA
Capacitance, Switch I/O	$C_{I/O}$	Inhibit = V_{DD}		10		pF
Capacitance, Common O/I	$C_{O/I}$	Inhibit = V_{DD}		17		pF
Capacitance, Feedthrough (Channel Off)	$C_{I/O}$	Pins Not Adjacent		0.15		pF
		Pins Adjacent		0.47		

■ ORDERING INFORMATION

Order Number		Package	Packing
Normal	Lead Free Plating		
4051-S16-R	4051L-S16-R	SOP-16	Tape Reel
4051-S16-T	4051L-S16-T	SOP-16	Tube
4051-P16-R	4051L-P16-R	TSSOP-16	Tape Reel
4051-P16-T	4051L-P16-T	TSSOP-16	Tube
4051-D16-T	4051L-D16-T	DIP-16	Tube

4051

CMOS IC

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
CONTROL INPUTS – INHIBIT A, B, C (Voltages Referenced to V_{SS})						
Low Level Input Voltage	$V_{DD}=5V$	V_{IL}	$R_{ON} = \text{per spec, } I_{OFF} = \text{per spec}$	2.25	1.5	V
	$V_{DD}=10V$			4.50	3.0	
	$V_{DD}=15V$			6.75	4.0	
High Level Input Voltage	$V_{DD}=5V$	V_{IH}	$R_{ON} = \text{per spec, } I_{OFF} = \text{per spec}$	3.5	2.75	V
	$V_{DD}=10V$			7	5.5	
	$V_{DD}=15V$			11	8.25	
Input Leakage Current	I_{LEAK}	$V_{IN} = 0 \text{ or } V_{DD}, V_{DD}=15V$		± 0.00001	± 0.1	μA
Input Capacitance	C_{IN}			5.0	7.5	pF

■ DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($C_L = 50pF$, $T_a = 25^\circ C$; $V_{EE} = V_{SS}$, unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	$V_{DD}-V_{EE}$ Vdc	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Propagation Delay Times Switch Input to Switch Output ($R_L = 10 k\Omega$)	t_{PLH}, t_{PHL}	5 10 15	$t_{PLH}, t_{PHL} = (0.17 \text{ ns/pF})C_L + 26.5 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.08 \text{ ns/pF})C_L + 11 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.06 \text{ ns/pF})C_L + 9 \text{ ns}$		35 15 12	90 40 30	ns
Inhibit to Output	t_{PHZ}, t_{PLZ} t_{PZH}, t_{PZL}	5 10 15	($R_L = 10k\Omega, V_{EE} = V_{SS}$) Output "1" or "0" to High Impedance, or High Impedance to "1" or "0" Level		350 170 140	700 340 280	ns
Control Input to Output	t_{PLH}, t_{PHL}	5 10 15	$R_L = 10 k\Omega, V_{EE} = V_{SS}$		360 160 120	720 320 240	ns
Total Harmonic Distortion	THD	10	$R_L = 10K\Omega, f = 1 \text{ kHz}, V_{IN} = 5 V_{PP}$		0.07		%
Bandwidth	BW	10	$R_L = 1k\Omega, V_{IN} = 1/2 (V_{DD}-V_{EE}) \text{ p-p, } C_L = 50pF, 20 \text{ Log } (V_{out}/V_{in}) = -3dB$		17		MHz
Off Channel Feedthrough Attenuation		10	$R_L = 1k\Omega, V_{IN} = 1/2 (V_{DD}-V_{EE}) \text{ p-p}$ $f_{IN} = 4.5 \text{ MHz}$		-50		dB
Channel Separation		10	$R_L = 1k\Omega, V_{IN} = 1/2 (V_{DD}-V_{EE}) \text{ p-p}$ $f_{IN} = 3 \text{ MHz}$		-50		dB
Crosstalk, Control Input to Common O/I		10	$R_1 = 1k\Omega, R_L = 10k\Omega \text{ Control}$ $t_{TLH} = t_{THL} = 20 \text{ ns, Inhibit} = V_{SS}$		75		mV

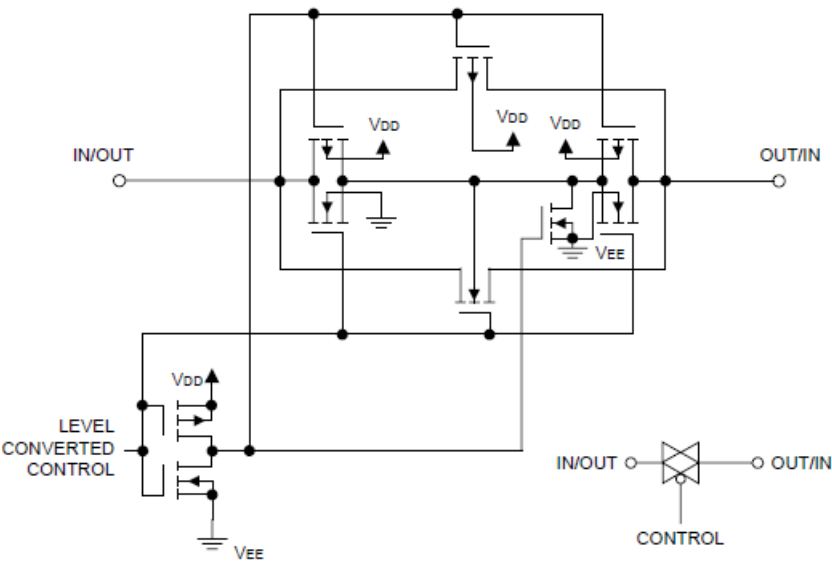
Note 1. Data of "TYP" is intended as an indication of the IC's potential performance.

2. For voltage drops across the switch (ΔV_{SW}) > 600mV (> 300mV at high temperature), excessive V_{DD} current may be drawn, i.e. the current out of the switch may contain both V_{DD} and switch input components. The reliability of the device will be unaffected unless the Maximum Ratings are exceeded.

4051

CMOS IC

■ TEST CIRCUIT



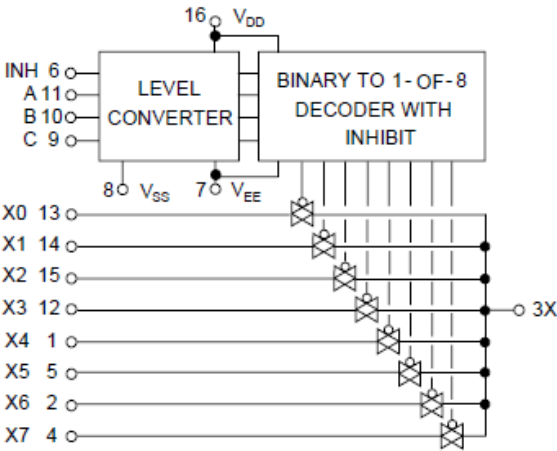
Switch Circuit Schematic

..

■ TRUTH TABLE

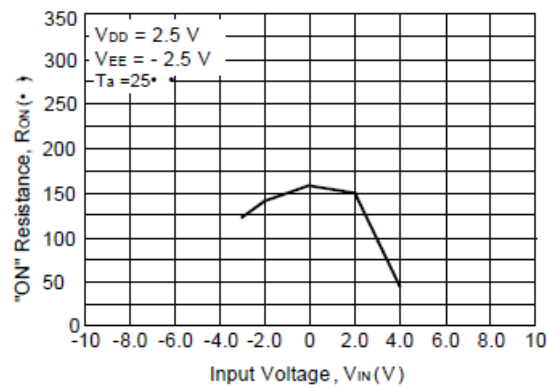
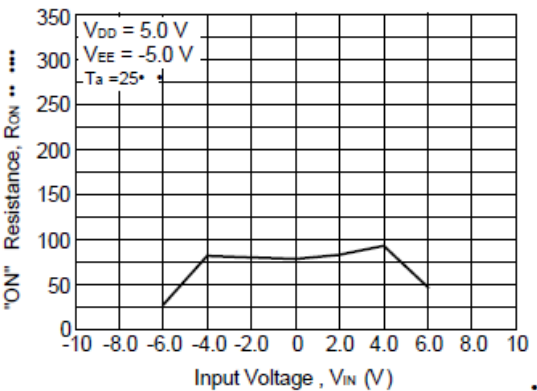
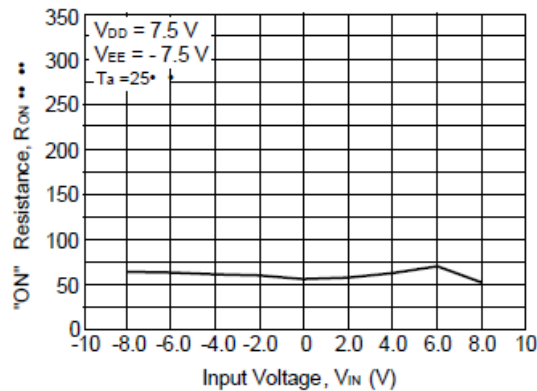
Control Inputs				ON Switches
INHIBIT	C	B	A	
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X6
0	1	1	1	X7
1	x	x	x	None

x = Don't Care



UTC 4051 Functional Diagram

■ TYPICAL CHARACTERISTICS



Anexo 4

Datasheet del DF Player mp3

DFPlayer Mini SKU:DFR0299

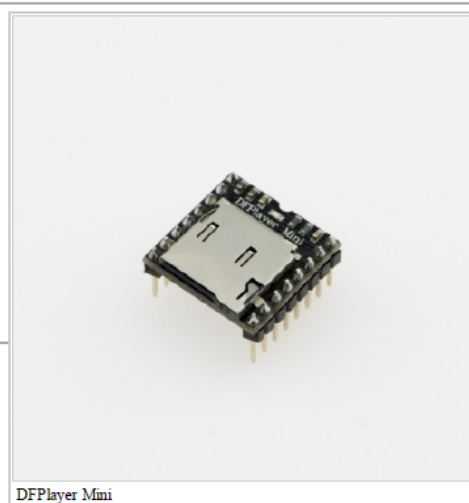
From Robot Wiki

Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Application
- 4 Pin Map
- 5 Work Mode
 - 5.1 1) Serial Mode
 - 5.2 2) AD KEY Mode
 - 5.3 3) I/O Mode
- 6 Connection Diagram
- 7 Sample Code

Introduction

The DFPlayer Mini is a small and low price MP3 module with an simplified output directly to the speaker. The module can be used as a stand alone module with attached battery, speaker and push buttons or used in combination with an Arduino UNO or any other with RX/TX capabilities.



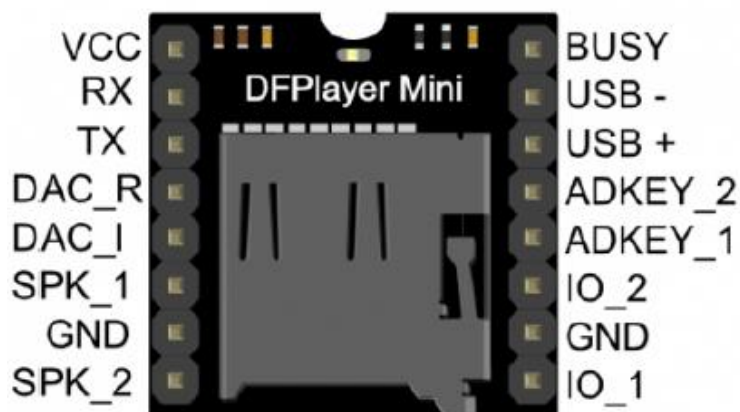
DFPlayer Mini

Specification

- supported sampling rates (kHz): 8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
- 24-bit DAC output, support for dynamic range 90dB, SNR support 85dB
- fully supports FAT16, FAT32 file system, maximum support 32G of the TF card, support 32G of U disk, 64M bytes NORFLASH
- a variety of control modes, I/O control mode, serial mode, AD button control mode
- advertising sound waiting function, the music can be suspended. when advertising is over in the music continue to play
- audio data sorted by folder, supports up to 100 folders, every folder can hold up to 255 songs
- 30 level adjustable volume, 6-level EQ adjustable

Application

- Car navigation voice broadcast;
- Road transport inspectors, toll stations voice prompts;
- Railway station, bus safety inspection voice prompts;
- Electricity, communications, financial business hall voice prompts;
- Vehicle into and out of the channel verify that the voice prompts;
- The public security border control channel voice prompts;
- Multi-channel voice alarm or equipment operating guide voice;
- The electric tourist car safe driving voice notices;
- Electromechanical equipment failure alarm;
- Fire alarm voice prompts;
- The automatic broadcast equipment, regular broadcast.



Pin	Description	Note
VCC	Input Voltage	DC3.2~5.0V;Type: DC4.2V
RX	UART serial input	
TX	UART serial output	
DAC_R	Audio output right channel	Drive earphone and amplifier
DAC_L	Audio output left channel	Drive earphone and amplifier
SPK2	Speaker-	Drive speaker less than 3W
GND	Ground	Power GND
SPK1	Speaker+	Drive speaker less than 3W
IO1	Trigger port 1	Short press to play previous (long press to decrease volume)
GND	Ground	Power GND
IO2	Trigger port 2	Short press to play next (long press to increase volume)
ADKEY1	AD Port 1	Trigger play first segment
ADKEY2	AD Port 2	Trigger play fifth segment
USB+	USB+ DP	USB Port
USB-	USB- DM	USB Port
BUSY	Playing Status	Low means playing \High means no

DFPlayer Mini SKU:DFR0299 - Robot Wiki

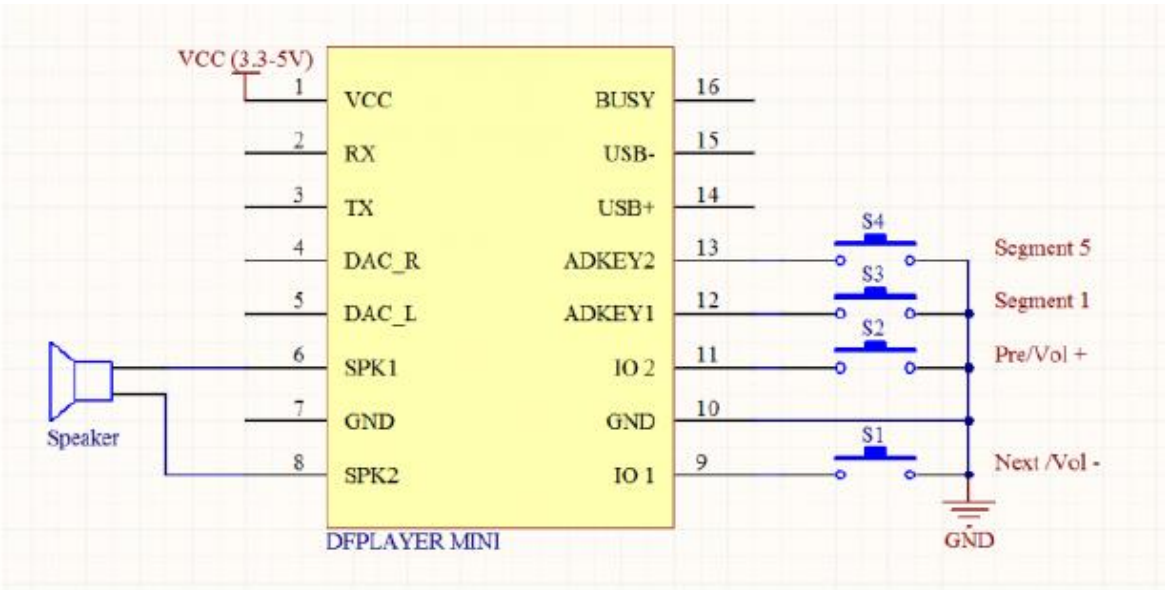
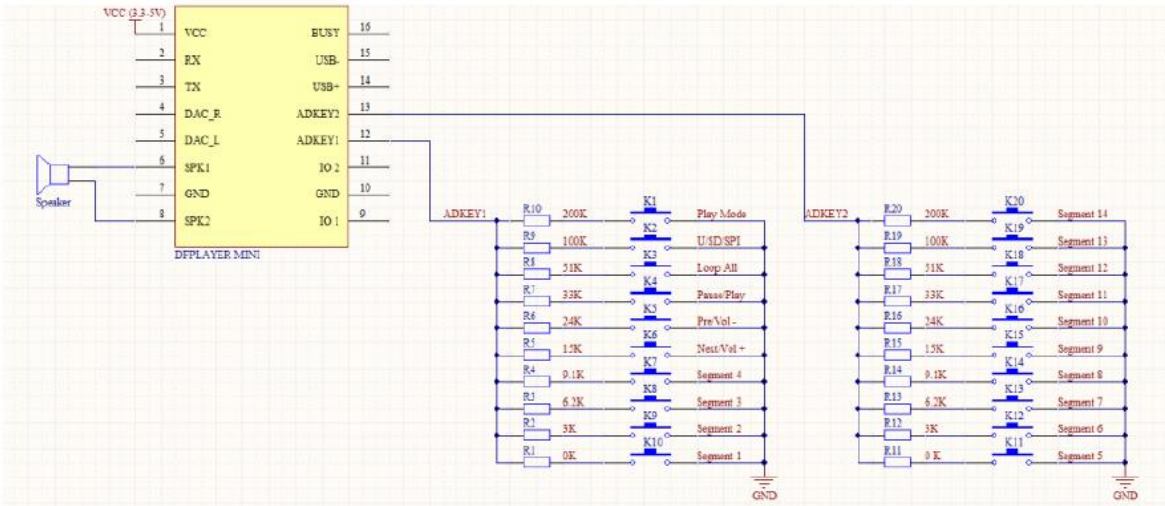
Format:	SS	VER	Len	CMD	Feedback	para1	para2	checksum	\$O
SS	Start bit 0x7E		Each command feedback begin with \$, that is 0x7E						
VER	Version		Version Information						
Len	the number of bytes after "Len"		Checksums are not counted						
CMD	Commands		Indicate the specific operations, such as play / pause, etc.						
Feedback	Command feedback		If need for feedback, 1: feedback, 0: no feedback						
para1	Parameter 1		Query high data byte						
para2	Parameter 2		Query low data byte						
checksum	Checksum		Accumulation and verification [not include start bit \$]						
\$O	End bit		End bit 0xEF						

For example, if we specify play NORFLASH, you need to send: 7E FF 06 09 00 00 04 FF DD EF
Data length is 6, which are 6 bytes [FF 06 09 00 00 04]. Not counting the start, end, and verification.

2) AD KEY Mode

We use the AD module keys, instead of the traditional method of matrix keyboard connection, it is to take advantage of increasingly powerful MCU AD functionality. Our module default configuration 2 AD port, 20 key resistance distribution.

■ Refer diagram



Anexo 5

Código final del prototipo en captura de pantalla

```

#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>

#define PIN_BUSY D0

SoftwareSerial mp3Serial(D1, D2); // RX, TX

const int MUX_A = D5;
const int MUX_B = D6;
const int MUX_C = D7;

const int ANALOG_INPUT = A0;

int valueF1 = 0;
int valueF2 = 0;
int valueF3 = 0;
int valueF4 = 0;
int valueF5 = 0;

void setup() {

    pinMode(MUX_A, OUTPUT);
    pinMode(MUX_B, OUTPUT);
    pinMode(MUX_C, OUTPUT);

Serial.begin(115200);

    pinMode(PIN_BUSY, INPUT);
    Serial.begin (115200);
    Serial.println("Setting up software serial");
    mp3Serial.begin (9600);
    Serial.println("Setting up mp3 player");
    mp3_set_serial (mp3Serial);
    delay(1000);
    mp3_set_volume (20);
}

void changeMux(int c, int b, int a) {
    digitalWrite(MUX_A, a);
    digitalWrite(MUX_B, b);
    digitalWrite(MUX_C, c);
}

void readValues() {
    float value;
    changeMux(HIGH, LOW, LOW);
    valueF1 = analogRead(ANALOG_INPUT);
    Serial.print("F1: "); Serial.print(valueF1); Serial.print(" ");

    changeMux(LOW, LOW, HIGH);
    valueF2 = analogRead(ANALOG_INPUT);

```

```

Serial.print("F2: "); Serial.print(valueF2); Serial.print(" ");

changeMux(LOW, HIGH, LOW);
valueF3 = analogRead(ANALOG_INPUT);
Serial.print("F3: "); Serial.print(valueF3); Serial.print(" ");

changeMux(LOW, HIGH, HIGH);
valueF4 = analogRead(ANALOG_INPUT);
Serial.print("F4: "); Serial.print(valueF4); Serial.print(" ");

changeMux(LOW, LOW, LOW);
valueF5 = analogRead(ANALOG_INPUT);
Serial.print("F5: "); Serial.print(valueF5); Serial.println(" ");

delay(200);

}

void loop() {
  readValues();
  if (valueF2 <= 193 && valueF2 > 160) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (1);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);

    delay (1000);
  }

  if (valueF5 <= 290 && valueF4 <=230) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (2);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);
    delay (1000);
  }

  if (valueF1 <= 316 && valueF5 <=299) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (3);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);
    delay (1000);
  }

  if (valueF2 <= 280 && valueF3 <=270 && valueF4 <=265) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (4);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);
    delay (1000);
  }
}

```

```
    delay (1000);
  }

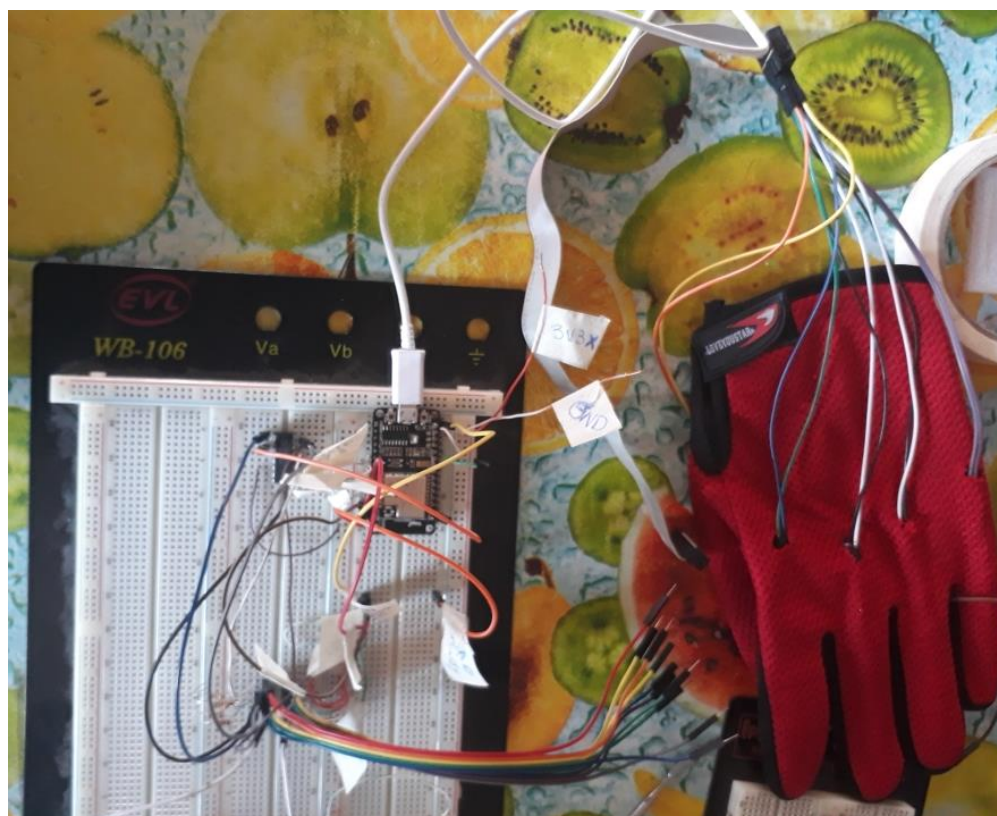
  if (valueF2 <= 280 && valueF3 <=270 && valueF4 <=265) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (4);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);
    delay (1000);
  }

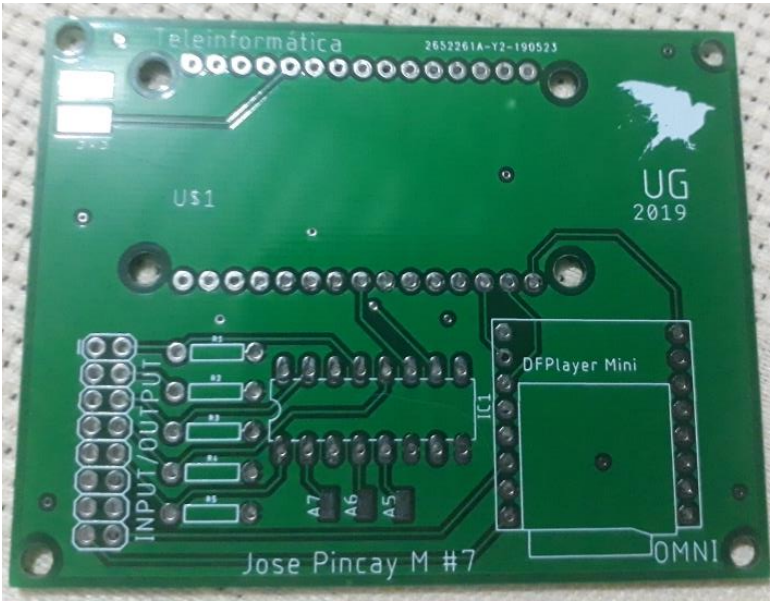
  if (valueF3 <= 264 && valueF4 <=250) {
    Serial.println("Stop");
    mp3_play (5);
    Serial.print("Busy: ");
    Serial.println(digitalRead(PIN_BUSY));
    delay(500);
    delay (1000);
  }

}
```

Anexo 6

Ensamblaje del prototipo





Bibliografía

- Ahirlabs. (2017). Página web. *NodeMcu*. <https://www.ahirlabs.com/2017/10/21/what-is-nodemcu-esp8266/>
- Aprendizaje arduino. (2019). Página web. *Arduino y 4051 LED de ejemplo*. <http://arduinolearning.com/code/arduino-and-4051-led-example.php>
- Arch. (s.f.). Artículo de revista. *Los Huesos*. <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkes/arch374/winter2001/pham/stucture.htm>
- Aumentaty Solutions. (2014). Magazine article. Aumentaty Solutions - *Dispositivos de Realidad Virtual*. <http://www.aumentaty.com/solutions/index.php/product/cyberglove-ii/>
- Autodesk. (2019). Página web. *EAGLE Autodesk*. <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>
- CircuitDigest. (2015). Página web. *Microcontrolador*. <https://circuitdigest.com/article/what-is-a-microcontroller>
- COMPONENTS101. (2018). Página web. *Sensor de flexión*. <https://components101.com/sensors/flex-sensor-working-circuit-datasheet>
- CyberGlove Systems. (2017). Página web. *CyberTouch*. <http://www.cyberglovesystems.com/cybertouch>
- CyberGloveSystems. (2017). Página web. *CyberGlove III*. <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-iii/>
- DFROBOT DRIVE THE FUTURE. (2018). Página web. *Player Mini*. https://wiki.dfrobot.com/DFPlayer_Mini_SKU_DFR0299
- Gomar, S. (2018). Artículo de revista. *Tecnología asistencial*. <https://medlineplus.gov/spanish/assistivedevices.html>
- Immersion . (2014). Página web. *Data Glove 5 Ultra*. <https://www.immersion.fr/en/data-glove-5-ultra/>
- Leybón, J., Ramírez, M. d., & Taboada, V. (2006). Página web. SENSOR FOTO-ELÉCTRICO APLICADO AL MOVIMIENTO DE LOS DEDOS DE LAS MANOS. (V. Kontorovich, Ed.) *Computacion y Sistemas*, 10(1), 58.
- Leybón, J., Ramírez, M., & Taboada, V. (2006). Artículo de revista. Sensor foto-eléctrico aplicado al movimientos de los dedos de las manos. *Computación y Sistemas*, 12.
- lifeder.com. (2019). Página web. *¿Qué es el Diseño de Investigación y Cómo se Hace?*. <https://www.lifeder.com/diseno-de-investigacion/>

- M, J. C. (2013). Artículo de revista. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*.
<http://www.eumed.net/rev/cccss/23/investigacion-evaluativa-politicas-publicas-mexico.html>
- maxEmbedded. (2014). Página web. *Diseño de PCB utilizando EAGLE*.
<http://maxembedded.com/2014/06/pcb-design-eagle-part-1-introduction-eagle-software-environment/>
- mccc. (2012). Artículo de revista. *La mano*.
<http://www.mccc.edu/~behrensb/documents/TheHandbig.pdf>
- MINDFLUX. (2014). Artículo de revista. *Data Glove MRI*.
<http://www.mindflux.com.au/products/5dt/dataglove-mri.html>
- NCBI. (2018). Página web. *Como funcionan las manos*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279362/>
- NodeMcu. (2015). Artículo de revista. *Conectar cosas fácil*.
https://www.nodemcu.com/index_en.html#fr_54747361d775ef1a3600000f
- QuestionPro. (2019). Página web. *QUE ES LA INVESTIGACION*.
<https://www.questionpro.com/features/>
- ResearchGate. (2012). Artículo de revista. *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GUANTE DE DATOS MEDIANTE SENSORES DE FLEXIBILIDAD Y ACELEROMETRO*.
 Obtenido de ResearchGate.
- SciELO. (2015). Artículo de revista. *INTERFAZ HÁPTICA TIPO GUANTE CON REALIMENTACIÓN VIBRATORIA*. Obtenido de SciELO.
- sparkfun. (s.f.). Página web. *¿Qué es un arduino?*.
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>
- techopedia. (2019). Página web. *Microcontrolador*.
<https://www.techopedia.com/definition/3641/microcontroller>
- Universo Informatico. (2019). Página web . *Proteus 8.4*. <http://universoinformatico-oficial.blogspot.com/2016/07/proteus-84.html>