



**Modelado 3D de un guante traductor del alfabeto de lengua de señas por medio de una aplicación móvil**

**Autores(a):**

**Angelly Del Carmen Rebolledo Ortega**

**Katerin Mishel Barros Barrios**

**Trabajo de grado como prerrequisito para la obtención de grado de  
Ingeniero Biomédico**

**Director(es):**

**Ing. Daniel Barrios Gómez – Ing. Javier Burgos Vergara**

**Corporación Universitaria Reformada**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería Biomédica**

**Barranquilla**

**2024**



**Modelado 3D de un guante traductor del alfabeto de lengua de señas por medio de una aplicación móvil**

**Autores(a):**

**Angelly Del Carmen Rebolledo Ortega**

**Katerin Mishel Barros Barrios**

**Director(es):**

**Ing. Daniel Barrios Gómez – Ing. Javier Burgos Vergara**

**Corporación Universitaria Reformada**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería Biomédica**

**Barranquilla**

**2024**

## ÍNDICE

Listado De Imágenes.....	5
Listado de tablas .....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	8
Introducción .....	10
Planteamiento Del Problema.....	10
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos .....	12
Justificación .....	12
Marcos De Referencia.....	14
Marco Teórico.....	14
Anatomía De La Mano Humana .....	14
Sentido Del Oído.....	15
Discapacidad auditiva y del habla.....	17
Lenguaje o Lengua De Señas.....	18
Marco Conceptual.....	21
Sensores .....	21
Sensores de movimiento .....	21
Sensores de flexión o resistivos .....	22
Módulo de comunicación inalámbrica.....	23

	4
Bluetooth.....	25
Arduino .....	26
Arduino Nano 33 IoT .....	29
Aplicación móvil.....	30
Guantes sensorizados en la interpretación del lenguaje de señas .....	31
Metodología .....	31
Diseño .....	31
Tipo De Investigación.....	32
Procedimiento .....	33
Diseño del guante traductor .....	33
Elaboración del modelado .....	34
Resultados .....	35
Planos soportes del guante .....	35
Modelado 3D del guante traductor .....	43
Simulación en Tinkercad .....	48
Aplicación móvil.....	52
Conclusiones .....	54
Referencias.....	56
Anexo 1 .....	59

## Listado De Imágenes

<i>Figura 1. Huesos de la mano y de la muñeca (Vasković, 2023a).</i> .....	15
<i>Figura 2. Anatomía del oído (Álvarez, 2019).</i> .....	17
<i>Figura 3. Alfabeto dactilológico (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).</i> .....	19
<i>Figura 4. Alfabeto dactilológico (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).</i> .....	19
<i>Figura 5. Alfabeto dactilológico (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).</i> .....	19
<i>Figura 6. Representación de un giroscopio. (Introducción al giroscopio, s/f)</i> .....	22
<i>Figura 7. Sensor flex. (Ude, 2016).</i> .....	23
<i>Figura 8. Clasificación de las redes inalámbricas. (Salazar, 2016).</i> .....	25
<i>Figura 9. Placa de Arduino Nano 33 IoT. (Foto tomada de la página oficial de Arduino)</i> .....	30
<i>Figura 10. Diagrama de bloques del dispositivo (Imagen propia).</i> .....	33
<i>Figura 11. Plano de la carcasa. (Imagen propia).</i> .....	36
<i>Figura 12. Plano de soporte sensor flex en la falange distal. (Imagen propia).</i> .....	37
<i>Figura 13. Plano de soporte sensor flex en la falange distal pulgar. (Imagen propia)</i> .....	38
<i>Figura 14. Plano de soporte sensor flex en la falange media. (Imagen propia).</i> .....	39
<i>Figura 15. Plano de soporte sensor flex en la falange proximal meñique. (Imagen propia).</i> .....	40
<i>Figura 16. Plano de soporte sensor flex en la falange proximal pulgar. (Imagen propia).</i> .....	41
<i>Figura 17. Plano de la tapa. (Imagen propia)</i> .....	42
<i>Figura 18. Esquema 3D del guante. Incluye sensores flex y soportes de los demás elementos. (Imagen propia).</i> .....	43
<i>Figura 19. Esquema 3D carcasa falange distal (Imagen propia).</i> .....	44
<i>Figura 20. Esquema 3D del guante traductor, vista inferior (Imagen propia).</i> .....	44
<i>Figura 21. Puerto serial (micro USB) del Arduino (izq.) - Puerto de carga (der.). (Imagen propia)</i> .....	45
<i>Figura 22. Esquema 3D del guante traductor. vista superior (Imagen propia).</i> .....	45
<i>Figura 23. Esquema 3D del guante traductor: sensores flex, batería recargable, Arduino y tarjeta de control de carga, vista posterior. (Imagen propia)</i> .....	46
<i>Figura 24. Figura 16. Esquema 3D del guante traductor: sensores flex, batería recargable, Arduino y tarjeta de control de carga, vista anterior. (Imagen propia).</i> .....	46
<i>Figura 25. Esquema 3D del guante traductor y sus componentes electrónicos, vista posterior. (Imagen propia).</i> .....	47

<i>Figura 26. Modelado 3D del guante traductor y sus componentes electrónicos, vista posterior. (Imagen propia).</i>	<i>..47</i>
<i>Figura 27. Modelado 3D del guante traductor. (Imagen propia).</i>	<i>.....48</i>
<i>Figura 28. Representación en Tinkercad de la simulación. (Imagen propia).</i>	<i>.....49</i>
<i>Figura 29. Representación en la pantalla LCD de la letra A en lengua de señas. (Imagen propia).</i>	<i>.....50</i>
<i>Figura 30. Representación en la pantalla LCD de la letra L en lengua de señas. (Imagen propia).</i>	<i>.....50</i>
<i>Figura 31. Representación en la pantalla LCD de la letra Y en lengua de señas. (Imagen propia).</i>	<i>.....51</i>
<i>Figura 32. Representación en la pantalla LCD de la letra I en lengua de señas. (Imagen propia).</i>	<i>.....51</i>
<i>Figura 33. Mockup de la aplicación: detección del guante para conectarlo mediante Bluetooth. (Imagen propia).</i>	<i>.53</i>
<i>Figura 34. Mockup de la aplicación: calibración del dispositivo. (Imagen propia).</i>	<i>.....53</i>
<i>Figura 35. Mockup de la aplicación: detección de la seña realizada. (Imagen propia).</i>	<i>.....54</i>

## Listado de tablas

<i>Tabla 1. Características técnicas de las diferentes placas de Arduino. ....</i>	<i>28</i>
--	-----------

## Resumen

Las personas con discapacidad auditiva utilizan el lenguaje de señas como su forma de comunicación, el cual implica realizar movimientos coordinados con las manos y los dedos para expresar letras, palabras básicas e, incluso, frases, además de emplear expresiones faciales para conceptos más complejos. Este lenguaje se adquiere a través de la práctica continua. Aunque también es cierto que estas personas cuentan con limitaciones en el desarrollo de sus actividades cotidianas cuando de comunicarse con otros se trata. El lenguaje de señas no es dominado por la población en general, no se utiliza como método de comunicación en el diario vivir.

Bajo esta premisa, este proyecto se enfoca en explorar cómo aplicar las tecnologías ya conocidas en la actualidad para ayudar a aquellas personas que tienen dificultades para comunicarse de forma oral y que necesitan recurrir al lenguaje de señas. Para lograr esto, se desarrolló un modelado 3D de un guante traductor del alfabeto del lenguaje de señas al abecedario convencional, con el objetivo de que esta traducción pueda ser presentada a través de una aplicación móvil en sistema Android.

El desarrollo de este proyecto se basó, principalmente, en una metodología descriptiva que facilitó la recopilación de información para el diseño del guante. Los resultados incluyen el mockup de una herramienta de software que reconoce el alfabeto de la lengua de señas un dispositivo móvil, con el objetivo de reducir la barrera de comunicación con otras personas.

## Abstract

Hearing impaired people use sign language as their form of communication, which involves coordinated hand and finger movements to express letters, basic words and even sentences, as well as facial expressions for more complex concepts. This language is acquired through

continuous practice. Although it is also true that these people have limitations in the development of their daily activities when it comes to communicating with others. Sign language is not mastered by the general population, it is not used as a method of communication in daily life.

Under this premise, this project focuses on exploring how to apply the technologies already known today to help those who have difficulty communicating orally and need to resort to sign language. To achieve this, a 3D model of a translator glove from sign language alphabet to conventional alphabet was developed, with the aim that this translation can be presented through a mobile application on Android system.

The development of this project was based on a descriptive methodology that facilitated the collection of information for the design of the glove. The results include the mockup of a software tool that recognizes the sign language alphabet on a mobile device, with the objective of reducing the communication barrier with other people.

## **Introducción**

En la actualidad, la comunicación inclusiva y accesible es fundamental para promover la igualdad de oportunidades para todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas o lingüísticas. En este contexto, la lengua de señas surge como un medio de comunicación para personas con discapacidad auditiva, facilitando la interacción y la expresión en un mundo predominantemente oral (Orri de Castorino, 2007). Sin embargo, a pesar de su importancia, la barrera de la comunicación persiste para muchos, especialmente en entornos donde el conocimiento y el uso de la lengua de señas son limitados. Es así como la tecnología juega un papel importante al ofrecer soluciones innovadoras que buscan cerrar esta brecha comunicativa (Meriño Guzmán & Garizabalo Pedrozo, 2020).

Este trabajo se centra en el diseño y desarrollo de un guante traductor del alfabeto de la lengua de señas mediante modelado 3D, complementado con una aplicación móvil. Este sistema tiene como objetivo proporcionar a los usuarios una herramienta intuitiva y portátil que les permita comunicarse eficazmente a través de la lengua de señas, tanto en entornos cotidianos como en situaciones donde la interpretación en tiempo real no está disponible.

La combinación de modelado 3D y tecnología móvil ofrece una solución versátil y accesible que puede adaptarse a las necesidades individuales de los usuarios. A lo largo del desarrollo de este proyecto, se explorará el proceso de diseño del guante traductor

## **Planteamiento Del Problema**

La comunicación efectiva entre personas sordas y oyentes que no conocen la lengua de señas presenta desafíos significativos. Aunque existen herramientas de traducción de texto y voz, estas no son adecuadas para la traducción de la lengua de señas, que es un lenguaje visual y gestual.

Además, los dispositivos existentes para traducción de lengua de señas pueden ser costosos, voluminosos o difíciles de usar en entornos cotidianos.

Siendo más específicos con la población colombiana con discapacidad auditiva, ésta también se enfrenta retos en cuanto a su comunicación diaria debido a la falta de herramientas accesibles y efectivas para la traducción de la lengua de señas. A pesar de que Colombia cuenta con una comunidad activa de personas sordas y con programas de inclusión, todavía persisten obstáculos en el acceso a tecnologías que faciliten la comunicación. Aunque existen algunas soluciones tecnológicas disponibles a nivel global, estas pueden no estar adaptadas a las particularidades del contexto colombiano. Factores como las variaciones regionales en la lengua de señas colombiana y las diferencias culturales pueden influir en la efectividad de las herramientas de traducción existentes (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).

Además, la accesibilidad a estas soluciones tecnológicas puede verse limitada por barreras económicas o de conocimiento tecnológico. Muchas personas con discapacidad auditiva en Colombia pueden carecer de los recursos financieros necesarios para adquirir dispositivos o aplicaciones costosas. Asimismo, la falta de capacitación y familiaridad con la tecnología puede dificultar su adopción y uso efectivo.

El proyecto de modelado 3D de un guante traductor del alfabeto de lengua de señas, acompañado de una aplicación móvil, se plantea como una solución innovadora para superar esta barrera de comunicación y promover la inclusión de las personas sordas en la sociedad colombiana. Sin embargo, para lograr esto, es necesario abordar una serie de desafíos tecnológicos y de accesibilidad que involucran la detección precisa de gestos, la traducción efectiva y la adaptación cultural, así como la garantía de que el producto sea accesible y útil para la comunidad objetivo.

¿Cómo diseñar un guante traductor del alfabeto de lengua de señas, junto con una aplicación móvil, que sea capaz de detectar y traducir con precisión los gestos de lengua de señas en tiempo real, facilitando la comunicación efectiva entre las personas sordas y la población general en Colombia, promoviendo así la inclusión y superando las barreras de comunicación en diferentes contextos sociales, educativos y laborales?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Modelar un guante traductor del alfabeto de lengua de señas por medio de una aplicación móvil para mejorar la comunicación entre personas con discapacidad.

### **Objetivos Específicos**

- Modelar un guante mediante un modelo 3D con sensores de movimiento y gestos que sea capaz de captar los signos del alfabeto de lengua de señas.
- Crear el mockup de una aplicación móvil que se conecte de manera inalámbrica con el guante para procesar y traducir los gestos de lengua de señas en tiempo real.
- Realizar un estudio de movimientos de modelado 3D del guante por medio de simulación.

## **Justificación**

La lengua de señas es una forma natural de expresión y configuración de carácter gestoespacial y percepción visual, por el cual las personas con problemas graves de audición pueden establecer un canal de comunicación, ya sea entre ellos o personas cercanas. En Colombia, al

igual que en muchos otros países, existe una significativa comunidad de personas sordas o con discapacidad auditiva. Estas personas a menudo enfrentan barreras en la comunicación cotidiana debido a la falta de conocimiento del lenguaje de señas por parte de la población general. Según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2022, Colombia cuenta con 439.772 ciudadanos sordos. (Instituto Nacional Para Sordos, 2024).

La lengua de señas colombiana es un elemento de identidad y cultura de la comunidad sorda en el país. Sin embargo, el acceso a servicios de interpretación en lengua de señas es limitado, lo que dificulta la comunicación efectiva en una variedad de contextos, como consultas médicas, trámites gubernamentales, educación y empleo. Además, la falta de conocimiento y sensibilización sobre las necesidades de las personas sordas a menudo perpetúa la exclusión y la discriminación en la sociedad. (Instituto Nacional Para Sordos, 2024).

El modelado de un guante traductor y una aplicación móvil puede abordar directamente esta necesidad, proporcionando una herramienta eficaz para mejorar la comunicación y la inclusión de esta comunidad. Teniendo en cuenta que la tecnología móvil está en constante crecimiento en Colombia, y muchas personas tienen acceso a teléfonos inteligentes se puede aprovechar esta tendencia para desarrollar la aplicación y llevar la tecnología a la vida diaria de las personas sordas. La mejora de la comunicación para las personas sordas puede tener un impacto positivo en su calidad de vida y su participación en la sociedad. Esto, a su vez, puede traducirse en un mejor acceso a la educación e incluso al empleo, lo que contribuiría al crecimiento económico y al bienestar social en el país.

Con esto no solo se busca una opción mejorar la accesibilidad y la inclusión para las personas sordas en Colombia, sino que también contribuye a sensibilizar a la sociedad sobre las

necesidades y capacidades de esta comunidad fomentando la igualdad de oportunidades y promoviendo una mayor conciencia sobre la diversidad funcional.

## **Marcos De Referencia**

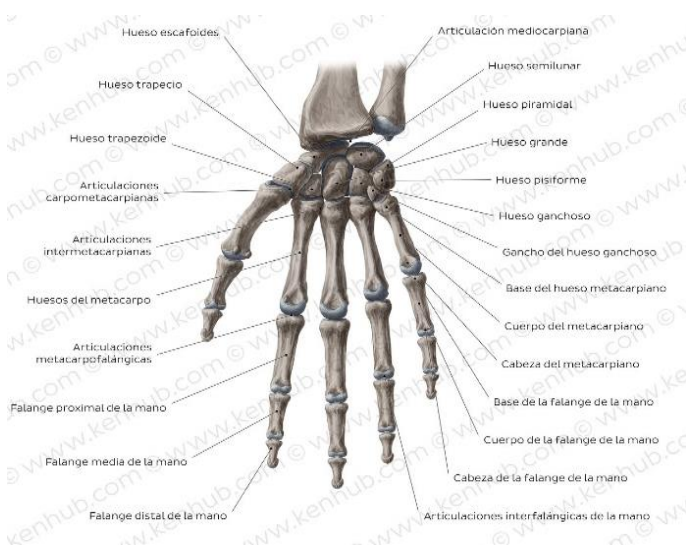
### **Marco Teórico**

#### ***Anatomía De La Mano Humana***

La mano humana ha desempeñado un gran papel en la evolución de la especie, gracias a su capacidad de prensión y al pulgar oponible. Esta característica, junto con la coordinación y destreza fina, ha permitido a los humanos desarrollar herramientas complejas, iniciar la escritura, mejorar la comunicación no verbal y avanzar en actividades que han impulsado el progreso cultural y tecnológico.

Conformada por 27 huesos, la mano no solo depende de su estructura interna, sino también de músculos, tendones, nervios y vasos sanguíneos que trabajan en conjunto para brindar un amplio rango de movimiento, habilidades de agarre, sensibilidad y otras funciones vitales. (Rodríguez Ramírez et al., s/f).

Figura 1. *Huesos de la mano y de la muñeca (Vasković, 2023a).*



El esqueleto de la mano se divide en tres grupos principales:

- Los huesos del carpo (carpianos);
- Los huesos del metacarpo (metacarpianos);
- Las falanges de la mano.

Los huesos del carpo son especialmente destacables debido a su disposición en dos filas distintas que contribuyen directamente a la estructura de la muñeca. Estas filas se conocen como la fila proximal, que incluye los huesos escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme; y la fila distal, que está formada por los huesos trapecio, trapezoide, grande (capitado) y ganchoso. (“Mano y muñeca: Huesos, músculos, arterias y nervios | Kenhub”) (Vasković, 2023a).

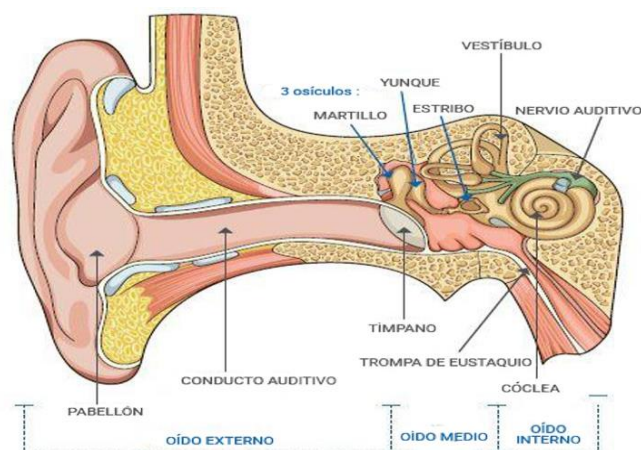
### ***Sentido Del Oído***

El oído humano es un órgano complejo del sistema auditivo que no solo permite la audición, sino también la percepción y control de la posición espacial y los movimientos de la cabeza. Se encuentra situado bilateralmente en el cráneo, a la altura de la nariz. (Vasković, 2023b).

El sentido del oído se divide anatómicamente en tres partes:

- Oído externo: está compuesto por el pabellón auditivo, el conducto auditivo y el tímpano. Su función principal es recoger las ondas sonoras y conducir las hacia el interior del oído.
- Oído medio: también conocido como cavidad timpánica, es donde la vibración del tímpano se transmite a través de tres pequeños huesos enlazados: el martillo, el yunque y el estribo. Estos huesos transmiten la vibración mecánica desde el tímpano hasta el oído interno.
- Oído interno se encuentra el sistema coclear, que transforma las ondas mecánicas en energía eléctrica. Esta señal eléctrica es conducida por el nervio auditivo hasta el cerebro, donde se procesa y se reconoce como sonido. (Meriño Guzmán & Garizabalo Pedrozo, 2020).

Figura 2. Anatomía del oído (Álvarez, 2019).



### ***Discapacidad auditiva y del habla***

La discapacidad auditiva se caracteriza por la pérdida o anomalía en la función anatómica y/o fisiológica del sistema auditivo, lo que resulta en una dificultad para oír y, por ende, en un déficit en el acceso al lenguaje oral. Dado que la audición es fundamental para el desarrollo del lenguaje y el habla, cualquier alteración en la percepción auditiva de una persona puede impactar negativamente en su desarrollo lingüístico, comunicativo, procesos cognitivos y, en última instancia, en su integración social y laboral. (Carrascosa García, 2015).

La discapacidad de habla se refiere a la incapacidad de hablar debido a una discapacidad física o lesión en las cuerdas vocales. Por otro lado, la discapacidad auditiva afecta a personas sordas de nacimiento que tienen dificultades para hablar mediante la voz. Aunque anteriormente se creía que las personas sordas no podían comunicarse, en realidad pueden hacerlo a través del lenguaje de señas y también en lengua oral, con la ayuda de dispositivos como los implantes cocleares que mejoran su capacidad de escucha. (Muñiz Alarcón, 2021).

### *Lenguaje o Lengua De Señas*

Según el Diccionario panhispánico del español jurídico, la lengua de signos es “Sistema lingüístico de carácter visual, espacial, gestual y manual en cuya conformación intervienen factores históricos, culturales, lingüísticos y sociales, utilizado tradicionalmente como lengua por las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas”. (Diccionario panhispánico del español jurídico, s.f.).

La lengua de signos va más allá de simples señas; es un código completo con su propia estructura, gramática, vocabulario y gestos específicos. Es el idioma propio de las personas sordas, basado en la dactilología, un sistema que utiliza los dedos de la mano para transmitir información. Por tanto, el término adecuado es "Lengua de Signos", reflejando su naturaleza como un idioma completo y autónomo utilizado para la comunicación por la comunidad sorda. (Muñiz Alarcón, 2021).

Las lenguas de señas incluyen componentes manuales y no manuales, como la expresión facial, la expresión corporal, la dactilología y las señas. La expresión facial, parte de los componentes no manuales, implica movimientos de los labios, posiciones de la lengua, movimientos oculares y variaciones en la respiración, entre otros aspectos que añaden matices y fluidez a la comunicación. (Ortiz-Farfán et al., 2020).

Figura 3. *Alfabeto dactilológico (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).*

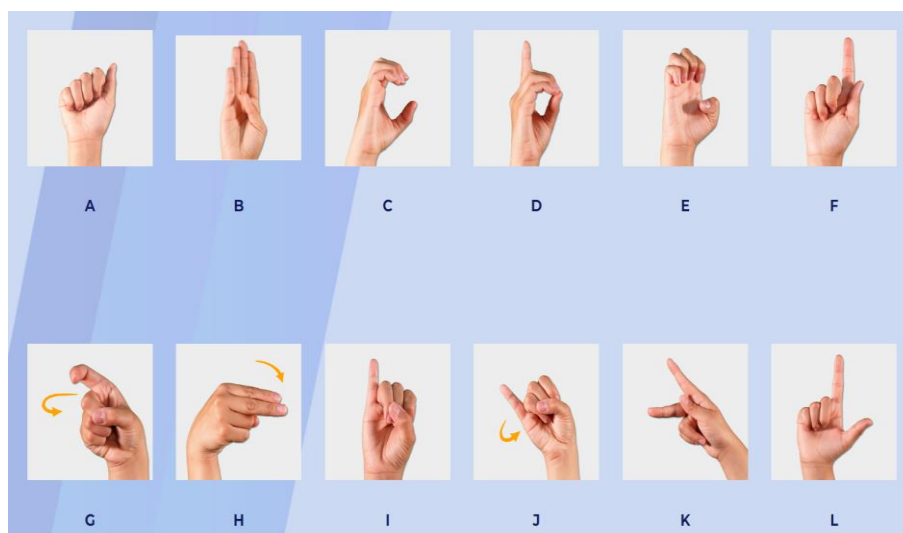


Figura 4. *Alfabeto dactilológico (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).*

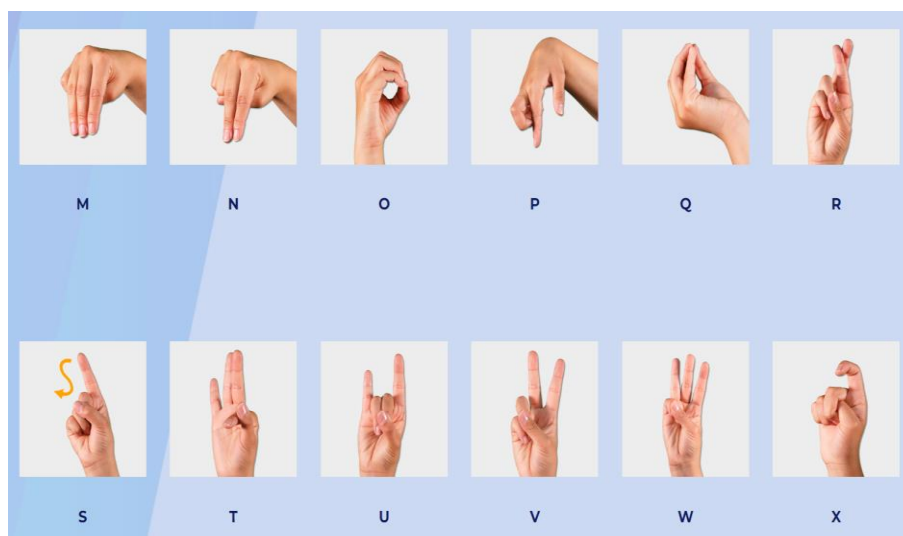


Figura 5. *Alfabeto dactilológico (Instituto Nacional para Sordos, s.f.).*



En el lenguaje de señas, al igual que en el lenguaje oral con los fonemas, existen los "queremas" que son las diferentes partes que componen un signo, es decir, los parámetros formacionales. Estos parámetros articulatorios son fundamentales para la estructura del signo gestual y se dividen en seis categorías:

1. *Forma o configuración de la mano (Queirema)*: Se refiere a cómo se encuentra la mano, ya sea abierta, cerrada, con los dedos replegados, con el índice o pulgar levantados, entre otras posiciones.
2. *Lugar de articulación (Toponema)*: Indica dónde se realiza el signo con relación al cuerpo o al espacio neutro, como ante el cuerpo, la frente, las cejas, los labios, etc.
3. *Movimiento de la mano (Kinema)*: Describe el tipo de movimiento que realiza la mano, ya sea recto, circular, en arco, quebrado, con componentes quinestésicos como movimiento simple o repetido, rotación del puño o del antebrazo, entre otros.
4. *Dirección del movimiento de la mano (Kineprosema)*: Se refiere a las seis direcciones principales del movimiento de la mano, como hacia arriba, abajo, derecha, izquierda, etc.
5. *Orientación de la mano (Queirotropema)*: Hace referencia a la orientación de la palma de la mano, indicando una dirección u otra independientemente de la configuración de la mano.
6. *Expresión de la cara (Prosoponema)*: Involucra todos los componentes que acompañan al signo y no utilizan las manos, como los movimientos del cuerpo, de la boca, etc. Por ejemplo, la expresión facial puede indicar si se está haciendo una pregunta o una afirmación, siendo importante para la interpretación correcta del signo. Un cambio en el prosoponema puede llevar a una interpretación completamente diferente del signo. (Meriño Guzmán & Garizabalo Pedrozo, 2020).

## **Marco Conceptual**

Para desarrollar un guante traductor del alfabeto de lengua de señas mediante una aplicación móvil, se requerirán una serie de sensores y componentes tecnológicos para detectar y traducir los gestos de lengua de señas en tiempo real.

### ***Sensores***

Los sensores son dispositivos que detectan y responden a diferentes tipos de información del entorno físico. Existen diversos tipos de sensores utilizados en la vida cotidiana, clasificados según las cantidades y características que detectan. Algunos ejemplos comunes son: sensores de corriente eléctrica, magnéticos, de radio, de humedad, de velocidad o flujo de fluidos, de presión, térmicos o de temperatura, ópticos, de posición, ambientales y químicos. Estos sensores son importantes en el proceso de recopilación de datos y en la automatización de procesos en una amplia variedad de aplicaciones. (NIBIB, 2022).

Su función principal es detectar cambios en la variable física y convertirlos en señales eléctricas de salida, que pueden ser analógicas o digitales. Estas señales son utilizadas por el sistema de medición para procesar la información y tomar decisiones con base a los datos recopilados. (Muñiz Alarcón, 2021).

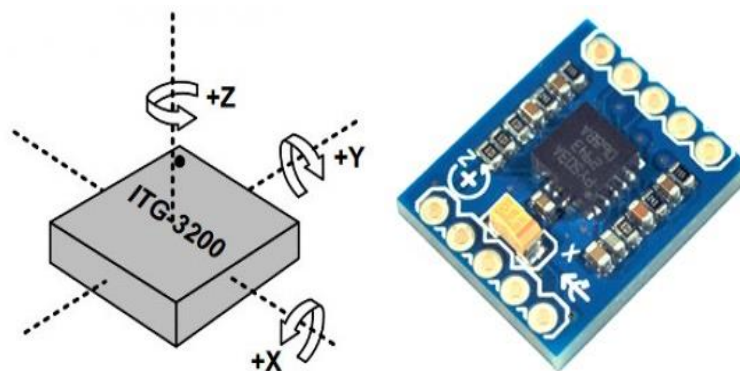
### **Sensores de movimiento**

Los giroscopios, también conocidos como girómetros, son dispositivos diseñados para medir o mantener el movimiento de rotación. Son sensores pequeños y de bajo costo utilizados para medir la velocidad angular, es decir permiten identificar la velocidad de rotación de un objeto. Estos sensores son ampliamente utilizados para determinar la orientación en sistemas de navegación autónomos y en diversas aplicaciones donde se requiere medir o mantener el

movimiento de rotación de manera precisa. Su tamaño, costo y precisión los hacen herramientas valiosas en campos como la robótica, la navegación, la realidad virtual, entre otros. (Introducción al giroscopio, s/f).

Para el caso del guante que se diseñará, estos sensores son necesarios para detectar los movimientos de la mano y los dedos. Pueden medir la aceleración y la velocidad angular en diferentes ejes, permitiendo el seguimiento preciso de los gestos de lengua de señas.

Figura 6. Representación de un giroscopio. (Introducción al giroscopio, s/f)



### **Sensores de flexión o resistivos**

Los sensores flexo resistivos son dispositivos que cambian su resistencia en función de la cantidad de flexión que experimentan. Esta variación en la resistencia se traduce en un cambio en el valor de resistencia eléctrica, es decir a medida que se aplica más flexión al sensor, la resistencia eléctrica aumenta de manera proporcional. Suelen tener una forma alargada y delgada, con longitudes típicas que van de 1 a 5 pulgadas. Pueden utilizarse de forma unidireccional, donde la resistencia aumenta con la flexión en una sola dirección, o de manera bidireccional, donde la resistencia puede aumentar o disminuir dependiendo de la dirección de la flexión.

En el mercado, los flex sensores están disponibles en diferentes rangos de resistencia, como  $1\text{k}\Omega$  a  $20\text{k}\Omega$ ,  $20\text{k}\Omega$  a  $50\text{k}\Omega$  y de  $50\text{k}\Omega$  a  $100\text{k}\Omega$ . Estas variaciones en los valores de resistencia permiten adaptar el sensor a las necesidades específicas de cada aplicación, brindando flexibilidad en su implementación en diversos dispositivos electrónicos y sistemas. (Muñiz Alarcón, 2021).

Los sensores de flexión se colocan en los dedos del guante y detectan la flexión de las articulaciones de los dedos. Estos sensores ayudan a determinar la forma de la mano y la posición de los dedos.

Figura 7. *Sensor flex.* (Ude, 2016).



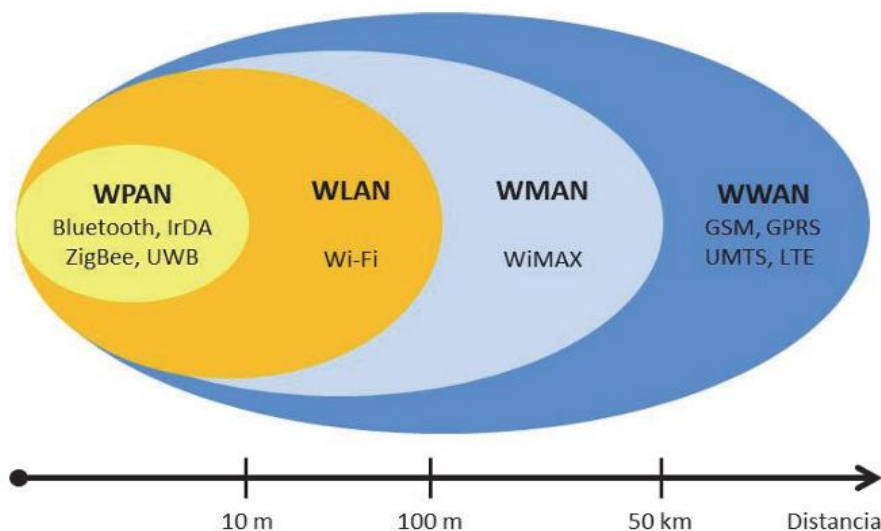
### ***Módulo de comunicación inalámbrica***

Las redes inalámbricas son sistemas de comunicación que permiten la conexión entre dispositivos utilizando ondas de radio en lugar de cables físicos. Estas redes eliminan la necesidad de cables, lo que proporciona mayor flexibilidad y movilidad a los usuarios.

Las redes inalámbricas se pueden clasificar en cuatro grupos específicos según el área de aplicación y el alcance de la señal:

1. Redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal-Area Networks - WPAN):  
Son redes de corto alcance diseñadas para la comunicación entre dispositivos personales, como teléfonos móviles, tabletas, computadoras portátiles, auriculares Bluetooth, entre otros.
2. Redes inalámbricas de área local (Wireless Local-Area Networks - WLAN): Son redes de alcance limitado que cubren un área geográfica específica, como una oficina, un hogar o un campus universitario. Las WLAN permiten la conexión inalámbrica de dispositivos dentro de un área determinada utilizando tecnologías como Wi-Fi.
3. Redes inalámbricas de área metropolitana (Wireless Metropolitan-Area Networks - WMAN): Son redes de mayor alcance que abarcan una ciudad o una región metropolitana. Estas redes suelen utilizarse para proporcionar conectividad inalámbrica a áreas urbanas extensas.
4. Redes inalámbricas de área amplia (Wireless Wide-Area Networks - WWAN): Son redes de gran alcance que cubren áreas extensas, como regiones geográficas, países o incluso a nivel mundial. Las WWAN permiten la comunicación inalámbrica a larga distancia y suelen estar basadas en tecnologías como 3G, 4G, LTE o redes satelitales. (Salazar, 2016).

Figura 8. Clasificación de las redes inalámbricas. (Salazar, 2016).



Para transmitir los datos de los sensores desde el guante a la aplicación móvil, se requerirá un módulo de comunicación inalámbrica, como Bluetooth.

### **Bluetooth**

Es una tecnología de red de área personal inalámbrica que se utiliza para establecer conexiones inalámbricas de corto alcance entre dispositivos sin necesidad de cables. Su principal objetivo es facilitar la transmisión de voz y datos entre equipos mediante circuitos de radio de bajo costo. Opera en un rango de aproximadamente entre diez y cien metros, lo que la hace ideal para conexiones cercanas. Su topología de red es punto a punto, lo que significa que los dispositivos se conectan directamente entre sí sin necesidad de un enrutador central. Además, una de las ventajas clave de Bluetooth es su eficiencia energética, lo que permite que los dispositivos conectados puedan comunicarse de manera inalámbrica sin consumir grandes cantidades de energía. (Meriño Guzmán & Garizabalo Pedrozo, 2020).

La tecnología Bluetooth clasifica los dispositivos en tres categorías según su alcance máximo de cobertura, conocidas como:

1. Clase 1: Los dispositivos de esta clase tienen un alcance máximo de, aproximadamente, 100 metros. Son ideales para aplicaciones que requieren una mayor distancia de cobertura inalámbrica.
2. Clase 2: Los dispositivos tienen un alcance máximo de alrededor de 10 metros. Esta clase es la más comúnmente utilizada en dispositivos como teléfonos móviles, auriculares inalámbricos y teclados Bluetooth.
3. Clase 3: Estos dispositivos tienen un alcance máximo de, aproximadamente, 1 metro. Aunque su alcance es limitado, son útiles para aplicaciones que requieren conexiones inalámbricas a corta distancia.

La tecnología Bluetooth opera en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, lo que permite que dos dispositivos dentro del rango de cobertura de cada uno puedan compartir hasta 720 Kbps de velocidad de transferencia de datos. Esta velocidad de transferencia es suficiente para la mayoría de las aplicaciones cotidianas que requieren conexiones inalámbricas. (Salazar, 2016).

### ***Arduino***

Es una plataforma de electrónica de código abierto que se basa en la filosofía del software libre. Esta plataforma ofrece tanto software como hardware fáciles de usar, lo que la hace accesible para una amplia gama de usuarios, desde principiantes hasta expertos en electrónica.

La característica principal de Arduino es su capacidad para generar una variedad de microcontroladores de una sola placa, que luego pueden ser utilizados en una amplia gama de proyectos según las necesidades del usuario. Esto significa que Arduino proporciona una forma sencilla y flexible de crear proyectos interactivos y personalizados para cualquier persona interesada en la electrónica y la programación. Al ser una plataforma de código abierto, se

fomenta la colaboración, la innovación y la creatividad al permitir a los usuarios acceder al diseño tanto del hardware como del software, modificarlo según sus necesidades y compartir sus creaciones con la comunidad. (Redacción Fundación Aquae, 2020).

Existen diversas placas de Arduino en el mercado, cada una con características específicas que se adaptan a diferentes usos. Estas placas varían en el tipo de microcontrolador que incorporan, las conexiones disponibles, la forma de alimentación eléctrica y el rango de voltaje recomendado para su funcionamiento. La elección de la placa de Arduino adecuada dependerá del proyecto y de las funcionalidades requeridas.

Tabla 1. Características técnicas de las diferentes placas de Arduino.

Tarjeta	Especificaciones Técnicas	Arduino UNO R3	Arduino Micro	Arduino Nano
SKU (Stock Keeping Unit)	-	A0000066	A000053	A000005
Microcontrolador	-	ATmega328P	ATmega32u4	ATmega328
Conexión USB	-	USB-B	Micro USB	Mini-B USB
Pines	LED	13	13	13
	Digital I/O	14	20	14
	Analog input	6	12	8
	PWM	6	7	6
	UART (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal)	Si	Si	Si
Comunicación	I2C	Si	Si	Si
	SPI	Si	Si	Si
Potencia	Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V	7-9V	7-12V
	Voltaje de entrada (límite)	6-20V	-	-
	Batería compatible	Batería 9V	-	-
	Corriente DC para pin I/O	20mA	20mA	40mA
	Corriente DC para pin 3.3V	50mA	50mA	-
Velocidad de reloj	Procesador principal	ATmega328P 16MHz	ATmega32u4 16MHz	ATmega328 16MHz
	Procesador USB-Serial	ATmega16U2 16MHz	-	-
Memoria	-	ATmega328P, 2KB SRAM, 32KB FLASH, 1KB EEPROM	ATmega328P, 2.5KB SRAM, 32KB FLASH, 1KB EEPROM	ATmega328P, 2KB SRAM, 32KB FLASH, 1KB EEPROM
Dimensiones	Peso	25g	13g	5g
	Ancho	53.4mm	18mm	18mm
	Largo	68.6mm	48mm	45mm

A mediados de 2019, los fabricantes de estos elementos introdujeron cuatro nuevas placas Arduino Nano diseñadas para diversos propósitos. Estas nuevas placas Nano son compactas, económicas y adecuadas para proyectos pequeños. Las nuevas placas incluyen:

- **Arduino Nano Every:** Diseñado para proyectos cotidianos.
- **Arduino Nano 33 IoT:** Orientado a proyectos de Internet de las Cosas (IoT) con conectividad inalámbrica.
- **Arduino Nano 33 BLE:** Enfocado en la conectividad Bluetooth de baja energía.
- **Arduino Nano BLE Sense:** Equipado con múltiples sensores integrados para diversas aplicaciones.

### **Arduino Nano 33 IoT**

El Arduino Nano 33 IoT es una placa avanzada que es compatible con la Nube de IoT de Arduino. Está equipado con un procesador Arm Cortex-M0+ basado en el microcontrolador ATSAM21, Wi-Fi 802.11n, Bluetooth v4.2 y capacidades Wi-Fi. Con un IMU de 6 ejes, puede medir la velocidad angular y la fuerza. La placa incluye un chip criptográfico para manejar problemas de seguridad en IoT. (Almimi et al., 2020).

Existe una biblioteca de soporte para el chip criptográfico que es utilizada por la biblioteca Wi-FiNINA. La placa tiene dos conectores de 15 pines, uno en cada lado, compatibles pin a pin con el Arduino Nano original. Los pines A4 y A5 se utilizan como un Bus I2C y no se recomiendan para entradas analógicas. Las señales de depuración están dispuestas como almohadillas de prueba 3x2 con un paso de 100 mil, debajo del módulo de comunicación, en la parte inferior de la placa. El pin 1 es el de la esquina inferior izquierda con el conector USB a la izquierda y las almohadillas de prueba a la derecha. (Almimi et al., 2020).

Figura 9. Placa de Arduino Nano 33 IoT. (Foto tomada de la página oficial de Arduino)



### *Aplicación móvil*

Android es un sistema operativo basado en el núcleo de Linux que se utiliza principalmente en dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes, tablets, relojes inteligentes, televisores y automóviles. Una de las características distintivas de este sistema es su naturaleza de código abierto, lo que significa que su código fuente está disponible para que los desarrolladores lo estudien, modifiquen y contribuyan a su mejora.

Las aplicaciones para Android se desarrollan principalmente en el lenguaje de programación Java utilizando el Android Software Development Kit (Android SDK). Además, Google App Inventor proporciona un entorno visual para la creación de aplicaciones Android de manera más intuitiva y sin necesidad de conocimientos avanzados de programación.

A diferencia de otros sistemas operativos móviles como iOS de Apple o Windows Phone de Microsoft, Android se destaca por su enfoque abierto y transparente. Los desarrolladores y usuarios tienen acceso al código fuente de Android, lo que fomenta la colaboración, la innovación y la resolución de problemas de manera comunitaria. Esto ha contribuido al

crecimiento y la popularidad de Android como uno de los sistemas operativos móviles más utilizados en el mundo. (Meriño Guzmán & Garizabalo Pedrozo, 2020).

### ***Guantes sensorizados en la interpretación del lenguaje de señas***

Los guantes electrónicos equipados con sensores para detectar los movimientos de las manos y los gestos utilizados en la comunicación en lengua de señas representan una tecnología innovadora y necesaria para la inclusión. Estos dispositivos portátiles y fáciles de usar tienen la capacidad de capturar los gestos realizados por una persona con discapacidad auditiva y convertirlos en texto o voz comprensible para los oyentes, permitiendo así una comunicación efectiva entre personas con y sin discapacidad auditiva.

Aunque actualmente los guantes inteligentes no han alcanzado una adopción masiva, se están implementando en diversos entornos como aulas, conferencias y servicios médicos. Esta tecnología brinda a las personas sordas o con discapacidad auditiva la oportunidad de participar activamente en la comunicación sin depender de la presencia de un intérprete humano. Además, la capacidad de almacenar datos y gestos específicos en los guantes facilita el proceso de aprendizaje y enseñanza de la lengua de señas, contribuyendo a la autonomía y la integración de las personas con discapacidad auditiva en la sociedad. (Tecnologías emergentes en la interpretación de lenguaje de señas, s/f).

## **Metodología**

### **Diseño**

La recolección de datos es de los métodos más relevantes al momento de iniciar un proceso investigativo. Con el transcurrir del proceso se pueden presentar situaciones con diferentes

requerimientos y por ende variabilidad en los resultados. La metodología no solo se basa en teoría sino, también, en encontrarle sentido y justificación por medio de la comprobación y del análisis de datos. (Corbin & Strauss, 2014)

La metodología de investigación será de tipo mixto, esto debido a que al final del proyecto las conclusiones podrían plantearse de forma cualitativa y cuantitativa pues no se puede limitar la información que se obtendrá del modelado. Se iniciará con la investigación de fuentes bibliográficas como artículos científicos, ensayos, tesis y otras fuentes de información. Además, se destaca que no se limita a la investigación documental, ya que también implica una fase de modelado.

### **Tipo De Investigación**

La investigación que se está llevando a cabo se clasifica como exploratoria y descriptiva. La naturaleza exploratoria implica que se está buscando comprender un fenómeno o problema de manera más profunda, en este caso identificar las letras a través del alfabeto dactilológico y transmitir esta información por medio del guante. Por otro lado, la investigación descriptiva se enfoca en describir los pasos necesarios para lograr este objetivo, identificar los parámetros e información requerida para la plena identificación de los dispositivos que permitirán realizar el modelado del guante traductor del alfabeto en lenguaje de señas y su visualización a través de una aplicación móvil.

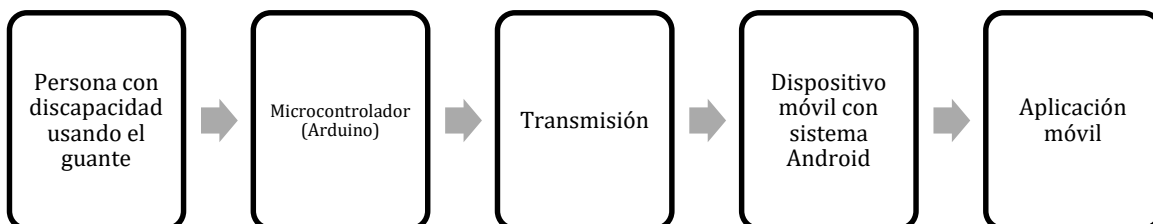
Esta combinación de enfoques exploratorio y descriptivo permite obtener una comprensión detallada de los procesos involucrados en el modelado del guante y facilita el desarrollo de soluciones efectivas a través de su interpretación en la aplicación móvil.

## Procedimiento

### Diseño del guante traductor

El dispositivo debe ser capaz de interpretar el lenguaje de señas, en este caso las letras del abecedario utilizadas por personas con discapacidad auditiva o del habla. Por esta razón, el dispositivo debe ser incorporado en un guante que se coloca en la mano de la persona con discapacidad, permitiendo que a través del sensor flex se reciba la información. Es de suma importancia que el dispositivo final tenga cierto grado de flexibilidad para que la persona discapacitada pueda realizar diversos movimientos con las manos, como flexionar los dedos. Además, se destaca la importancia de que el dispositivo pueda representar de manera adecuada las letras del abecedario, como se muestra en las figuras 4, 5 y 6 de este documento.

Figura 10. Diagrama de bloques del dispositivo (Imagen propia).



En la figura se describe, mediante un diagrama de bloques, que el circuito se encuentra en la parte superior del guante en la mano, donde se ubica el Arduino. En el guante se encuentran los sensores flex que detectan el movimiento y envían esta información al microcontrolador.

Posteriormente, el microcontrolador procesa la información y la transmite a través de su módulo Bluetooth al dispositivo móvil. En el dispositivo se visualiza, a través de la aplicación móvil la

letra que la persona con discapacidad auditiva o del habla está realizando a través del lenguaje de señas.

En este caso, la elección de la placa de Arduino Nano se basó en consideraciones ergonómicas y de comodidad para el usuario del dispositivo traductor de lenguaje de señas. Dado que el circuito se integrará en un guante que será utilizado para realizar los diferentes movimientos del lenguaje de señas, se priorizó la selección de una placa de menor tamaño y peso, como es el caso de la Arduino Nano. Esta decisión se tomó con el objetivo de garantizar que el usuario pueda realizar los movimientos de manera más natural y sin restricciones causadas por un dispositivo voluminoso o pesado.

Es importante destacar que, si bien otras placas de Arduino también son capaces de llevar a cabo la tarea de procesamiento del lenguaje de señas, se optó por la Arduino Nano debido a su tamaño compacto y ligereza, lo que la hace más adecuada para ser integrada en un guante y utilizada de manera práctica por el usuario.

### **Elaboración del modelado**

El desarrollo del modelado 3D del guante para la traducción del alfabeto de lenguaje de señas se llevó a cabo en varias etapas. Inicialmente, se crearon los planos del dispositivo utilizando el software SolidWorks 2023, permitiendo así la visualización de los componentes externos del guante.

En una etapa posterior, se incluye en el diseño la modelación de la tarjeta y el conjunto de circuitos, así como el cableado electrónico necesario para el funcionamiento del prototipo. Además, se muestra cómo se integra con el dispositivo móvil, proporcionando una representación de las capacidades del guante en su ámbito de aplicación. El uso de técnicas de

diseño con el software SolidWorks permitió visualizar de manera precisa las características físicas de cada componente del prototipo de guante, brindando una representación realista de su funcionalidad y potencialidades.

## **Resultados**

### **Planos soportes del guante**

Utilizando el software SolidWorks como herramienta de diseño, se lleva a cabo la creación de un prototipo de guante electrónico destinado a la interpretación y traducción del lenguaje de señas para personas con discapacidad auditiva.

Las medidas de estos elementos se encuentran en milímetros (mm). Estos componentes son los que dan soporte a los sensores flex y la carcasa del Arduino, se pueden realizar en PLA (ácido poliláctico) y pueden ser impresos a través de una impresora 3D.

Figura 11. Plano de la carcasa. (Imagen propia).

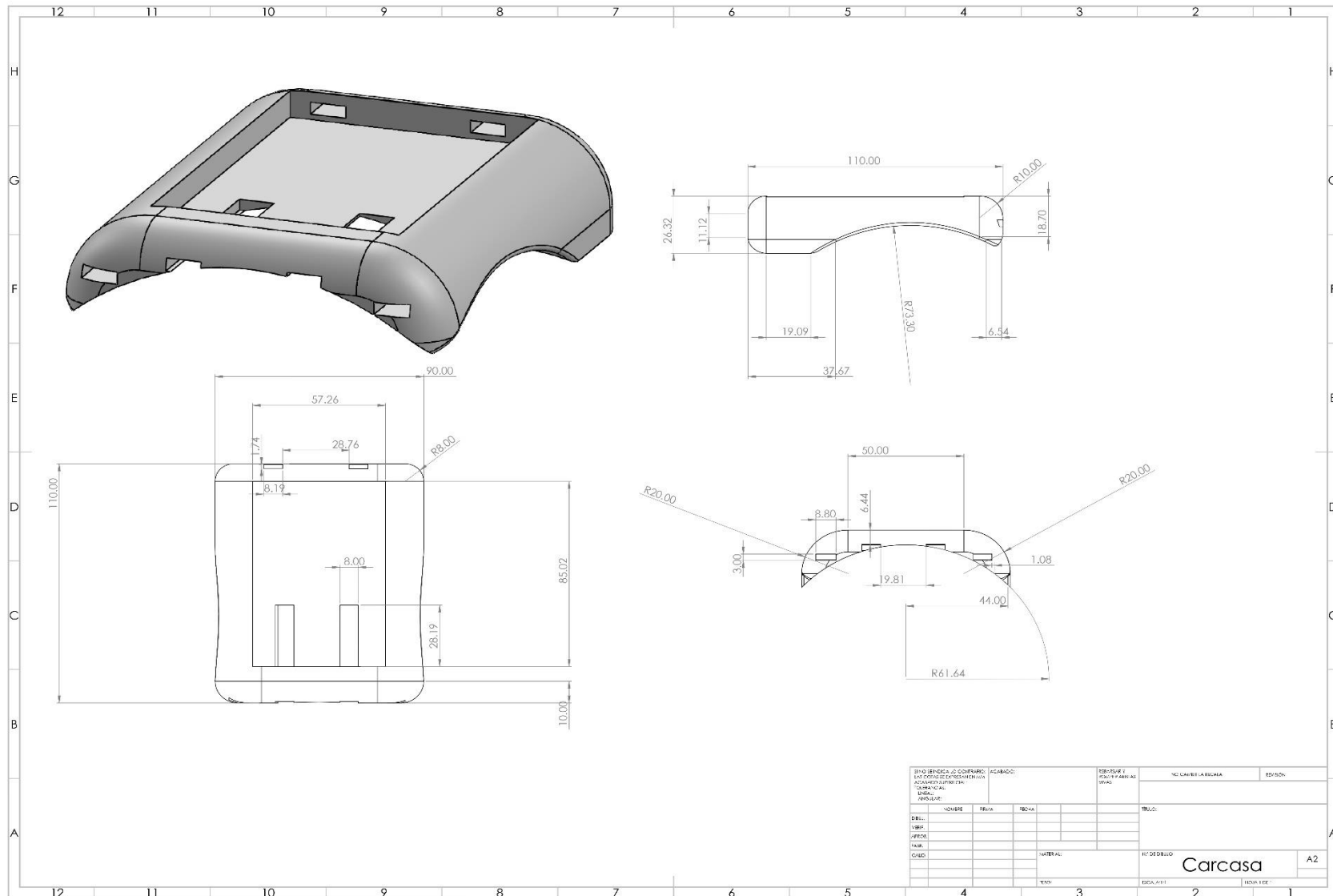


Figura 12. Plano de soporte sensor flex en la falange distal. (Imagen propia).

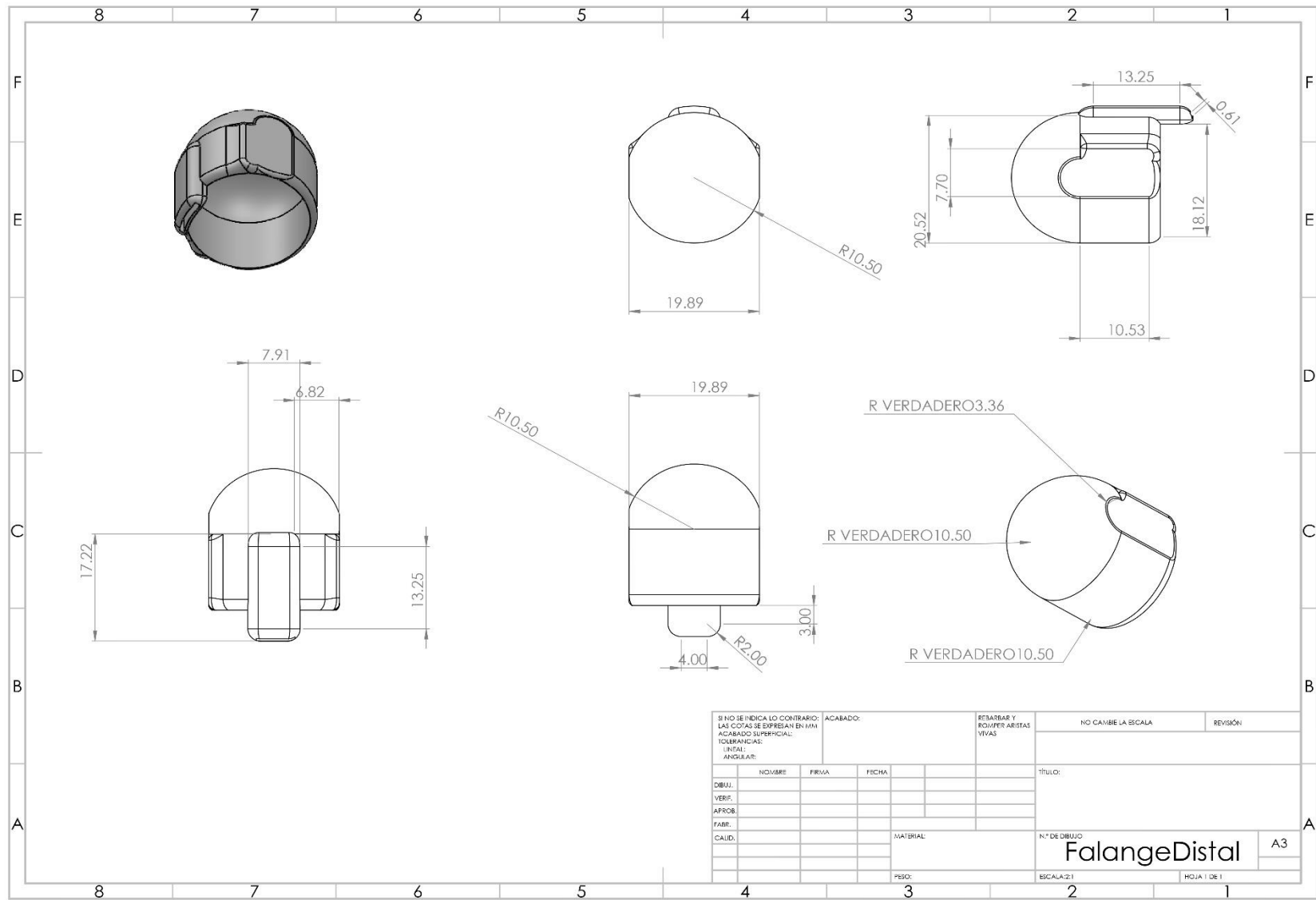


Figura 13. Plano de soporte sensor flex en la falange distal pulgar. (Imagen propia).

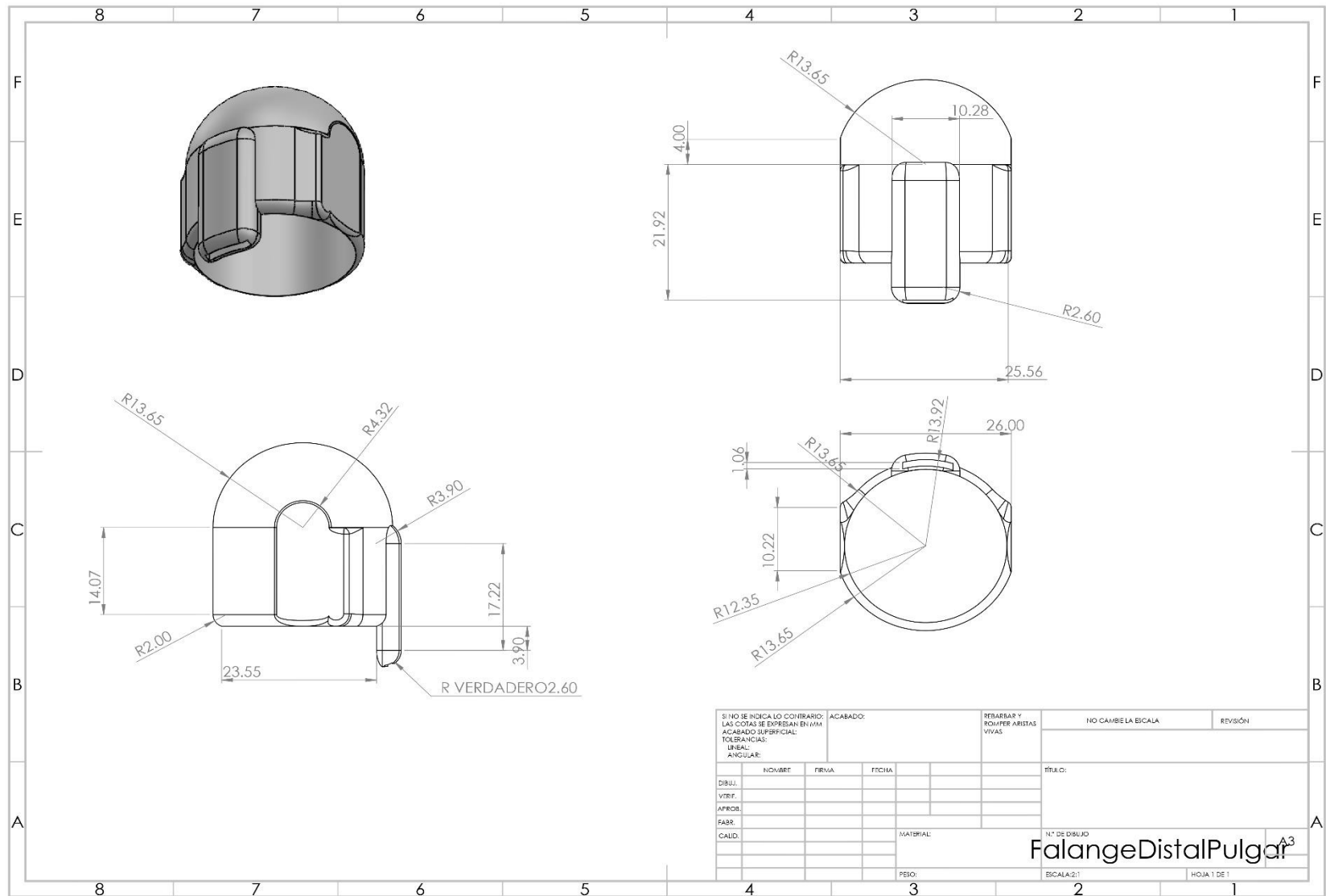


Figura 14. Plano de soporte sensor flex en la falange media. (Imagen propia).

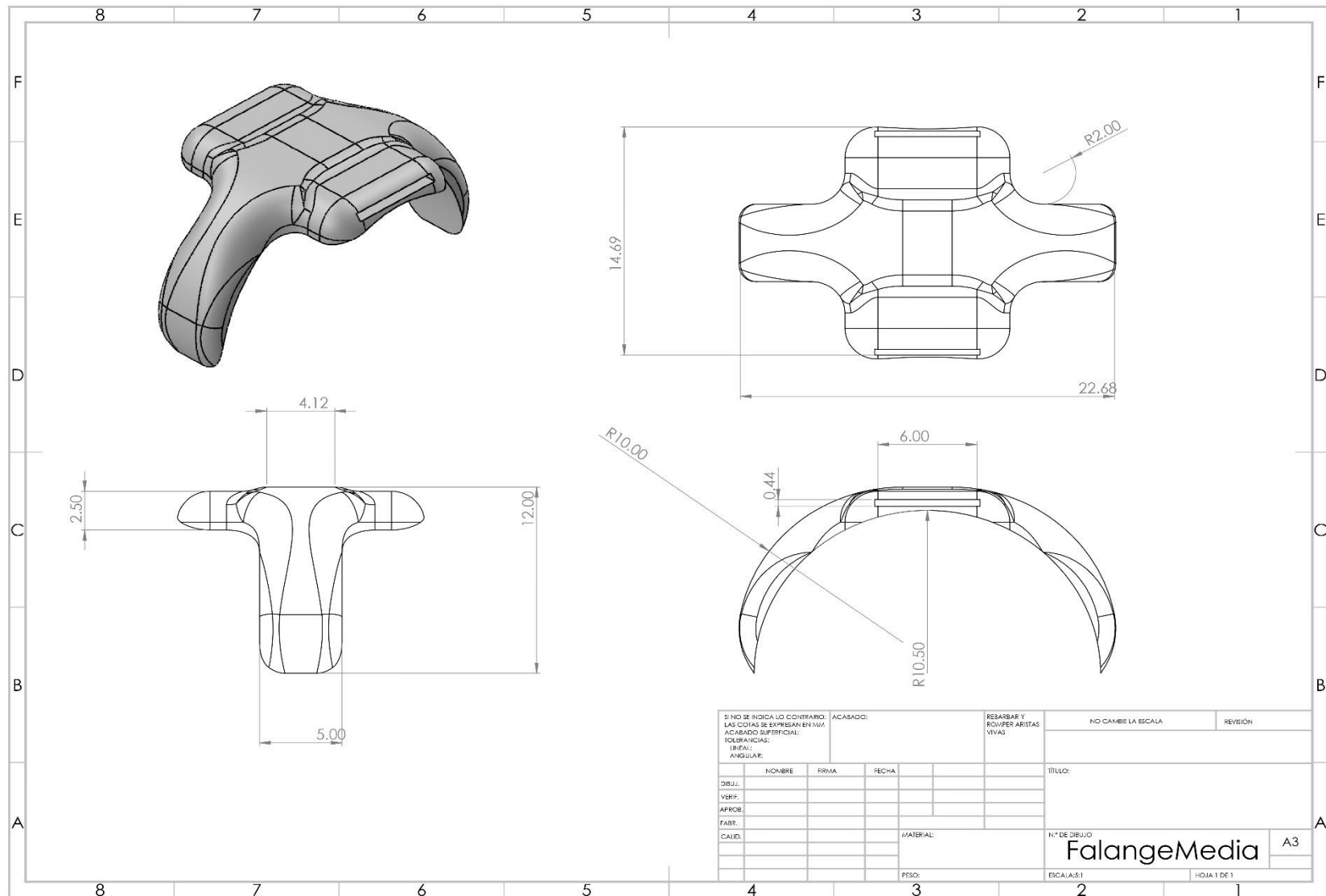


Figura 15. Plano de soporte sensor flex en la falange proximal meñique. (Imagen propia).

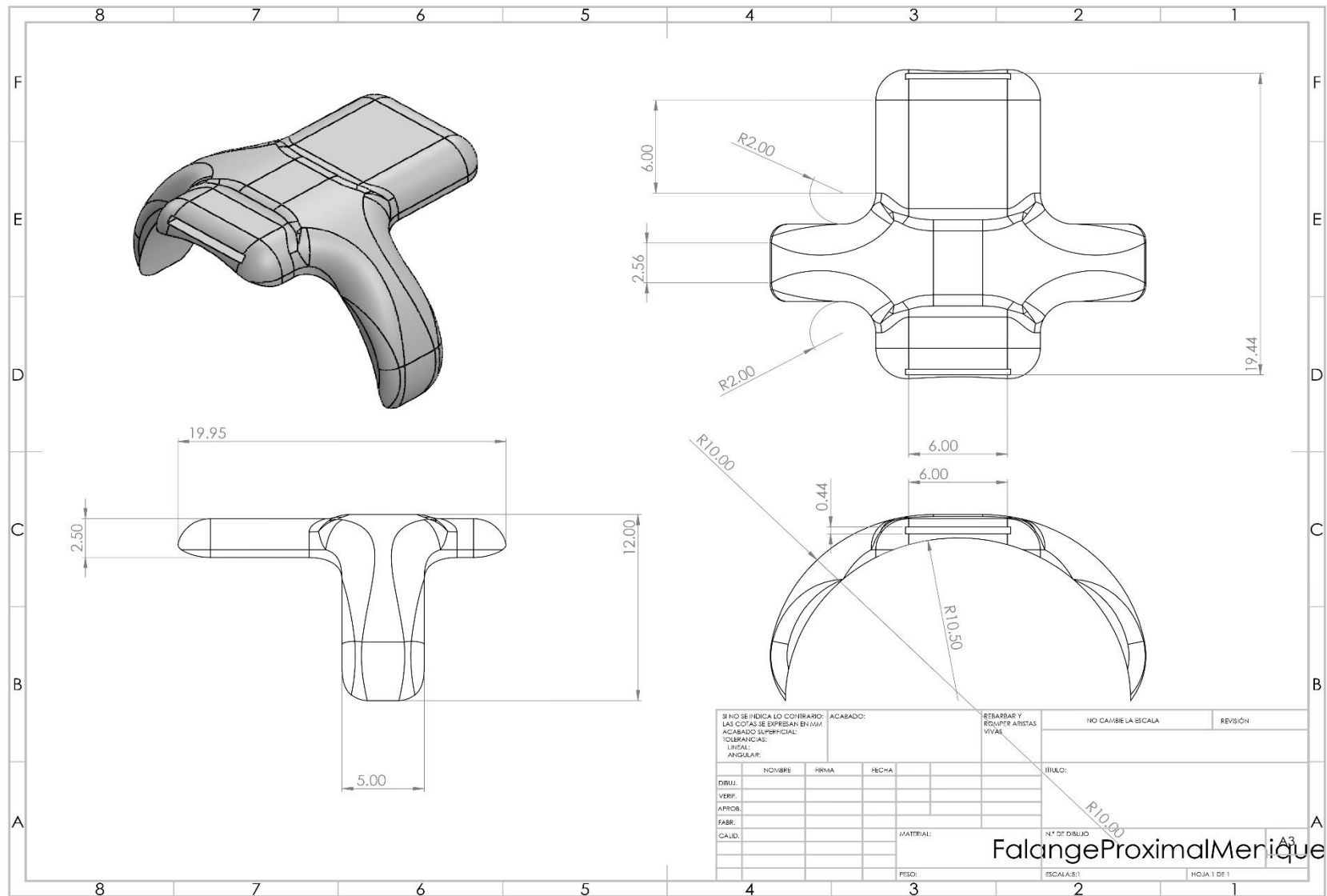


Figura 16. Plano de soporte sensor flex en la falange proximal pulgar. (Imagen propia).

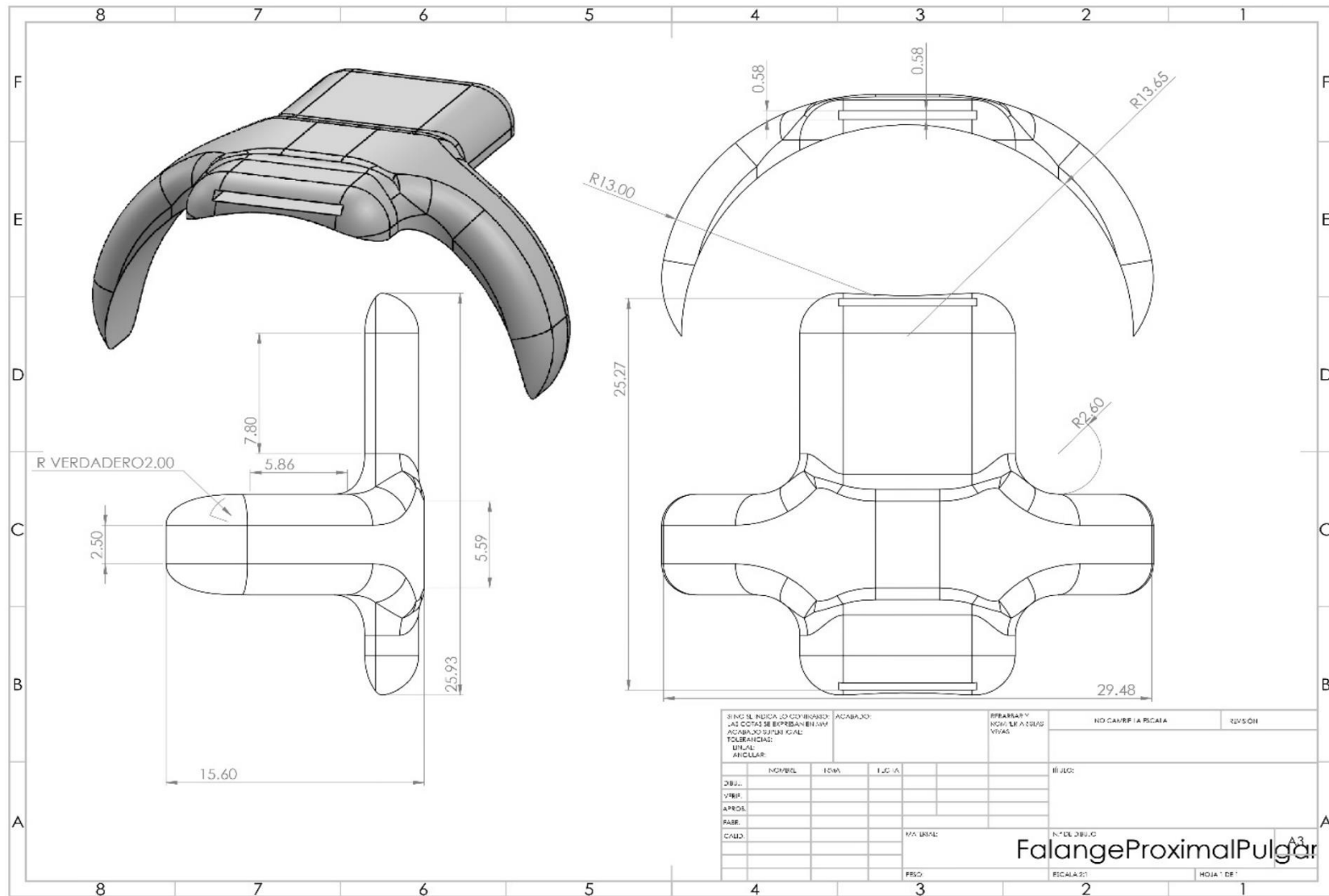
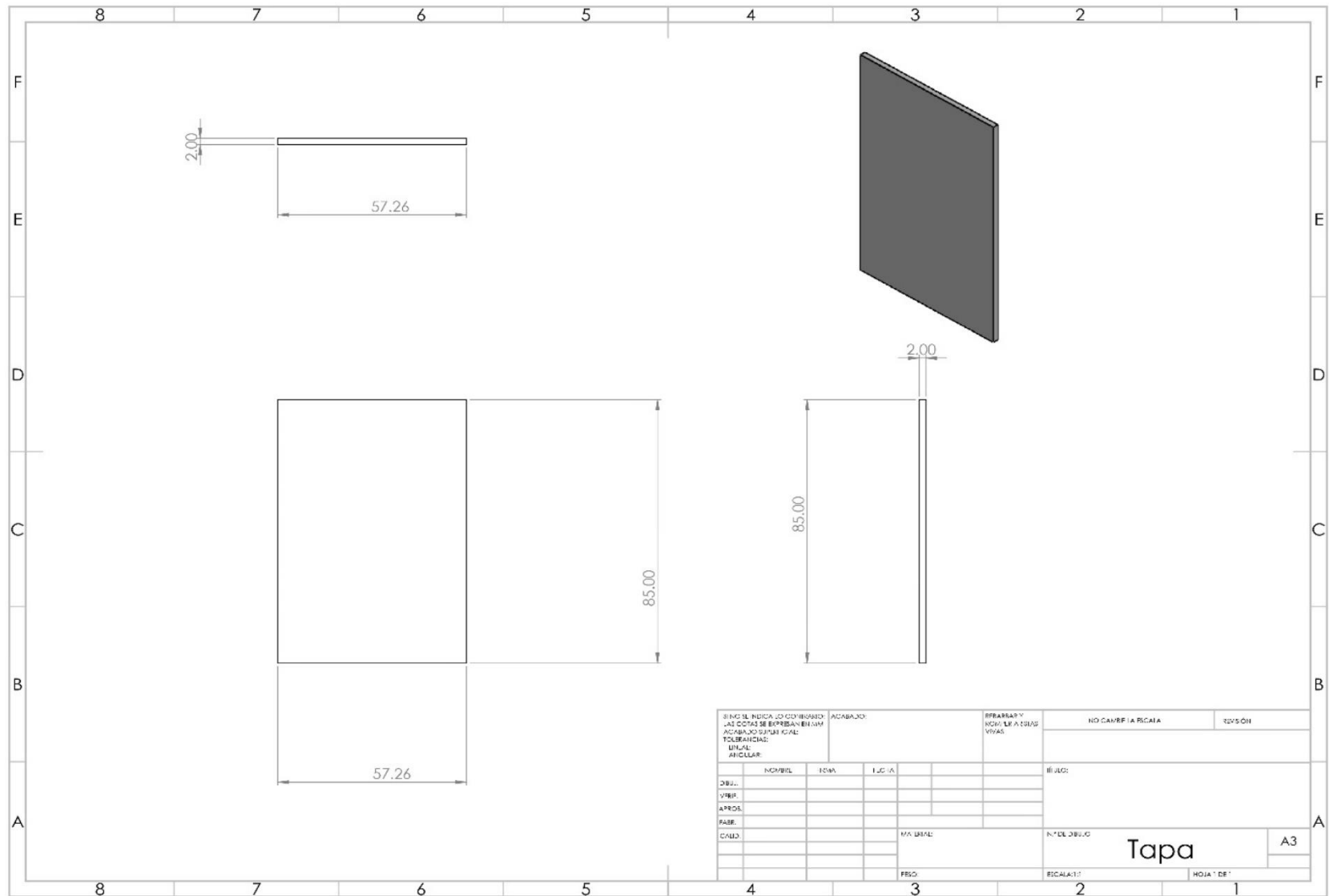


Figura 17. Plano de la tapa. (Imagen propia).



Modelado 3D de un guante traductor del alfabeto de lengua de señas

### Modelado 3D del guante traductor

En el diseño del guante para la traducción del alfabeto de lenguaje de señas, se utiliza el software SolidWorks como herramienta de modelado. Este software permite crear un modelo que se ajusta a las dimensiones de un guante real, con una longitud de 22,7 cm, un ancho de 12 cm y un grosor de aproximadamente 3 cm. En este modelo se integra la tarjeta Arduino, la cual recibe las señales de los sensores colocados en los dedos del guante. Esta tarjeta procesa estas señales para convertirlas en una representación visual. Con este modelo detallado, se logra una representación precisa del aspecto que tendrá el prototipo final del guante electrónico.

Figura 18. *Esquema 3D del guante. Incluye sensores flex y soportes de los demás elementos. (Imagen propia).*

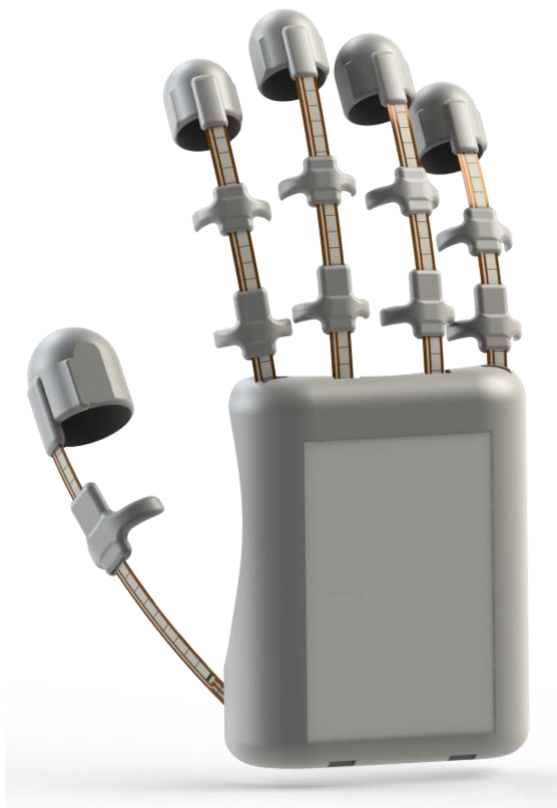


Figura 19. Esquema 3D carcasa falange distal (Imagen propia).

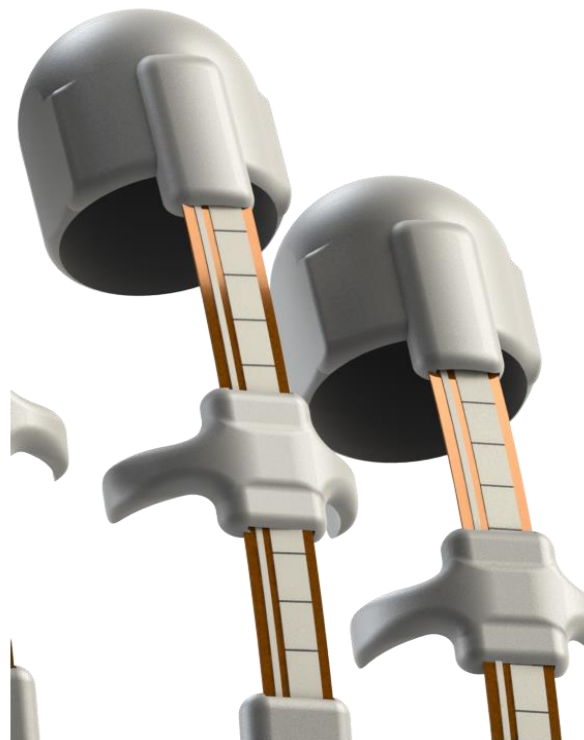


Figura 20. Esquema 3D del guante traductor, vista inferior (Imagen propia).

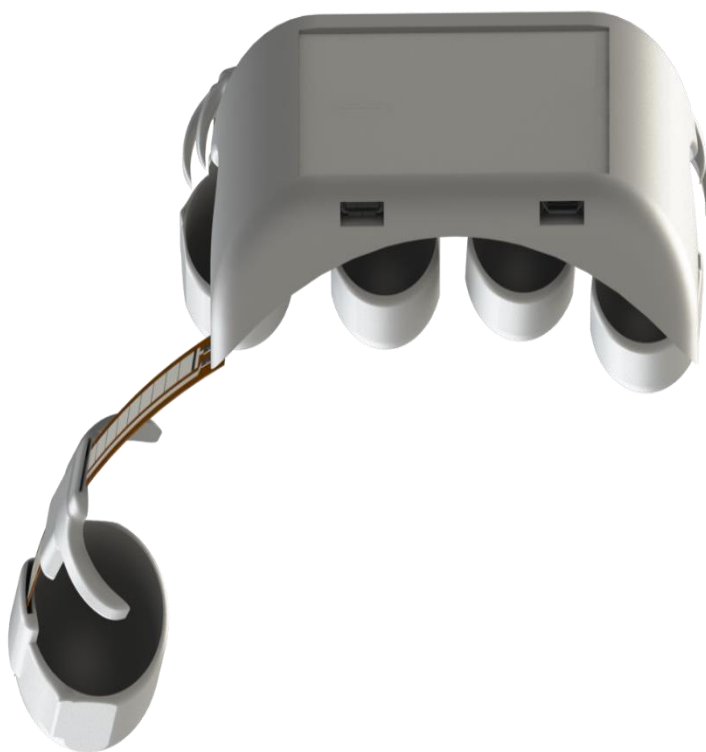


Figura 21. Puerto serial (micro USB) del Arduino (izq.) - Puerto de carga (der.). (Imagen propia)

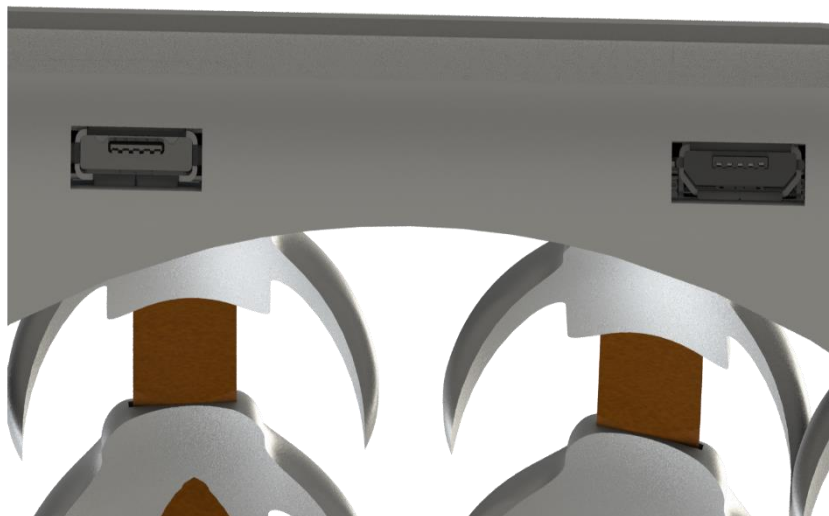


Figura 22. Esquema 3D del guante traductor. vista superior (Imagen propia).



Figura 23. Esquema 3D del guante traductor: sensores flex, batería recargable, Arduino y tarjeta de control de carga, vista posterior. (Imagen propia).

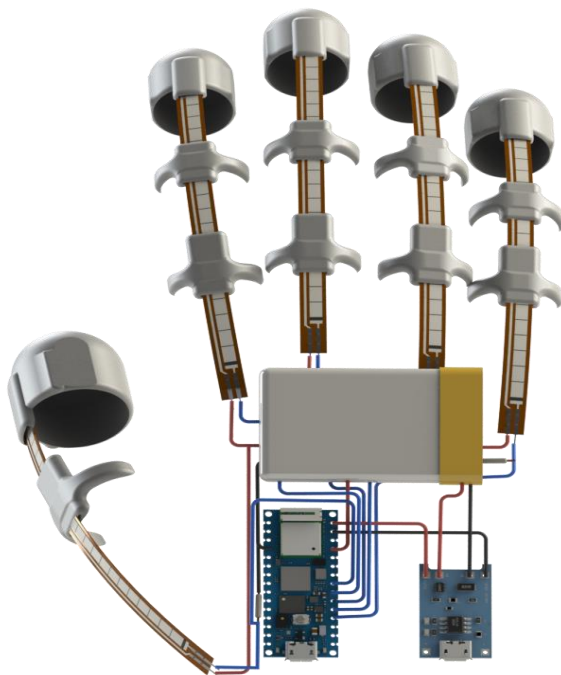


Figura 24. Figura 16. Esquema 3D del guante traductor: sensores flex, batería recargable, Arduino y tarjeta de control de carga, vista anterior. (Imagen propia).

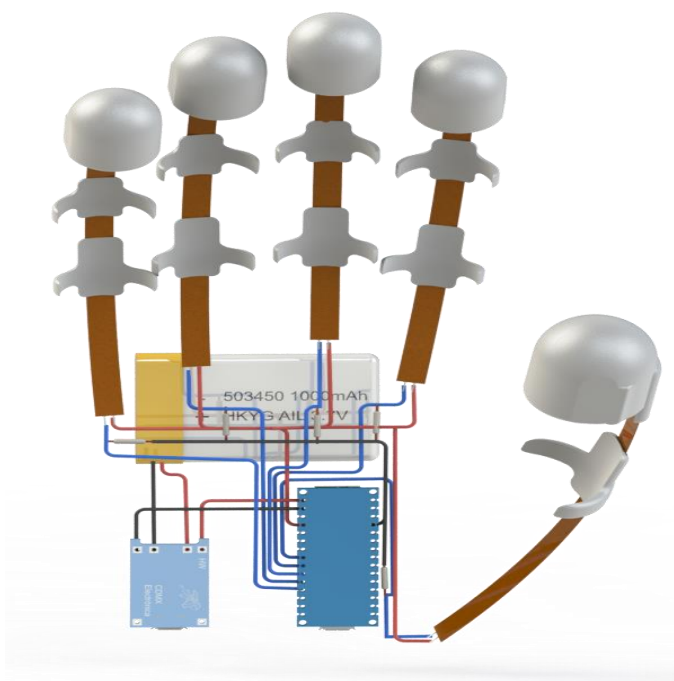


Figura 25. Esquema 3D del guante traductor y sus componentes electrónicos, vista posterior. (Imagen propia).

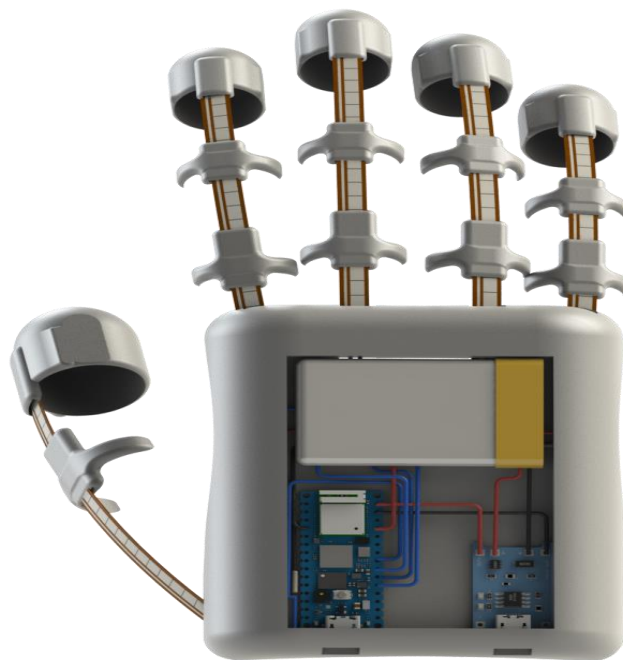


Figura 26. Modelado 3D del guante traductor y sus componentes electrónicos, vista posterior. (Imagen propia).

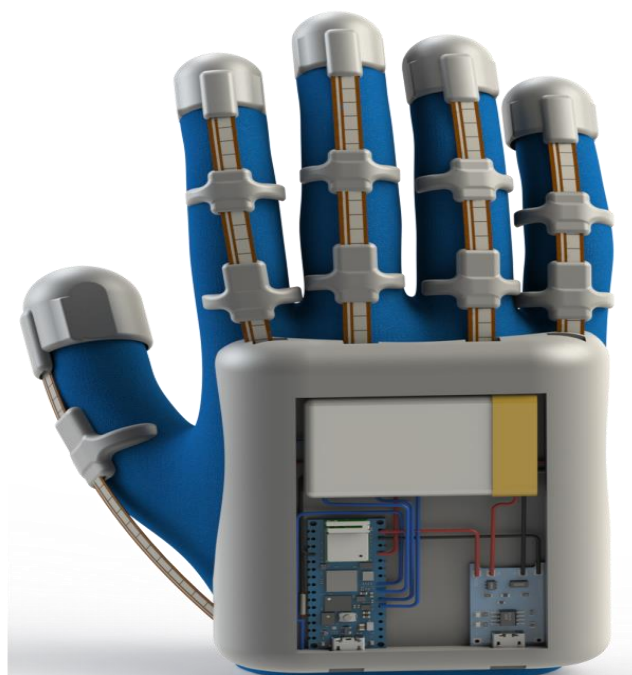


Figura 27. Modelado 3D del guante traductor. (Imagen propia).



### Simulación en Tinkercad

A través de la plataforma virtual Tinkercad se pudo obtener una simulación del funcionamiento del guante traductor. Para realizarla se utilizaron los siguientes elementos electrónicos: Arduino UNO (en la plataforma no se encuentra Arduino Nano, pero la programación no varía de una placa a otra), resistencias, sensores flex y un display LCD 16x2. Los sensores flex representan los dedos de la mano y están ubicados de izquierda a derecha así: pulgar, índice, medio, anular, meñique.

Durante el desarrollo de la simulación se evidenció que se contaban con ciertas limitaciones, por ejemplo, hay letras que dependen de la posición de la mano o realizar un algún movimiento en específico y se requiere de un giroscopio para indicar la rotación. Por tanto, no es

posible simularlas en Tinkercad. El código de programación del Arduino se encuentra en el Anexo 1 del presente documento.

Figura 28. Representación en Tinkercad de la simulación. (Imagen propia).

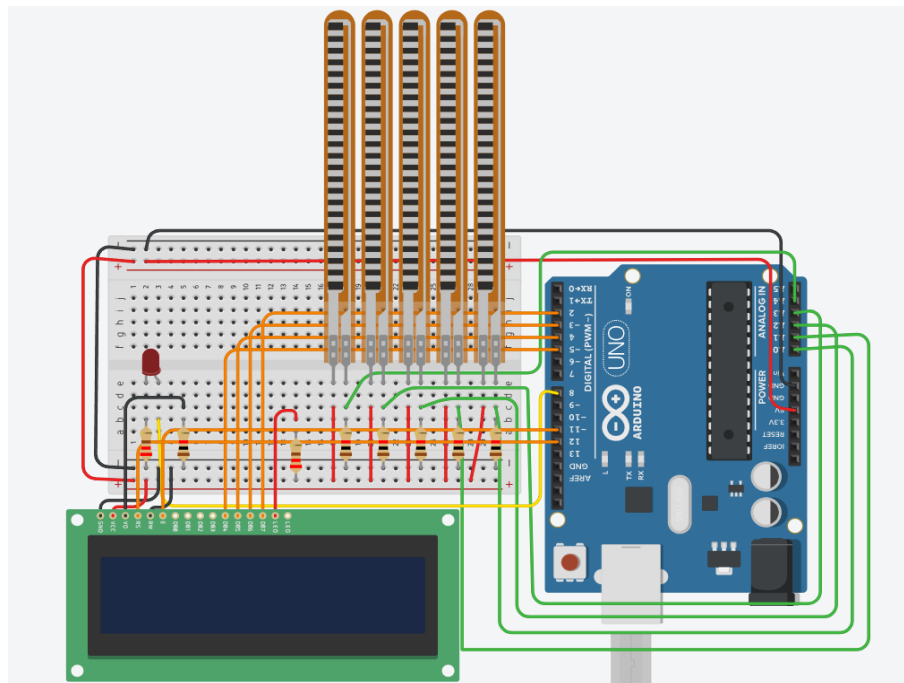


Figura 29. Representación en la pantalla LCD de la letra A en lengua de señas. (Imagen propia).

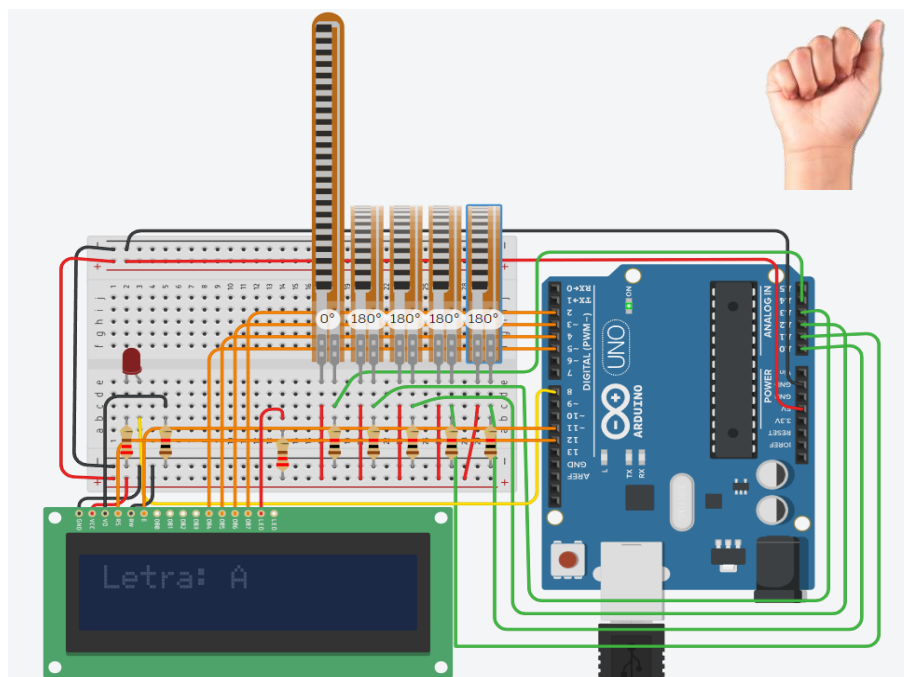


Figura 30. Representación en la pantalla LCD de la letra L en lengua de señas. (Imagen propia).

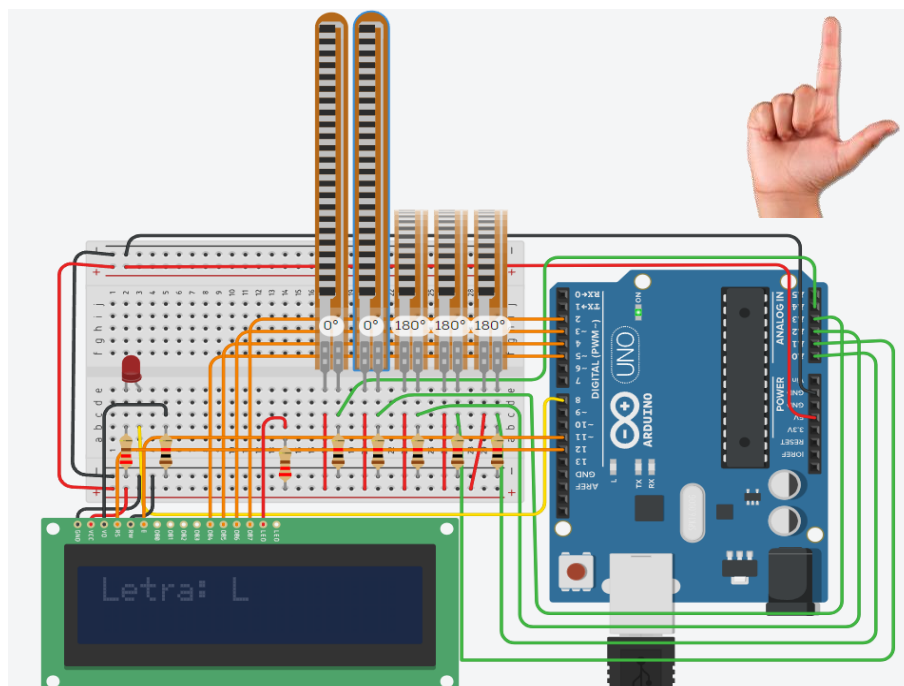


Figura 31. Representación en la pantalla LCD de la letra Y en lengua de señas. (Imagen propia).

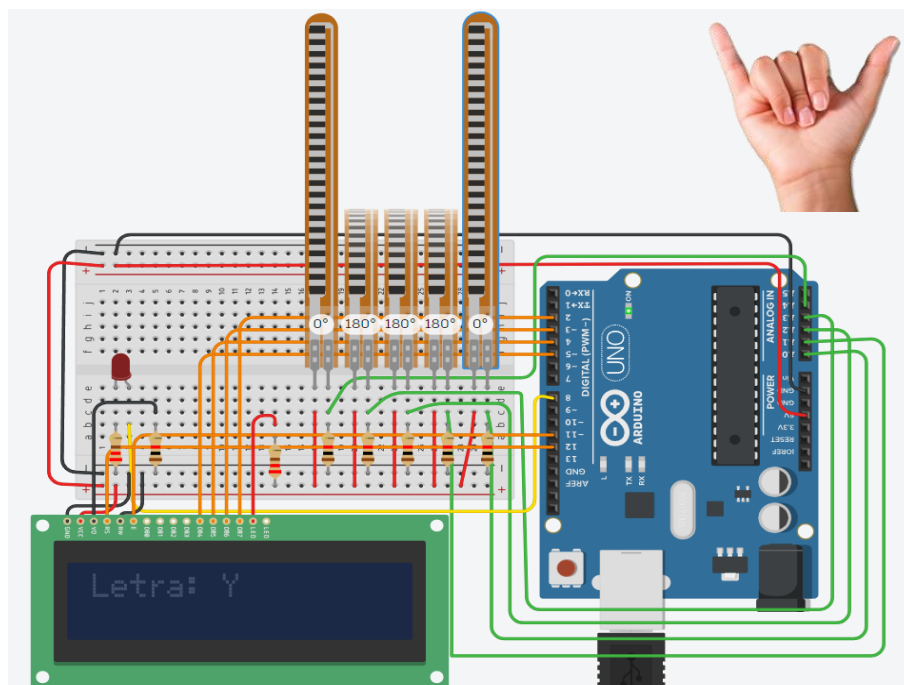
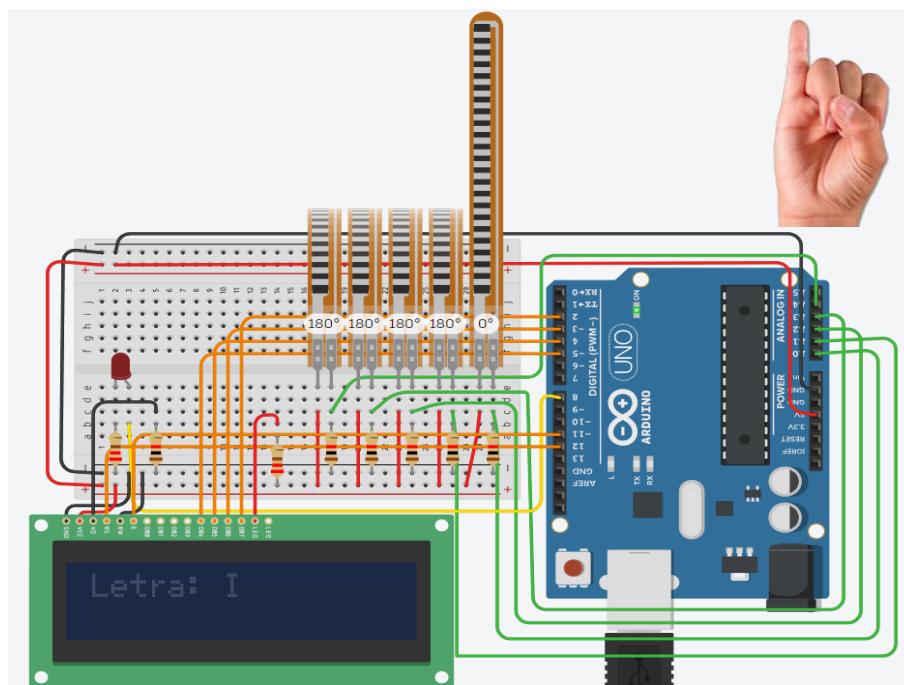


Figura 32. Representación en la pantalla LCD de la letra I en lengua de señas. (Imagen propia).



## **Aplicación móvil**

En la modelación del prototipo completo del guante electrónico para la traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva, se destaca la integración de la tecnología Arduino y una interfaz de visualización a través de una aplicación en Android. Para esto, es esencial la inclusión de un dispositivo móvil con sistema operativo Android, en el cual se desarrollará la aplicación para visualizar los gestos realizados. Estos gestos son detectados por los sensores y enviados a la tarjeta Arduino, la cual los decodifica y transmite a la aplicación previamente creada. De esta manera, se obtiene el resultado final del prototipo, que consiste en la representación visual de los gestos recibidos.

Figura 33. *Mockup de la aplicación: detección del guante para conectarlo mediante Bluetooth. (Imagen propia).*

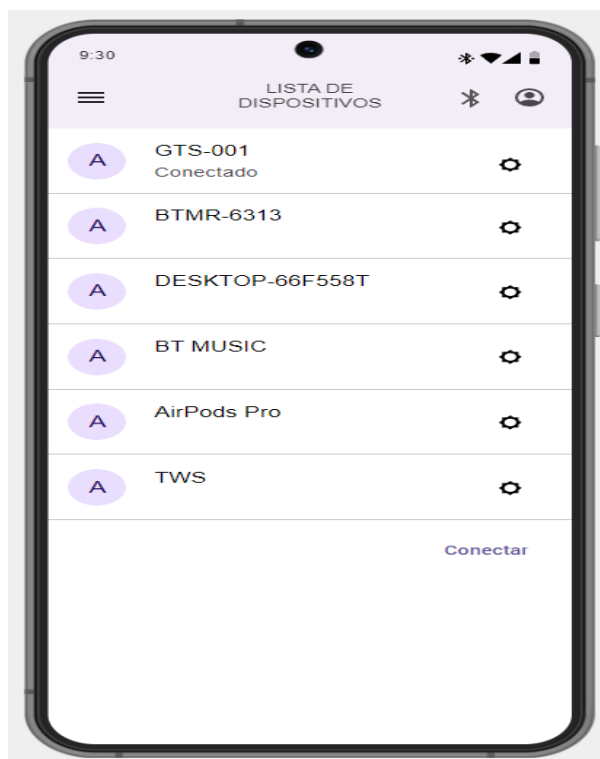


Figura 34. *Mockup de la aplicación: calibración del dispositivo. (Imagen propia).*



Figura 35. *Mockup de la aplicación: detección de la seña realizada. (Imagen propia).*



## Conclusiones

Inicialmente, se realizó una investigación sobre el funcionamiento de cada componente necesario para el proyecto, de este modo se puede verificar cuáles eran los más ideales para el dispositivo traductor. Un ejemplo de esto fue la identificación de la placa de Arduino Nano 33 IoT, ya que optimiza el uso de menos dispositivos electrónicos que permitan la transmisión de información ya que esta cuenta con un módulo Bluetooth, Esto permitió la construcción del prototipo teniendo en cuenta las especificaciones de sus elementos.

Conociendo lo anterior, se logra realizar el desarrollo de los planos y el diseño del guante traductor para el procesamiento de señas a través de SolidWorks. Se tuvo en cuenta la información recopilada durante el estudio bibliográfico y se incluyeron los sensores que permiten captar los movimientos y los circuitos electrónicos que permitan la traducción y transmisión de

la letra captada. En ese sentido, también se demostró a través de la simulación en Tinkercad la viabilidad del guante traductor pese a contar con la limitación de las letras que no es posible simular por la ausencia del giroscopio.

La conexión de la placa de Arduino con la aplicación para Android garantiza una mayor accesibilidad para que las personas con discapacidad puedan obtener los resultados del procesamiento realizado por esta. Se tuvo en cuenta que los dispositivos con Android son de fácil acceso y este sistema no restringe el uso de algunas aplicaciones como la que se crea para la traducción de las señas.

## Referencias

- Almimi, H., Al Dahoud, A., Fezari, M., Sh, M., Al-Mimi, H., Al-Dahoud, A., & Sh Daoud, M. (2020). *A Study on New Arduino NANO Board for WSN and IoT Applications*. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(4), 10223–10230.  
<https://www.researchgate.net/publication/345054992>
- Álvarez, A. (2019, enero 14). *Partes del oído - Funcionamiento del oído humano*.  
<https://www.cotral.es/blog/prevencion-riesgos-auditivos/el-funcionamiento-del-oido-humano.html>
- Carrascosa García, J. (2015, febrero). *La discapacidad auditiva. Principales modelos y ayudas técnicas para la intervención*. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, 101–113. <http://riai.jimdo.com/>
- Corbin, J., & Strauss, A. (2014). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (4a ed.). SAGE Publications.
- Diccionario panhispánico del español jurídico. (s.f.). Diccionario panhispánico del español jurídico. Obtenido de <https://dpej.rae.es/lema/lengua-de-signos>
- Garzón Tipán, B. (2020). *Sistema de traducción de lenguaje de señas a lenguaje oral y escrito mediante un guante electrónico*. Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional Para Sordos. (2 de Febrero de 2024). INSOR. Obtenido de <https://www.insor.gov.co/home/llamado-a-gobernadores-y-alcaldes-para-garantizar-los-derechos-de-la-poblacion-sorda-colombiana/>

Instituto Nacional para Sordos. (s.f.). INSOR. Obtenido de

<https://educativo.insor.gov.co/catdiccionario/alfabeto/>

*Introducción al giroscopio.* (s/f). 5Hertz - Electrónica. Recuperado el 2 de mayo de 2024, de

[https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=13](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=13)

Meriño Guzman, J. A., & Garizabalo Pedrozo, D. (2020). *Diseño de un guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva mediante tecnología Arduino e interfaz de visualización por medio de una aplicación en Android.*

Muñiz Alarcón, J. J. (2021). *Implementación de guante traductor de lenguaje de señas usando aplicación móvil para la comunicación oral y escrito.*

National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB). (2022, abril). *Sensores.*

NIBIB. <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/sensores>

Orri de Castorino, R. (2007). *La lengua de señas: su importancia en la educación del sordo.*

Magisterio del Rio de la Plata.

Ortiz-Farfán, N., Camargo-Mendoza, J. E., Ortiz-Farfán, N., & Camargo-Mendoza, J. E. (2020).

*Modelo computacional para reconocimiento de lenguaje de señas en un contexto*

*colombiano.* TecnoLógicas, 23(48), 191–226. <https://doi.org/10.22430/22565337.1585>

Redacción Fundación Aquae. (2020, octubre 30). *¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve?*

Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>

Rodríguez Ramirez, D., Eduardo Ruiz Moreno, C., Ángel Nieto Bayona, M., Alejandro Leuro Torres, S., & Ángel Gómez Rueda, M. (s/f). *Aspectos anatómicos I. Generalidades, osteología y artrología* (Vol. 12, Número 1).

Salazar, J. (2016). *Redes inalámbricas*. En TechPedia (pp. 1–40). <http://www.techpedia.eu>

*Tecnologías emergentes en la interpretación de lenguaje de señas*. (s/f). Recuperado el 14 de mayo de 2024, de <https://www.nuadda.com/tecnologias-emergentes-interpretacion-lenguaje-senas/>

Ude. (2016, julio 31). *Tutorial: Aprender a usar un sensor Flex con Arduino*. Lunegate. [http://www.lunegate.net/2016/07/tutorial-aprender-usar-un-sensor-flex\\_31.html](http://www.lunegate.net/2016/07/tutorial-aprender-usar-un-sensor-flex_31.html)

Vasković, Dra. J. (2023a, noviembre 3). *Mano y muñeca (anatomía)*. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/mano-y-muneca>

Vasković, Dra. J. (2023b, noviembre 28). *Oído humano*. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/oido-humano>

## Anexo 1

//Modelado 3D de un guante traductor del alfabeto de lengua de señas por medio de una aplicación móvil  
 //Angelly Del Carmen Rebolledo Ortega - Katerin Mishel Barros Barrios

```
#include <LiquidCrystal.h>

const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

int indice = A3;
int pulgar = A4;
int corazon = A2;
int anular = A1;
int menique = A0;
int boton = 0;
int estado = 0;
char palabra;

void setup()
{
  pinMode(10, INPUT);
  pinMode(anular, INPUT);
  pinMode(corazon, INPUT);
  pinMode(indice, INPUT);
  pinMode(menique, INPUT);
  pinMode(pulgar, INPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
}

void loop()
{
  anular = analogRead(A1);
  corazon = analogRead(A2);
  indice = analogRead(A3);
  menique = analogRead(A0);
  pulgar = analogRead(A4);

  if (menique < 8 && anular < 8 && corazon < 8 && indice < 8 && pulgar > 30)
  {
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = 'A';
  }
  else
  {
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
  }

  if (menique > 30 && anular > 30 && corazon > 30 && indice > 30 && pulgar < 8)
  {
    digitalWrite(8, HIGH);
  }
}
```

```

    palabra = ' B';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if ((menique > 8 && menique < 15)&&(anular > 8 && anular < 15) && (corazon > 8 &&
corazon < 15) && indice > 30 && (pulgar > 8 && pulgar < 15))
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' D';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if ((menique > 8 && menique < 15)&&(anular > 8 && anular < 15)&&(corazon > 8 &&
corazon < 15) && (indice > 8 && indice < 15) && pulgar < 8)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' E';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique > 30 && anular > 30 && corazon > 30 && (indice > 8 && indice < 15) &&
(pulgar > 8 && pulgar < 15))
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' F';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique < 8 && anular < 8 && pulgar < 8 && indice > 30 && corazon > 30)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' H';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

```

```

if (menique > 30 && anular < 8 && pulgar < 8 && indice < 8 && corazon < 8)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' I';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique < 8 && anular < 8 && pulgar > 30 && indice > 30 && corazon < 8)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' L';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique < 8 && anular > 30 && pulgar < 8 && indice > 30 && corazon > 30)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' M';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if ((menique > 8 && menique < 15)&&(anular > 8 && anular < 15)&&(corazon > 8 &&
corazon < 15) && (indice > 8 && indice < 15) && (pulgar > 8 && pulgar > 15))
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' O';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique < 8 && anular < 8 && pulgar > 30 && indice > 30 && corazon > 30)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' P';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

```

```

if (menique < 8 && anular < 8 && pulgar < 8 && indice < 8 && corazon < 8)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' S';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique < 8 && anular < 8 && pulgar < 8 && (indice > 8 && indice < 15) &&
corazon < 8)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' X';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique > 30 && anular < 8 && pulgar > 30 && indice < 8 && corazon < 8)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' Y';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

if (menique > 30 && anular > 30 && pulgar > 30 && indice > 30 && corazon > 30)
{
    digitalWrite(8, HIGH);
    palabra = ' ';
}
else
{
    digitalWrite(8, LOW);
    lcd.clear();
}

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Letra: ");
lcd.print(palabra);

delay(1000);
}

```