



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Silla de ruedas controlada por algoritmo de visión artificial
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería y aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Byron Orlando Machay Tisalema
Tutor/a:
Wilmer Fabián Albarracín Guarochico

Quito – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabián Albarracín Guarochico** con C.I: **1713341152** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Silla de ruedas controlado por algoritmo de visión artificial.**

Elaborado por: **Byron Orlando Machay Tisalema**, de C.I: **0503641391**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 12, septiembre de 2022

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Byron Orlando Machay Tisalema** con C.I: **0503641391**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Silla de ruedas controlada por algoritmo de visión artificial**. Previo a la obtención del título de Magister en electrónica y automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M. 12, septiembre de 2022

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE.....	iii
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos	5
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.1. Contextualización general del estado del arte.....	6
1.2. Proceso investigativo metodológico	8
CAPÍTULO II: PROPUESTA	10
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	10
2.2 Descripción de la propuesta	23
2.3 Validación de la propuesta	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	48
2.5 Análisis de resultados.	49
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	56

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de perfil de validadores	45
Tabla 2 Criterios de evaluación	46
Tabla 3 Escala de evaluación por parte del Mg. Darío Morales	46
Tabla 4 Escala de evaluación por parte del Mg. Darwin Tituaña	46
Tabla 5 Escala de evaluación por parte del Mg. Luis Toca	47
Tabla 6 Matriz de articulación	48
Tabla 7 Movimiento del motor.....	49
Tabla 8 Control de Joystick.....	50
Tabla 9 Definición de coordenadas	50

Índice de figuras

Figura 1 Silla de ruedas	11
Figura 2 Silla de ruedas eléctrica	12
Figura 3 Adquisición y procesamiento de imagen	13
Figura 4 Adquisición de imagen	13
Figura 5 Versión de Python	15
Figura 6 Programación PyCharm	16
Figura 7 Versión OpenCv	17
Figura 8 Media Pipe.....	18
Figura 9 Programación de detección de imagen	19
Figura 10 Arduino Uno	20
Figura 11 Bloque de relés y Arduino	21
Figura 12 Servomotor sg90	21
Figura 13 Impresora 3D	22
Figura 14 Diagrama de flujo con visión artificial.....	24
Figura 15 Diagrama de flujo del procesamiento de imagen	25
Figura 16 Diagrama de control de la silla por Joystick.....	27
Figura 17 Puente H.....	28
Figura 18 Diagrama de funcionamiento de motores por relés	28
Figura 19 Descarga de Python	29
Figura 20 Descarga de OpenCv.....	30
Figura 21 Mecanismo de Joystick.....	36
Figura 22 Software Ultimaker Cura	37
Figura 23 Impresión 3D	37
Figura 24 Montaje del mecanismo	38
Figura 25 Arduino y servomotores	39
Figura 26 Montaje de la tarjeta Arduino	39
Figura 27 Mecanismo funcional	40
Figura 28 Silla de ruedas de bambú.....	43
Figura 29 Montaje de motores.....	43
Figura 30 Arduino y puente H	44
Figura 31 Silla de bambú con energía solar	45

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

El proyecto de investigación está enfocado en el desarrollo de un algoritmo de visión artificial que permita tener el control de una silla de ruedas, mediante la detección del rostro según su posición; estas son: frontal, derecha, izquierda, arriba y abajo, el desarrollo de este algoritmo se da debido a un porcentaje de personas con paraplejia, el algoritmo de visión artificial se pretende emplear por la causa antes mencionada y la cantidad de esfuerzo físico que representa mover y controlar una silla de ruedas de manera manual. Un valor agregado de la silla de ruedas, es que la energía suministrada para el consumo de los motores eléctricos es por medio de la energía renovable, es decir, por medio paneles solares y la construcción de la silla de ruedas es mediante la caña de bambú.

El control de las sillas eléctricas en la actualidad son mediante la palanca joystick, por lo que el proyecto también tiene como fin realizar una adaptación, de un sistema eléctrico que permita el control por medio de la visión artificial, es decir, empleando la posición del rostro. En esta adaptación se puede beneficiar a las empresas vendedoras de este tipo de producto, que pueden tener como un valor agregado la venta de su producto. La creación del algoritmo de visión artificial será por medio del programa informático PyCharm, que facilitará el lenguaje de programación de Python, este programa permitirá ejecutar una comunicación con la tarjeta Arduino Uno, que tiene un software libre.

El control de la silla de ruedas por medio de la visión artificial será directamente por la persona con capacidad física, ya que será de uso personal, no requiere de un operario extra, ayudantes o personas ajenas para su manipulación, el control solo dependerá de la ubicación correcta del rostro. Strassburger et al., (2004) También el uso de la silla de ruedas dependerá del nivel o grado de paraplejia que tenga una persona, ya que están evaluadas desde el nivel 1 hasta el nivel 5. El control de cualquier silla puede ser de manera manual o automática, es decir que la persona con discapacidad puede realizar su movimiento sin esfuerzo físico, pero también tiene la posibilidad de realizar de manera manual en caso de ser necesario. Este control dependerá del espacio físico en el que se encuentre o a su vez que por fallas eléctricas no pueda realizar el desplazamiento. El impacto del control de la silla de ruedas dependerá mucho de la promoción de los vendedores del producto con este valor agregado, y también dependerá del cliente, es decir, si la persona tiene una discapacidad física severa, en la que no tenga movilidad en sus extremidades superiores e inferiores.

Problema de investigación

Actualmente, a nivel mundial una lesión de la médula espinal (LME) se ha convertido en un trastorno físico, psicológico y de vida de una persona, por lo que se ve obligado a utilizar una silla de rueda de por vida, el uso de estas sillas de ruedas ha iniciado desde un proceso rudimentario, y hoy en la actualidad el uso de la silla de rueda eléctrica. En estos últimos años a nivel mundial se habla de un crecimiento de LME, y que la supervivencia y las condiciones de vida son muy escasas, según el (The international Spinal Cord Society, 2016) el 88% de personas con paraplejia tienen una vida relativamente normal, pero en países bajo y medios económicamente son extremadamente bajas el porcentaje, porque en su mayoría no disponen de una silla de ruedas. En el Ecuador existe personas con paraplejia y sin extremidades superiores, (MIES, 2022) sostiene que en el Ecuador existen 471.205 personas con discapacidad, de las cuales el 45,66% tiene una discapacidad física, y lo restante tienen discapacidad intelectual, auditiva, visual y psicológica;

Consideran la realidad de las personas con paraplejia o un grado de discapacidad severa, donde una persona no puede tener movimiento en sus extremidades inferiores y en casos mayores no tener extremidades superiores, el único medio de movilidad será por utilizando una silla de ruedas, pero en la actualidad, en su mayoría son sillas eléctricas que depende del control por medio de sus manos, lo cual se mueve imposible a una personas con este tipo de grado discapacidad, poder trasladarse a algún lugar por sus propios medios y siempre dependerá de una persona extra. Por lo tanto, si una persona con este tipo de discapacidad, aunque disponga de una silla de ruedas va a ser imposible que pueda tener algún control sobre ello, ya que los únicos medios de control van a ser por medio de comandos de voz y visión artificial.

Además, en total las sillas eléctricas existentes en el mercado tienen un grado de impacto ambiental elevado y que decir de su costo, por lo que existen personas que no pueden acceder a estos implementos, que permiten mejorar la calidad de vida. En base a esta problemática, también se pretende la construcción de estos medios de movilidad mediante el uso de la caña de bambú, y de esa manera utilizar medios ecológicos, y por otro lado que el uso de la energía eléctrica empleada en la silla de ruedas sea con energía solar fotovoltaica.

Al considerar esta problemática, se plantea dos medios de posibles soluciones y mejoramientos en su presentación, para dar solución a la primera problemática es la creación de un algoritmos de programación informático por medio de PyCharm y la comunicación con la tarjeta Arduino para por control de la silla de ruedas por medio de visión artificial, se pretende que los movimientos de la silla rueda sea por el movimiento del rostro de la persona que va

hacer el uso, por ejemplo si la persona mueve una parte del rostro o cuerpo al lado derecho, izquierdo y arriba, la silla de ruedas también tendrá esa dirección de movimiento. Todo este sistema de control de los motores de corriente continua suministrada por el banco de baterías, será por medio de un bloque de relés.

Para solventar la segunda problemática del costo y consumo de energía eléctrica, se pretende la construcción de la estructura de la silla por medio de la caña de bambú, que tiene una resistencia de igual similitud al acero, por lo que se abaratan los costos. Además, que el sistema de consumo de energía sea por medio de paneles solares fotovoltaicos y que la carga y suministro de energía, será por medio de la energía solar. Y de igual manera que el control y direccionamiento de la silla de ruedas será por medio de visión artificial, con la detección de la posición o movimiento del rostro.

Objetivo general

Implementar un algoritmo de visión artificial para el control de una silla de ruedas mediante el programa informático PyCharm y Arduino.

Objetivos específicos

- Fundamentar teóricamente la visión artificial y sus aplicaciones en el área de control.
- Determinar el algoritmo de visión artificial para el control de una silla de ruedas eléctrica.
- Desarrolla la programación de algoritmo de visión artificial en el software informático PyCharm y la comunicación con la tarjeta Arduino.
- Implementar el sistema mecánico de control del movimiento de la silla de ruedas por medio de impresión 3D.
- Validar el sistema de control de la silla de rueda con visión artificial mediante pruebas de funcionamiento.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

El proyecto representa un aporte social para todas las personas que sufren de paraplejia y tiene problemas de movimiento de sus extremidades superiores, ya que con esto se pretende incluir a la sociedad a las personas con este tipo de problemas, y lo más importante mejorar la calidad de vida y que su traslado de un lugar a otro sea de manera personal. Uno de los beneficiarios directos serían las empresas destinadas a las ventas de silla de ruedas, lo cual el control por visión artificial podría ser un adherente en fin comercial. El construir una silla de ruedas por medio de caña de bambú y emplear el sistema eléctrico por medio de energía renovable, también permite reducir en un porcentaje la contaminación ambiental, eso por el simple hecho que se dejaría minimizar el uso del acero.

El proyecto no solo tiene un fin en el área comercial, sino que más bien tiene un fin social, ya que este tipo de control de la silla de rueda puede ser implementado en cualquier silla eléctrica adquirida en el mercado, por lo que el control de visión artificial es un complemento adaptable al sistema eléctrico y lo podrán implementar con el objetivo de mejorar la calidad de vida que una persona que tenga paraplejia e inmovilidad de extremidades superiores. Por lo tanto, el proyecto se ve sustentable al ayudar a una persona y ser de libre acceso a la información.

El proyecto del control de la silla de ruedas, los beneficiarios directos serían las personas con paraplejia y con inmovilidad de extremidades superiores, si es bien no se tienen una base de datos exactos de todas las personas que tienen esta discapacidad del Ecuador.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

La implementación de la visión artificial se ha implementado en muchas áreas como, por ejemplo: procesos industriales, medicina, robótica, control de motores, dosificadores, clasificadores de productos por color, etc. Uno de los fines más comunes de la inteligencia artificial ha sido empleado para el control de las sillas de ruedas para personas parapléjicas, ya que este mecanismo le permite controlar el dispositivo por medio de detección del rostro. Otech (n.d.) sostiene que una silla de ruedas, el control es por detección de gestos de una persona permite que se traslade de un espacio a otro sin necesidad de personas externas, pero el costo es algo que asombra a algún usuario, el costo está aproximado a \$1994; sin importar el costo se determina como una nueva movilidad que aprovecha lo último de la tecnología.

Todos los proyectos desarrollados hasta la actualidad con relación al control de una silla de ruedas han tenido como objetivo mejorar la calidad de vida de una persona, y que pueda moverse de manera autónoma. Los estudios para este control han empezado desde la construcción de una silla rueda eléctrica, de los cuales al pasar los años se ha desarrollado adaptaciones para su control como por ejemplo el control por medio de comandos de voz, acelerómetro, por app del teléfono celular y la inteligencia artificial. Minguez et al. (2005) menciona que las ventajas del control por medio de comandos de voz permiten una mejor interacción y control de una silla de ruedas; en la que una persona con discapacidad severa lo podrá realizar, este proyecto tiene como fin la ayuda a niños discapacitados y con educación especial de Alborada de Zaragoza. Montico & di Leo (2015) sostiene que una silla de ruedas comandada por voz, permite la interfaz hombre máquinas y si comunicación es bilateral, ya que permite que una mejor interacción, y sostiene que son proyecto que permite mejorar la viabilidad de traslado de una persona con paraplejia.

El control de las sillas de ruedas, también ha sido controladas por medio remotos o por medio de tecnología inalámbrica, Jimenez (2017) menciona que el sistema mecatrónico conectado a través del bluetooth permite el control de una silla de ruedas, esta es por medio de un dispositivo electrónico como un brazalete, que permitirá realizar este tipo de actividad. Este control está basado en un modelado matemático del robot, en la que permite posicionar según su ubicación y centro de masa. Este proyecto ayuda las personas que sufren paraplejia, es decir que no tienen movimiento de extremidades inferiores, pero para obtener el control de la silla, el usuario si debe tener en control y movimiento de sus extremidades superiores, ya que el brazalete estará colocado en una de las dos manos.

El control de la silla de ruedas eléctricas más novedosa de los últimos años, es el control por medio de una visión artificial, en la que el usuario lo puede realizar por medio de gestos, este proyecto está enfocado a las personas que tienen tetraplejia, es decir, no tienen movimiento de sus extremidades superiores e inferiores. Rechy et al, (2015) sostiene una silla de ruedas que tiene el control por medio de expresiones faciales y movimientos de la cabeza, permite que una persona con tetraplejia lo pueda utilizar, estos controles están basados en inteligencia y visión artificial, en la que un programa informático permite detectar los gestos de una persona para controlar el movimiento mecánico. Por ejemplo, si la persona sonríe, la silla tendrá un movimiento frontal, al cerrar el ojo derecho, la silla se moverá al lado derecho, al cerrar el ojo izquierdo, la silla realizará un movimiento al lado izquierdo, al abrir la boca la silla podrá detenerse. Este tipo de control tiene una interfaz por computador para poder realizar la comunicación con el control de Joystick de la silla de ruedas.

Una silla también puede ser controlada por gestos configurables y sus movimientos controlados por detección de rostros, una de ellas y la más completa de lo que va del año es la silla de ruedas wheelie 7, Hoobox (2022) sostiene que la importancia de este proyecto es cubrir la necesidad de 288000 personas que sufren de paraplejia, esta silla de ruedas llamada wheelie 7, es la primera silla de ruedas que permite el control de la máquina por medio de la expresión facial, esta silla de ruedas pertenece a la empresa Hoobox que trabaja con los procesadores de Intel. Esta silla de ruedas es controlada en tiempo real, esto es gracias a sus algoritmos de inteligencia artificial, su control está basado directamente al joystick de la silla y puede ser adaptable a cualquiera de las sillas, STRAMMER (2022) pero un problema es el costo en el mercado, ya que existen personas de bajo recurso económico incapaces de poder acceder a este servicio, este servicio parte desde una suscripción de \$300 al mes, lo cual es el costo por el servicio de Intel.

En la actualidad existen varios proyectos en los que se está empleando la visión artificial en la Universidad Israel, uno de ellos es un prototipo Palomino (2018) para la clasificación hospitalaria mediante etiquetas de colores y utilizando la visión artificial, este proyecto está fundamentado en detectar los colores de las etiquetas y clasificar el producto dependiendo del color que tenga, para este trabajo está implementada una tarjeta Arduino, el cual es un procesador que permite realizar el trabajo, este proyecto permitirá basarse en la programación y conexión del servomotor para realizar el movimiento y control de la silla de ruedas, ya que lo interesante es la visión y detección del objeto por medio de una cámara.

La visión artificial no solamente está enfocada al área industrial, también está centrada en el monitoreo y control de video vigilancia en centros de Educación Inicial, uno de los proyectos con este fin es desarrollado en la Universidad Israel, Arellano (2020) el proyecto de vigilancia tiene como elemento fundamental para el funcionamiento la tarjeta Arduino Uno, el resultado de este proyecto es la detección y reconocimiento facial de una persona para permitir el ingreso a la institución, el lenguaje de programación empleando para el respectivo funcionamiento fue Python, la comunicación para el funcionamiento es por medio de los puertos USB.

En la aplicación de la inteligencia y visión artificial se han desarrollado Chinchero (2019) dispositivos capaz de convertir imágenes con texto en audio, esto para que las personas no videntes pueden realizar una mejor interacción, en el desarrollo de este proyecto para la visión artificial se han empleado librerías para el reconocimiento de imágenes como es OpenCv, Espeak y el lenguaje de programación que es Python, reconociendo de esta manera que la librería OpenCv permitirá tener una comunicación con la cámara y poder reconocer las imágenes que se desean convertir en audio.

En el proyecto de una silla de ruedas controlada por medio de visión artificial, se desarrollará mediante con la plataforma Python y el software informático Pycharm, para el funcionamiento y reconocimiento de rostro se utilizará la plataforma OpenCv, mediapipe y la comunicación serial. La comunicación serial se desarrollará entre la tarjeta Arduino Uno y el software informático Pycharm. Esta comunicación se dará cuando se identifique un rostro de una persona.

1.2. Proceso investigativo metodológico

El proyecto de investigación tiene un enfoque cualitativo, por el cual el proyecto se analizará por medio de la versión de una persona, y permitirá verificar y comprender la información emitida por una persona. También tiene este tipo de enfoque, por ser un tema de investigación poco estudiado y está relacionado con beneficio social de una persona con paraplejia. Lecanda & Garrido (2020) sostiene que una investigación de enfoque cualitativo debe tener un diseño de investigación flexible y realizar el estudio a una persona con relación al pasado. El método a emplear en el proyecto de investigación es el deductivo, considerando que permitirá extraer una conclusión con base en una serie de proposiciones que se asumen o consideran verdaderas.

Se emplea una investigación de tipo experimental, el cual tiene como objetivo desarrollar el control de una silla de ruedas mediante la creación de algoritmos en Pycharm mediante los

movimientos del rostro de una persona, además permitirá validar las características de funcionamiento de la silla de ruedas.

1.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Se emplea la técnica de la entrevista, con el respectivo instrumento que es la guía de entrevista, que permitirá recolectar información sobre el funcionamiento de una silla de ruedas eléctrica simple y poder emplear un sistema de control por medio de la visión artificial. El registro de la guía de entrevista será estructurado con su respectivo cuestionario de preguntas abiertas, que ayudará a comprobar las mejoras y la factibilidad del funcionamiento de una silla eléctrica simple, también permitirá comprobar el funcionamiento de una silla de ruedas alimentada con energía solar fotovoltaica.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

1. Introducción

La silla de ruedas controlada por un algoritmo de visión artificial está formada por un sistema mecánico, electrónico e informático. La parte mecánica se tiene como fin realizar un mecanismo que ejecute una condición de movimientos por articulaciones, por lo cual el joystick da señales para el movimiento a los motores eléctricos, además, la parte mecánica también estará centrada en la estructura mecánica de la silla de rueda que está compuesta por el bambú. El sistema eléctrico consta en la señal enviada desde la tarjeta Arduino a un bloque de relés, los cuales permitirán abrir o cerrar un contacto para el bloque H que tiene como fin la inversión de giro de los motores para el movimiento de la silla de ruedas, estas sean, adelante, atrás, derecha e izquierda. El control de la silla de rueda es mediante la visión artificial, esto se da mediante el software informático PyCharm, para poder adquirir y procesar señales de imágenes, es necesario la librería OpenCv, mediapipe y la comunicación con el Arduino para su correcto funcionamiento.

2. Silla de ruedas

Una silla de ruedas es un mecanismo que tiene como fin una ayuda técnica para una persona parapléjica, OMS (2016) sostiene que las sillas de ruedas son controladas por el propio usuario o puede ser conducida por una persona externa este mecanismo. La silla de rueda está conformada por asientos fijos para que la persona pueda trasladarse de un lugar a otro, con el objetivo de movilizarse por sus propios medios. En el mercado existen varios tipos y modelos de sillas de ruedas, MEDICU (2022) menciona que eso depende de la persona si es adulta, niño o anciano, por lo tanto, el sistema de movilidad está creado dependiendo a la persona, incluso influye el tamaño.

Las partes de una silla de rueda puede ser modificadas dependiendo a las personas, Senadis (2008) menciona que consta de mecanismos y partes móviles, las cuales son:

- Empuñadura de empuje
- Respaldos
- Asiento
- Pernerá
- Apoya brazos
- Ruedas traseras
- Freno

- Apoya pies
- Ruedas delanteras

En la actualidad existen varios modelos y formas de silla de ruedas, estas pueden ser manuales, eléctricas, controladas de manera inalámbrica y de visión artificial. Así mismo, la estructura de construcción puede ser varios materiales, por ejemplo: de aluminio, acero, fibra e incluso una silla ecológica que es realizada con bambú.

Figura 1

Silla de ruedas



Nota. La figura muestra una silla de rueda simple. Fuente: MEDICALEXPO (2022)

2.1. Silla de ruedas con alimentación eléctrica

El sistema eléctrico en una silla en una parte adaptable, MSKTC (2011) sostiene que los componentes eléctricos son elementos que permiten eliminar el esfuerzo físico de una persona que usa una silla y mejorar la calidad de vida. Los mecanismos de la silla eléctrica son ejecutados utilizando el Joystick, control remoto e incluso por medio de un smartphone. Los componentes más comunes de este sistema eléctrico son: banco de baterías, cargadores de 110vca – 220vca, motores eléctricos de corriente continua, joystick y fuente reguladores de voltaje. Una silla de rueda al estar implementada por estos elementos, sus costos son de manera elevada, que en el mercado ecuatoriano llegan a los \$1300.00.

Las sillas de ruedas tienen un sin número de modelos y formas, esto depende de la satisfacción del cliente o de la posible enfermedad que padece una persona. Estas sillas de

ruedas eléctricas en su mayoría trabajan con una fuente de 12VCC, y la inversión de giro de estos motores están formadas por un puente H.

Figura 2

Silla de ruedas eléctrica



Nota. La figura muestra una silla de rueda eléctrica. Fuente: Chutku (2022)

2.2. Silla de ruedas de bambú

La fabricación de las sillas a base de bambú se está volviendo algo común, Kunth (2019) sostiene que la caña de bambú tiene propiedades físicas y mecánicas similares al acero, y que es muy bueno para la construcción de las silla de ruedas, por lo que toda la estructura física es capaz de soportar el peso de una persona y que tiene un valor promedio 203 N/mm^2 . Además, es una alternativa para la reducción de la contaminación ambiental y crear productos que sean ecológicos.

3. Visión artificial

La visión artificial es considera también como visión por computadora, que tiene como fin adquirir, procesar, analizar y comprender imágenes obtenidas en el computador, COGNEX (2014) sostiene que la visión artificial es empleada en el área industrial y no industrial, y tiene están compuestos por un software y hardware. Uno de los objetivos de la visión artificial es reemplazar las actividades manuales por un procesamiento de datos a partir de una imagen, estas pueden ser procesos o actividades repetitivas. Los sistemas de visión artificial desarrollan buscan

la orientación, ubicación y posición de una imagen, pieza, mecanismo, para luego poder procesar datos y pares ordenados, estos pueden ser en los ejes X, Y y Z.

Una adquisición de datos por medio de la inteligencia artificial debe cumplir una secuencia para lograr un objetivo o fin planteado, García (2002) sostiene que el proceso de visión artificial parte desde la adquisición de una imagen hasta llegar a la toma de decisiones según la información se ha desarrollado una programación y actuadores como salida.

Figura 3

Adquisición y procesamiento de imagen



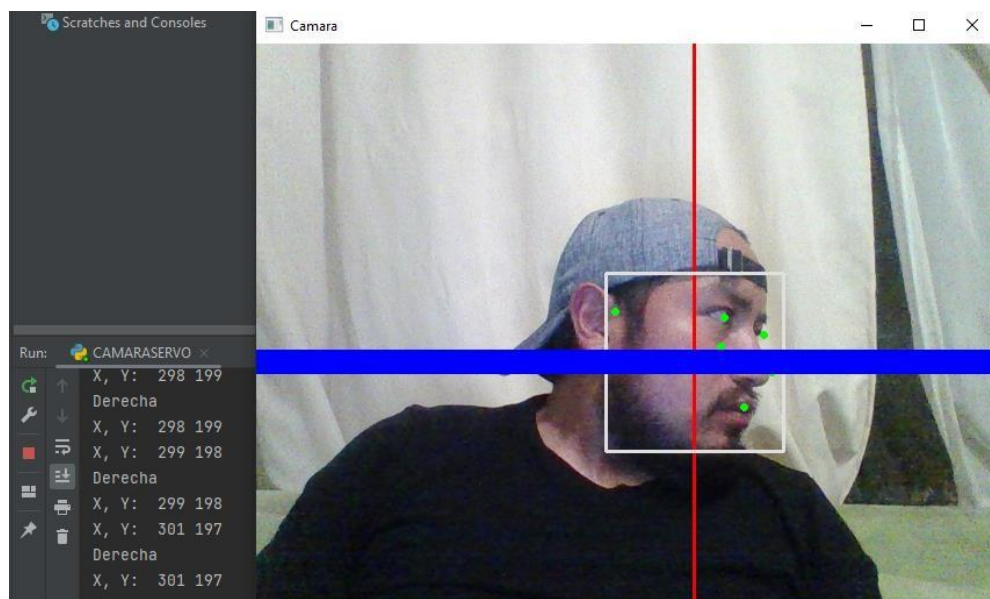
Nota. La figura muestra el procesamiento de imagen. Fuente: García (2002)

3.1. Adquisición de imágenes

La adquisición de imágenes es producida por un dispositivo digital, estos sean en 2D o 3D, por lo que pueden detectar la calidad de imagen dependiendo de los píxeles que tengan el dispositivo, estos pueden ser cámaras web, cámaras por USB o cámaras de smartphone.

Figura 4

Adquisición de imagen



Nota. La figura muestra la adquisición de imagen en Pycharm. Fuente: Machay (2022)

3.2. Procesamiento de imagen

El procesamiento de imagen en visión artificial es una parte fundamental, ya que permite el reconocimiento de la imagen y la forma en la que puede ser procesada, Salamea (2007) sostiene que el rendimiento óptimo de una imagen depende de la calibración, umbralización, filtrado, segmentación y etiquetado. En el procesamiento se puede realizar modificaciones a una imagen como, por ejemplo: el color, la curvatura, los niveles de color entre otros.

3.3. Extracción de datos

La extracción de datos es un proceso después de tener preparada una imagen, en la cual se emplea la programación y algoritmos que permite reconocer el punto central de una imagen, líneas horizontales y verticales, manchas, el movimiento de una persona u objeto, por ejemplo, lateralidad, es decir izquierda y derecha. Algo relevante de la extracción de datos es que está relacionado estrictamente para la visión artificial, en la que se puede identificar la velocidad de posición, el color y la posición de un punto.

3.4. Extracción de información

La extracción de información consiste en generar una información de salida con respecto a la imagen ya procesada, esta extracción de información permitirá generar una señal para la activación de los actuadores, por ejemplo, un motor, un pistón, relé una bomba para trabajar en una máquina industrial.

4. Python

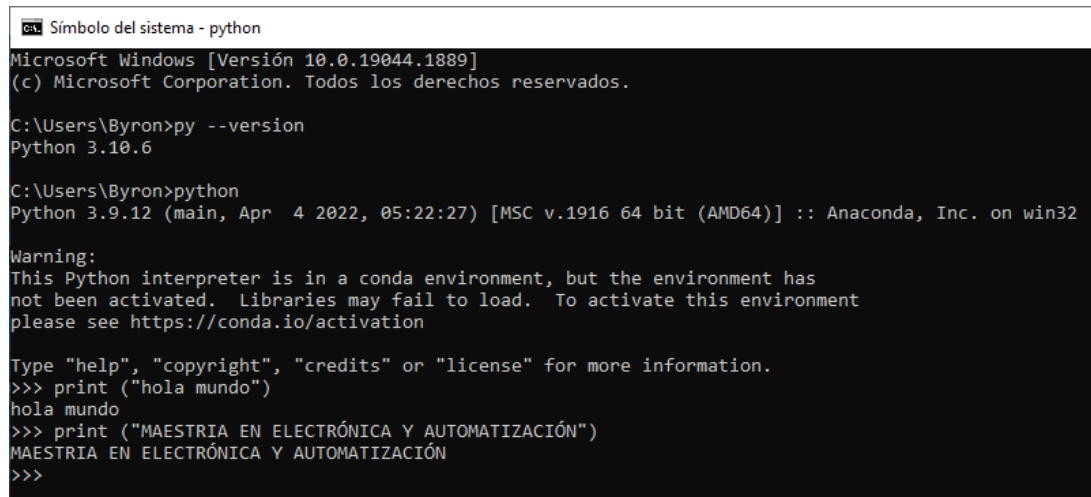
Python es un lenguaje de programación orientado a objetivos Duque (n.d.) sostiene que es un lenguaje de script, multiplataforma, dinámico y orientado específicamente a los objetivos. Este lenguaje de programación es fácil de programar y crear un algoritmo, por lo que le hace el más utilizado para los desarrolladores de software y programadores. Delgado (2022) Python al ser un programa de propósito general tiene algunas ventajas, una de ellas es: Es gratuito y libre, Fácil de leer, es de alto nivel, multiplataforma, es dinámico, alto grado de librería, es simple y rápido de programar.

Python al ser uno de los lenguajes de programación más utilizado, tiene varios fines y objetivos, por lo cual es utilizado en el análisis de datos, creación de juegos, desarrollo de aplicaciones móviles, en creación de páginas web, sistemas IOT, Machine Learnig y lo más nuevo en la inteligencia artificial. Al pasar los años Python ha actualizado las versiones para Windows, por ejemplo, el actual es el Python 3.10. La versión de Python instalada es muy fácil de verificar en nuestro ordenador, simplemente hay que ingresar al sistema y digitar `py --version` y se podrá observar la versión que se encuentra instalada en el ordenador. Una de las respuestas más

sencillas de comprobar si Python está correctamente instalada en la computadora es el “hola mundo”.

Figura 5

Versión de Python



```
Símbolo del sistema - python
Microsoft Windows [Versión 10.0.19044.1889]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Byron>py --version
Python 3.10.6

C:\Users\Byron>python
Python 3.9.12 (main, Apr  4 2022, 05:22:27) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)] :: Anaconda, Inc. on win32

Warning:
This Python interpreter is in a conda environment, but the environment has
not been activated. Libraries may fail to load. To activate this environment
please see https://conda.io/activation

Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> print ("hola mundo")
hola mundo
>>> print ("MAESTRIA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN")
MAESTRIA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
>>>
```

Nota. La figura muestra la versión de Python y su instalación. Fuente: Machay (2022)

4.1. Palabras reservadas y nombre de variables

Existe una norma general que emplean los programadores y seleccionan un nombre significativo para las variables de programación, por lo cual estas variables son arbitrarias, Downey et al (2002) menciona que estas variables están compuestas por letras y números. Existen dos nombres conocidos, estos son los nombres legales e ilegales, considerando que un nombre ilegal tiene un error de sintaxis. En Python existen 28 palabras reservadas, estas son: and, continue, else, for, import, not, raise, assert, def, except, from, in, or, return, break, del, exec, global, is, pass, try, class, elif, finally, if, lamda, print, while.

4.2. Sentencias condicionales

Las sentencias condicionales permiten dar una condición a la programación que se está ejecutando, esto va a depender de la condición que se desea ejecutar. Duque (n.d.) Las condiciones más empleadas son: if, if ...else, if ...elif ...elifelse. El if está destinado a ejecutar cuando se cumpla una condición ejemplo:

```
palabra = input("Ingresa el nombre: ")
if palabra == "pino":
    print("Si, es la mejor planta")
else:
    print("No es la mejor planta")
```

4.3. Bucle - while

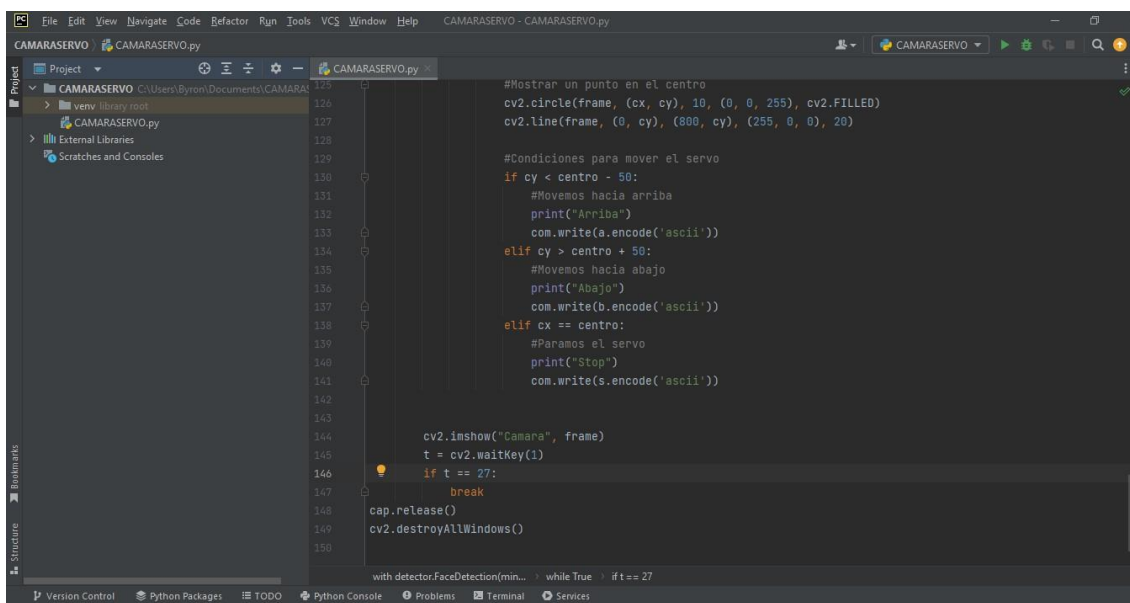
Un bucle permite ejecutar varios o distintos fragmentos del código de programación, esto lo realiza según las condiciones por la cual fue creada el algoritmo, esto va a depender del número de veces que esté cumpliendo una función. El while evalúa una condición devolviendo un 1 o también devolviendo un 0.

5. Pycharm

PyCharm es un software informático, con un entorno de desarrollo integrado que permite crear y desarrollar varias aplicaciones en Python. Key Features (2020) sostiene que Pycharm tiene el fin de proporcionar los detalles en Python y permite codificar de la manera más rápida, a PyCharm se lo podría considerar un autocompletado de Python. El software PyCharm es compatible con varios sistemas de control, estos son: Git, Mercurial CVS, etc.

Figura 6

Programación PyCharm



```
File Edit View Navigate Code Refactor Run Tools VCS Window Help CAMARASERVO - CAMARASERVO.py
CAMARASERVO CAMARASERVO.py
Project
  CAMARASERVO C:\Users\Byrom\Documents\CAMARASERVO
  venv library root
  CAMARASERVO.py
  External Libraries
  Scratches and Consoles
125 #Mostrar un punto en el centro
126 cv2.circle(frame, (cx, cy), 10, (0, 0, 255), cv2.FILLED)
127 cv2.line(frame, (0, cy), (800, cy), (255, 0, 0), 20)
128
129
130 #Condiciones para mover el servo
131 if cy < centro - 50:
132     #Movemos hacia arriba
133     print("Arriba")
134     com.write(a.encode('ascii'))
135 elif cy > centro + 50:
136     #Movemos hacia abajo
137     print("Abajo")
138     com.write(b.encode('ascii'))
139 elif cx == centro:
140     #Paramos el servo
141     print("Stop")
142     com.write(s.encode('ascii'))
143
144 cv2.imshow("Camara", frame)
145 t = cv2.waitKey(1)
146 if t == 27:
147     break
148 cap.release()
149 cv2.destroyAllWindows()
150
with detector.FaceDetection(min... while True if t == 27
P Version Control Python Packages TODO Python Console Problems Terminal Services
```

Nota. La figura muestra la programación PyCharm. Fuente: Machay (2022)

PyCharm posee una asistencia inteligente en la codificación, por lo que permite generar una inspección en sus códigos, permite mostrar todos los errores existentes, facilita soluciones rápidas y ayuda a una refactorización de código automático. Capterra (2022) sostiene que las funciones más empleadas en PyCharm son: Depuración, Edición de código, gestión de versiones, desarrollo de código, gestión de implementación, priorización, es el empleado para programadores y desarrolladores de software con Python. Se selecciona PyCharm para Python

considerando que sus funcionalidades son de carácter profesional y ofrece soluciones integrales en la web, escritorio y base de datos.

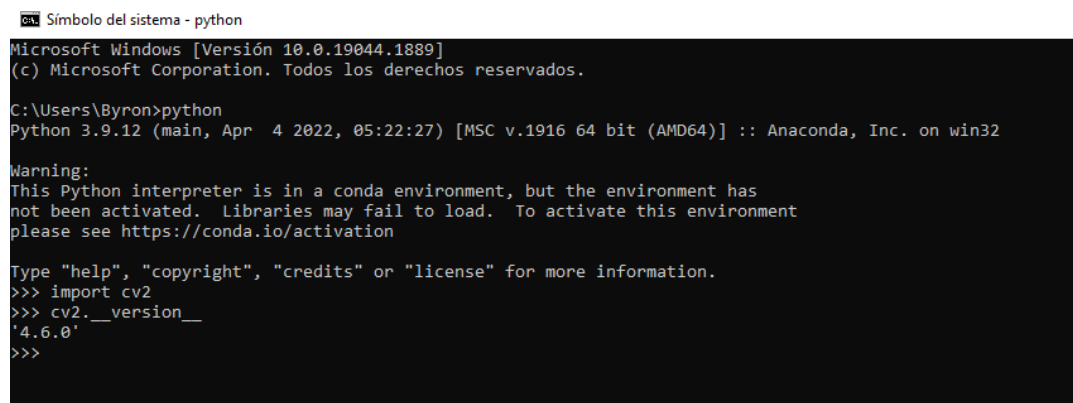
5.1. OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

OpenCV viene del significado Open Computer Vision, el cual es una biblioteca libre de visión artificial y de aprendizaje automático de código abierto, esta fue desarrollada por Intel. OpenCV ofrece un sin número de aplicaciones, las más conocidas y empleadas son: Reconocimiento de objetos, detección de movimientos en campos abiertos y cerrados, reconocimientos de imágenes en 3D, detección de rostro, ubicación en coordenadas a partir de un rostro. Arévalo, Gonzáles y Ambrosio (2002) sostienen que la librería ofrece un trabajo de alto nivel en la visión por computador en tiempo real, por lo tanto, esto ayuda a estructurar datos, procesar imágenes, analizar imágenes y un análisis de estructuras.

Esta librería fue construida para algunos propósitos, en especial realizar un aprendizaje automático, *Aprendizaje OPEN CV (2019)* sostiene que esta librería está conformada por más de 2500 algoritmos, el cual tiene una gran capacidad en rendimiento y velocidad. Estos algoritmos tienen en común la detección de objetivo, imágenes y rostros, a través de una cámara. En la actualidad existen varias empresas que hacen uso de esta librería, una de ellas es Google, Intel, IBM etc. Esta librería tiene enlace con Python, por lo que es primordial comprobar la versión de OpenCV instalado con Python.

Figura 7

Versión OpenCv



```
Símbolo del sistema - python
Microsoft Windows [Versión 10.0.19044.1889]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Byron>python
Python 3.9.12 (main, Apr 4 2022, 05:22:27) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)] :: Anaconda, Inc. on win32

Warning:
This Python interpreter is in a conda environment, but the environment has
not been activated. Libraries may fail to load. To activate this environment
please see https://conda.io/activation

Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import cv2
>>> cv2.__version__
'4.6.0'
>>>
```

Nota. La figura muestra la versión instalada de OpenCv. Fuente: Machay (2022)

Las aplicaciones más comunes de esta excelente librería es que ha sido utilizada para los vehículos no tripulados, empleados en sistemas de videos vigilancia con reconocimiento facial y detección de rostros, control de máquinas por detección facial, seguridad en reconocimiento de

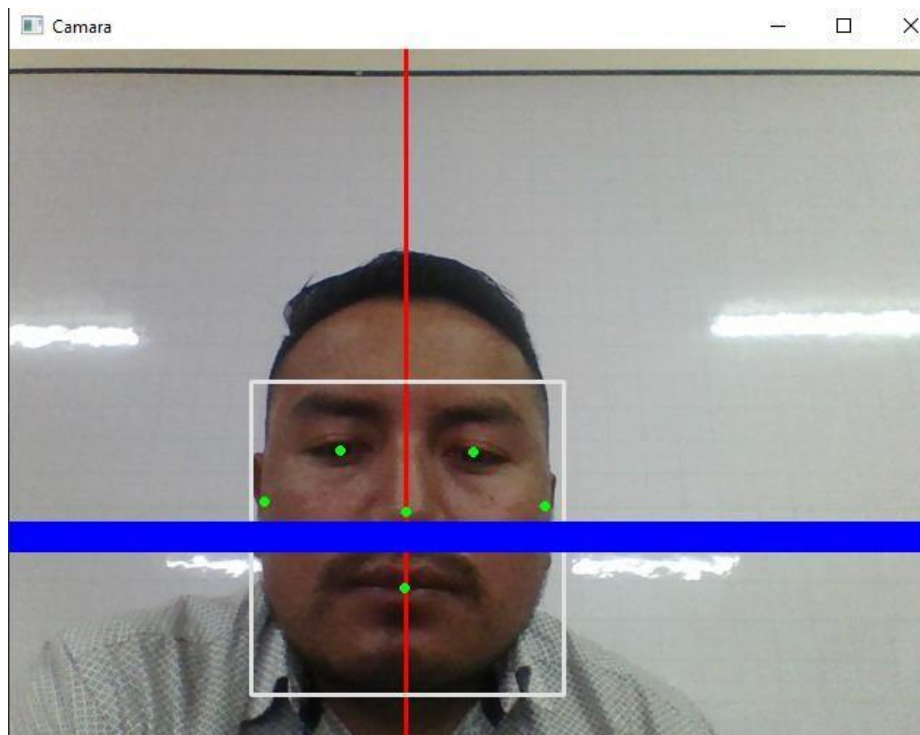
rostros para el ingreso a lugares restringidos etc. (Soler, 2014) menciona que OpenCV en su funcionalidad, realiza el procesamiento digital de imágenes, esto se lo realiza dependiendo su aplicación y función; las etapas del tratamiento de imágenes son: Captura, pre-procesamiento, Segmentación, Extracción de características e identificación de objetos.

5.2. Media Pipe

Media Pipe permite la detección de un rostro de manera rápida, esta detección se realiza empleando 6 puntos según la parte facial de una persona. Los datos que se obtienen al usar Media Pipe se ubican dentro del recuadro del rostro, estos puntos son: la oreja derecha, la oreja izquierda, la nariz, la boca, el ojo izquierdo, el ojo derecho. Estos puntos permitirán realizar la detección de la lateralidad con respecto al rostro.

Figura 8

Media Pipe



Nota. La figura muestra los seis puntos con Media Pipe. Fuente: Machay (2022)

La detección del rostro y la parte facial de una persona con Media Pipe, MES (2022) se puede realizar por medio de imágenes y de video. Para el control o movimiento de algún motor se lo puede realizar por medio de la detección facial por video, la cual el algoritmo la programación es como se muestra en la imagen.

Figura 9

Programación de detección de imagen

```
import cv2
import mediapipe as mp
mp_face_mesh = mp.solutions.face_mesh
mp_drawing = mp.solutions.drawing_utils
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
with mp_face_mesh.FaceMesh(
    static_image_mode=False,
    max_num_faces=1,
    min_detection_confidence=0.5) as face_mesh:
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if ret == False:
            break
        frame = cv2.flip(frame,1)
        frame_rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        results = face_mesh.process(frame_rgb)
        if results.multi_face_landmarks is not None:
            for face_landmarks in results.multi_face_landmarks:
                mp_drawing.draw_landmarks(frame, face_landmarks,
                    mp_face_mesh.FACE_CONNECTIONS,
                    mp_drawing.DrawingSpec(color=(0, 255, 255), thickness=1, circle_radius=1),
                    mp_drawing.DrawingSpec(color=(255, 0, 255), thickness=1))
        cv2.imshow("Frame", frame)
        k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
        if k == 27:
            break
    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()
```

Nota. La figura muestra la programación de detección de imagen. Fuente: MES (2022)

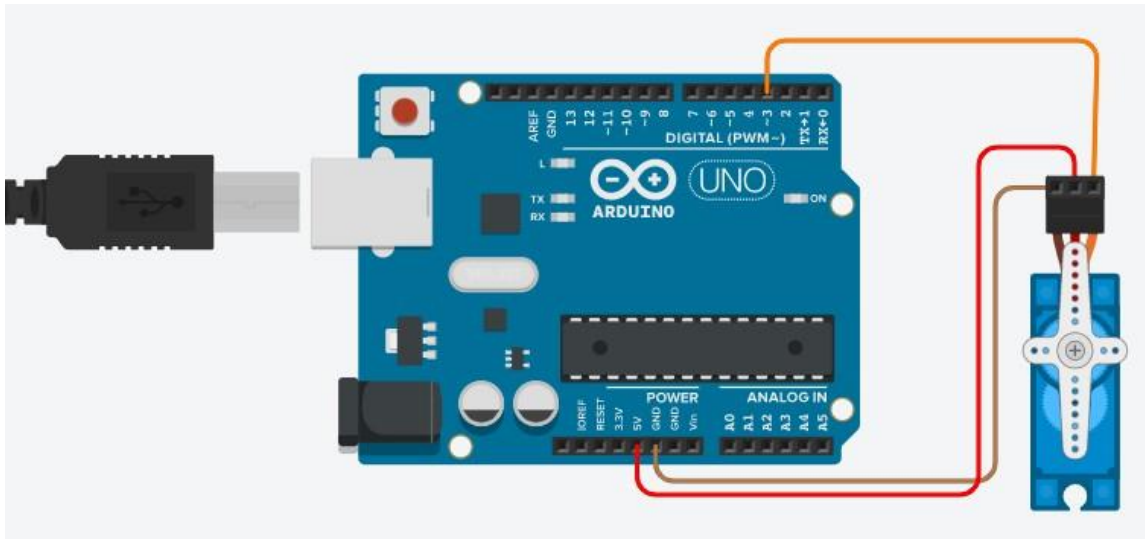
6. Arduino Uno

Arduino esta basado en plataforma de código abierto, que tiene un hardware, que es la tarjeta Arduino y un software de código abierto, es decir, cualquier persona no puede utilizar y modificarlo. Ruiz (2007) Al ser una plataforma de código abierto, puede ser empleada en cualquier área, por ejemplo, en el control de equipos, domótica, control de válvulas, control de motores, adquisición de señales, control del bloque de relés etc.

La placa Arduino está compuesta por un microcontrolador, que no son más que unos circuitos integrados. Esta placa puede ser conectada a la interfaz de entrada, de la cual posee varios periféricos de entradas. En la actualidad existen varios tipos de tarjetas Arduino, por ejemplo, en Arduino UNO, Arduino nano, Arduino Mega, Arduino Leonardo etc. El uso de estas tarjetas va a depender de la cantidad de entradas y salidas que necesita el programador o usuario para cumplir dicha funcionalidad.

Figura 10

Arduino Uno



Nota. La figura muestra la conexión del Arduino Uno. Fuente: Machay (2022)

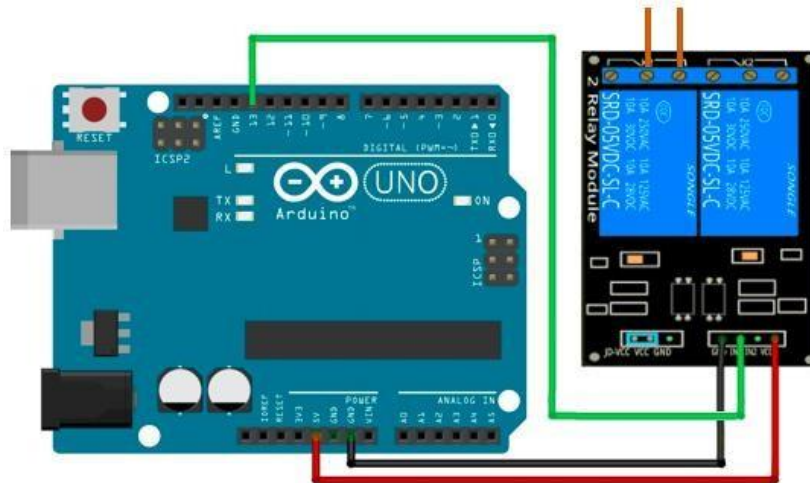
Una tarjeta Arduino Uno está compuesto por pines digitales, pines analógicos, pines de alimentación de sensores, microcontrolador de comunicaciones, microcontrolador de programación, botón reset, puerto USB y el conector de alimentación. Becker et al. (2015) sostiene que las ventajas de la tarjeta Arduino son: el precio o costo de venta de la tarjeta, en una multiplataforma, el de uso fácil, es un software libre, hardware abierto.

6.1. Bloque de relés

El bloque de relés es un interruptor mecánico, su función principal consiste en abrir o cerrar un contacto para el paso de la corriente de un circuito eléctrico u electrónico. Los bloques de relés son activados por una señal, en este caso una señal que es recibida desde la tarjeta Arduino. Este bloque de relés tiene una alimentación de 5Vcc. Estos bloques de relés están compuestos por bobinas, un pin común, un pin normalmente abierto y el otro pin normalmente cerrado.

Figura 11

Bloque de relés y Arduino



Nota. La figura muestra la conexión de Arduino y relé. Fuente: Machay (2022)

6.2. Servomotor sg90

Es un dispositivo con similares características a un motor, la cual convierte una energía eléctrica en mecánica, estos servomotores tienen la capacidad de realizar una ubicación de su posición según la programación que se haya ejecutado en una tarjeta electrónica. Peter (2018) menciona que este servomotor dg90 tiene un grado de libertad de 180, 90° grados a cada lado. Tiene torque de 2.5 Kg-cm, lo cual es muy empleado en el área de la robótica o el control de mecanismo de bajo peso.

Figura 12

Servomotor sg90



Nota. La figura muestra un servomotor sg90. Fuente: Tower Pro (2015)

7. Impresión 3D

La impresión 3D es una impresión de piezas u objetos de manera tridimensional, este tipo de impresión dependerá del diseño que se lo realice. En la actualidad existen un sin número de modelos, marca de impresoras capaz de realizar este tipo de trabajo. Las impresiones 3D son capaces de realizar cualquier impresión que se lo haya realizado en algún software de diseño mecánico y sean compatibles para guardar archivo de impresión. Los softwares más empleados en estos diseños son: AutoCAD, inventor professional y solid Works.

Rus García et al (2014) menciona que la impresión de estos tipos de piezas tiene los siguientes pasos:

1. Diseño y modelado de la pieza mecánica en programas CAD.
2. Conversión del archivo CAD a STL.
3. Análisis y reparación del modelo y archivo STL.
4. Conversión de la pieza a códigos G para la impresión.
5. Impresión de la pieza en 3D según el tipo de impresora.

Los procesos de impresión 3D tienen la función de depositar material capa tras capa hasta formar un sólido, por lo cual su inyección del material es en forma de pasta líquida, por lo general en las impresiones son utilizados el material PLA. Gil (2015) sostiene que el PLA va a depender del modelo, forma, textura, color de la pieza mecánica que se quiere obtener.

Figura 13

Impresora 3D



Nota. La figura muestra una impresora 3D. Fuente: Gil (2015)

2.2 Descripción de la propuesta

Para el control de una silla de ruedas por algoritmo de visión artificial se desarrollará aspectos eléctricos, electrónicos y mecánicos y requerimientos de programación para el funcionamiento de la silla. La programación se desarrollará por medio de Python, para el lenguaje de programación se empleará el software informático PyCharm con la librería OpenCV, la comunicación y las salidas digitales se obtendrá desde una tarjeta Arduino Uno. Además, cumplirá requerimientos y parámetros como:

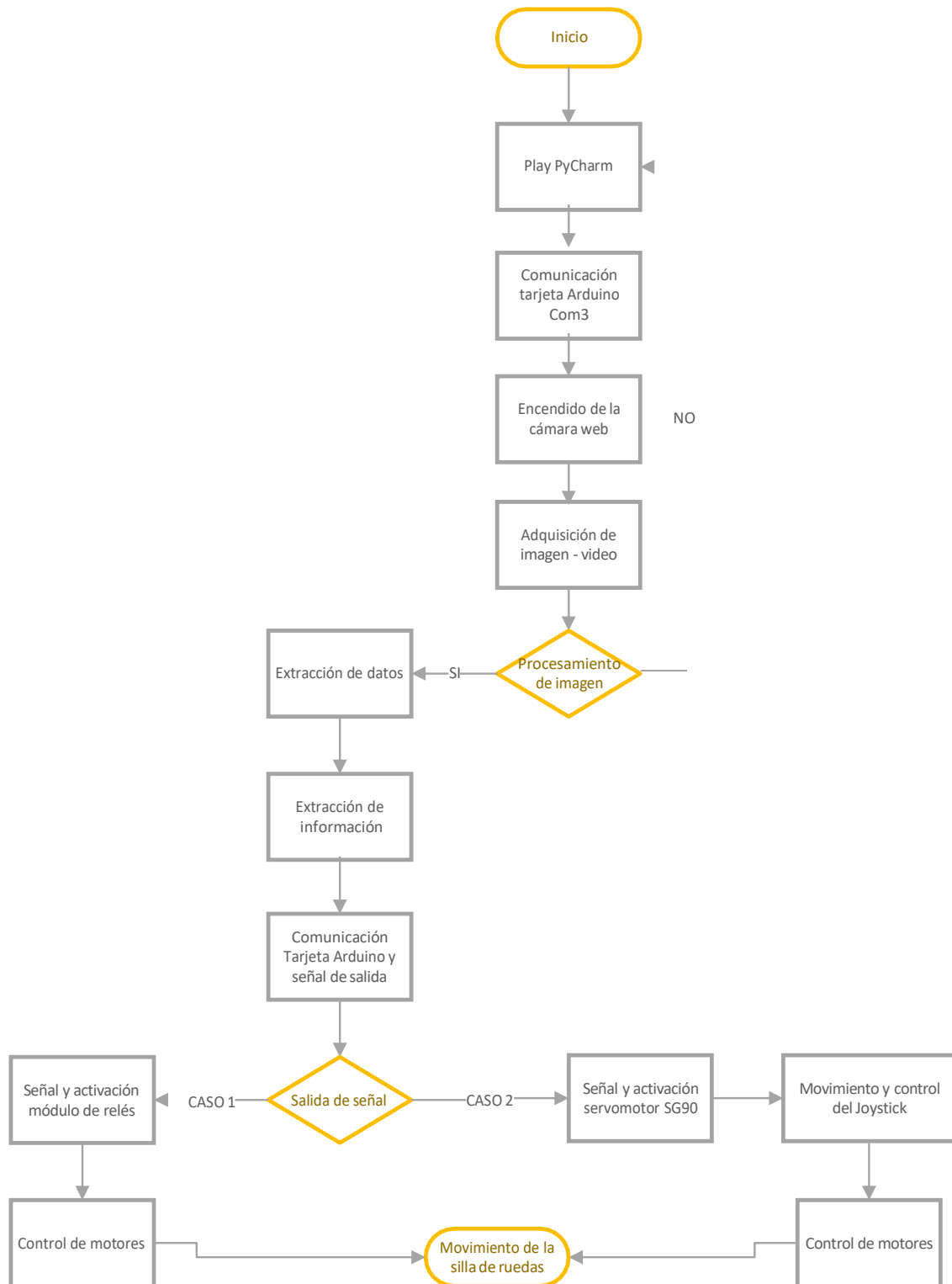
- Control de los motores por medio del movimiento del rostro.
- El sistema de alimentación de energía eléctrica de una silla de ruedas será por medio de paneles solares.
- La detección y posición de los servomotores dependerá de una cámara web.
- Contar un sistema de paro de emergencia en el sistema eléctrico.
- La construcción de una silla de ruedas será de la caña de bambú.
- El control de una silla de ruedas será por medio de un sistema de acople mecánico al joystick.

a. Estructura general

El funcionamiento del control de la silla de ruedas por un algoritmo de visión artificial, dependerá de la lateralidad y posición del rostro, el cual cuando el rostro se mueva al lado derecho, también hará el mismo funcionamiento la silla, cuando se mueva a la izquierda, la silla también se moverá a la izquierda, el rostro arriba, la silla se movilizará hacia adelante y cuando el rostro se posicione abajo, la silla se movilizará hacia atrás. A continuación, se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento general de la silla de ruedas.

Figura 14

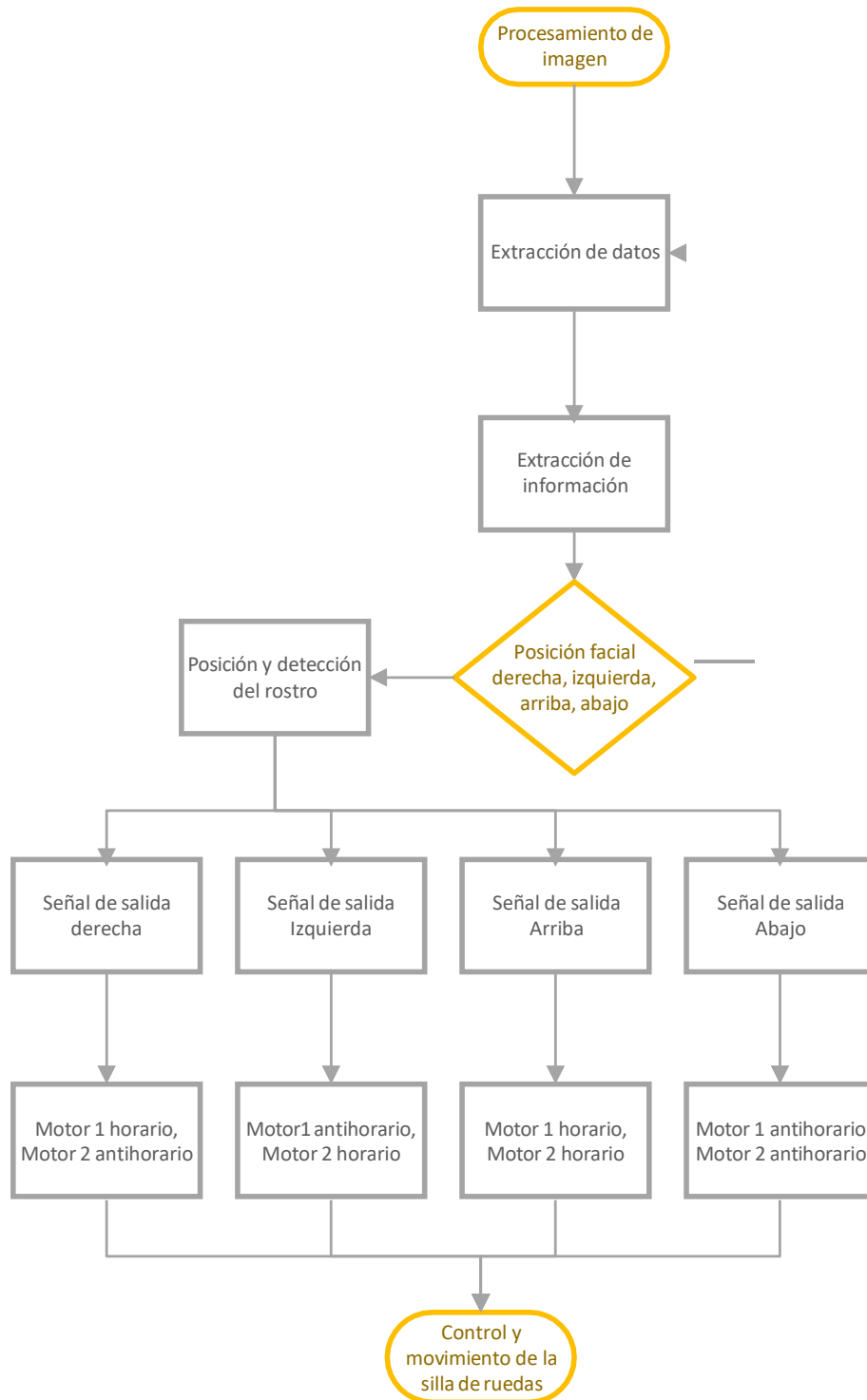
Diagrama de flujo con visión artificial



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo del funcionamiento de la silla de ruedas con visión artificial. Fuente: Machay (2022)

Figura 15

Diagrama de flujo del procesamiento de imagen



Nota. La figura muestra una silla de rueda eléctrica simple. Fuente: Machay (2022)

b. Explicación del aporte

Los mecanismos de la silla de ruedas se lo realizan por empleando la posición o ubicación del rostro, con base en esta posición se moverá la silla de ruedas, por ejemplo, si el rostro se mueve a la derecha, la silla de ruedas girará a la derecha. El reconocimiento se realizará por medio de una cámara web HikVisión 1080.

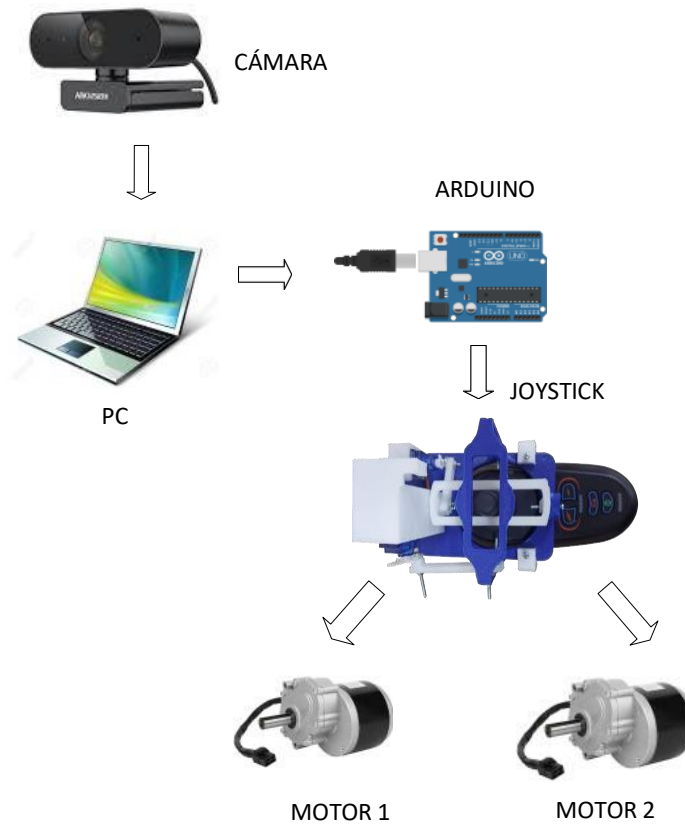
La imagen será captada por medio de una cámara web 1080, la cual tendrá como objetivo captar y detectar la parte facial, esta imagen será procesada enviada a una PC. El software informático Pycharm permitirá que la imagen sea procesada, para esto es necesario la programación de Python. En la programación para la detección y posición del rostro, es necesario la librería OpenCv, la cual permitirá el aprendizaje automático de código abierto. Para que la detección sea más rápida y eficiente, será importante emplear Media Pipe, la cual detectará el rostro por medio de 6 puntos importantes, estos puntos son: la oreja derecha, la oreja izquierda, la nariz, la boca, el ojo izquierdo, el ojo derecho.

Esta detección de imagen permitirá la ubicación del rostro, derecha, izquierda, arriba y abajo, esta señal y posición será enviada a la tarjeta Arduino. La tarjeta Arduino permitirá el ingreso de las señales de activación y la salida de la señal de movimiento de los servomotores. Estos servomotores serán adaptados al Joystick de una silla de ruedas eléctrica, que tiene como fin controlar los movimientos por medio de la fuerza de empuje de los servomotores.

La señal de la posición del Joystick permitirá el mecanismo de la silla, el cual en control será ejecutado según la posición del rostro. La silla de ruedas eléctrica está alimentada de energía por medio de un banco de baterías de 12Vcc que se encuentran conectadas en serie, el cual se tiene como resultado un voltaje total de 24Vcc. El diagrama de funcionamiento se observa en la figura 16.

Figura 16

Diagrama de control de la silla por Joystick

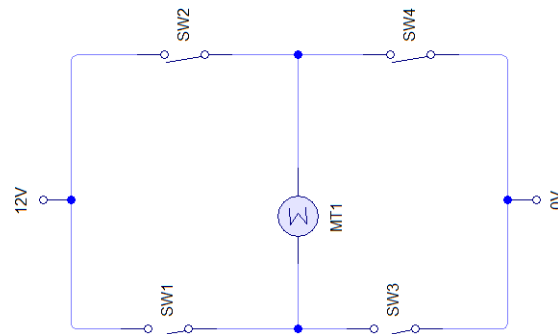


Nota. La figura muestra el diagrama de control de los motores por medio del mecanismo de los servomotores por Joystick. Fuente: Machay (2022)

La otra función de la silla de rueda por medio visión artificial es el control de los motores por medio de un bloque de relés, por el cual se formará un puente H para la inversión de giro de motores de corriente continua como se observa en la figura 17. La alimentación de energía será por medio de energía renovable que son los paneles solares fotovoltaicos. El funcionamiento de esta silla tiene similitud al de la figura 16, la gran diferencia es que la posición y movimiento de los motores son de manera directa, es decir, la señal del módulo del relé enviará directo al motor.

Figura 17

Puente H

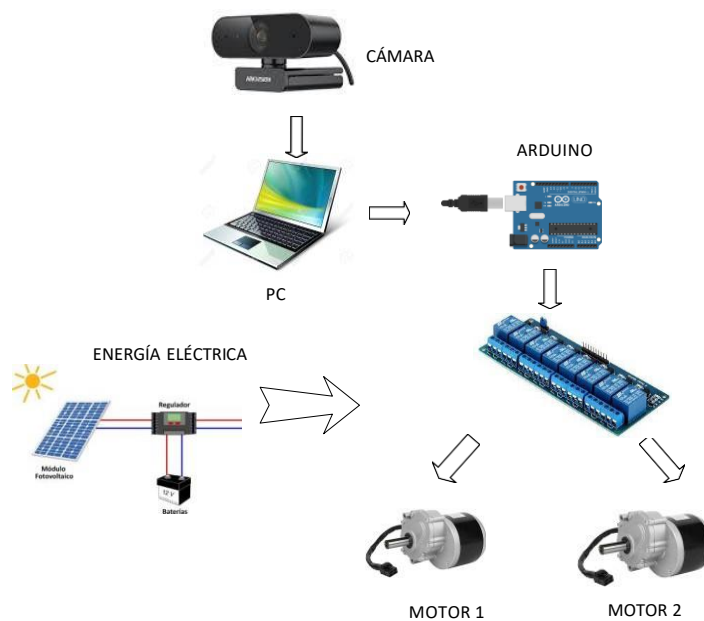


Nota. La figura muestra el puente H simple para la inversión de giro de un motor. Fuente: Machay (2022)

El consumo de energía eléctrica y el almacenamiento de energía será por medio de los paneles solares, cuando el panel solar se encuentra proporcionando energía, los motores consumen de forma directa, y cuando deje de generar energía, el consumo se dará por medio del banco de baterías instalado. En la figura 18 se observa cómo será su funcionamiento.

Figura 18

Diagrama de funcionamiento de motores por relés



Nota. La figura muestra el diagrama de funcionamiento de los motores para el control del bloque de relés con alimentación de energía solar fotovoltaica. Fuente: Machay (2022)

c. Estrategias y/o técnicas

Control de la silla eléctrica por medio de visión artificial

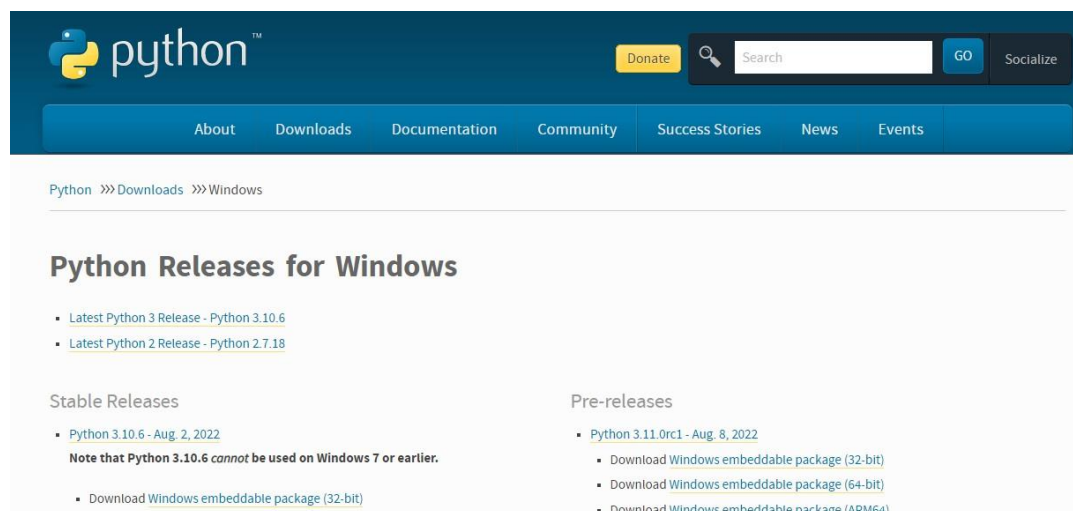
Para el desarrollo del proyecto de una silla de ruedas controlada por medio de un algoritmo de visión artificial, se ha empleado la técnica de la observación con su respectiva guía de observación, la cual permite recopilar información de métodos empíricos o proyectos de igual similitud. Una de las estrategias para el control del movimiento de las sillas para personas con cuadriplejía o que no poseen extremidades superiores e inferiores, es el control por medio de la visión artificial, el cual tiene como objetivo control por medio del posicionamiento del rostro. Para cumplir el desarrollo de este proyecto de desarrollo en 5 fases.

Fase 1

En esta primera fase se ejecuta la instalación de Python, ya que es un lenguaje de programación más empleado por los desarrolladores de software y el empleado para proyectos de visión artificial. Esto se lo puede realizar de forma directa desde la página: <https://www.python.org/>

Figura 19

Descarga de Python

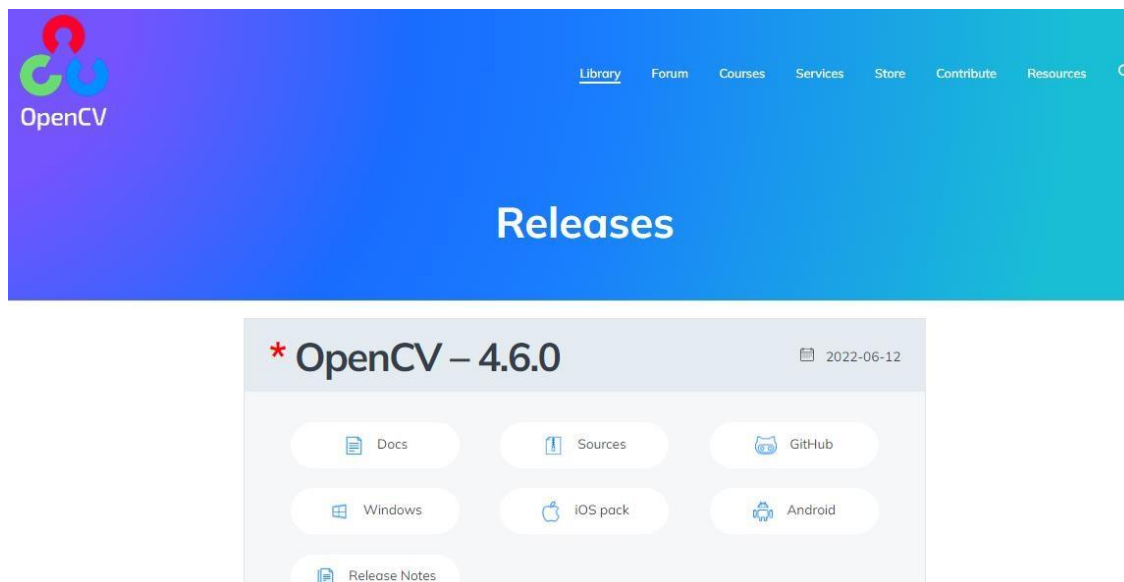


Nota. La figura muestra la página de descarga de Python. Fuente: Machay (2022)

También se realizará la instalación de librería abierta OpenCv, esta librería se puede encontrar desde la página: <https://opencv.org/releases/>, se recomienda realizar la instalación de una librería actualizada.

Figura 20

Descarga de OpenCv



Nota. La figura muestra la versión de OpenCv. Fuente: Machay (2022)

Fase 2

La programación de Python, se utilizará el software PyCharm, la cual se lo puede conseguir de igual manera desde la web desde la página: <https://www.jetbrains.com/es-es/pycharm/download/#section=windows>, una vez instalada este software informático de debe considerar la importación de las librerías OpenCv, Media Pipe y el serial, esto permitirá realizar una comunicación con el puesto USB.

```
##Importación de librerías, OpenCv, Media Pipe y Serial###  
import cv2  
import mediapipe as mp  
import serial
```

Para la comunicación de puerto serial se utilizará un COM3, esto permitirá la comunicación con la tarjeta Arduino. El COM, es variante, ya que depende del drive del cual está instalado por defecto para Arduino. En esta designación se colocará las siglas de la posición en la cual se pretende dar una señal para el reconocimiento de sus imágenes procesadas, por ejemplo, para el servomotor 1 se utilizará; el lado derecho (d), Izquierda (i) y parada (p). Para el servomotor 2 se utilizará; para el arriba (a), abajo (b) y stop (s), esto permitirá general una señal para la tarjeta Arduino.

```

### Designar el puesto seria, se escogerá el COM3 ###
com = serial.Serial("COM3", 9600, write_timeout= 500)
d = 'd'
i = 'i'
p = 'p'
a = 'a'
b = 'b'
s = 's'

```

Seleccionar que tipo de cámara se va a utilizar, si se va a emplear la cámara web interna de una computadora se debe realizar una designación de 0, y si es una cámara web exterior, se le dará una designación de 1 en el video captura.

```

### Designación de la cámara web para la videocaptura ###
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)

```

Establecer las condiciones para un servomotor, para se establece los colores del recuadro en la detección del rostro, se establece el punto medio de la imagen, se plantea la creación de la división de la imagen en las coordenadas X e Y, y se estable las condiciones del movimiento de los dos servomotores que permitirán el movimiento y control de Joystick.

```

##### CONDICIÓN PARA SERVOMOTOR 1 #####
### Aplicar la condición if cuando detecte el rostro ###
if resultado.detections is not None:
    for rostro in resultado.detections:
        dibujo.draw_detection(frame, rostro,
dibujo.DrawingSpec(color=(0,255,0),))

        for id, puntos in
enumerate(resultado.detections):
            ### Extrer el alto y ancho del recuadro ###
            al, an, c = frame.shape

            ### Imprimir el punto medio de la pantalla
###
            centro = int(an / 2)

            ### Establecer las coordenadas X e Y ###
            x =
puntos.location_data.relative_bounding_box.xmin
            y =
puntos.location_data.relative_bounding_box.ymin

            ### Establecer el ancho y el alto ###
            ancho =
puntos.location_data.relative_bounding_box.width
            alto =
puntos.location_data.relative_bounding_box.height

            ### Establecer X e Y a coordenadas en

```

```

píxeles ###
    x, y = int(x * an), int(y * al)
    print("X, Y: ", x, y)

    ### Establecer el ancho y el alto a píxeles
###
    x1, y1 = int(ancho * an), int(alto * al)

    ### Establecer el punto medio para el eje X
e Y ###
    cx = (x + (x + x1)) // 2
    cy = (y + (y + y1)) // 2

    ### Mostrar un punto en el centro de la
imagen ###
    cv2.circle(frame, (cx, cy), 10, (0, 0, 255),
cv2.FILLED)
    cv2.line(frame, (cx, 0), (cx, 480), (0, 0,
255), 2)

    ### Parámetros del movimiento del servomotor
1 ###
    ### Mover el servo 1 a la izquierda ###
    if cx < centro - 50:
        print("Izquierda")
        com.write(i.encode('ascii'))
    ### Mover el servo 1 a la derecha ###
    elif cx > centro + 50:
        print("Derecha")
        com.write(d.encode('ascii'))
    ### Parar el servo 1 ###
    elif cx == centro:
        print("Parar")
        com.write(p.encode('ascii'))

    ##### CONDICIÓN PARA SERVOMOTOR 2 #####
    ### Aplicar el la condición if cuando detecte el rostro
###
    if resultado.detections is not None:
        for rostro in resultado.detections:
            dibujo.draw_detection(frame, rostro,
dibujo.DrawingSpec(color=(0,255,0),))

            for id, puntos in
enumerate(resultado.detections):
                ### Extrer el alto y ancho del recuadro ###

                al, an, c = frame.shape

                ### Imprimir el punto medio de la pantalla
###
                centro = int(an / 2)

                ### Establecer las coordenadas X e Y ###
                x =
puntos.location_data.relative_bounding_box.xmin

```

```

        y =
puntos.location_data.relative_bounding_box.ymin

        ### Establecer el ancho y el alto ###
        ancho =
puntos.location_data.relative_bounding_box.width
        alto =
puntos.location_data.relative_bounding_box.height

        ### Establecer X e Y a coordenadas en
píxeles ###
        x, y = int(x * an), int(y * al)
        print("X, Y: ", x, y)

        ### Establecer el ancho y el alto a píxeles
###
        x1, y1 = int(ancho * an), int(alto * al)

        #Extraemos el punto central
        cx = (x + (x + x1)) // 2
        cy = (y + (y + y1)) // 2

        ### Mostrar un punto en el centro de la
imágen ###
        cv2.circle(frame, (cx, cy), 10, (0, 0, 255),
cv2.FILLED)
        cv2.line(frame, (0, cy), (800, cy), (255, 0,
0), 20)

        ### Parámetros del movimiento del servomotor
2 ###
        ### Mover el servo 2 hacia arriba ###
        if cy < centro - 50:
            print("Arriba")
            com.write(a.encode('ascii'))
        ### Mover el servo 2 hacia abajo ###
        elif cy > centro + 50:
            print("Abajo")
            com.write(b.encode('ascii'))
        ### Parar el servo 2 ###
        elif cx == centro:
            print("Stop")
            com.write(s.encode('ascii'))

        cv2.imshow("Camara", frame)
        t = cv2.waitKey(1)
        if t == 27:
            break
    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()

```

Estos algoritmos tendrán la comunicación por el puerto serial con la tarjeta Arduino, el cual permitirá generar una señal de salida para el movimiento de los servomotores, esto permitirá el

movimiento del joystick a la derecha, izquierda, arriba y abajo. Para la programación se considerarán las salidas de Pycharm por el COM3.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Servo.h>
//Declarar el servo
Servo servo11;
Servo servo22;
//Declarar la variable
char dato;
int angulo = 90;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Serial.setTimeout(10);
    servo11.attach(3);
    servo11.write(angulo);
    Serial.begin(9600);
    Serial.setTimeout(10);
    servo22.attach(5);
    servo22.write(angulo);
}

void loop() {
    while(Serial.available()){
        dato = Serial.read();
        delay(10);
        Serial.println(dato);
        servo11.write(90);
        switch(dato){
            case 'd':
                //Gira servo 1 hacia la derecha
                servo11.write(0);
                delay(100);
                servo11.write(90);
                // delay(3000);
            }
    }
}
```



```

break;
case 'i':
//Gira servo 1 hacia la izquierda
servo11.write(180);
delay(100);
servo11.write(90);
//delay(3000);
break;
case 'p':
//Parar el servo 1
angulo = 90;
servo11.write(90);
break;
}
}

// servo 2222
while(Serial.available()){
dato = Serial.read();
delay(10);
Serial.println(dato);
servo22.write(90);
switch(dato){
case 'a':
//Gira servo 2 hacia arriba
servo22.write(0);
delay(100);
servo22.write(90);
// delay(3000);
break;
case 'b':
//Gira servo 2 hacia abajo
servo22.write(180);
delay(100);
servo22.write(90);

```

```
//delay(3000);  
break;  
  
case 's':  
//Parar el servo 2  
angulo = 90;  
servo22.write(90);  
break;  
}}}
```

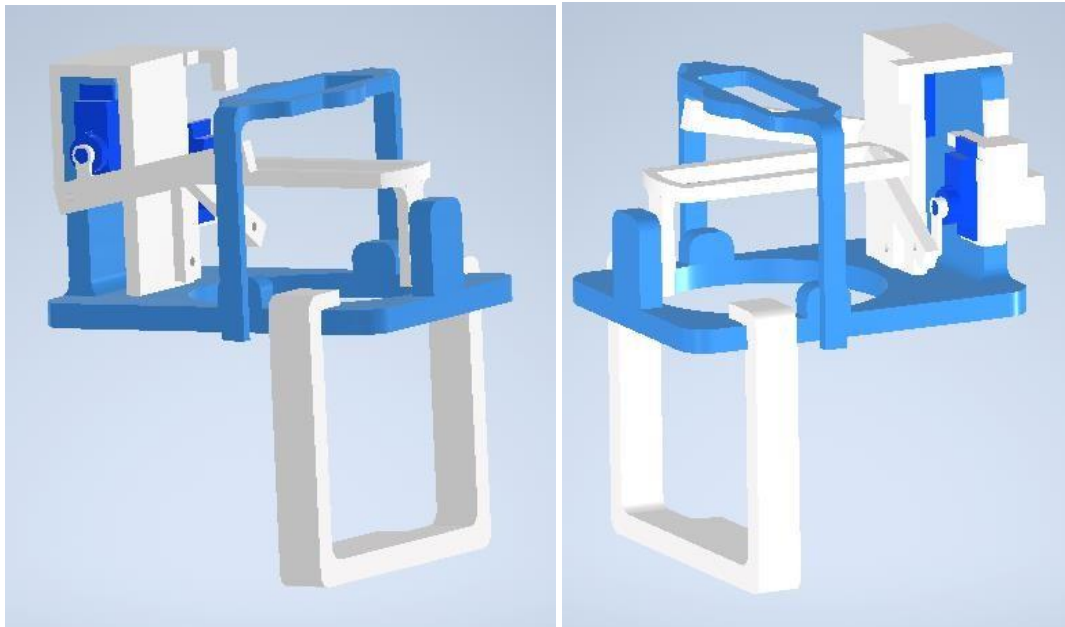
Fase 3

En esta fase 3, se desarrolla el diseño de las piezas a imprimir en 3D, para el mecanismo de control del Joystick, el diseño del mecanismo es desarrollado en el software Inventor, para luego ser exportado en archivo stl para el software cura, el cual permitirá convertir en códigos G para la impresión de las piezas mecánica.

El diseño de las piezas mecánicas para el mecanismo está basado en la creación de articulaciones y mecanismos que ejecuten el mecanismo.

Figura 21

Mecanismo del Joystick

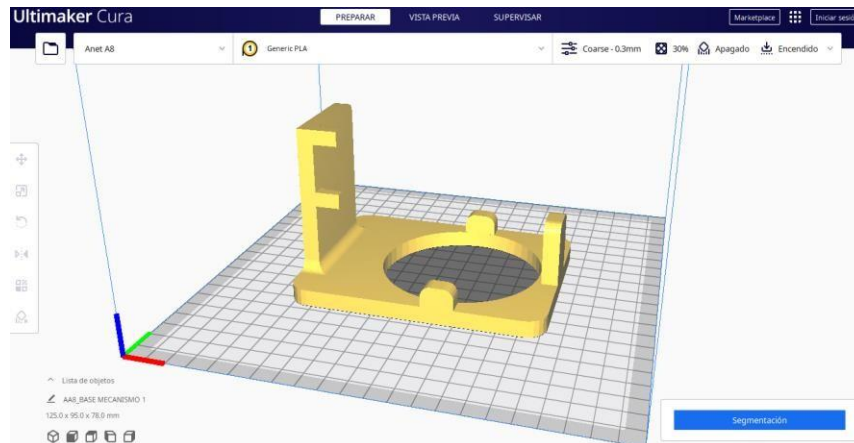


Nota. La figura muestra el mecanismo de montaje del Joystick. Fuente: Machay (2022)

Con las piezas de diseño mecánico desarrolladas en el software inventor, se ejecuta la conversión de las piezas en código G para la impresión en 3D. El software que me permite realizar este tipo de trabajo es el software Cura, con la máquina ANET 8. El cual está configurado en impresiones de alta calidad.

Figura 22

Software Ultimaker Cura

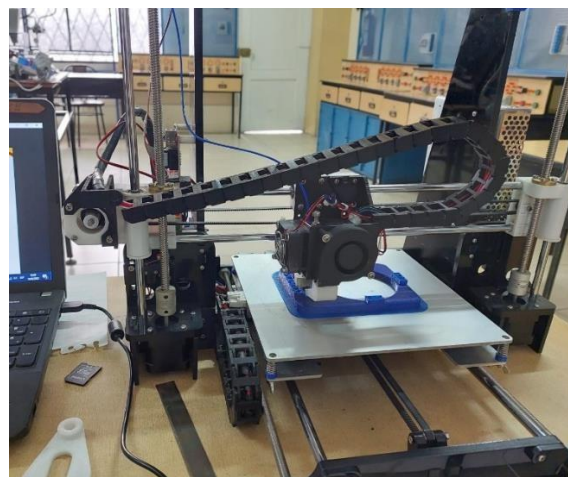


Nota. La figura muestra la pieza de impresión en Ultimaker Cura. Fuente: Machay (2022)

La impresión de las piezas mecánicas es a escalas milimétricas, por lo que se debe considerar las características del material a imprimir, para esta impresión se ha utilizado el PLA de 1.5kg y 2mm de diámetro. El mallado es de forma triangular con un acabado de calidad de 0.1 y la velocidad de impresión de 80 mm/s.

Figura 23

Impresión 3D



Nota. La figura muestra una impresión de las piezas en 3D. Fuente: Machay (2022)

Fase 4

Armado y conexión del mecanismo impreso para el control del joystick por medio de servomotores se realiza con todas las piezas impresas del sistema mecánico. El mecanismo tiende a moverse de acuerdo con las señales que recibe el servomotor. Todo el sistema es desmontable en el caso de que una persona no requiera el control por visión artificial. Este mecanismo es adaptable a cualquier tipo de silla eléctrica, con la única condición que es el control por Joystick.

Figura 24

Montaje del mecanismo

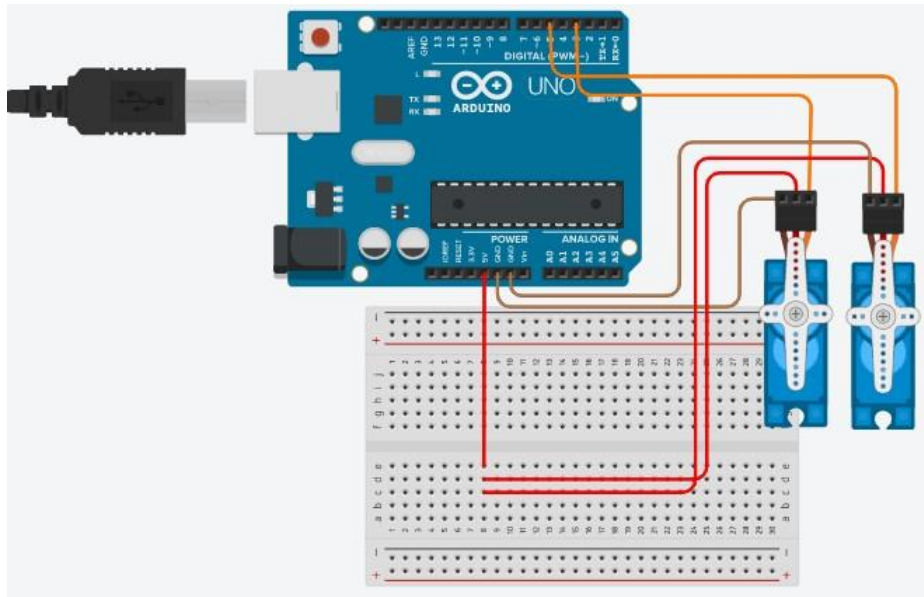


Nota. La figura muestra el montaje de las piezas impresas en el Joystick para el control de la silla de ruedas. Fuente: Machay (2022)

Con el montaje del sistema mecánico, se desarrolla la conexión eléctrica y electrónica que alimenta los servomotores por medio de una tarjeta Arduino, los servomotores recibirán la señal, Vcc y GND del Arduino Uno.

Figura 25

Arduino y servomotores

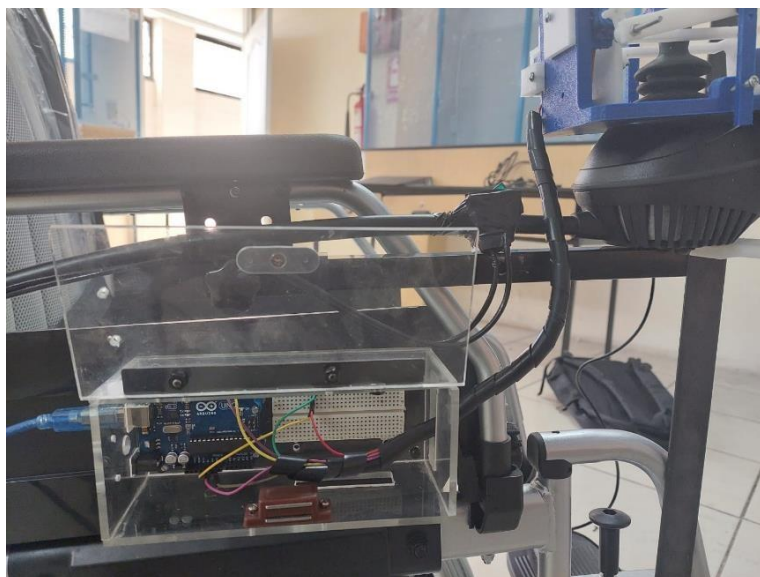


Nota. La figura muestra la conexión de los servomotores sg90 en las salidas de la tarjeta Arduino Uno. Fuente: Machay (2022)

Los elementos se encuentran instalados dentro de una caja, con el objetivo de evitar ser golpeados en el trayecto o movimiento de la silla de ruedas.

Figura 26

Montaje de la tarjeta Arduino

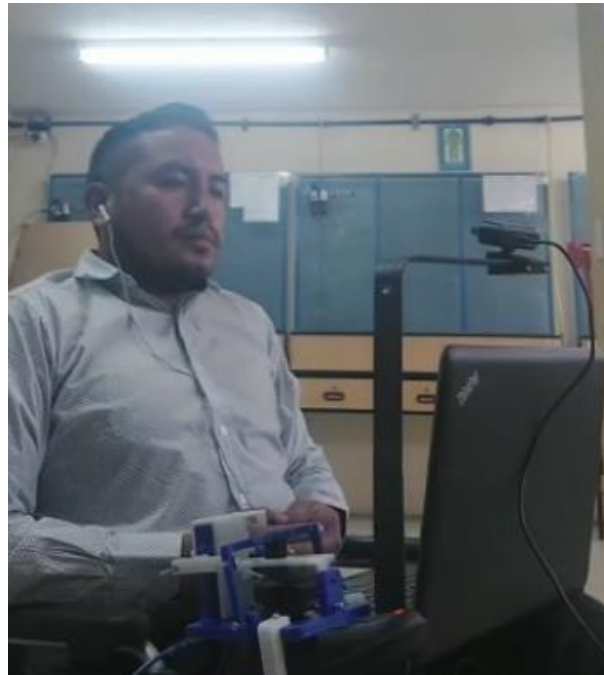


Nota. La figura muestra el montaje de la tarjeta Arduino Uno en la silla de ruedas. Fuente: Machay (2022)

Con la implementación del sistema de una silla de ruedas controlada por medio de algoritmos de visión artificial, la silla de ruedas cumple con sus funciones y el desarrollo de pruebas de funcionamiento, como, por ejemplo: velocidad y tiempo de respuesta.

Figura 27

Mecanismo funcional



Nota. La figura muestra el sistema funcional. Fuente: Machay (2022)

Control de la silla de bambú eléctrica por medio de visión artificial

Fase 1

El control de la silla de ruedas de bambú tendrá el mismo algoritmo de la silla eléctrica, es decir realizar movimientos por medio de la visión artificial, la diferencia de esto es que la comunicación de la tarjeta Arduino tendrá como salida una señal para el puente H, el cual controlará una silla de ruedas alimentada por medio de paneles solares. En el software PyCharm se ejecuta el mismo algoritmo, lo que se tendrá a cambiar para el puente H y sus salidas es la programación en la tarjeta Arduino, el cual emitirá las señales de salida.

```
#include <SoftwareSerial.h>
const int LED01=8;
const int LED02=9;
```

```

const int LED03=10;
const int LED04=11;

//Declarar las variables
char dato;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.setTimeout(10);
  pinMode (LED01, OUTPUT);
  pinMode (LED02, OUTPUT);
  pinMode (LED03, OUTPUT);
  pinMode (LED04, OUTPUT);
}

void loop() {
  while(Serial.available()){
    dato = Serial.read();
    delay(10);
    Serial.println(dato);
    switch(dato){

      //Gira la silla de ruedas hacia la derecha
      case 'd':
        digitalWrite(LED01, HIGH);
        digitalWrite(LED02, LOW);
        break;

      //Gira la silla de ruedas hacia la izquierda
      case 'i':
        digitalWrite(LED01, LOW);
        digitalWrite(LED02, HIGH);
        break;
    }
  }
}

```

```

//Parar la silla de ruedas
case 'p':
digitalWrite(LED01, LOW);
digitalWrite(LED02, LOW);
break;

//Avanzar la silla de ruedas hacia atrás
case 'a':
digitalWrite(LED03, HIGH);
digitalWrite(LED04, LOW);
break;

//Avanzar la silla de ruedas hacia adelante
case 'b':
digitalWrite(LED03, LOW);
digitalWrite(LED04, HIGH);
break;

//Parar la silla de ruedas
case 's':
digitalWrite(LED03, LOW);
digitalWrite(LED04, LOW);
break;
} } }

```

Para la silla de ruedas controlada por medio de algoritmos de visión artificial, también se desarrollará en una silla de ruedas diseñada por medio de caña de bambú, con su alimentación por medio de energía solar fotovoltaica. Por lo tanto, se diseña los planos de la silla de ruedas en el software inventor.

Figura 28

Silla de ruedas de bambú



Nota. La figura muestra una silla de rueda con estructura de bambú. Fuente: Machay (2022)

A la silla de ruedas de caña de bambú se realiza el montaje de los elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos para su respectivo movimiento, para esto se realiza el montaje de dos motorreductores para el sistema de tracción. Las señales enviadas de la tarjeta Arduino serán receptadas para estos motores, que desarrollan los movimientos, adelante, atrás, derecha e izquierda.

Figura 29

Montaje de motores

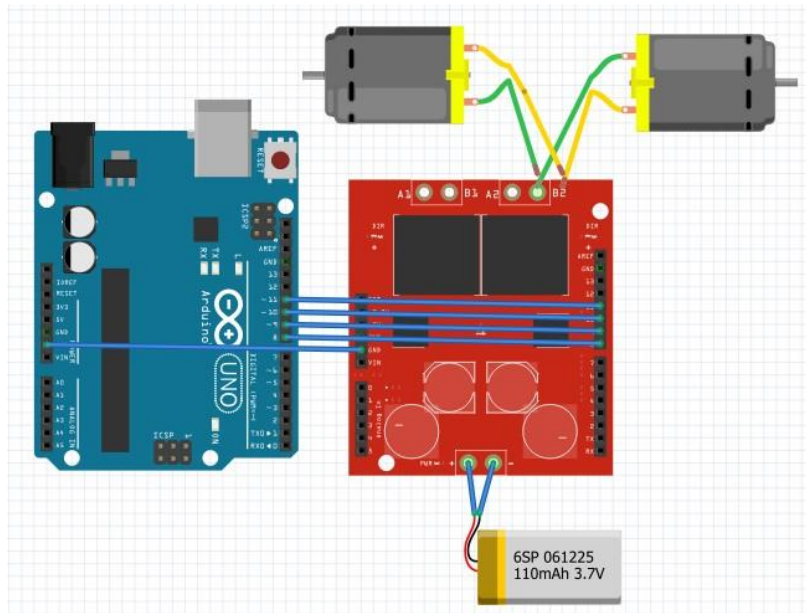


Nota. La figura muestra el montaje de motorreductores de 12Vcc en la silla de ruedas de caña de bambú. Fuente: Machay (2022)

El sistema de control es ejecutado por medio de una tarjeta Arduino y un puente H, que permite realizar los movimientos adelante, atrás, derecha e izquierda. Estos movimientos serán ejecutados por medio de la visión artificial y reconocimiento del rostro.

Figura 30

Arduino y puente H



Nota. La figura muestra la forma de conexión del puente H en los motores. Fuente: Machay (2022)

La velocidad y posicionamiento del motor, dependerá del tiempo en que se detecte la posición del rostro. La silla de ruedas quedará totalmente autónoma con el reconocimiento del rostro por ubicación de los 6 puntos.

Figura 31

Silla de bambú con energía solar



Nota. La figura muestra el montaje de componentes eléctricos en la silla de ruedas de bambú con paneles solares. Fuente: Machay (2022)

2.3 Validación

El proyecto se validará por medio de expertos y conocedores del proyecto para una silla de ruedas controlada por visión artificial.

Tabla 1

Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Darío Javier Morales Caiza	7 años	Ingeniero en Informática y Sistemas Computacionales. Magister en sistemas de información mención en gestión de seguridad de la información.	Docente
Darwin Tituaña	15 años	Ingeniero en Electromecánica Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo	Técnico en Electromecánica Técnico en Seguridad Industrial
Luis Toca	8 años	Ingeniero en Electrónica	Docente Docente

Nota. Datos tomados de validadores especialistas. Fuente: Machay (2022)

Instrumento para la validación

Una vez seleccionado los profesionales y expertos en los temas de programación, visión artificial y automatización se plante los criterios de evaluación.

Tabla 2

Criterios de validación para la evaluación

Criterios	Descripción
Impacto	Está enfocado en representar los alcances que tienen los modelos representatividad y gestión para la creación de valor público.
Aplicabilidad	Tiene la capacidad de implementar un modelo que considera que los contenidos de la propuesta son eficientes para la aplicación.
Conceptualización	Está deducido en la propuesta y teorías de manera sistematizada.
Actualidad	Los contenidos tienen relevancia en documentación y cambios tecnológicos y científicos para la gestión pública.
Calidad Técnica	Realiza una medición de atributos cualitativos de la propuesta planteada.
Factibilidad	Sostiene un nivel de eficiencia en la aplicabilidad propuesta.
Pertinencia	Los ítems de la propuesta permiten dar una solución al problema establecido.

Nota. Datos tomados para los criterios de evaluación. Fuente: UISRAEL (2022)

Resultados de validación

En base a los criterios de evaluación presentados a los expertos, los resultados muestran favoritismo en la propuesta de proyecto.

Tabla 3

Criterios del Mg. Darío Morales

CRITERIOS	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					x

Nota. Datos tomados para el criterio de evaluación según el especialista. Fuente: UISRAEL (2022)

Tabla 4

Criterios del Mg. Darwin Tituaña

CRITERIOS	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				X	
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad				X	
Pertinencia					X

Nota. Datos tomados para el criterio de evaluación según el especialista. Fuente: UISRAEL (2022)

Tabla 5

Criterios del Mg. Luis Toca

CRITERIOS	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Nota. Datos tomados para el criterio de evaluación según el especialista. Fuente: UISRAEL (2022)

2.4 Matriz de propuesta

La matriz establece los ejes, la descripción, el sustento de la construcción, la metodología y las herramientas empleadas en el proyecto de la silla de ruedas controlada por un algoritmo de visión artificial.

Tabla 6

Matriz de propuesta y articulación

Ejes o partes principales	Descripción	Sustento teórico	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas
1 Definición: Silla de ruedas eléctricas, visión artificial, adquisición de imágenes, Python, sentencias condicionales y elementos electrónicos.	1.1. Tablas comparativas de elementos. 1.2. Análisis de costos y factibilidad 1.3. Tomas de decisiones con base en funcionalidades y beneficios.	Visión artificial Silla eléctrica	Fuente bibliográfica Observación Preguntas estructuradas
2 Diseño: Mecanismo de control del joystick, diseño del sistema electrónico.	2.1. Tarjeta electrónica basada en microcontrolador Arduino. 2.2. Circuito electrónico de potencia 2.3. Aplicación en OpenCV. 2.4. Aplicación de Media Pipe	Programación de Arduino Aplicaciones de diseño de circuitos electrónicos Tinkercad. Aplicaciones de Open CV, Python, Pycharm, Inventor, Ultimaker Cura.	Se empleó impresiones 3D y software de simulación. Observación Experimental
3 Implementación: cableado, sistemas electromecánicos, de control.	3.1. Aplicaciones de programación 3.4 Control de motores 3.5. Instalaciones eléctricas de control.	Instalaciones eléctricas industriales Comunicación serial	Se empleó el método prueba error.

Nota. Datos tomados para la matriz de articulación. Fuente: UISRAEL (2022)

2.5 Análisis de resultados.

Según el método deductivo se puede deducir que el control de la silla de rueda por medio del algoritmo de visión artificial, tiene un índice de impacto y factibilidad positiva, ya que se considera que su aplicabilidad si es primordial para las personas con cuadriplejia, ya que no tienen movimientos en sus extremidades superiores e inferiores. Permitiendo que la silla de ruedas sea controlada por medio de visión artificial, el cual su mecanismo será por medio de un Joystick, estas cuestiones se han empleado bajo la guía de preguntas abiertas, el cual son personas expertas en desarrollo de software y automatización. Este sustento se encuentra en el Anexo 2.

Se ha realizado una deducción para el control del joystick de la silla de ruedas eléctricas, donde se pretende instalar y controlar por medio de la visión artificial, y que sus movimientos se lo realicen según el movimiento y posicionamiento del rostro o la cabeza de una persona, este resultado se puede observar en la tabla 7.

Tabla 7

Movimiento del motor

Movimiento Rostro	Movimiento de silla de ruedas	Movimiento del motor
Derecha	Gira a la derecha	Motor 1 (antihorario) – Motor 2 (horario)
Izquierda	Gira a la izquierda	Motor 1 (horario) – Motor 2 (antihorario)
Arriba	Avanza hacia atrás	Motor 1 (horario) – Motor 2 (horario)
Abajo	Avanza hacia adelante	Motor 1 (antihorario) – Motor 2 (antihorario)

Nota. Datos tomados del reconocimiento del rostro para el control del movimiento de los motores. Fuente: Machay (2022)

Para la ubicación de los servomotores se ha considerado ángulos de movimiento y dirección, este resultado permite la posición para el control. Estos ángulos y condiciones de control serán de acuerdo a la posición de instalaciones de los servomotores en los mecanismos. El ángulo será bajo la programación de Arduino como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8*Control de Joystick*

Movimiento Rostro	Programación Arduino	Movimiento de Joystick	Movimiento del motor
Derecha servomotor 1	servo11.write(0); delay(100); servo11.write(90);	Derecha	Motor 1 (antihorario) – Motor 2 (horario)
Izquierda servomotor 1	servo11.write(180); delay(100); servo11.write(90);	Izquierda	Motor 1 (horario) – Motor 2 (antihorario)
Parar servomotor 1	angulo = 90; servo11.write(90);	Centro	Motor 1 y Motor 2 detenido
Arriba servomotor 2	servo22.write(0); delay(100); servo22.write(90);	Adelante	Motor 1 (horario) – Motor 2 (horario)
Abajo servomotor 2	servo22.write(180); delay(100); servo22.write(90);	Atrás	Motor 1 (antihorario) – Motor 2 (antihorario)
Parar servomotor 1	angulo = 90; servo22.write(90);	Centro	Motor 1 y Motor 2 detenido

Nota. Datos tomados del movimiento del Joystick. Fuente: Machay (2022)

Las posiciones que detecta la cámara para el movimiento derecha, izquierda, arriba, abajo y stop, define coordenadas X, Y para enviar una señal para la salida. Estas señales permiten que las definiciones “d”, “i”, “a”, “b”, y “s” tengan una comunicación con Arduino para la señal de salida a los servomotores y para el puente H. Las coordenadas tienen rangos mínimos y máximos para ejecutar la definición como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9*Definición de coordenadas*

Detección de posición	Coordenada X	Coordenada Y	Definición
Derecha	277 279	196 197	“d”
Izquierda	54 55	215 217	“i”
Arriba	172 172	144 144	“a”
Abajo	158 161	334 328	“b”
Stop	217 218	196 197	“s”

Nota. Datos tomados de la detección del rostro con definición de coordenadas. Fuente: Machay (2022)

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la fundamentación teórica, la visión artificial está siendo empleado en muchas áreas tecnológicas del sector industrial y productividad, uno de ellos es para el control de sillas de ruedas eléctricas por medio de detección de rostro o gestor de señal facial, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas con cuadriplejía.
- El algoritmo de visión artificial para el control de una silla de ruedas eléctricas se encuentra programado en el software Pycharm con lenguaje Python, el cual por medio de OpenCv permitirá generar coordenadas por medio de la posición y detección de la parte facial de una persona.
- En la programación de algoritmo de visión artificial en el software informático PyCharm tiene instalado las librerías de OpenCv y Media Pipe para la detección del rostro de manera rápida y su posición de seis puntos principales en la parte facial.
- El mecanismo del control del Joystick es controlado por medio de servomotores el cual tiene piezas de impresiones en 3D, el material para estas impresiones es el PLA, el cual es resistente para ejercer fuerzas de acción y reacción.
- Las pruebas de funcionamiento son efectuadas en la silla de control de Joystick por medio de prueba error para verificar su tiempo de respuesta en las señales de salida, Además, la silla de rueda de bambú con alimentación de energía solar fotovoltaica también tiene su verificación de funcionamiento en los tiempos de respuesta y en los reguladores de voltaje para la velocidad de motor.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar la calidad de vida de una persona parapleja y cuadripleja es fundamental investigar sus necesidades para la movilidad, y de esta forma implementar un sistema personalizado de una silla de ruedas, e incluso se podría proceder a una investigación de una silla convertible en exoesqueleto, y que su control sea por medio de la visión artificial.
- Para el funcionamiento de la silla de ruedas por visión artificial se recomienda que para la detección del rostro no se utilice accesorios como mascarilla, gorra y gafas, ya que impida el reconocimiento eficiente de los seis puntos del rostro para el control de los servomotores que permiten el movimiento del Joystick y también el movimiento de los motores eléctricos.
- Para el funcionamiento del sistema es importante la instalación de las librerías de OpenCv, Media Pipe y serial en el software informático Pycharm, sin estas librerías no existirá el funcionamiento. Además, algo muy relevante en el funcionamiento es la versión de Python, para este algoritmo se recomienda la versión 3.10.6.
- Es necesario que el sistema del mecanismo del control de joystick por medio de los servomotores tenga sus impresiones con el material PLA, que la calidad de impresión 3D tenga una categoría de 2 y su velocidad esté en el rango de 60 a 90 mm/s, esto permitirá una pieza de calidad y resistente a los esfuerzos.
- Para que el sistema de control sea totalmente independiente de la silla de ruedas, en futuras investigaciones se puede realizar este algoritmo de visión artificial con una tarjeta Raspberry Pi 4, el cual permitirá desplazar el uso de una computadora para poner en marcha el movimiento de la silla de ruedas.

BIBLIOGRAFÍA

- Apredizaje OPEN CV. (2019).
- Automatización, O. E. N. (2017). *Tesis*.
- Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, Wkh, R. Q., ...)2015. (ناطيم, ح. No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析
Title. *Syria Studies*, 7(1), 37–72.
https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Capterra. (2022). *PyCharm*. <https://www.capterra.ec/software/186625/pycharm>
- Chutku. (2022). *Silla de ruedas*. <http://www.chutku.ec/En+Venta/Sillas+Ruedas+Electricas/st9032>
- Delgado Quintero, S. (2022). Aprende Python. *Aprende Python, python*, 1–488. https://aprendepython.es/_downloads/907b5202c1466977a8d6bd3a2641453f/aprende-python.pdf
- Discapacidades, C. N. para la I. de. (2022). *Estadísticas de Discapacidad*. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Downey, A., Elkner, J., & Meyers, C. (2002). Aprende a Pensar Como un Programador. In *Archivos españoles de urología* (Vol. 8, Issue 2). <http://www.unav.es/SI/manuales/Java/indice.html%0Ahttp://www.iaa.es/python/cursos-python-para-principiantes.pdf>
- García, E. M. i. (2002). Visión Artificial. *Inteligencia Artificial*, 115.
- Gil, I. (2015). La impresión y sus alcances en la arquitectura. *Universidad Politécnica de Madrid*, 0–81. http://oa.upm.es/38442/7/PFC_IRENE_GIL_GIL.pdf
- Hoobox. (2022). *Wheelie 7, inteligencia artificial*. <https://soytecno.com/wheelie-7-inteligencia-artificial/>
- Key Features. (2020). *Handbook of Research on Blockchain Technology*, xxxi. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819816-2.00024-1>
- Kunth, G. A. (2019). *16 de abril de 2019*. 45–51.
- La, A. a, Investigación, D. E., Arévalo, V. M., González, J., & Ambrosio, G. (2002). *La librería de visión artificial open cv aplicación a la docencia e investigación 1*. 1–6.
- Lecanda, R., & Garrido, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14, 5–39. <http://www.redalyc.org/html/175/17501402/%0Ahttp://www.redalyc.org/resumen.oa?id=17501402>
- MEDICALEXPO. (2022). *Silla de ruedas*. <https://www.medicalexpo.es/fabricante-medical/silla-ruedas-2081.html>
- MEDICU. (2022). *Catálogo silla de ruedas*. <https://www.medicacuador.com/categoria->

producto/ayudas-tecnicas/sillas-de-ruedas/

- MES. (2022). *Media Pipe*. <https://omes-va.com/malla-facial-mediapipe-python/>
- Minguez, J., Alcubierre, J. M., Montesano, L., Montano, L., & Saz, O. (2005). Silla de Ruedas Inteligente Controlada por Voz. *Proceedings of the Primer Congreso Internacional de Domotica, Robotica y Telesistencia Para Todos, i*, 349–360.
- Montico, S., & di Leo, N. (2015). Universidad Nacional de Rosario. *Revista Internacion Al De Argentina, IV*, 166–172.
- MSKTC. (2011). *La silla de ruedas eléctrica: Lo que el consumidor con LME necesita saber*. http://www.msktc.org/lib/docs/SCI-electric_wheelchair-Span_BZEdit.pdf
- Números, I. A. D. E. (2014). *INTRODUCCIÓN a la. November, 2–4*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1072.6722>
- OMS. (2016). Paquete de capacitación en servicio de sillas de ruedas (Manual de referencia del participante). *Management Sciences for Health, 1*, 9–69. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326613/9789241505765-refmanual-spa.pdf?ua=1>
- Otech. (n.d.). *Silla de ruedas controlada con expresiones facial*. 2020. <https://otech.uaeh.edu.mx/noti/index.php/tech/esta-silla-de-ruedas-se-controla-con-expresiones-faciales/>
- Palomino, H. (2018). Año 2018. *Video Educativo Animado, Que Orienta Acerca de La Consecuencias Físicas y Psicológicas a Causa Del Consumo de Drogas, Dirigido a Adolescentes y Preadolescentes*, 74.
- Peter, C. (2018). Servo Motor SG90. *Micro Motor, 1(2)*, 180. http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf
- PLANO DE DISCIPLINA - PROF LEONARDO - POLÍTICAS PÚBLICAS. (2019). No Tit'ile. ペインクリニク学会治療指針 2, 1–9. <https://doi.org/.1037//0033-2909.l26.1.78>
- Rechy, E., Hu, H., Marin, A., & Ríos, H. (2015). Controlando una silla de ruedas mediante expresiones faciales y movimientos de cabeza. *Komputer Sapiens, 7*(September 2016), 11–16. https://www.researchgate.net/publication/308632808_Controlando_una_silla_de_ruedas_mediante_expresiones_faciales_y_movimientos_de_cabeza
- Ruiz Guti, M. (2007). Manual de Programación Arduino Arduino : Manual de Programación. *Arduino Notebook, 1*, 3–70.
- Rus García, M., Hernando Juanas, A., & Rodríguez Hernández, J. (2014). Introducción a la Impresión 3D. *Revista de Plásticos Modernos: Ciencia y Tecnología de Polímeros, 691*, 13–15. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4766256&info=resumen&idioma=ENG>
- Salamea Palacios, C. (2007). El procesamiento de imágenes: una herramienta de desarrollo. *Ingenius, 1*. <https://doi.org/10.17163/ings.n1.2007.03>
- Samsudin, C. M. (2020). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Konstruksi Pemberitaan Stigma Anti-China Pada Kasus Covid-19 Di Kompas.Com, 68(1)*, 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ndteint.20>

17.12.003%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024

Senadis. (2008). *Elementos silla de ruedas*.

Servo, M. (2015). *Sg90* 9. 4–5.

Soler, M. (2014). *Informe de OpenCV y Tratamiento de Imágenes*. 10. https://www.informatica-juridica.com/wp-content/uploads/2014/01/Informe_OpenCV_Tratamiento_Imagenes.pdf

STRAMMER. (2022). *Sillas de Ruedas con Control de Expresión Humana*. <https://strammer.com/es/wheelchairs-human-expression-controlled/>

Strassburguer, K., Hernández, Y., & Barquín, E. (2004). Lesión medular. *ASPAYM-MADRID NRO 4*, 161. <https://www.aspaymmadrid.org/wp-content/uploads/2018/05/guia-manejo-integral-2013.pdf>

Todos, P. (n.d.). *Para todos*.

2006. (ج. ف. & الو. ر. غ. ج). No Title. *البنوعوضات المفكبة الوجةة*. <http://www.asha.org/pressroom/newsroom/20061201.htm> (December), 1–6.

ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL PROYECTO



Yo, **Morales Caiza Darío Javier**, con C.I **1724049398**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SILLA DE RUEDAS CONTROLADA POR ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL**.

Elaborado por el Ing. **Byron Orlando Machay Tisalema**, con C.I **0503641391**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización, de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 05 de septiembre de 2022

DARIO
JAVIER
MORALES
CAIZA

Firmado
digitalmente por
DARIO JAVIER
MORALES CAIZA
Fecha: 2022.09.05
18:40:27 -05'00'

Ing. Darío Javier Morales Caiza Mgs.

C.I.: 1724049398

Registro SENESCYT: 1020-2016-1672916



Yo, **Darwin Vinicio Tituaña Diaz**, con C.I **1716233539** en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SILLA DE RUEDAS CONTROLADA POR ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL**.

Elaborado por el Ing. **Byron Orlando Machay Tisalema**, con C.I **0503641391**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización, de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 06 de septiembre de 2022



Firmado y reconocido por:
**DARWIN
VINICIO
TITUANA DIAZ**

Ing. Darwin Vinicio Tituaña Diaz Mg.

C.I 1716233539

Registro SENESCYT 1004-09-886659

Registro SENESCYT 1032-2017-1787222



Yo, **Luis Edison Toca Trujillo**, con C.I **171988925-3**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SILLA DE RUEDAS CONTROLADA POR ALGORITMO DE VISIÒN ARTIFICIAL**.

Elaborado por el Ing. **Byron Orlando Machay Tisalema**, con C.I **0503641391**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización, de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 06 de septiembre de 2022



Verificar autenticidad de firma
**LUIS EDISON
TOCA**

MSc. Luis Edison Toca Trujillo

1719889253

Registro SENESCYT : 7241197392

1001-2016-1732897

ANEXO 2

PREGUNTAS ABIERTAS DE VALIDACIÓN

 <p>Universidad Israel</p>	<p>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL Maestría en Electrónica y Automatización</p>
---	---

Objetivo: Identificar la aplicabilidad y funcionabilidad de un sistema de control de la silla de ruedas por medio de la creación de un algoritmo con visión artificial.

1. ¿Considera que el proyecto de la silla de ruedas controlada por visión artificial tiene impacto para su construcción?

Mencionan que el proyecto si tiene impacto para la construcción, ya que se considera como una gran ayuda para las personas con paraplejia o sin extremidades superiores o inferiores.

2. ¿El proyecto es relevante y está acorde al avance de la tecnología?

Menciona que, si está acorde a los avances científicos, ya que la visión artificial se ha ido implementando en varios sectores, en especial en lo industrial. Y que muchos procesos se encuentran automatizados por visión por computador.

3. ¿El diseño del mecanismo es apropiado y tiene características técnicas?

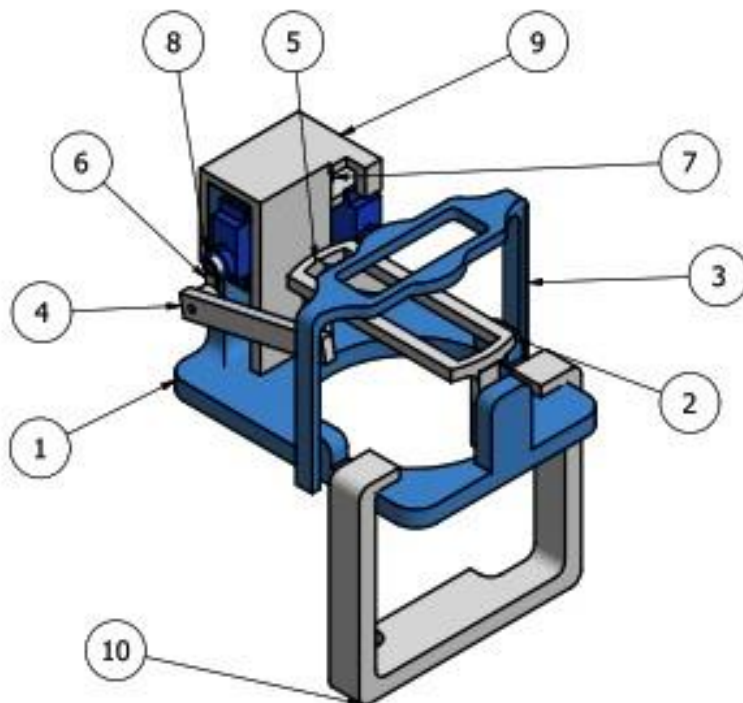
Manifiestas que estos mecanismos del control del Joystick por medio de servomotores, si cumplen con un mecanismo correcto y cumple con las características técnicas, por ejemplo, los acabados superficiales.

4. ¿El proyecto del control de la silla de ruedas, tiene factibilidad y adaptabilidad para las sillas eléctricas?

Manifiestan que, por ser un mecanismo de fácil construcción, si es adaptable para cualquier silla de ruedas que tenga el control por un Joystick, o que simplemente tenga motores eléctricos.

ANEXO 3

Ensamble del sistema mecánico



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base del mecanismo	Material PLA
2	1	Guia circular	Material PLA
3	1	Guia de movimiento	Material PLA
4	1	Soporte horizontal	Material PLA
5	1	Soporte vertical	Material PLA
6	2	Mariposa servomotor	Material PLA
7	1	Ajustador servo 2	Material PLA
8	2	Servomotor	Material PLA
9	1	Sujetador servo 2	Material PLA
10	1	Sujetador servo 1	Material PLA
Diseño de Machay B.	Revisado por Mg. Albarracín W.	Aprobado por Mg. Albarracín W.	Fecha 25/08/2022
UISRAEL		MECANISMO SERVOMOTOR	Edición Hoja 1 / 1