



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Desarrollo de cabeza robótica interactiva para robot de acompañamiento

TESIS

**PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**PRESENTA
JUAN CHAVEZ BRAVO**

**ASESORADO POR EL
DR. JOSE LUIS HERNANDEZ AMECA**

PUEBLA, PUE.

ENERO 2021

ÍNDICE

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes -----	4
1.2 Descripción del problema -----	7
1.3 Objetivos generales y específicos -----	7
○ Objetivo general	
○ Objetivos específicos	
1.4 Hipótesis -----	8
1.5 Alcances y limitaciones -----	8
○ Alcances	
○ Limitaciones	
1.6 Justificación -----	8
1.7 Organización de la tesis -----	9

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Robótica social -----	10
2.2 Robot humanoide -----	11
2.2.1 Clasificación de robots humanoides -----	13
2.2.2 Partes de un robot humanoide -----	15
2.3 Cabeza de robot humanoide -----	16
2.3.1 Matriz de led -----	16
2.3.2 Servomotor -----	17
2.3.3 Sistema empotrado -----	20
2.3.4 Raspberry pi 2 -----	21
2.3.5 Cámara de video raspberry -----	22
2.4 Interactividad -----	23

2.4.1 Psicología de la comunicación humana -----	24
2.4.2 Psicología de colores -----	25
2.4.3 Psicología emocional -----	25
2.5 Lógica de funcionamiento -----	26
2.5.1 Máquina de estados finitos -----	26
2.5.2 Lenguaje interpretado Python -----	26

Capítulo 3: Diseño del prototipo

3.1 Requisitos para el diseño del robot social -----	27
3.2 Propuesta de diseño -----	27
3.2.1 Estructura craneal y de cuello -----	28
3.2.2 Circuitería Electrónica -----	30

Capítulo 4: Método propuesto

4.1. Introducción -----	32
4.2 Implementación del diseño en SolidWorks -----	32
4.2.1 Dibujo de la estructura -----	34
4.3 Uso de la impresora -----	35
4.3.1 Pasos de para utilizar la impresión -----	39
4.4 Ensamble -----	45

Capítulo 5: Resultados, conclusiones y trabajo a futuro

5.1. Resultados -----	47
5.2. Conclusiones -----	50
5.3. Trabajo a futuro-----	51
Bibliografía -----	52

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1 Antecedentes

La depresión es una enfermedad mental, es un trastorno del estado de ánimo en el cual los sentimientos de tristeza, pérdida, ira o frustración interfieren con la vida diaria durante semanas o por más tiempo. La depresión en los adultos mayores es un problema generalizado, pero no es una parte normal del envejecimiento, con frecuencia, no se reconoce ni recibe tratamiento.

En los adultos mayores, los cambios en la vida pueden incrementar el riesgo de depresión o llevar a que la depresión existente empeore. Algunos de estos cambios son: mudanza del hogar, dolor o padecimiento crónico, hijos que dejan el hogar, cónyuge y amigos cercanos que mueren y pérdida de la independencia [1].

De acuerdo con datos estadísticos del gobierno de la república mexicana la población adulta mayor está creciendo de manera acelerada. Se prevé que para 2050 las mujeres de 60 años y más representan 23.3% del total de población femenina y los hombres constituyan 19.5% del total de la masculina. En 2014 las y los mayores de 80 años representan 15.1% de personas adultas mayores y en 2050 serán casi 20%. Los problemas que se han detectado son: una demanda más elevada de servicios de salud, desafíos a la organización familiar y grandes desafíos para los sistemas de pensión, jubilación y salud de la nación.

Wada y Shibata reportan que la terapia de robot para personas de edad avanzada en una casa de cuidados se lleva a cabo desde junio de 2005. Dos robots terapéuticos se introdujeron en un centro de cuidados y se activaron durante más de 9 h cada día para interactuar con los

residentes. Este artículo presenta los resultados del primer mes de este experimento. Para investigar los efectos psicológicos y sociales de los robots, se entrevistó a cada sujeto y se analizó su red social. El protocolo experimental fue revisado y aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada. Los resultados indican que la interacción con los Robots Foca aumentó su interacción social. Además, las pruebas de orina mostraron que las reacciones de los órganos vitales de los sujetos al estrés mejoraron después de la introducción de los robots. [2].

Heerink y Kröse, en este artículo se explora el concepto de disfrute como un posible factor que influye en la aceptación de la tecnología robótica por parte de las personas mayores. Se describe un experimento con un robot conversacional y usuarios mayores, que incorpora tanto una sesión de prueba como una observación del usuario a largo plazo. El experimento confirmó la hipótesis de que el disfrute percibido tiene un efecto sobre la intención de usar un sistema robótico. [3].

Heerink y Kröse, presentan la teoría de que si los adultos mayores deben utilizar compañeros robóticos en el futuro cercano y si deben ser aceptados por ellos. En el proceso de desarrollar una metodología para medir, predecir y explicar la aceptación de los compañeros robóticos, investigaron la influencia de las habilidades sociales, la presencia social y el disfrute percibido. Después de un experimento con 30 sujetos que incluyó la recopilación de datos de uso y un segundo experimento con 40 sujetos con un robot en una condición más y menos sociable, se confirmó la relevancia de estos conceptos. Los resultados sugieren que los robots incentivan las habilidades sociales y contribuyen a la sensación de presencia social, esto conduce a un mayor disfrute y a una mayor aceptación [4].

Klamer y Ben Allouch, el estudio presentado en el artículo tiene como objetivo mejorar la comprensión de cómo las personas usan robots zoomorfos en un entorno relacionado con la salud en sus entornos domésticos en general y, en particular, si las personas pueden construir relaciones (a largo plazo) con estos robots. Se examinaron las influencias de los factores sociales y hedónicos, además de los factores utilitarios normalmente estudiados del Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM). Tres participantes de edad avanzada interactuaron con el Nabaztag, un robot zoomorfo, durante 10 días para mejorar su estado general de salud. No se encontró que los factores hedónicos fueran importantes para la aceptación del Nabaztag. Sin embargo, estos factores parecían ser importantes en la construcción de una relación con el Nabaztag. Se encontró que los actores eran importantes para la aceptación de los robots, pero no para construir una relación con el Nabaztag. Los resultados arrojaron algunos hallazgos interesantes que necesitan más estudio: (1) la relación entre el lugar del Nabaztag y la aceptación y el uso, (2) la relación entre nombrar el Nabaztag y construir una relación con él y (3) la relación entre el uso comunicación verbal / no verbal y construcción de una relación con ella [5].

K. Ostrowski y DiPaola demuestran que los robots sociales se han utilizado para investigar el compromiso de persona a robot, pero la conexión entre una persona y otra es la clave real para el bienestar emocional humano. Este trabajo explora el papel y el impacto de un robot social para facilitar el compromiso de persona a persona en una comunidad de vida asistida. Los adultos mayores, en particular, son una población que necesita suficiente conexión social para promover su bienestar. Si bien varios estudios han tratado de investigar cómo los robots sociales pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, no muchos han estudiado su impacto a largo plazo en el compromiso a nivel comunitario.

En este trabajo se utilizó un enfoque participativo, de métodos mixtos, centrado en el ser humano para explorar cómo un robot social influyó en la conexión social dentro de una comunidad de adultos mayores durante un período de tres semanas. Los sujetos participaron en interacciones diarias con un robot social y con materiales de estudio asociados en sus áreas comunes. Los resultados proporcionan evidencia de que los robots sociales pueden mejorar con éxito el compromiso comunitario y la conexión social de las personas mayores [6].

1.2 Descripción del problema

En el presente trabajo se aborda el problema de desarrollar el primer avance de un robot social humanoide, donde se realizará el diseño, construcción y ensamble exclusivamente de la cabeza.

1.3 Objetivos Generales y específicos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de cabeza humanoide para un robot social.

Objetivos específicos

- Buscar artículos científicos relacionados con el desarrollo de robots de acompañamiento
- Diseñar estructura, electrónica y software del prototipo.
- Construir la estructura craneal y realizar el ensamble de dispositivos electrónicos
- Probar el funcionamiento del prototipo frente a usuarios potenciales.
- Evaluar el funcionamiento
- Redactar los resultados y conclusiones.

1.4 Hipótesis

Desarrollar la cabeza un robot humanoide que socialice con los seres humanos utilizando técnicas de diseño asistido por computadora.

1.5 Alcances y limitaciones

Alcances

En el presente trabajo se desarrolló un prototipo de cabeza para un robot social y las dimensiones proporcionales a las de un cuerpo humano infantil. Se ha diseñado para interactuar con seres humanos, brindando comunicación y compañía. Se han aplicado teorías de robótica social y técnicas de diseño asistido por computadora para la impresión de piezas en 3D.

Limitaciones

El prototipo obtenido no se logró probar en un ambiente amplio frente a personas, debido a los problemas suscitados del COVID-19.

No se logró medir la aceptación por parte de los posibles usuarios al ver por primera vez al robot, este es un trabajo en equipo por lo que no se ha podido armar por completo, obteniéndose solo la cabeza del robot.

1.6 Justificación

En base a los artículos científicos consultados y los resultados positivos del uso de la Robótica Social en problemas como la soledad, mala atención social o depresión. Se decidió desarrollar un robot social que ayude a las personas mayores y niños con problemas para socializar. El desarrollo de este trabajo permite poner en práctica los conocimientos adquiridos

durante la formación académica y contribuir al desarrollo científico tecnológico de la universidad.

1.7 Organización de la tesis

En el capítulo uno se tratan los antecedentes, descripción del problema, se redactan los objetivos generales y específicos, se muestra la hipótesis realizada, se mencionan los alcances y limitaciones de la investigación, también se encuentra la justificación y por último se describe la organización de la presente tesis. En el capítulo dos se describen algunos conceptos y definiciones que se trataron para sustentar y llevar a cabo la presente tesis, como: robótica social, robot humanoide, interactividad y lógica de funcionamiento. El capítulo tres trata sobre el diseño, requisitos y la propuesta estructural, electrónica y funcional del prototipo. En el capítulo cuatro se trata sobre la implementación del diseño, impresión de piezas y ensamble del prototipo. En el capítulo cinco se presentan los Resultados obtenidos, se redactan las conclusiones a las que se ha llegado y se hacen las propuestas para seguir desarrollando este trabajo en el futuro.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Robótica social

Un robot social es aquel que interactúa y se comunica con las personas (de forma sencilla y agradable) siguiendo comportamientos, patrones y normas sociales. Para eso, además de tener apariencia agradable, se necesita que disponga de habilidades que se ubican dentro del dominio de la llamada inteligencia social. Se debe tener en cuenta que la socialización con las personas es un tema difícil, ya que los robots y los humanos no comparten un lenguaje común ni perciben el mundo de la misma forma.

También es importante que el robot exhiba una cierta “personalidad” distintiva. Hay varias razones para creer que, si un robot tuviera una personalidad convincente, la gente estaría más dispuesta a interactuar y establecer algún tipo de relación con él. En particular, la personalidad del robot puede proporcionar una realimentación útil, ofreciendo a los usuarios una manera de modelar y entender su conducta.

De esta manera, el robot podría reconocer el estado de ánimo del usuario (por el tono de su voz, expresión facial, gestos, etc.) e, incluso, intentar modificarlo si lo considera necesario [7].

La robótica social es el estudio de los robots que son capaces de interactuar y comunicarse entre ellos, con los seres humanos y con el medio ambiente, dentro de las estructuras social y cultural en las cuales se desenvuelven. Los temas que generalmente se incluyen en esta área de investigación son vastos, de los cuales podemos mencionar interacción robot-humano e interacción robot-robot, robótica en la sociedad humana, aceptación social e impacto de los robots en la sociedad, arte robótico interactivo y robótica de asistencia social.

En este último tema, y dados los avances tecnológicos, hoy en día es común encontrar sistemas que automatizan muchas de las tareas que anteriormente eran realizadas por personas. Por ejemplo, podemos pensar en la industria automotriz y en la industria de manufactura de tarjetas de circuitos impresos. Por esta razón, el pensar que un robot humanoide realice tareas de asistencia social ya no es ciencia ficción [8].

2.2 Robot humanoide

El antropomorfismo obedece a una tendencia de la psicología de nuestra especie. El Homo sapiens tiende a personificar a otras especies o a cosas reales o abstractas, confiriéndoles propiedades humanas. De este modo, un robot o una criatura mitológica pueden considerarse humanoides.

Los androides son un claro ejemplo de seres humanoides: se trata de robots antropomorfos que, además de tener aspecto humano, emulan cuestiones propias de la conducta del hombre de forma autónoma. Los primeros androides fueron imaginados en el terreno de la ficción, aunque con el tiempo los científicos desarrollaron las tecnologías necesarias para crear humanoides reales. En la actualidad, este tema es de gran interés para los tecnófilos, aunque todavía estamos lejos de poder comprarnos un androide capaz de charlar y convivir con nosotros como si fuera una persona más [9].

adj. Que tiene forma o características del ser humano [10].

El término humanoide se forma a partir de dos raíces del latín. Por un lado, humanus, humana, humanum (ver cuerpo humano). A esa raíz se le añade el sufijo -oide que indica aspecto visual, apariencia. Por lo tanto, el concepto original de esta palabra es lo que tiene aspecto visual o apariencia de humano. Clase: adjetivo, género neutro o invariable por terminar en vocal -e, singular // sustantivo, masculino/femenino, singular [11].

La principal diferencia entre un Androide y un humanoide es que el androide está programado con una inteligencia artificial sofisticada mientras que el humanoide tiene una inteligencia limitada para movimientos repetitivos y entendimiento básico.

Androides y robots humanoides están modelados específicamente a partir de la forma humana. En uso actual un androide es un robot diseñado para lucir como un humano tanto como sea posible, incluyendo orejas, cabello e incluso una boca articulada. Un robot humanoide es uno de los que comparte la arquitectura básica de un humano, pero no significa que sea una copia fisiológica.

El término de androide y humanoide son usados para describir a robots que son modelos a partir de la forma humana. Androide es un robot diseñado para parecer humano tanto como sea posible, incluso masculino, femenino o una mezcla de los dos: andrógino (androginia es de donde vienen el término androide, que significa “como hombre y mujer”).

Por el contrario, y algo confuso un robot humanoide comparte la arquitectura básica de un humano. Tienen dos piernas, con una cabeza en la cima y dos brazos a los lados. Pero raramente duplican la apariencia de una persona, se trata más de replicar la capacidad humana, como poder caminar por un pasillo o sentarse en una silla destinada a los humanos. [12]

2.2.1 Clasificación de robots humanoides

En la figura 2.1 se muestra un cuadro sinóptico con la clasificación de los robots según su cronología y arquitectura

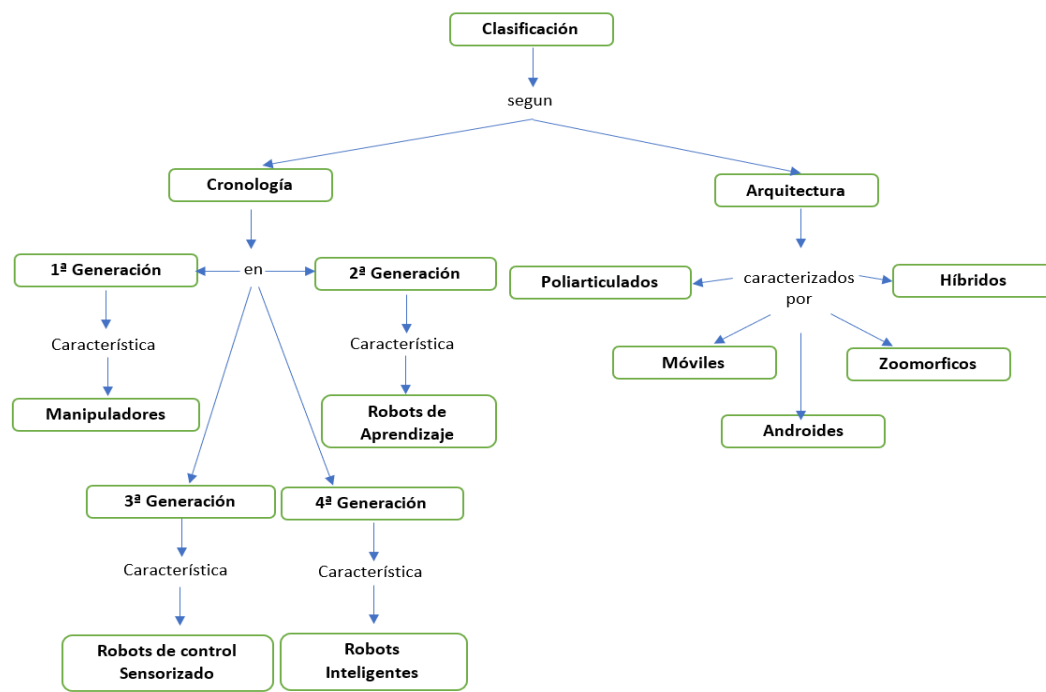


Fig. 2.1 Cuadro sinóptico clasificación de los robots por cronología y arquitectura (Elaboración propia)

En la figura 2.2 se puede observar un mapa conceptual de la robótica, sus características, clasificación y definición.

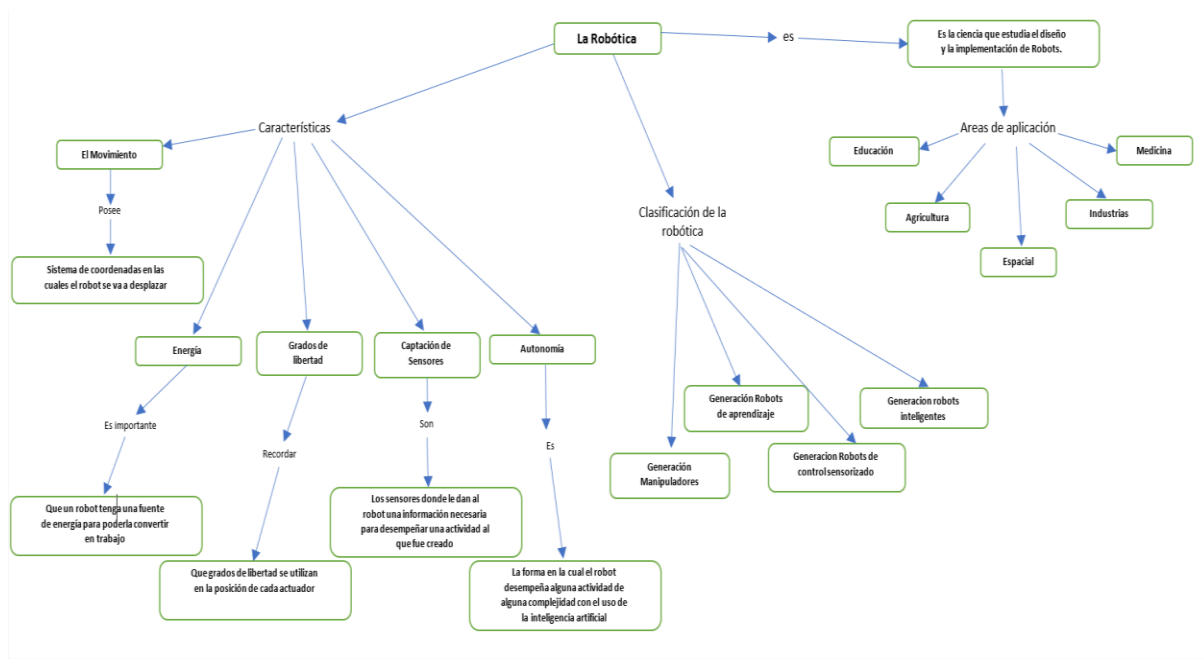


Fig. 2.2 Mapa conceptual de la robótica y sus características (Elaboración propia)

2.2.2 Partes de un robot humanoide

En la figura 2.3 se presenta cómo están distribuidas las partes del Robot NAO y los componentes que lo conforman

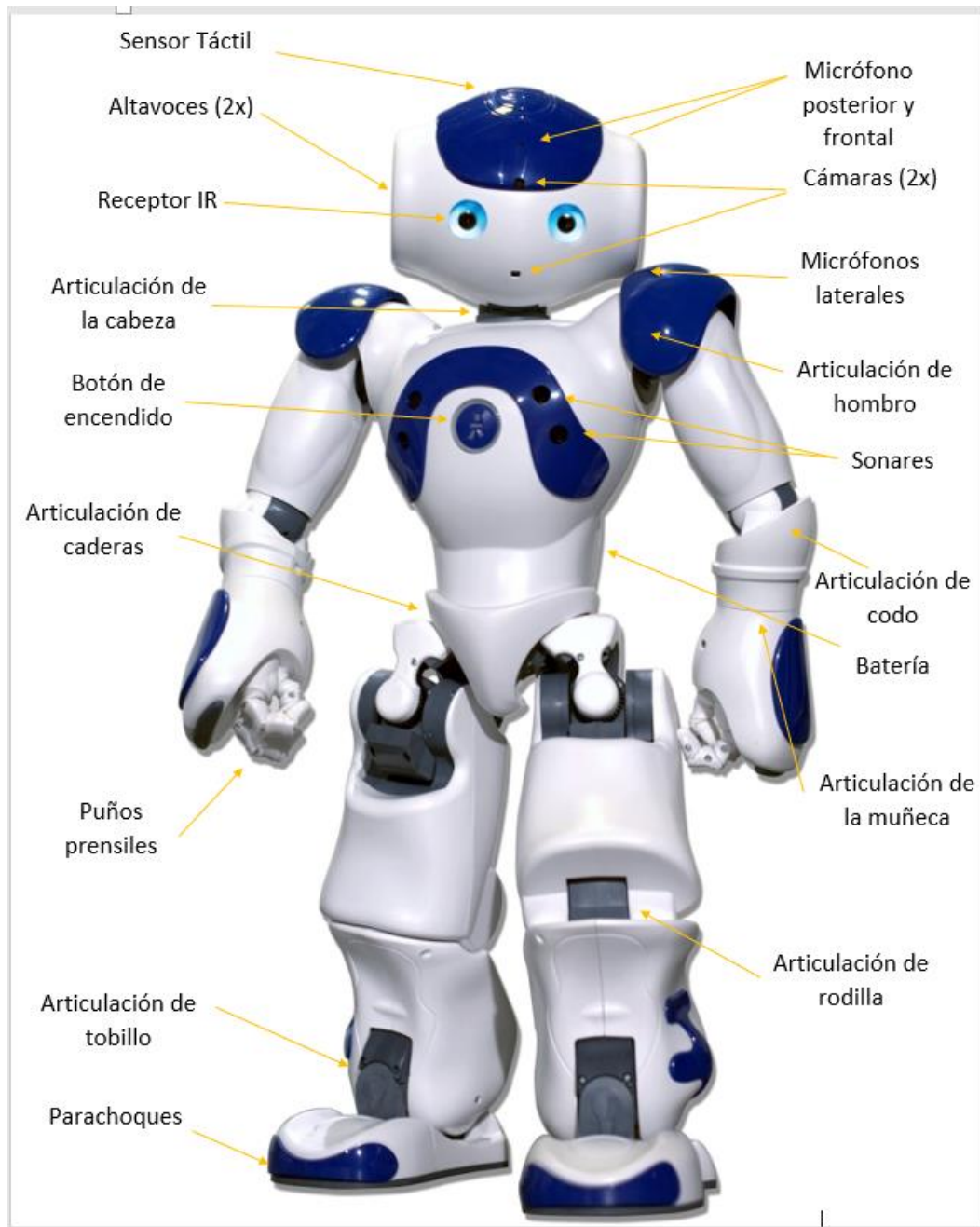


Fig. 2.3 Representación de las partes en un robot humanoide (NAO) Recuperado de [13]

2.3 Cabeza de robot humanoide

Femenino. Parte superior del cuerpo humano y superior o anterior de muchos animales, en la que están situados el cerebro y los principales órganos sensoriales. [14]

Del latín capitia, cabeza es la parte superior del cuerpo del ser humano y superior o anterior de muchos animales. En ella se ubican varios de los órganos más importantes de los sentidos y de los centros nerviosos. [15]

Con base en las definiciones anteriores podemos concluir que una cabeza de robot humanoide es aquella que lleva a cabo las funciones cerebrales, sensoriales y expresivas, se encuentra en la parte superior, asemejándose mucho a la estructura del cuerpo humano.

2.3.1 Matriz de led

Las matrices de LEDs (o LED arrays) son, como su nombre indica, una matriz de diodos LED normales y corrientes que se comercializa en multitud de formatos y colores. Desde las de un solo color, a las que tienen varios colores posibles, e incluso las hay de una matriz RGB (del inglés Red, Green, Blue). [16]

En la figura 2.4 se muestra una matriz de LED comercial de 8x8 RGB programable.

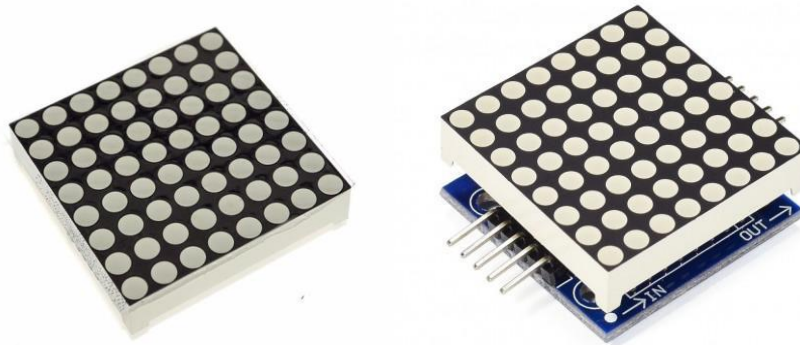


Fig. 2.4 Matriz de LEDs comercial MAX7219

2.3.2 Servomotor

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición.

Un servomotor (o servo) es un tipo especial de motor con características especiales de control de posición. Al hablar de un servomotor se hace referencia a un sistema compuesto por componentes electromecánicos y electrónicos.

En la figura 2.5 se observan las principales piezas de un Servomotor y cómo se distribuyen las principales disciplinas que ayudan a su funcionamiento.

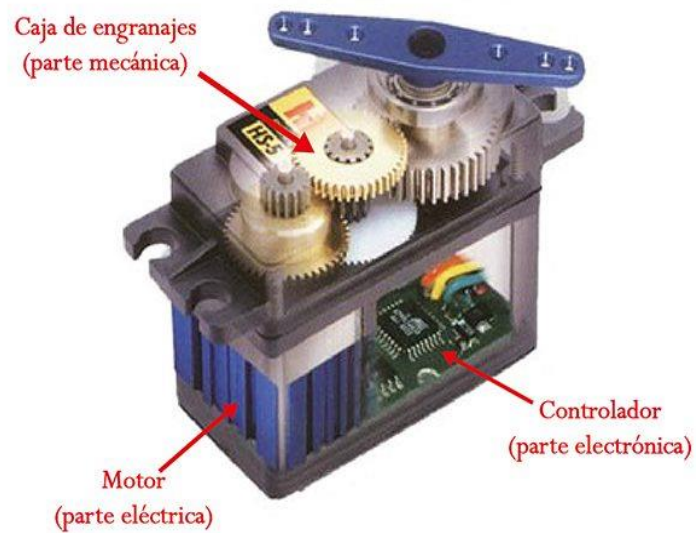


Fig. 2.5 Partes de un Servomotor hitec HS-5585

El motor en el interior de un servomotor es un motor DC común y corriente. El eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión, esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera. De forma similar a un automóvil, a menor velocidad, mayor torque. El circuito electrónico es el encargado de manejar el movimiento y la posición del motor.

En la figura 2.6 se muestra un Servomotor a detalle y como está ensamblado.

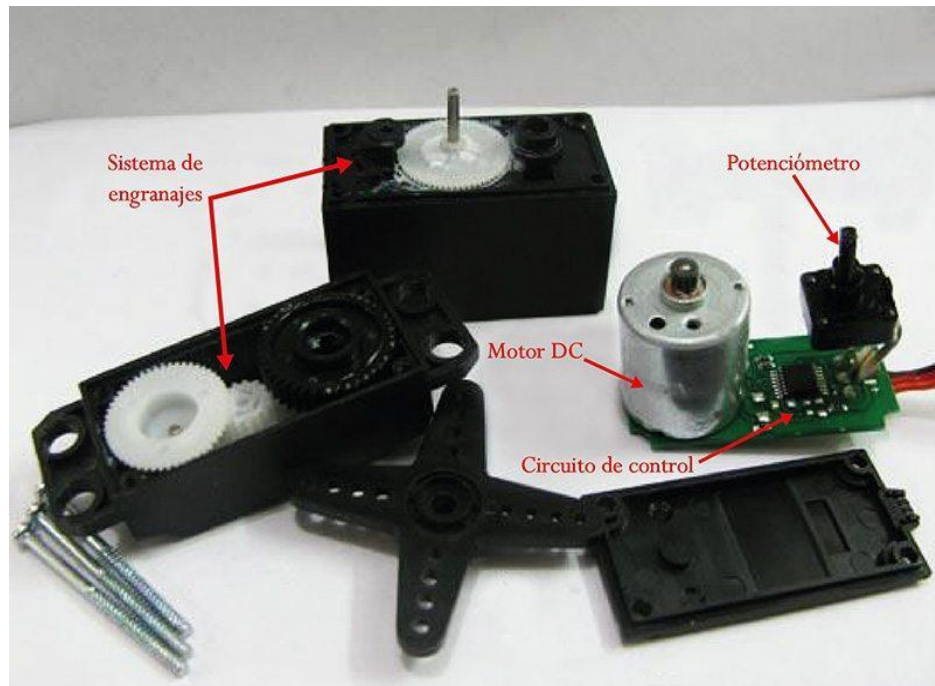


Fig. 2.6 Componentes de un servomotor desarmado

La presencia del sistema de engranajes como el que se muestra en la figura hace que cuando movemos el eje motor se sienta una inercia muy superior a la de un motor común y corriente. Observando las imágenes que se han presentado se puede corroborar que un servo no es un motor como tal, sino un conjunto de partes (incluyendo un motor) que forman un sistema [17].

A continuación, se muestra un diagrama de bloques de un Servomotor en la figura 2.7

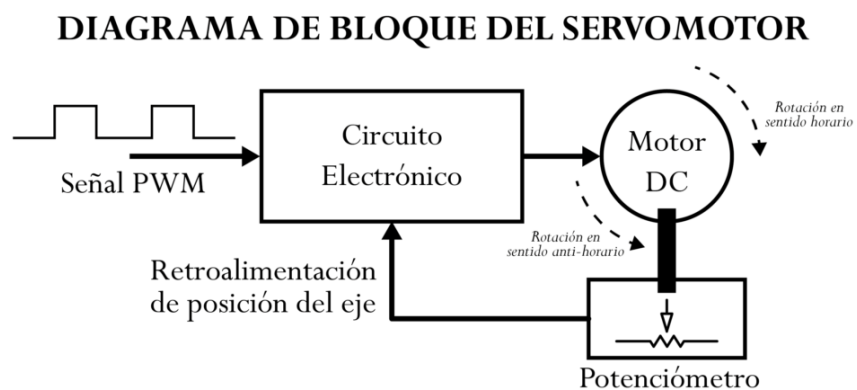


Fig. 2.7 Diagrama de bloques de un Servomotor

2.3.3 Sistema empotrado

Los sistemas empotrados son sistemas informáticos dedicados a aplicaciones de control. A menudo se piensa en ellos como sistemas cerrados, que carecen o tienen una interface con el usuario muy limitado, y su función exclusiva es controlar un proceso.

Esta definición atendiendo a la interface no es muy acertada, siendo preferible destacar la idea de que son computadores cuyo objetivo principal del diseño es ejecutar tareas de control.

Además del control de procesos, también se utilizan en comunicaciones y monitorización. En comunicaciones, los sistemas empotrados se comienzan a utilizar a finales de los años 60 para controlar conmutadores electromecánicos. A estos sistemas se les llamaba "Sistemas de Control mediante Programa Almacenado"[18].

Un sistema empotrado es un sistema informático que se encuentra físicamente incluido en un sistema de ingeniería más amplio al que supervisa o controla. Los sistemas empotrados se encuentran en multitud de aplicaciones, desde la electrónica de consumo hasta el control de complejos procesos industriales.

Están presentes en prácticamente todos los aspectos de nuestra sociedad como, teléfonos móviles, automóviles, control de tráfico, ingenios espaciales, procesos automáticos de fabricación, producción de energía, aeronaves, etc. Además, el número de sistemas empotrados está en constante aumento, ya que cada vez más máquinas se fabrican incluyendo un número mayor de sistemas controlados por computador. Un ejemplo cercano es la industria del automóvil, ya que un vehículo de turismo actual de gama media incluye alrededor de dos docenas de estos automatismos por ejemplo ABS, airbag, etc. [19].

2.3.4 Raspberry pi 2

La Raspberry Pi es una computadora de bajo costo del tamaño de una tarjeta de crédito que se conecta a un monitor de computadora o TV, y utiliza un teclado y mouse estándar. Es un pequeño dispositivo que permite a las personas de todas las edades explorar la informática y aprender a programar en lenguajes como Scratch y Python. Es capaz de hacer todo lo que esperarías que hiciera una computadora de escritorio, desde navegar por Internet y reproducir videos de alta definición hasta crear hojas de cálculo, procesamiento de textos y juegos.

Además, la Raspberry Pi tiene la capacidad de interactuar con el mundo exterior y se ha utilizado en una amplia gama de proyectos de creadores digitales, desde máquinas de música hasta estaciones meteorológicas y control de cámaras infrarrojas.

Se pretende que Raspberry Pi sea utilizado por niños de todo el mundo para aprender a programar y comprender cómo funcionan las computadoras [20]. A Continuación, se escribe una lista de características de la raspberry pi.

- 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU
- 1GB RAM
- 100 Base Ethernet
- 4 USB ports
- 40 GPIO pins
- Full HDMI port
- Combined 3.5mm audio jack and composite video
- Camera interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Micro SD card slot
- VideoCore IV 3D graphics core

En la figura 2.8 se muestra un sistema Raspberry Pi en el cual se muestran sus principales puertos de entrada y salida.

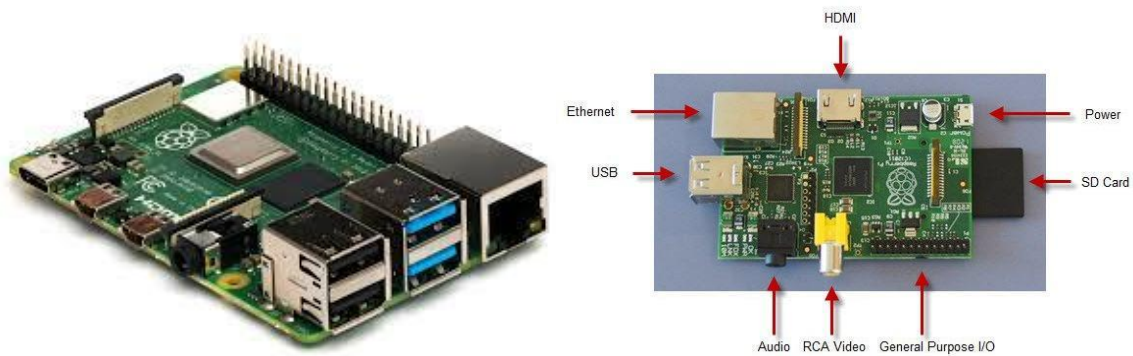


Fig. 8 Sistema Raspberry pi

2.3.5 Cámara de video raspberry

- Imágenes de alta calidad
- Alta capacidad de datos
- Enfoque fijo de 8 megapíxeles
- Compatible con 1080p, 720p60 y VGA90
- Sensor de imagen CMOS Sony IMX219PQ
- Cable plano de 15 contactos

En la figura 2.9 se muestra una cámara para Raspberry la cual se usará para la detección de cuerpos.

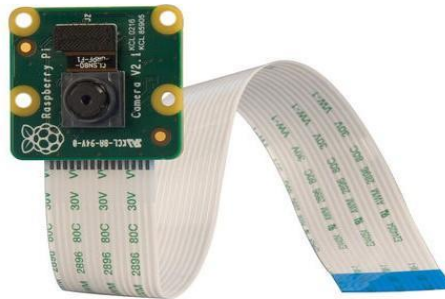


Fig. 2.9 Cámara para raspberry

2.4 Interactividad

El término interactividad se utiliza para referirnos a la relación de participación entre los usuarios, sistemas informáticos, libros, etc... Es un proceso de comunicación entre humanos y computadoras; Rost se refiere a ella como la capacidad de las computadoras por responder a los requerimientos de los usuarios. Es un concepto ampliamente utilizado en las ciencias de la comunicación, informática, diseño multimedia y diseño industrial. En su campo de aplicación suele hablarse de tres niveles de comunicación:

'No interactiva', cuando un mensaje no se relaciona con otro previo.

'Reactiva', cuando un mensaje se relaciona únicamente con el previo inmediato.

'Interactiva', cuando un mensaje se relaciona con una serie de elementos previos.

2.4.1 Psicología de la comunicación humana

La comunicación emerge claramente cuando analizamos el ángulo social o cognoscitivo del ser humano. Como señala Flavell (1981), los conceptos de "audiencia" (recepción de información) y "mensaje" (transmisión de información) son adecuados para la descripción de la mayor parte de tareas y problemas, sociales y no sociales, que el individuo puede afrontar en su vida cotidiana.

En su sentido más amplio la noción de comunicación se confunde prácticamente con la de interacción entre organismos vivos (cf. Bresson, 1985). Ésta puede definirse tanto como un proceso instrumental (intercambio significativo entre sistemas interactivos), como un proceso constitutivo de la propia existencia y realidad del hombre; que tiene un fundamento biológico y a la vez sociocultural y que se lleva a cabo entre un ego y un alter, es decir, entre individuos. O, tal vez, como afirman Watzlawick, Beavin y Jackson para el ser humano lo difícil es no comunicar.

Las múltiples dimensiones que encierra el proceso comunicativo hacen a menudo necesario un abordaje multidisciplinar del concepto. Si pensamos en la comunicación como el proceso que hace posible que dos o más individuos se transmitan información intencionalmente “cifrada en algún tipo de código” aparecen, por lo menos, tres de las dimensiones del mismo:

1. Una dimensión cognitiva, ya que la información transmitida está representada de alguna forma en la mente del que transmite y también debe representarse en la mente del receptor para ser comprendida y decodificada;
2. Una dimensión social, ya que todo el sistema se apoya en reglas arbitrarias y convencionales que regulan el intercambio de información y la interpretación de las intenciones comunicativas del otro en función de un contexto cultural determinado.

3. Una dimensión semiótica ya que el propio código utilizado sea lingüístico o no tiene características propias que deben ser descritas y analizadas en tanto que instrumento de mediación de conceptos e intenciones. Por ello, una explicación psicológica del "acto comunicativo"[21].

2.4.2 Psicología de colores

La psicología del color es un campo de estudio que está dirigido a analizar cómo percibimos y nos comportamos ante distintos colores, así como las emociones que suscitan en nosotros dichos tonos.

Hay ciertos aspectos subjetivos en la psicología del color, por lo que no hay que olvidar que pueden existir ciertas variaciones en la interpretación y el significado entre culturas. [22]

2.4.3 Psicología emocional

Las emociones ejercen una gran fuerza sobre nosotros e influyen en nuestro pensamiento y nuestra conducta, por eso tienen un gran peso en el estudio de la psicología. En los últimos años, han surgido distintas teorías que intentan explicar el cómo y el porqué de las emociones humanas y, además, en el mundo de la psicología, la inteligencia emocional ha ido ganando terreno por sus beneficios en el bienestar de las personas y el desarrollo emocional.

Conceptos como validación emocional, autocontrol emocional o gestión emocional, nos resultan cada vez más familiares, y tanto en el mundo organizacional como en el deporte, la correcta gestión emocional está íntimamente relacionado con el rendimiento [23].

2.5 Lógica de funcionamiento

2.5.1 Máquina de estados finita

Una Máquina de Estado Finito (MEF), es una abstracción matemática que nos permite modelar la computación. En la figura 2.10 se muestran los elementos para representar en una máquina de estados finitos.

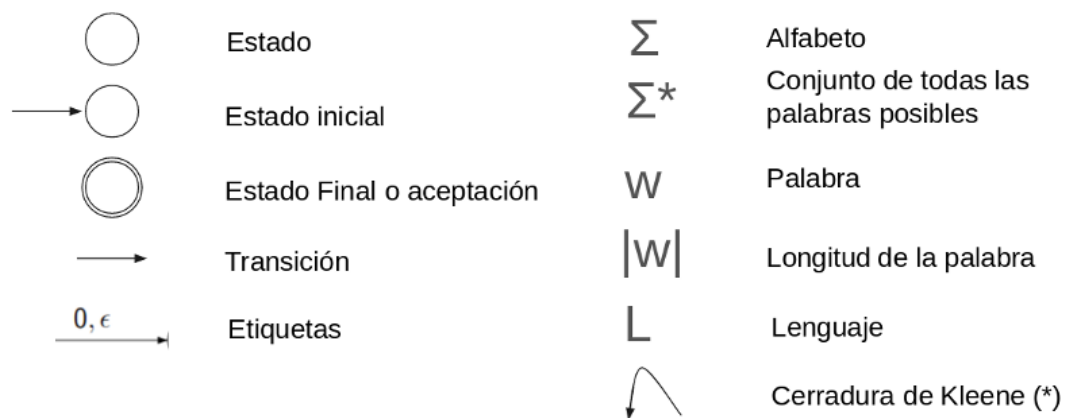


Fig. 2.10 Simbología de una máquina de estados finitos

2.5.2 Lenguaje interpretado Python

Python es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en la legibilidad de su código.

Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, dinámico y multiplataforma [24].

Capítulo 3: Diseño del prototipo

3.1 Requisitos para el diseño del robot social

El diseño del robot social requiere ser antropomórfico (ojos, boca y estructura ósea) y de apariencia amigable que permita a las personas relacionarse con él de manera natural. Debe cumplir con las funciones de detección, reacción y emulación (ocular) de expresiones humanas faciales básicas (contento, enojado, triste y sorprendido), donde el objetivo es interactuar visualmente con los seres humanos. El diseño se ha dividido en dos partes que son cara y el cuello.

La cara del robot debe permitir representar expresiones faciales que sean fácilmente interpretadas por los seres humanos.

El cuello debe cumplir con un grado de libertad que permite rotar la cabeza de izquierda a derecha, con una carga aproximada de 2.0 Kg, a una velocidad mínima.

3.2 Propuesta de diseño

Se propone diseñar e imprimir la estructura craneal del robot aplicando técnicas de modelado en software de Diseño Asistido por Computadora (CAD) e impresión 3D, se busca que la cabeza sea lo más ligera posible.

La propuesta de este robot consiste en emular expresiones faciales humanas y no en reproducir fielmente dichas expresiones, enfocándose de manera exclusiva en los ojos, para lo cual se utilizarán un par de pantallas táctiles resistivas LCD de 2.4 pulgadas.

Se propone brindar al robot de capacidades de detección, reacción, emulación y motricidad suficientes para relacionarse en tiempo real con las personas. El diseño de cada una de las etapas para el desarrollo del robot se describe a continuación.

3.2.1 Estructura craneal y cuello

El diseño de la estructura craneal se asemeja al de una persona ya que cuenta con una forma semiovalada, dos ojos y boca. El software que se ha utilizado es SolidWorks, las impresiones de las piezas se han realizado en una máquina de impresión 3D DaVinci AiO 1.0 con material ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) el cual es un termoplástico que sometido a la exposición de temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible llegando incluso a derretirse, mientras que cuando se enfría lo suficiente, se endurece. Las vistas del diseño realizado con las perspectivas de la estructura craneal, la distancia entre los ojos, forma de la boca, orejas y nariz se muestran en la figura 3.1.

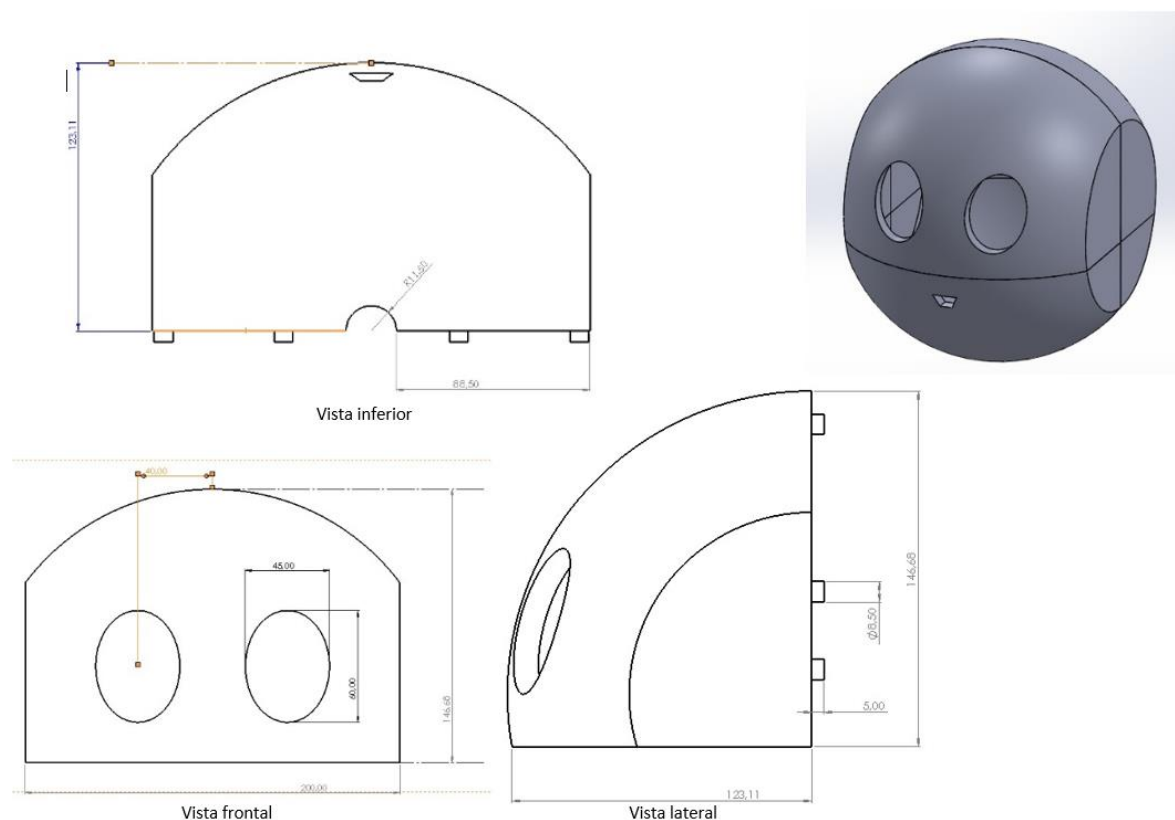


Fig 3.1. Vistas (inferior, frontal y lateral) de la estructura craneal y modelo 3D

Las características generales del modelo 3D realizado se resumen en la tabla 3.1

Tabla 3.1. Características del modelo 3D

Parámetro	Especificación
Materiales	Plástico ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)
Altura	249.47 mm
Longitud	200.0 mm
Ancho	246.22 mm
Peso	7 kg
Velocidad de rotación	0.22sec/60grados (4.8V), 0.19sec/60grados(6V)
Grados de libertad	1
Alimentación	Bateria Lipo 4000mah 11.1v 3s 12c Turnigy Dron Robotica Rc Pack Size: 107 x 40 x 35mm
Sistema empotrado	Raspberry pi Zero (1GHz single-core CPU,512MB RAM
Software	Python
Servomotor	12v 4000mAh
Pantallas	táctiles resistivas LCD de 2.4 pulgadas.

La distribución de componente en la estructura craneal se muestra en la figura 3.2

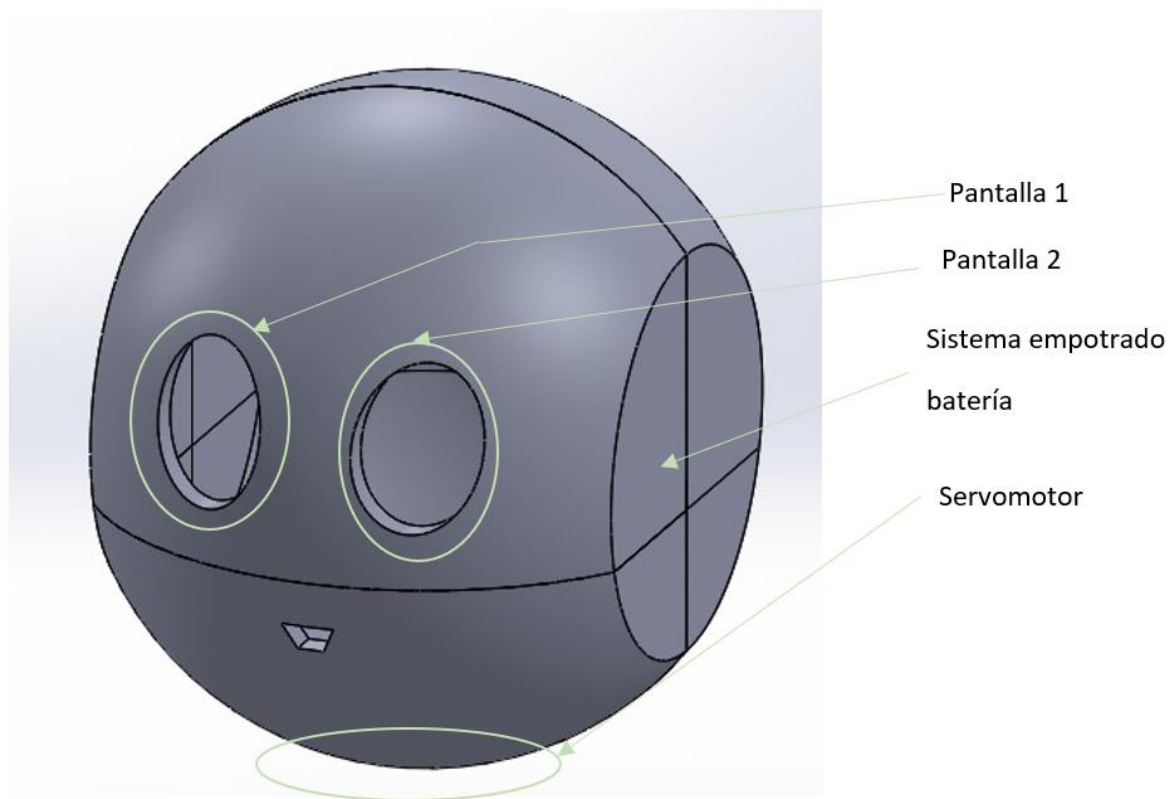


Fig 3.2. Componentes electrónicos en la estructura craneal

3.2.2 Circuitería Electrónica

La etapa electrónica consta de una cámara digital que tiene la función de detectar las expresiones faciales de las personas que se encuentran frente a ella. El sistema empotrado recibe la información de la cámara digital, posteriormente analiza y realiza la emulación de las expresiones faciales detectadas. Las pantallas táctiles son los periféricos de salida en los cuales se representan las expresiones oculares que envía el sistema empotrado. La función de reproducción de audios está dedicada exclusivamente a enviar mediante una bocina un saludo e inmediatamente después girar la cabeza robótica mediante el servomotor. La alimentación de todo este sistema se realiza mediante una Batería tipo Lipo de 4000mah 11.1v. El diagrama a bloques de el funcionamiento de la cabeza robótica se muestra en la figura 3.3

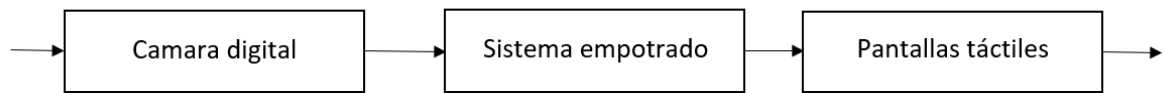


Fig 3.3. Diagrama a bloques del sistema electrónico

Capítulo 4 Método propuesto

4.1 Introducción

El software CAD SOLIDWORKS® es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones, cotas, producir modelos y dibujos detallados. [25]. Los requisitos de instalación del software Solidworks se presentan en la tabla 4.1

Tabla 4.1 Requisitos de instalación de Solidworks

	SOLIDWORKS 2018 (EDU 2018-2019)	SOLIDWORKS 2019 (EDU 2019-2020)	SOLIDWORKS 2020 (EDU 2020-2021)
Operating Systems			
Windows 10, 64-bit	✓	✓	✓
Windows 8.1, 64-bit	✓	✗	✗
Windows 7 SP1, 64-bit	✓	✓	✓ (End of Life: SW2020 SP5)
Virtual environments	Supported virtual environments (hypervisors)		
Hardware			
Processor	3.3 GHz or higher		
RAM	16 GB or more PDM Contributor or Viewer: 8 GB or more		
Graphics Card	Certified cards and drivers		
Drives	SSD drives recommended for optimal performance		
Software			
Microsoft Excel and Word	2010, 2013, 2016	2013, 2016, 2019 (SW2019 SP2)	2013, 2016, 2019
Antivirus	Antivirus products		

4.2 Implementación del diseño en solidworks

Antes de diseñar es conveniente planear un método de creación del modelo, en cuanto se hayan identificado las necesidades y aislado los conceptos adecuados.

Croquis: Se acotan y se aplican relaciones de posición, el croquis es la base para la mayoría de los modelos 3D, a partir del croquis se pueden crear operaciones, posibilita la combinación de dos o más operaciones para crear una pieza, después puede combinar y establecer relaciones

de posición entre las piezas pertinentes para crear un ensamblaje, a partir de las piezas o de los ensamblajes, podrá crear dibujos. Un croquis es un perfil o sección transversal en 2D. Para crear un croquis en 2D, se utiliza un plano o una cara plana. Además de los croquis en 2D, también se puede crear croquis en 3D que contengan un eje Z, así como los ejes X e Y.

Operaciones: Paso en el que se realizan extrusiones y redondeos, con un orden determinado. Una vez finalizado el croquis, se puede crear un modelo en 3D empleando operaciones como una extrusión o una revolución.

Algunas operaciones que se basan en los croquis son formas como salientes, cortes y taladros. Otras operaciones que se basan en los croquis, como los recubrimientos y los barridos, utilizan un perfil a lo largo de su recorrido. Otro tipo de operación se denomina una operación aplicada que no requiere un croquis, las operaciones aplicadas incluyen redondeos, chaflanes o vaciados. Se denominan “aplicadas” porque se aplican a una geometría existente mediante cotas y otras características para crear la operación, generalmente, las piezas se crean mediante la incorporación de operaciones basadas en croquis como salientes y taladros.

Es posible crear una pieza sin operaciones basadas en croquis, por ejemplo, puede importar un sólido o utilizar un croquis derivado.

Ensamblajes: Se seleccionan los componentes que tendrán una relación de posición y los tipos de relaciones a aplicar, se pueden combinar varias piezas que encajen con el fin de crear ensamblajes. Las piezas se integran en un ensamblaje mediante relaciones de posición, como por ejemplo las Concéntricas y las Coincidentes. Las relaciones de posición definen la dirección permitida de movimiento de los componentes.

Con herramientas como Mover componente o Girar componente, puede ver cómo funcionan las piezas de un ensamblaje en un contexto en 3D. Para asegurarse de que el ensamblaje funcione correctamente, puede utilizar herramientas de ensamblaje como Detección de

colisión. La detección de colisión le permite detectar las colisiones con otros componentes que pudieran producirse al mover o girar un componente.

4.2.1 Dibujo de la estructura

Los dibujos se crean a partir de modelos de pieza o de ensamblaje. Los dibujos pueden verse en varias vistas como las 3 vistas estándar y las vistas isométricas (3D). Si lo desea, puede importar cotas desde el documento de modelo y agregar anotaciones como símbolos de datos indicativos. En la figura 4.1 se muestra la vista isométrica (3D) del diseño de la cabeza robótica realizado.

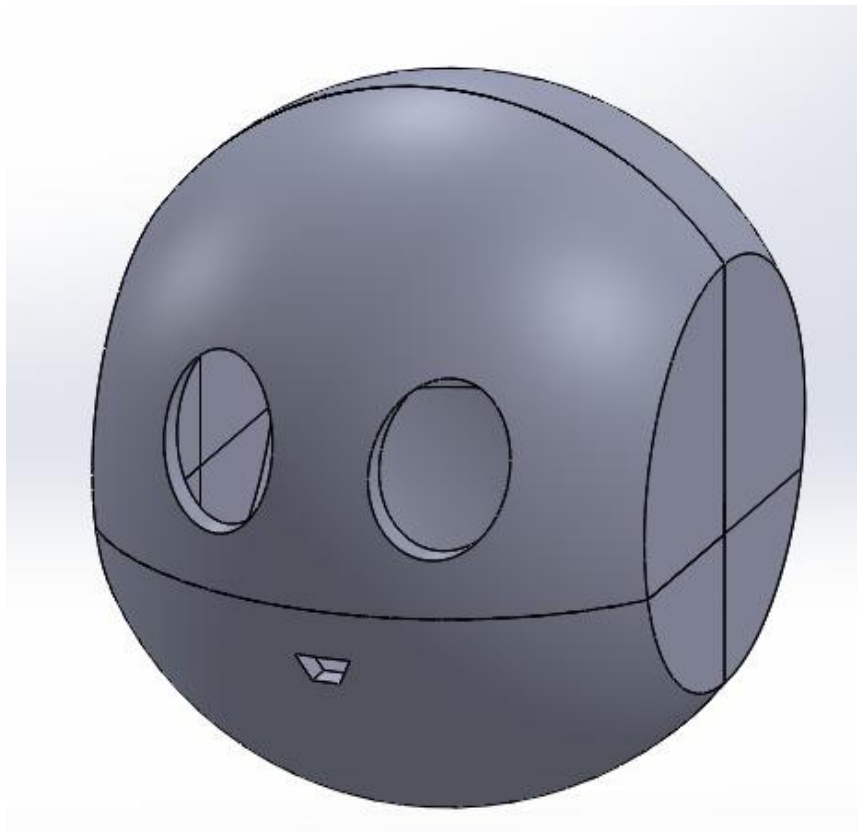


Fig. 4.1 vista isométrica (3D) del diseño de la cabeza robótica.

Utilizando el gestor de diseño del FeatureManager y el PropertyManager de SOLIDWORKS se edita el croquis, dibujos, piezas o ensamblajes de la cabeza robotica. También se editaron operaciones y croquis seleccionándolos directamente en la zona de gráficos.

El software permite editar las entidades de croquis, cambiar las cotas, ver o eliminar las relaciones existentes, agregar nuevas relaciones entre las entidades del croquis o cambiar el tamaño de las vistas de las cotas. También puede seleccionar la operación que desea editar directamente en la zona de gráficos.

4.3 Uso de la impresora

La impresora se debe usar en un área ventilada el proceso de calentamiento del filamento puede producir olores extraños, pero no tóxicos, el contar con un área ventilada se asegura evitar este tipo de molestias.

Solo puede usar el filamento específico XYZprinting. Algunas veces la impresora es movida por su mismo funcionamiento, por lo que es necesario que se encuentre en una superficie segura.

La impresora ya es calibrada y ajustada de fábrica, por lo que no es recomendable realizar calibraciones fuera de los parámetros determinados.

El software de la impresora se descarga de forma gratuita en línea. En la figura 4.2 se muestra la imagen frontal de la impresora DaVinci 1.0 AiO, tomada del manual de usuario.



Fig 4.2 imagen frontal de la impresora DaVinci 1.0 AiO [26]

A continuación, se describen los elementos señalados en la figura 4.2.

Display: Se encarga de presentar el estatus de la impresora

Teclado: Se utiliza para realizar las operaciones de la impresora

Módulo extrusor: Se encarga de imprimir los objetos 3D

Varilla del eje z: Se utilizar para calentar y mover la plataforma de impresión sobre este eje

Puerta de acceso: Se utiliza para operar y dar mantenimiento

Cama o plataforma de impresión: provee una superficie plana donde se trazan los modelos 3D.

Ranura de cartucho: Espacio que se utiliza para colocar el cartucho del filamento

Puerto USB: Usado para conectar el cable USB

Switch de encendido: Este se encarga de encender y apagar la impresora

Conector de alimentación o enchufe: es utilizado para conectar el cable de alimentación.

La impresora DaVinci 1.0 AiO cuenta con algunos aditamentos que ya vienen incluidos por el fabricante, los cuales se muestran en la figura 4.3

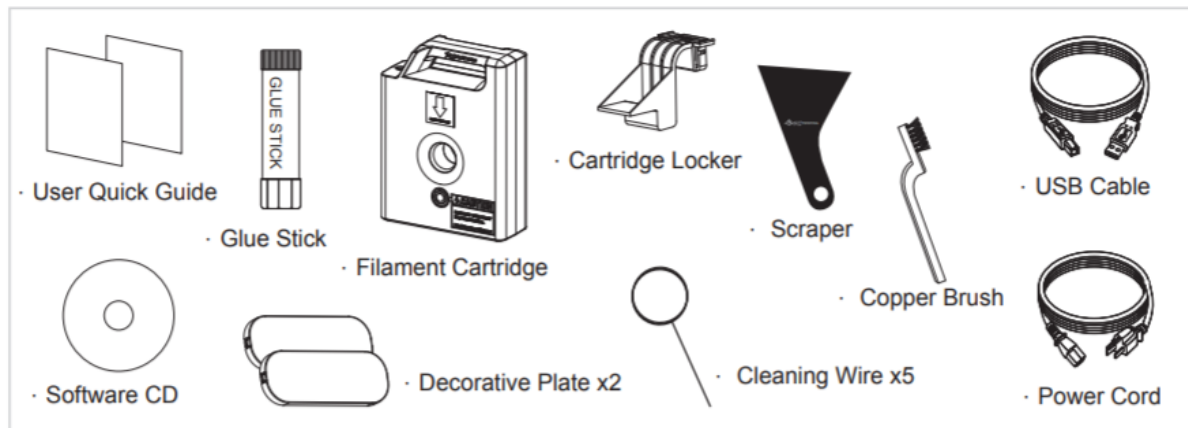


Fig 4.3 Aditamentos de la impresora DaVinci 1.0 AiO [26]

Los pasos para comenzar a utilizar la impresora se describen a continuación:

Carga del filamento

Remover la cinta y el seguro del cartucho del filamento como se muestra en la figura 4.4

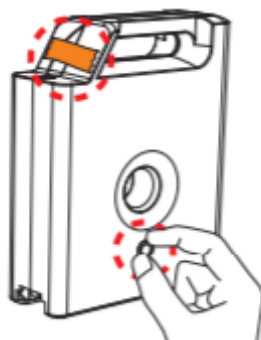


Fig 4.4 Preparación del cartucho [26]

Instalación de cartucho nuevo

Se coloca el cartucho de filamento en el espacio correspondiente, para lo que se recomienda colocar y empujar hasta que haga clic el bloqueador de cartucho en el espacio correspondiente como se muestra en la figura 4.5

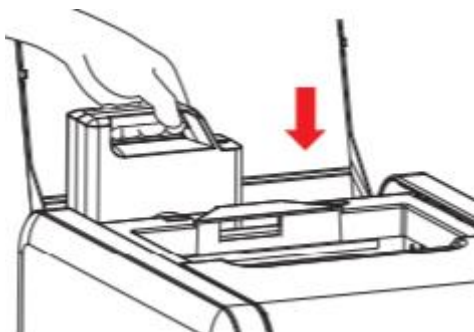


Fig 4.5 Instalación de cartucho [26]

Menú display (carga de cartucho)

Presionar el filamento de acuerdo con el tubo guía de filamento por el hoyo del extrusor y presionar la función cargar filamento en el menú del display. Como se muestra en la figura 4.6

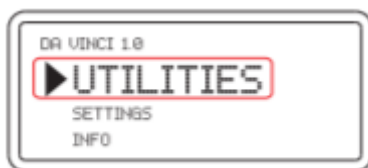


Fig 4.6 Display mostrando menú de carga de cartucho [26]

4.3.1 Pasos para utilizar la impresora

Antes de imprimir una pieza se recomienda aplicar una capa delgada de pegamento en barra sobre la cama de impresión, esta capa debe cubrir preferentemente solo el área de impresión.

Después de imprimir y remover el objeto impreso se recomienda limpiar la cama de impresión con un trapo húmedo.

La temperatura óptima de la habitación donde se ha colocado la impresora es de 15°C a 32°C. Si la temperatura sale de los rangos recomendados, puede impactar en la calidad de la impresión. A continuación, se muestran los pasos realizados durante la impresión:

1. Calibración

Para la calibración de la impresora se accede al menú que se muestra en el display, como evidencia fotográfica de las acciones realizadas se presentan las figuras 4.7 a 4.13.



Fig 4.7 Menú en el display de la impresora 3D Davinci 1.0 AiO

Dentro del Submenú de utilidades de la impresora 3D AiO podemos encontrar diferentes opciones como son cambiar cartucho, ejes a base, calibrar e imprimir ejemplo, después se seleccionó calibración, confirmación de calibración, y comenzó en proceso de calentamiento de el extrusor y la plataforma para realizar la calibración como se muestra en la figura 4.8.

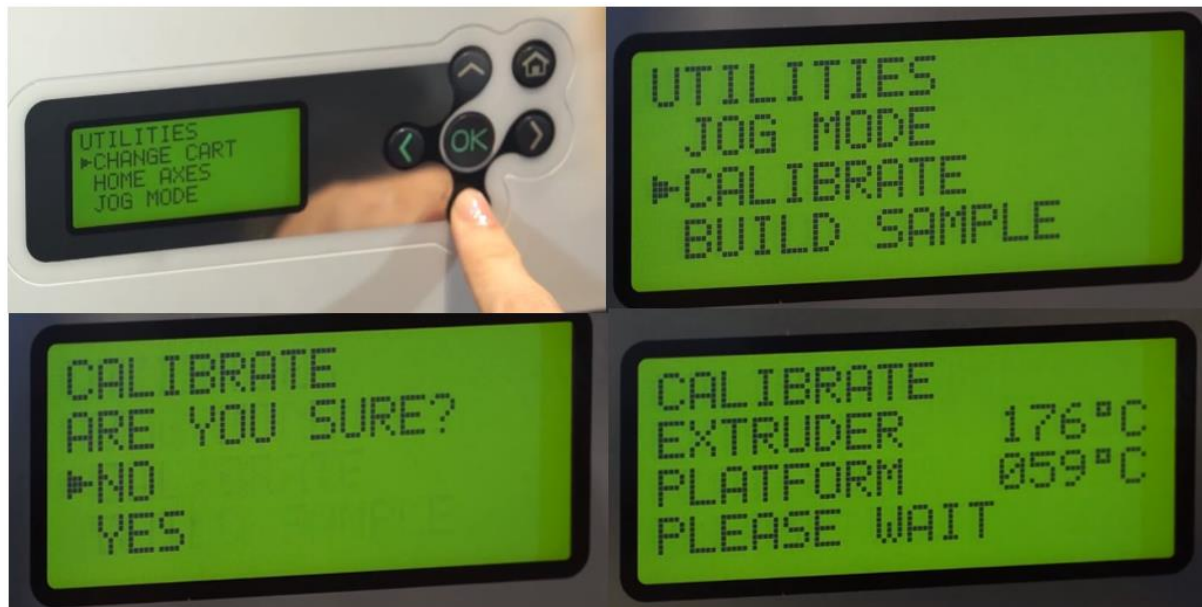


Fig 4.8 Submenú de utilidades de la impresora 3D AiO

El movimiento durante el proceso de calibración de la plataforma que se realiza sobre el eje (z) y el extrusor sobre los ejes (x,y), se muestra en la evidencia fotográfica de la Figura 4.9

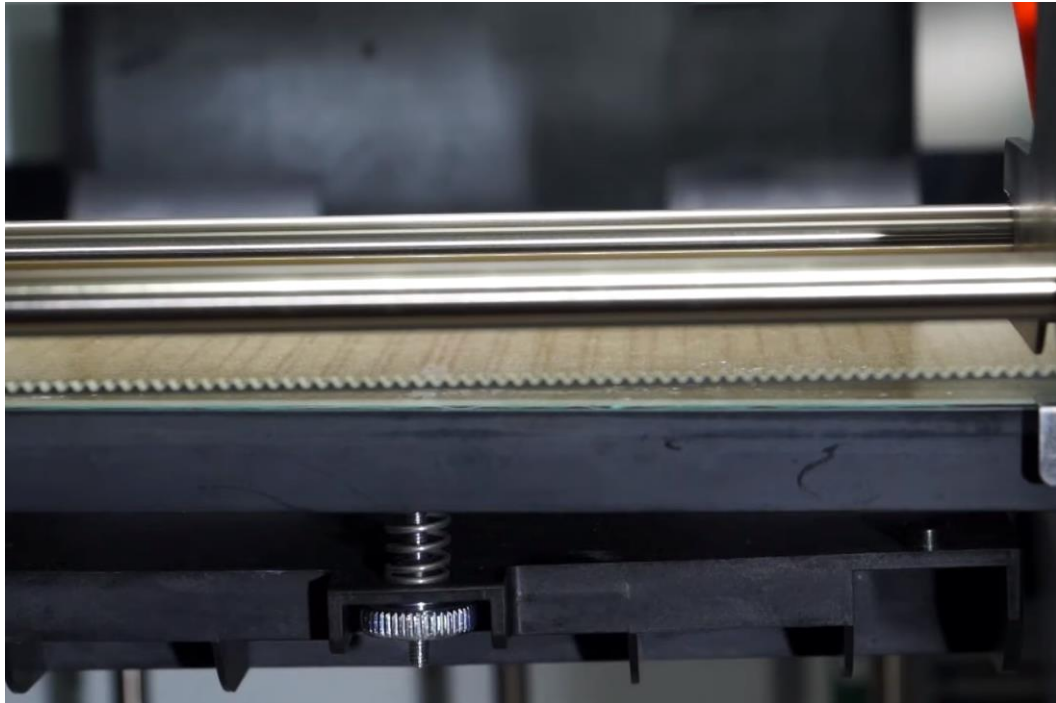


Fig 4.9 Proceso de calibración de la impresora 3D Davinci 1.0 AiO

Al finalizar el proceso de calibración, el sistema de la impresora envía un mensaje al display corroborando que el proceso se ha realizado de manera exitosa, como se muestra en la figura 4.10



Fig 4.10 Calibración completada y satisfactoria

2. Selección de archivos de impresión

Para seleccionar el archivo a imprimir, debe usar el software de impresión como se muestra en la figura 4.11

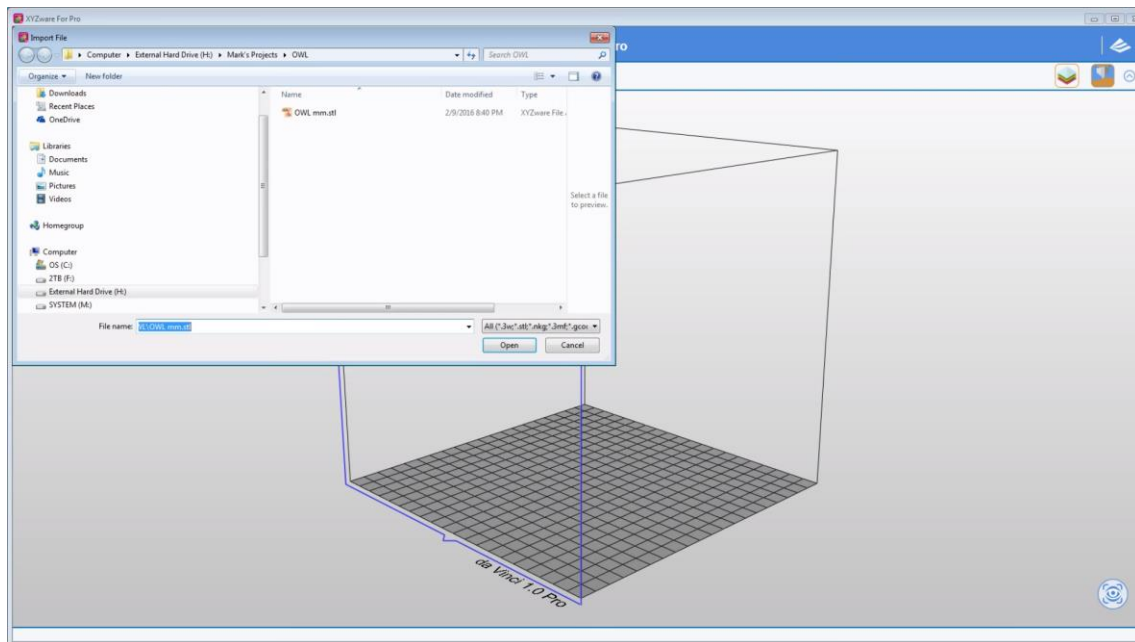


Fig 4.11 Selección del archivo en el menú importar

3. Selección de valores

Para seleccionar los valores que definen la calidad de la impresión, se accede al menú de impresión y se definen los parámetros de impresión en función de las necesidades de calidad, tiempo y costo en material de las piezas, como se muestra en la figura 4.12.

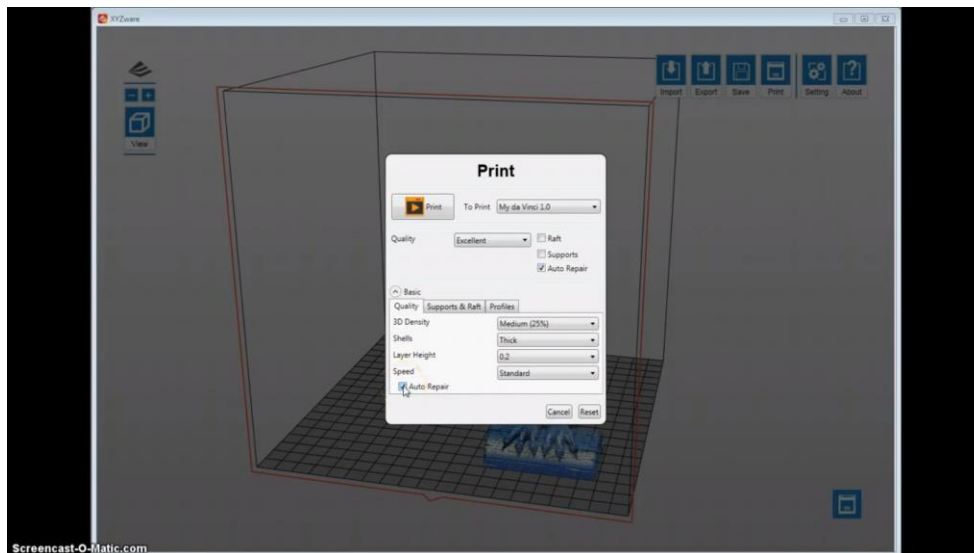


Fig 4.12 Menú Avanzado desplegado del software XYZware

4. Impresión

Para ordenar la impresión del modelo realizado, se selecciona la opción imprimir, el cual es el paso final y la máquina comenzará la impresión, como se muestra en la figura 4.13.

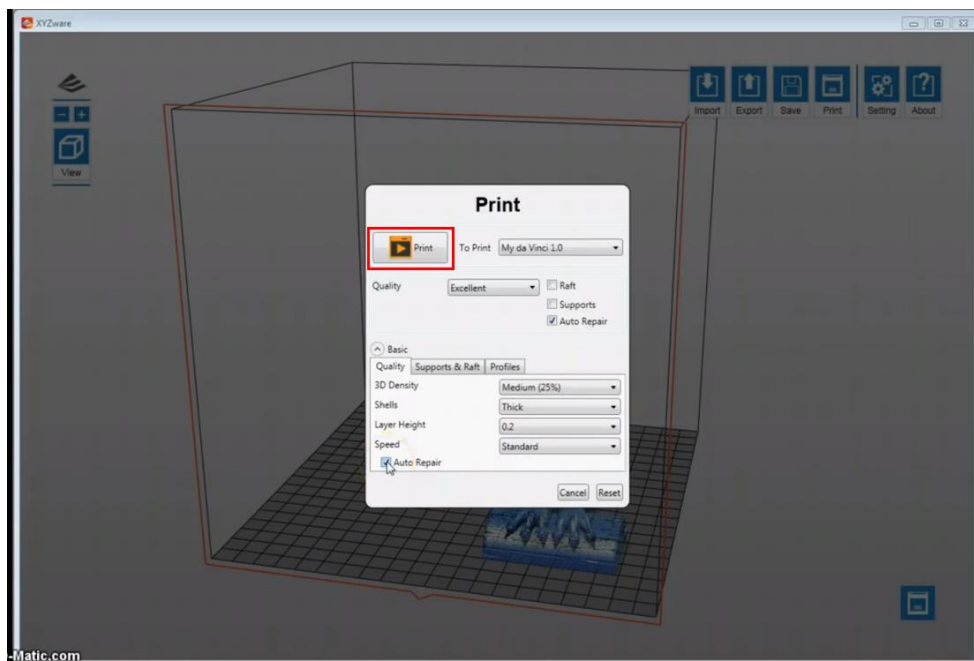


Fig 4.13 Botón (print) Impresión del software XYZware

Los pasos 1 a 4 se realizaron cada vez que se imprimió una pieza de la cabeza robótica. Se realizaron algunas pruebas que no se reportan en este documento ya que no cumplieron con las expectativas del diseño.

También se presentaron problemas con las dimensiones de la cabeza robótica, que exceden el área permitida por la cama de impresión. Por lo que se tomó la decisión de dividir la cabeza en 4 piezas. En la figura 4.14 se muestra la evidencia gráfica del proceso de impresión, en particular se muestra la etapa correspondiente a la parte frontal superior, donde se localizan las cavidades oculares de la cabeza robótica.



Fig 4.14 Evidencia fotográfica de la impresión de la parte frontal superior

El funcionamiento del sistema electrónico se trabajó en colaboración con el trabajo de tesis del compañero Eniac Saul Luna Hurtado. El sistema consiste en una cámara digital que se encargó de fotografiar el rostro de los usuarios, dichas imágenes se procesaron dentro del SE, el cual envió tres señales paralelas. Una señal corresponde al encendido de un LED que indica la finalización del proceso, otra señal muestra el resultado del procesamiento digital realizado (emulación de expresiones faciales), la señal restante corresponde a la reproducción de un audio expresando un mensaje al usuario. El diagrama de proceso a bloques de este sistema se muestra en la figura 4.15

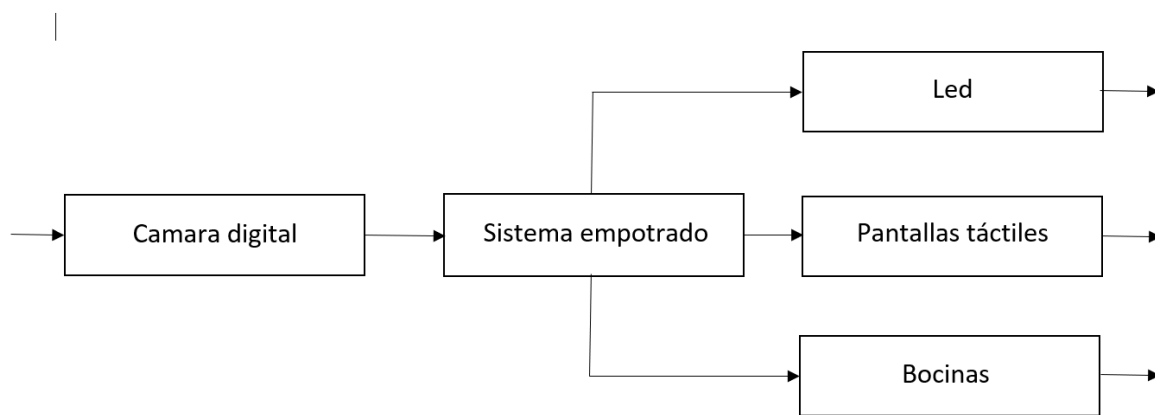


Fig 4.15 Diagrama de proceso a bloques

4.4 Ensamble

El ensamble de los dispositivos electrónicos se inició con la instalación del sistema operativo Raspbian en el sistema empotrado (raspberry), después se hicieron pruebas para comprobar el envío de señales por los puertos GPO utilizando un LED.

Se cableó y comprobó la comunicación entre la cámara digital y el sistema empotrado (SE), como se muestra en la figura 4.16 la conexión exitosa en la pantalla LCD.



Fig 4.16 Conexión entre el SE (raspberry) y cámara digital

Es importante mencionar que la etapa de ensamble electrónico se trabajó en conjunto con la tesis que desarrolló el compañero Eniac Saul Luna Hurtado, donde se podrá encontrar más información con respecto a esta etapa.

Capítulo 5

Resultados

Como resultados de la presente investigación en este capítulo se reporta:

La cabeza de un robot humanoide realizada mediante técnicas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y tecnología de impresión 3D, cuyo proceso de diseño se presentó en el Capítulo 3, el plano obtenido se muestra en la figura 5.1, las dimensiones son proporcionales a las de un infante.

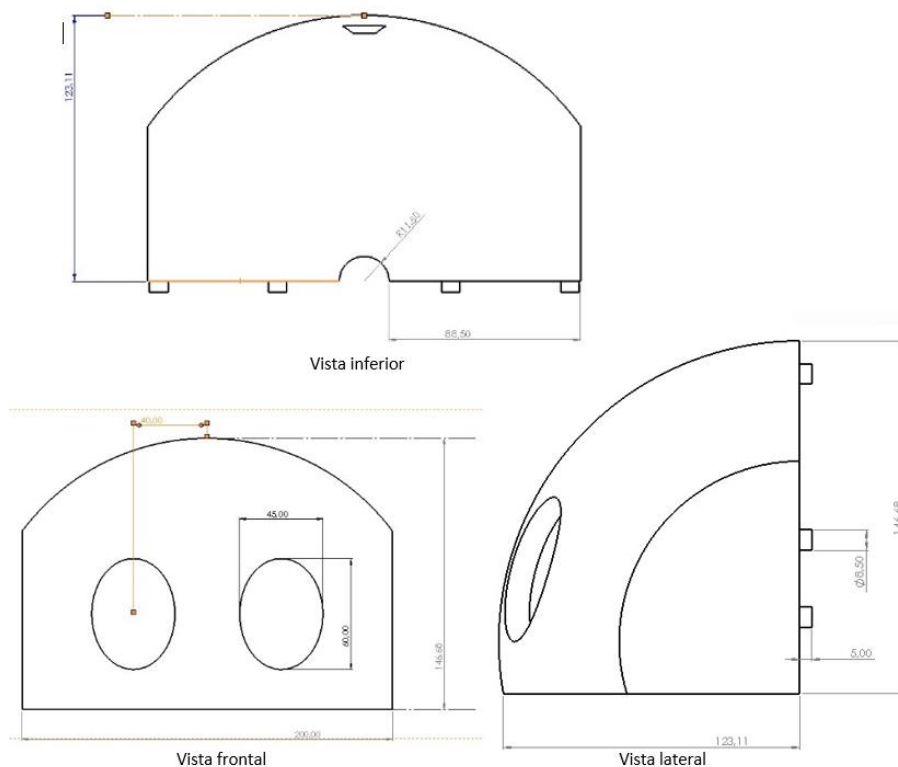


Fig. 5.1 Plano de la cabeza robótica realizado en software SolidWorks

Después de realizar cada una de las piezas de la cabeza robótica se realizó el ensamble de las mismas y se obtuvo el modelo 3D que se muestra en la figura 5.2. La cabeza es hueca ya que en su interior se colocará la parte electrónica que próximamente servirá para el reconocimiento, procesamiento y emulación de expresiones faciales. En las cavidades oculares se

realizaron los respectivos orificios para la integración de las pantallas que se encargarán de emular las expresiones faciales del robot.

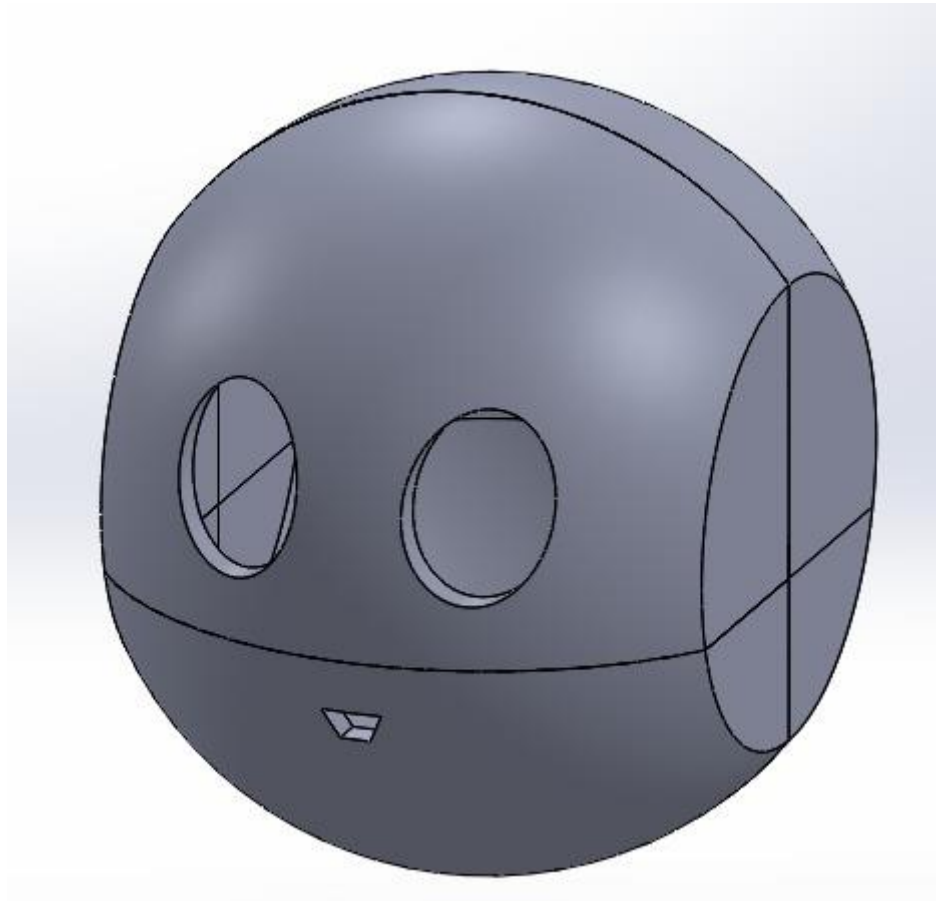


Fig.5.2. Modelado 3D de la cabeza robótica desarrollada en software SolidWorks

Durante el proceso de impresión de piezas debido a las limitaciones del área de impresión (Cama de impresión) de la impresora utilizada, se propuso dividir en 4 partes la cabeza, por lo que se hicieron cuatro procesos de impresión, como se observa en la figura 5.2.

Cada proceso se realizó en un tiempo aproximado de 48 Horas donde se presentaron algunas complicaciones como: calibración, días de impresión, aislamiento de la impresora, etc. Como prueba de una versión fallida donde la calidad de la impresión no fue la esperada debido a los factores antes mencionados se muestra la fotografía de la figura 5.3.



Fig. 5.3 Fotografía de impresión defectuosa

Después de un proceso de familiarización con el uso de la impresora 3D se obtuvieron las 4 piezas impresas en la calidad esperada (media) como evidencia se presenta la fotografía de la figura 5.4



Fig.5.4 Fotografía Impresión del primer cuadrante de la cabeza robótica.

Las características de la cabeza realizada se mostraron en el Capítulo 3, donde se menciona el material utilizado para la impresión, dimensiones y los componentes (software y hardware) necesarios para su funcionamiento, estos datos se pueden observar en la tabla 5.1.

tabla 5.1. Características de la cabeza robótica

Parámetro	Especificación
Materiales	Plástico ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)
Altura	249.47 mm
Longitud	200.0 mm
Ancho	246.22 mm
Peso	7 kg
Velocidad de rotación	0.22sec/60grados (4.8V), 0.19sec/60grados(6V)
Grados de libertad	1
Alimentación	Bateria Lipo 4000mah 11.1v 3s 12c Turnigy Dron Robotica Rc Pack Size: 107 x 40 x 35mm
Sistema empotrado	Raspberry pi Zero (1GHz single-core CPU,512MB RAM
Software	Python
Servomotor	12v 4000mAh
Pantallas	táctiles resistivas LCD de 2.4 pulgadas.

El prototipo no pudo ser probado ante usuarios potenciales debido a la pandemia provocada por la COVID-19.

Conclusiones

Se corroboró la importancia y actualidad de la robótica social ya que se encontraron artículos científicos relacionados con la aplicación de los robots de acompañamiento a personas mayores de edad, seres humanos con falta de atención, soledad o depresión y niños con autismo. Los resultados indican que la interacción con los Robots aumentó las habilidades sociales, mejoras

al estrés y contribuyen a la sensación de presencia social, lo que evidencia a los robots sociales como agentes que pueden mejorar el compromiso comunitario y la conexión social.

El desarrollo del presente trabajo comenzó con una idea general donde se determinaron las funciones y aplicación del robot, el diseño en software que permitió realizar el modelo a imprimir y se determinaron dimensiones, colisiones, materiales y funcionamiento. El software CAD permite evitar pérdidas de tiempo y costos de construcción de piezas del prototipo. La última etapa correspondió a ensamblar las piezas del robot y verificar sus dimensiones.

Se puede concluir que es un trabajo con grandes alcances ya que en situaciones de soledad puede ser una buena compañía, teniendo por ejemplo en la actual cuarentena dado el virus del COVID-19 se han utilizado en diferentes países la implementación de robots sociales, los cuales pueden ayudar a disminuir la soledad de las personas que se encuentran encerradas.

Trabajo futuro

Desarrollar el cuerpo y ensamblarlo con el trabajo realizado en la presente tesis para conformar un robot humanoide.

Realizar pruebas ante usuarios potenciales, evaluar la aceptación y usabilidad del robot.

Aumentar nuevas funciones al robot, como hablar, luces, movimiento básicos y caminata.

- [1] Flatley Brennan, P. (2017). Depresión en los adultos mayores: MedlinePlus enciclopedia médica. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001521.htm>
- [2] Wada, K., & Shibata, T. (2007, 1 octubre). Living With Seal Robots—Its Sociopsychological and Physiological Influences on the Elderly at a Care House - IEEE Journals & Magazine. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4339551>
- [3] Heerink, M., Kröse, B., Wielinga, B., & Evers, V. (2008, 1 marzo). Enjoyment, intention to use and actual use of a conversational robot by elderly people - IEEE Conference Publication. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6249423>
- [4] Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2009, 23 noviembre). RUA: The influence of social presence on acceptance of a companion robot by older people. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/12586>
- [5] Klammer, T., & Allouch, S. B. (2010, 1 marzo). Acceptance and use of a social robot by elderly users in a domestic environment - IEEE Conference Publication. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5482303>
- [6] Ostrowski, A. K., DiPaola, D., Partridge, E., Park, H. W., & Breazeal, C. (2019, 30 abril). Older Adults Living With Social Robots: Promoting Social Connectedness in Long-Term Communities - IEEE Journals & Magazine. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8703390>
- [7] Moriello, S. (2019, 14 junio). Robots sociales, la nueva generación • Tendencias21. https://tendencias21.levante-emv.com/robots-sociales-la-nueva-generacion_a2833.html

- [8] Abel, G. (2014). Abel García Nájera - Robótica social. Robótica social.
<https://www.abelgarcia.mx/robotica-social>
- [9] Julián, P., & Ana, G. (2018). Definición de humanoide — Definicion.de. Definición.de.
<https://definicion.de/humanoide/>
- [10] - Asale, R. (s. f.). humanoide | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/humanoide>
- [11] ¿Qué es humanoide? Definición, concepto y significado. (2016, 30 enero).
DiccionarioActual. <https://diccionarioactual.com/humanoide/>
- [12] McComb G. (2018) Robots Builder's Bonanza, New York, EUA: McGraw-Hill
Education.
- [13] SoftBank Robotics. (2018). NAO the humanoid and programmable robot | SoftBank
Robotics. <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>
- [14] - Asale, R. (s. f.-a). cabeza | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua
española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/cabeza>
- [15] Julián, P., & Ana, G. (2011). Definición de cabeza — Definicion.de. Definición.de.
<https://definicion.de/cabeza/>

- [16] designthemes. (2019, 25 octubre). Matriz LED de 8×8. Tienda y Tutoriales Arduino.
<https://www.prometec.net/matriz-led-8x8/>
- [17] González, A. G. (2016, 4 diciembre). ¿Qué es y cómo funciona un servomotor? Panama Hitek. <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- [18] Martin, R. (s. f.). Sistemas Empotrados. Sistemas Empotrados.
<http://personales.upv.es/rmartin/elixir/tema1/sisempotrados.html>
- [19] Juan, Z. (2020). Sistemas Empotrados y ubicuos. SistemasEmpotradosyubicuos.
<https://www.datsi.fi.upm.es/docencia/SEUM/>
- [20] Raspberry Pi Foundation. (2015, 20 agosto). What is a Raspberry Pi? Raspberry Pi.
<https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
- [21] Martines Torres, M. (2012). Psicología de la Comunicacion (Ed. rev.). Recuperado de
http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30802/7/PsicologiaComunicaci%C3%B3nMartinez_M.pdf
- [22] García-Allen, J., & García-Allen, J. (2020, 8 noviembre). Psicología del color: significado y curiosidades de los colores. Psicología y Mente.
<https://psicologiaymente.com/miscelanea/psicologia-color-significado>

[23] Corbin, J. A., & Corbin, J. A. (2020, 8 noviembre). Psicología emocional: principales teorías de la emoción. Psicología y Mente.
<https://psicologiaymente.com/psicologia/psicologia-emocional>

[24] M. (2020, 2 abril). Python: ¿Qué es? ¿Cuáles son sus características y ventajas? Pythones.
<https://pythones.net/que-es-python-y-sus-caracteristicas/>

[25] Dassault Systemes SolidWorks Corporation. (s. f.). Introduccion a SolidWorks (1.a ed., Vol. 1). SolidWorks.

[26] XYZPrinting. (s. f.). da Vinci 1.0 User Manual (1.a ed., Vol. 1). XYZPrinting.
<https://www.xyzprinting.com/en-US/product/da-vinci-1-0-aio>