

HEADCLOUD

Celia Martínez Gamero, Daniel Rodríguez Caro, David Najem Mateo, Irene Olivero Rachón, Juan Francisco Muñoz Rodríguez, Lara Boulghait Azizi El Ouahabi, Lucía Muñoz Ruiz

INDICE

- 1.** Introducción
 - 1.1** Descripción del problema
 - 1.2** Estado del arte
 - 1.3** Solución Propuesta

- 2.** Alcance
 - 2.1** Objetivos
 - 2.2** Requisitos
 - 2.2.1** Funcionales
 - 2.2.2** De diseño
 - 2.2.3** De operación
 - 2.2.4** De prestaciones
 - 2.2.5** De seguridad
 - 2.3** Restricciones
 - 2.4** Descripción de subsistemas
 - 2.5** WBS

- 3.** Periodo y planificación
 - 3.1** Periodo de trabajo
 - 3.2** Diagrama de Gantt
 - 3.3** Análisis de riesgos

- 4.** Calendario de entregables

- 5.** Criterios de aceptación
 - 5.1** Matriz de verificación

- 6.** Material y presupuesto

- 7.** Referencias

1. Introducción

1.1. Descripción del problema

Los problemas de movilidad reducida son el tipo de discapacidad más frecuente según los datos del INE. El estudio también señala que esta discapacidad afecta sobre todo a mayores de 55 años y niños de 6 años o más, lo que hace a estas personas todavía más dependientes.

4,38 millones de residentes en hogares afirmaron tener discapacidad o limitación en 2020. Por sexo, 1,81 millones eran hombres y 2,57 millones mujeres. La discapacidad o limitación afectaba a 94,9 personas por cada mil habitantes y en mayor medida a las mujeres (109,2) que a los hombres (80,1). Por edad, el 75,4% del colectivo con discapacidad o limitación residente en hogares tenía 55 o más años. Tres de cada cinco de estas personas eran mujeres. [1]

Pirámide de población total y población con discapacidad
Porcentajes

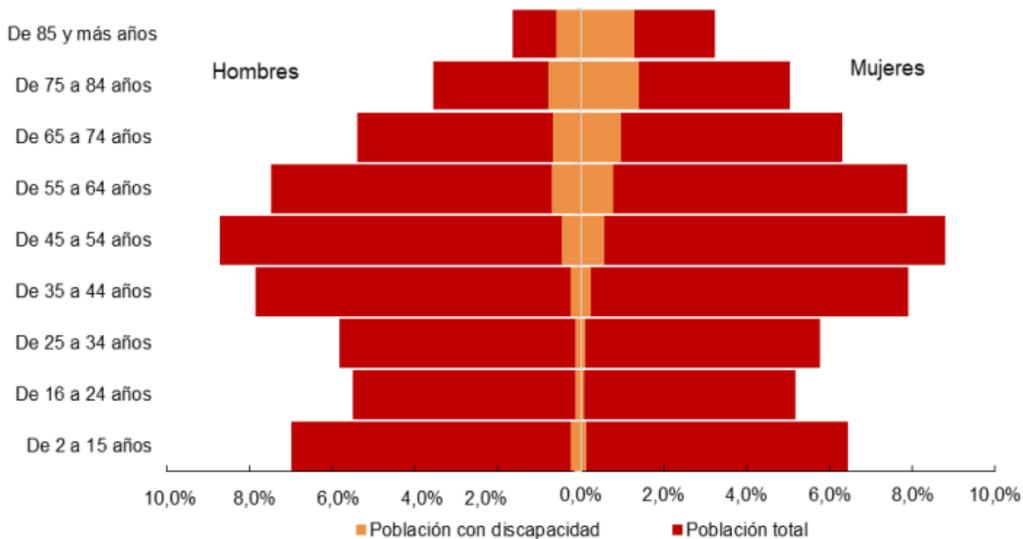


Figura 1 [1]

En el campo de la asistencia a personas con discapacidad, la tecnología juega un papel crucial en la mejora de su calidad de vida y bienestar, sobre todo en aquellas con dificultad de movimiento. Uno de los desafíos más recurrentes para quienes enfrentan discapacidades físicas o neurológicas es la dificultad para mantener una posición adecuada de la cabeza y el cuello.

La falta de autonomía personal y situaciones de dependencia de estas personas hacen que sea imprescindible la presencia de personal asistente para actividades básicas del día a día, así como para cuidados básicos y ejercicios de rehabilitación.

Para abordar esta problemática, surge la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras y eficaces que proporcionen un soporte adecuado para la cabeza de manera confortable, adaptativa y no invasiva. Con todo, surge la idea de crear una herramienta que facilite la vida de estas personas ofreciendo mayor independencia y tranquilidad en conjunto con accesorios que faciliten la vida de estas personas. Este proyecto se ha centrado en ofrecer soluciones para pacientes que no son capaces de sostener su cabeza de forma autónoma por pérdida de control o fuerza sobre su cuello. Hemos observado que se trata de uno de los grandes retos en la ortopedia, como destaca la reconocida terapeuta Gloria Pomares en su blog: “Tras muchos años de dedicarme a la adaptación de sillas de ruedas y sistemas de sedestación para pacientes con grandes necesidades de posicionamiento, he llegado a la conclusión de que el control cefálico es lo más complicado”. [2]

El control pobre de la cabeza o la incapacidad de mantener una orientación erguida y vertical es un problema clínico muy frecuente en niños con desórdenes neuro motrices, entre los que se encuentran los niños con parálisis cerebral.

Hemos creado un reposacabezas totalmente personalizable y adaptable, económico y funcional. Ofrece el soporte justo que necesita el paciente. También es regulable en altura y profundidad. Nos hemos enfocado en el diseño y desarrollo de un reposacabezas inteligente, dirigido específicamente a personas con discapacidad que enfrentan dificultades para sostener la cabeza de forma autónoma. Este reposacabezas inteligente combina la ingeniería con la ergonomía y biomecánica además de la tecnología, para ofrecer un dispositivo que no solo brinde un soporte adecuado como ya existen en el mercado, sino que también lo haga dinámicamente.

Sobre todo está basado en la premisa de hacerlo accesible, inclusivo y asequible a nivel económico, buscando proporcionar una solución práctica y eficiente que permita a las personas con discapacidad participar de manera activa en sus actividades diarias de la forma más económica posible. Así, integrando conocimientos de distintas ramas de la ingeniería, nuestro equipo pretende mejorar la vida de quienes lo utilicen.

En el corazón de nuestro proyecto encontramos la inspiración en las palabras de Christy Brown, una persona extraordinaria cuya vida es un claro ejemplo de resiliencia y lucha ante la adversidad. Brown, a

pesar de las limitaciones impuestas por su condición (sólo podía mover con control su pie izquierdo), encontró su forma de expresión más auténtica dando voz a través de su arte y escritura. Su legado nos recuerda la importancia de valorar nuestra singularidad y afrontar con perseverancia y valentía los desafíos que nos presenta la vida.

En palabras de Christy Brown: "Si yo no podía ser como las otras personas, por lo menos sería yo mismo, de la mejor manera posible." [3]

Esta declaración, llena de determinación y autoaceptación, nos impulsa a crear soluciones que no solo proporcionen confort físico, sino que también realcen el decoro y la dignidad de cada individuo.

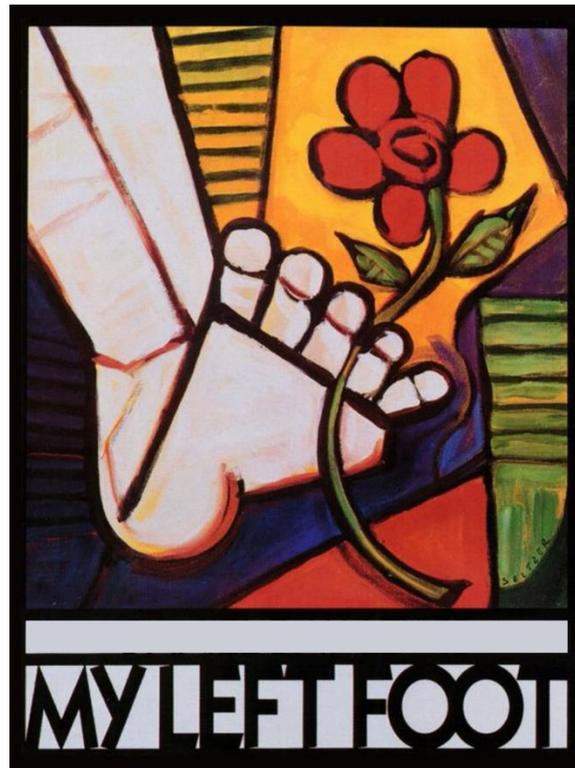


Figura 2 [3]

1.2. Estado del arte

Tal y como se ha comentado anteriormente, el problema expuesto, a pesar de ser tan común, apenas cuenta con herramientas que, además de simplificar la vida de los afectados, les ayude también a tratar su condición. Aunque la PC es una enfermedad incurable hasta el momento, sí que se puede tratar para intentar ralentizar sus efectos, sobre todo en niños a temprana edad. Por lo que, en el caso del

reposacabezas móvil, aunque no sea una alternativa útil para personas con una parálisis avanzada ya que sus músculos están totalmente engarrotados, sí que lo sería para parálisis en fase inicial, en las que una buena estimulación es crucial.

Para comprobar la posible cabida que este proyecto tendría en la sociedad, se ha realizado un análisis del mercado actual consultando en tiendas de ortopedia. La conclusión a la que se ha llegado es que los dispositivos que actualmente se encuentran en el mercado para personas con movilidad reducida tienen un precio bastante elevado para que una familia de clase obrera pueda adquirirlos.

Entre las opciones comerciales existentes, se pueden destacar sillas de ruedas neurológicas básicas que cuentan con reposacabezas para la sujeción en una horquilla de precios desde 300 € (silla de ruedas neurológica Quirumed [4]) hasta unos 1145 € (silla de ruedas reclinable y basculante Positron Teyder [5]) de las cuales ninguna cuenta con un reposacabezas con movimiento incorporado. Por lo tanto, estos solo ofrecen una movilidad manual que hace depender de otra persona a los pacientes. Las sillas neurológicas eléctricas que permiten una movilidad más autónoma rondan entre los 2700 € (silla de ruedas eléctrica basculante Dortomedical [6]) hasta más de 10120 € (Permobil M3 Corpus [7]).



Figura 3 [5]



Figura 4 [7]

Dentro de este amplio rango de precios y prestaciones, cabe a destacar que la mayoría de ellas se centran en promover la movilidad del tren inferior, pero en ningún caso se enfoca, como ya se ha comentado, en darle mayor movilidad al tren superior. Además de esto, el proyecto pretende ofrecer otras prestaciones que hagan más fácil el día a día de estas personas. Para ello, se incorporan sensores de proximidad, monitorización de la salud, aviso de alarmas... entre otras. Algunas de estas prestaciones se pueden

encontrar en sillas de ruedas como la silla de ruedas plegable Easy Ultralight [8], que tiene un precio de 1100€. Sin embargo, su aplicación no tiene el mismo objetivo que el que se presenta en este proyecto ya que, en la mayoría de los casos, los sensores de proximidad se introducen para incorporar un sistema de frenado inteligente y seguro para sillas de ruedas motorizadas, pero la información que estos sensores recogen no se les presenta a los usuarios de una forma cómoda y útil para que ellos mismos puedan actuar en base a ella.

Además de los sensores de proximidad, como bien se ha comentado, se ofrecen otros muchos servicios que se pueden encontrar tanto en las propias sillas como en otros dispositivos externos a ellas. De forma externa tenemos, por ejemplo, los famosos relojes inteligentes que monitorizan las constantes vitales y a los que se les pueden configurar alarmas. No obstante, recordemos que estas personas cuentan con muy poca movilidad en sus extremidades, por lo que manejar estos dispositivos tan pequeños no es tarea fácil para ellos. Por otro lado, el propósito principal del marco de atención médica digital propuesto para personas con discapacidad, basado en esquemas de aprendizaje federado profundo, es ofrecer servicios médicos entrenados distribuidamente en redes *fog cloud*, que se incorporan a las sillas de ruedas y que cuentan con recursos para procesar diferentes sensores. Las aplicaciones IoMT se pueden integrar para pacientes con discapacidad con diferentes biosensores portátiles. Dichas aplicaciones se comunican con los laboratorios de atención médica a través de un sistema de posicionamiento global (GPS). Sensores biomédicos como la presión arterial (PA), monitoreo de oxígeno, navegación por ubicación, glucosa en sangre y ritmo cardíaco están conectados a las sillas de ruedas a través de la correa de un reloj inteligente el cual recopila datos de diferentes sensores. [9, p. 3]

Sin embargo, el acceso a estos servicios no es algo asequible y para estos individuos es fundamental tener constantemente dicha información ya que, como informa la agencia nacional de CDC (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de EE. UU), las personas con discapacidades con frecuencia tienen un mayor riesgo de presentar problemas de salud que se pueden prevenir. Como consecuencia de un tipo específico de discapacidad, como una lesión en la médula espinal, espina bífida o esclerosis múltiple, pueden presentarse otras afecciones físicas o mentales [10]. Se plantea incorporar algo similar, pero de forma de una forma más asequible y que, aunque no se mande un aviso directo a centros de salud, sí que incorpore una alarma que le permita a las personas de su entorno reaccionar ante ciertos escenarios. Adicionalmente, se mostrarán los valores recopilados por los sensores en una aplicación móvil que permita conocer su estado en cualquier momento.

Por otro lado, es importante también tener en cuenta en pacientes que necesitan permanecer en silla de ruedas de forma permanente la postura que estos están obligados a mantener durante periodos de tiempo prolongados. Los problemas físicos de los usuarios de sillas de ruedas generan una inhabilitación para adoptar una postura correcta. Una buena postura es esencial debido a que los efectos de permanecer sentado de manera anómala llevan a padecer dolor de espalda, hombros y cuello; tensión muscular y problemas nerviosos, entre otros [11, p. 1-2]. Por ello, la alternativa de un reposacabezas móvil que se ofrece resulta muy interesante como una posible medida que permita reducir y/o prevenir dichos problemas.

En España nacen 2 niños con parálisis cerebral de cada 1000 niños vivos. Por ello, existen numerosas metodologías fisioterapéuticas que tratan de mejorar sus condiciones, procurando “frenar” todo lo posible el desarrollo de esta, como bien se comentaba anteriormente. Para ello, uno de los métodos más antiguos es el denominado *Método Kabat*, el cual integra movimientos que se realizan en diagonal y espiral (rotación) imitando los movimientos de la vida diaria. Esta es justamente la funcionalidad que se ofrece con el reposacabezas, brindar movilidad además de sujeción, por lo que, podría ser una alternativa interesante como herramienta fisioterapéutica [12, p. 1-6-7].

Cabe a destacar que, como ya se ha resaltado anteriormente, el proyecto no es exclusivamente aplicable a sillas de ruedas, sino también a otro tipo de asientos que puedan resultar más cómodos como una silla de oficina, como la de la patente ES1057119 (U) [13], que es una estructura de sillón de oficina regulable con articulación para el movimiento sincrónico del asiento y del respaldo.

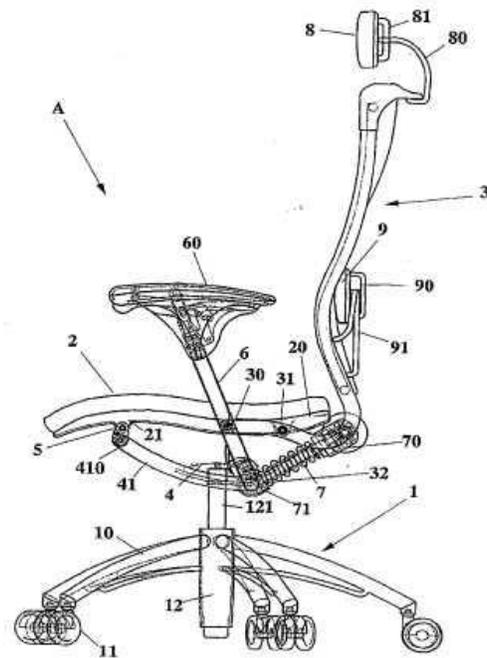


Figura 5 [13]

Sillas de ruedas

Como se ha observado, en el mercado existen infinidad de sillas a disposición del cliente, pero, además de que el precio supera con creces lo que mucha gente se puede permitir, ninguna se centra en el problema que estamos intentando solucionar.

Generalmente, al intentar innovar en una silla de ruedas, se intenta solucionar un problema, mas la mayoría de las sillas disponibles se han centrado en solucionar los mismos problemas y no han intentado ir más allá.

Estos son algunos ejemplos de los problemas más tratados:

- **Sillas con ayuda para levantarse:**

Este es un problema muy explorado por aquellos que se plantean diseñar una silla para personas con discapacidad. Existen cientos de diseños diferentes para el mismo problema, todos ellos con precios muy elevados. Se trata de una silla con un asiento que se reclina hacia delante, ayudando de esta forma a la persona a ponerse en pie. Es una solución que promete facilitar la rehabilitación del paciente. El problema es que estas sillas no se centran en las personas con daños cerebrales que no pueden moverse. Veamos por ejemplo la patente US9855175B2 [14], cuyo objetivo es el mencionado anteriormente.

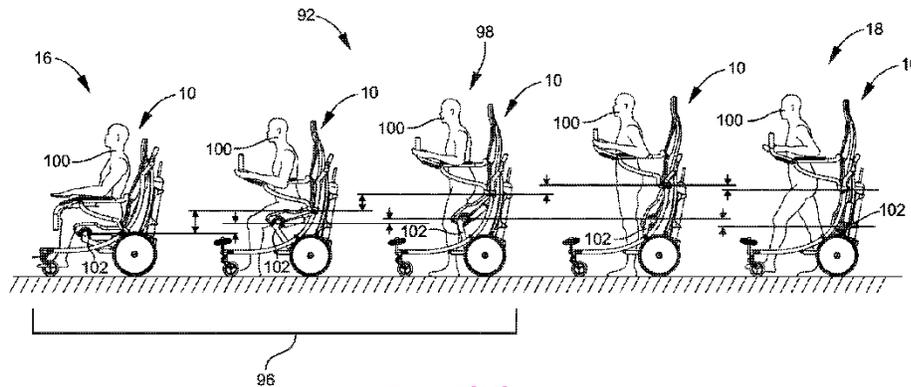


Figura 6 [14]

Como se puede ver en la imagen descriptiva de este diseño, es crucial que el paciente tenga la fuerza suficiente para poder ponerse en pie. En este caso el diseño podría adaptarse a las personas con daños cerebrales, ofreciendo más facilidad a la hora de acceder a ellos para trasladarlos a otro lugar, pero siguen sin centrarse en el momento durante el cual la persona está en la silla de ruedas, donde pasa la mayor parte de su día.

- **Sillas con motor:**

Este tipo de sillas son las más comunes respecto a innovación. Facilitan el desplazamiento de la persona de forma independiente en sus alrededores. Están ya muy integradas en el mercado, y muchas personas tienen una. Sin embargo, el precio sigue siendo muy elevado.

Esta silla es una buena opción para personas que pueden observar a su alrededor, ya que pueden desplazarse de forma segura conociendo el entorno. Para aquellas personas que no pueden mover el cuello, como los pacientes a los que queremos dirigir nuestro producto, será más difícil conocer el entorno para poder desplazarse por él. Esto se debe a que tienen un campo de visión limitado si no mueven la cabeza, por lo que para pacientes con estas condiciones este tipo de sillas solo no es lo más recomendado.

Reposacabezas

El proyecto presentado tiene como ambición principal garantizar la comodidad y salud del usuario en cuanto a cuello se refiere. Tras una profunda investigación del mercado se llegó a la conclusión de que el mercado actual casi no ofrece opciones a este problema, ya que la mayoría se enfoca en la silla de ruedas en sí y en su manejo. Del reposacabezas hay algunas patentes ya desarrolladas, pero estas fuerzan al cliente a depender fuertemente de un tercer usuario para el manejo del sistema.

En un primer lugar, la patente US11510494B2 [15] nos muestra un reposacabezas capaz de girar en ambos sentidos y un adecuado control del cuello. No obstante, el movimiento del reposacabezas sería desde un control manual, por lo que no permie al usuario ser completamente independiente.

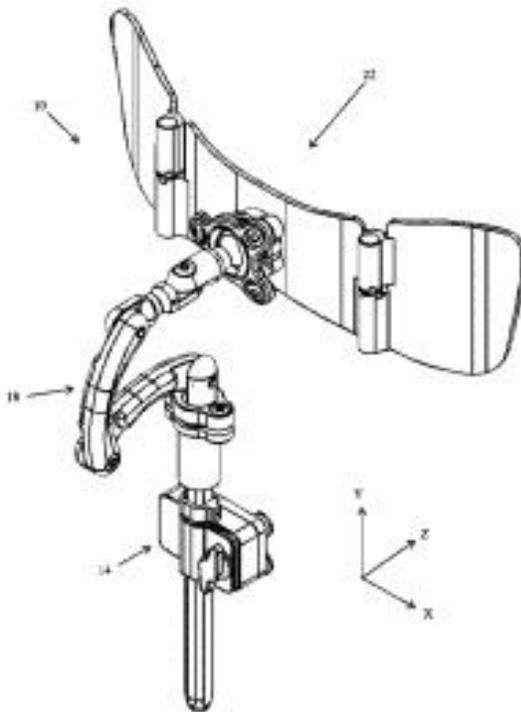


Figura 7 [15]

Luego, observamos la patente US7207630B1 [16], la cual ofrece el mismo modelo de reposacabezas con control manual. Además, es más rígido que el anterior en cuanto al soporte para la cabeza. Por otro lado, este modelo presenta una mayor facilidad de instalación, pudiéndose acoplar perfectamente a sillas más convencionales y asequibles. Aquí se destaca otro de los problemas que hoy en día afectan a este sector del mercado: para tener salud hay que tener dinero.

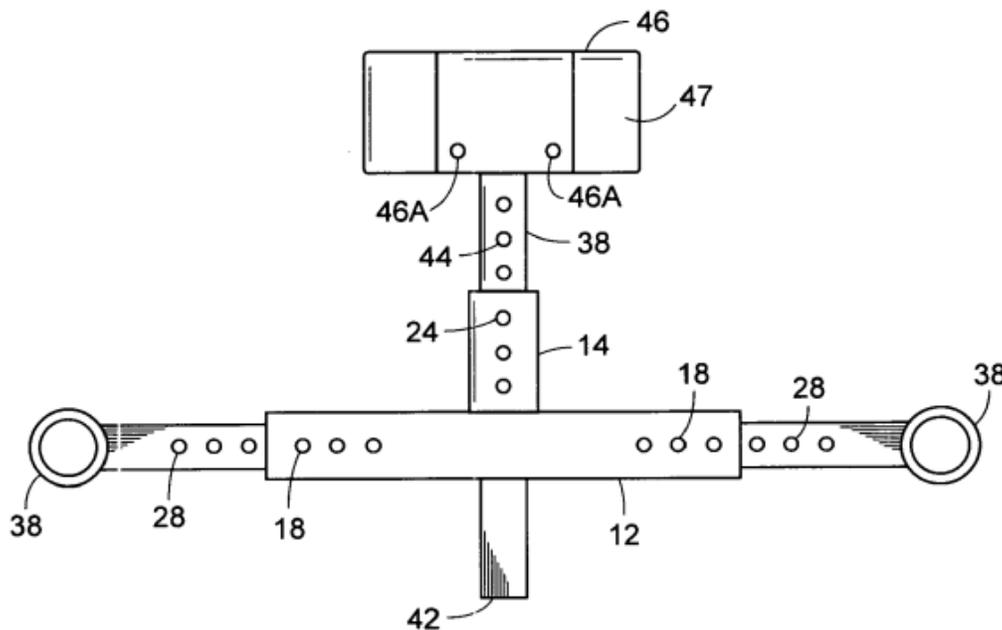


Figura 8 [16]

Con todo esto analizado, presentamos una idea que creemos que satisface las necesidades de este grupo específico de clientes.

1.3. Solución propuesta

Tras explorar las opciones y evaluar los objetivos que se quieren conseguir, se ha desarrollado una solución que abarca gran parte del problema a resolver.

La principal parte es la creación de un reposacabezas robótico, el cual se puede controlar con un joystick situado en el reposabrazos de la silla de ruedas. Se trata de un mecanismo que se puede acoplar a

diferentes sillas; así como sillones, sofás, etc. Esto ayudará a las personas con dificultades para sostener su cabeza y moverla a tener más control, y de esta forma estar más integrados en el entorno.

Se buscaba que fuera una solución completa y adaptable, según las necesidades de las personas, por lo que se han pensado en realizar diferentes mecanismos que se pudieran acoplar entre ellos, formando así un conjunto personalizado para las necesidades de cada persona.

Uno de estos mecanismos busca hacer posible la comunicación de personas con dificultades de habla a través de un dispositivo que transforme el texto en voz. El teclado será acoplado en el reposabrazos del asiento.



Figura 9

Además, se implementarán diferentes sensores para la monitorización de las vitales de los pacientes que se podrán visualizar en la aplicación de un móvil. Este sistema consta de un sensor de temperatura y de pulso cardíaco que envía un aviso en caso de detectar alguna anomalía.

Por último, se van a implementar diferentes funciones para la visualización del entorno. A través de sensores de proximidad, se realizará un radar que muestre la proximidad de los objetos a la silla del paciente con el objetivo de evitar colisiones y accidentes. También se utilizará una cámara que mostrará las imágenes en la aplicación, permitiendo así a la persona poder ver lo que hay detrás de ella, evitando así tener que girarse.

Una de las soluciones que se querría implementar sería el acoplamiento de un sistema que moviera la silla de forma automática a través de un joystick, pero puesto que tenemos un presupuesto limitado, no se implementará el mecanismo.

A través de todos estos sistemas se pretende que la persona pueda ser lo más independiente posible, ya que los sistemas le brindan toda la información del entorno necesaria y le facilitan la comunicación. Además, ofrecemos un producto totalmente personalizado; de manera que se puede añadir (quitar) cualquier complemento en caso de que se necesite (no se necesite).

Todo se ofrecería por un precio asequible y para la mayoría de la población, cubriendo así muchas necesidades básicas de este tipo de pacientes, como lo es la comunicación e interacción con el entorno.

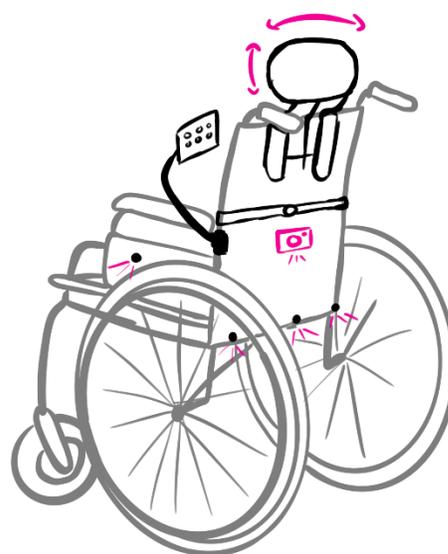


Figura 10

2. Alcance

2.1. Objetivos

Los objetivos que alcanza nuestro proyecto son los siguientes:

- **Obj.1:** Ofrecer a las personas con movilidad reducida una alternativa económica a sillas de ruedas con adaptación de movimiento.
- **Obj.2:** Ampliar la adaptabilidad a distintos tipos de discapacidad entre pacientes.
- **Obj.3:** Posibilitar la personalización de las sillas de ruedas convencionales a las necesidades de cada persona con un bajo presupuesto.
- **Obj.4:** Realizar diseños que se puedan adaptar a distintos sitios como sillas convencionales, sillones...etc., para sacarle más provecho a los productos.
- **Obj.5:** Mejorar la visibilidad de su entorno a las personas de movilidad reducida.
- **Obj.6:** Facilitar la comunicación a aquellas personas con problemas en el habla.
- **Obj.7:** Desarrollar una aplicación que permita controlar algunos de los dispositivos integrables.
- **Obj.8:** Realizar un brazo robótico que sea capaz de sujetar la cabeza de las personas con discapacidades de movilidad avanzadas y que, además, se pueda controlar con un joystick, dándole movilidad a la misma.
- **Obj.9:** Permitir la monitorización de las constantes vitales básicas para el control del estado de salud.
- **Obj.10:** Aconsejador de cambio de postura para la prevención de posibles agravamientos de problemas de movilidad reducida.
- **Obj.11:** Integración de altavoces en el cabezal para poder reproducir música sin causar disturbios en el entorno.
- **Obj.12:** Incorporación de una alarma para recordar las horas de la medicación.
- **Obj.13:** Proporcionar un soporte para teléfonos móviles o tablet.

2.2. Requisitos

2.2.1 Funcionales

- ❖ **F.1:** El sistema podrá mover la cabeza de la persona horizontal y verticalmente con un joystick. [**Obj.8**]
- ❖ **F.2:** Posible incorporación de una cámara móvil que permita al usuario ver lo que hay detrás suya. [**Obj.5**]

- ❖ **F.3:** El sistema debe contar con sensores de proximidad e indicadores presentando la información en una interfaz tipo radar. **[Obj.5]**
- ❖ **F.4:** El sistema podrá contar con dispositivos de ventilación en el reposacabezas. **[Obj.3]**
- ❖ **F.5:** Desarrollo de una aplicación de teléfono que permita controlar parámetros de velocidad, posición...etc., además del funcionamiento de otros dispositivos. **[Obj.7]**
- ❖ **F.6:** El sistema contará con una monitorización de las constantes vitales básicas (pulso y temperatura) **[Ampliable]** **[Obj.9]**
- ❖ **F.7:** El sistema contará con un recordatorio que aconseje un cambio de postura del cuello **[Obj.10]**
- ❖ **F.8:** El sistema contará con una función que permita configurar alarmas que recuerden tomarse la medicación **[Obj.12]**
- ❖ **F.9:** El sistema contará con un equipo de sonido en el reposacabezas que permita reproducir canciones (previamente descargadas y subidas). **[Obj.11]**
- ❖ **F.10:** El sistema contará con un soporte para dispositivos móviles. **[Obj.13]**

2.2.2 De diseño

- ❖ **D.1:** El sistema será cómodo para la persona que lo está utilizando. **[Obj.3]**
- ❖ **D.2:** El sistema tendrá un diseño acoplable a diferentes sillas y se podrá hacer de forma fácil e intuitiva. **[Obj.4]**
- ❖ **D.3:** El coste de producción será el menor posible, ya que el principal objetivo es que la silla de ruedas se vuelva un artículo accesible y no de lujo. **[Obj.1]**
- ❖ **D.4:** El soporte de la cabeza se implementará de forma que asegure la sujeción cómoda pero segura. **[Obj.8]**
- ❖ **D.5:** El control del teclado para la transcripción de texto a voz, el panel de la aplicación y el movimiento del reposacabezas se hará con dispositivos que no requieran de fuerza y/o mucha movilidad para accionarlos. Serán joystick o similares. **[Obj.2, Obj.3]**
- ❖ **D.6:** El soporte para el teléfono móvil o Tablet no podrá ser muy aparatoso y, preferiblemente, regulable, para quitar la menor visibilidad posible a las personas. **[Obj.13]**
- ❖ **D.7:** De incorporar sistema de ventilación este estaría colocado de forma que permita refrescar la zona de la cabeza sin que cause molestias de sonido o del propio viento por excesiva cercanía. **[Obj.3]**

2.2.3 De Operación

- ❖ **O.1:** El sistema se podrá controlar a través de otros pequeños sistemas implementados en la silla como son los joysticks. [Obj.2]
- ❖ **O.2:** Gran parte del sistema también se podrá controlar a través de una aplicación móvil, es decir, de forma remota. [Obj.7]

2.2.4 De prestaciones

- ❖ **P.1:** De incorporar una cámara, el sistema tomará imágenes a una velocidad x fps. (x por determinar) [Obj.5]
- ❖ **P.2:** El sistema debe detectar una proximidad dentro de un rango de x a y m con un margen de error de z metros. (x,y,z por determinar) [Obj.5]
- ❖ **P.3:** El sistema será capaz de transcribir texto en español a audio. [Obj.6]
- ❖ **P.4:** El reposacabezas tendrá unas dimensiones máximas de $AxBxC$ y un peso máximo de D kg. (A,B,C y D aún por determinar) [Obj.8]
- ❖ **P.5:** La altura del reposacabezas será regulable hasta una altura máxima de x cm. (x por determinar) [Obj.3, Obj.4]
- ❖ **P.6:** La aplicación móvil controlará: [Obj.7]
 - Alarmas
 - Visualización de la cámara
 - Visualización del radar
 - Información de las constantes vitales
 - Funcionalidad de pasar de texto a voz
- ❖ **P.7:** La velocidad del ventilador rondará el 2600 rpm. [Obj.3]

2.2.5 De seguridad

- ❖ **S.1:** El dispositivo no puede girar más de 20° en horizontal desde la posición frontal y 10° en vertical. [Obj.8]
- ❖ **S.2:** La velocidad de movimiento del brazo robótico no puede superar los x°/s . [Obj.8] (x aún por determinar)
- ❖ **S.3:** Los dispositivos deben tener una buena ventilación en todo momento y no puede existir el riesgo de explosión en ninguno de ellos. [Obj.5, Obj.6, Obj.8]
- ❖ **S.4:** Incorporar un dispositivo de presión que detenga el movimiento del cuello si se detecta una fuerza superior a y N. (y aún por determinar) [Obj.8]
- ❖ **S.5:** En caso de incorporar sistema de ventilación en el reposacabezas, no se podrá superar una velocidad de giro de 3000 rpm. [Obj.3]

- ❖ S.6: Los altavoces no podrán superar los 90 db. [Obj.3 y Obj.11]

2.3. Restricciones

Este proyecto presenta dos restricciones evidentes; la primera y más evidente de ellas, es el presupuesto, ya que este no podrá superar los 80 € en materiales (no se incluyen los materiales que hayan sido prestados/cedidos de forma gratuita). Por otro lado, se encuentra el tiempo límite del proyecto, ya que este deberá ser entregado el 21 de mayo.

2.4. Descripción de subsistemas

El proyecto se presta a una fácil división de subsistemas, ya que los elementos que se desarrollarán deberán poderse implementar por separado.

Mecánica y control

Reposacabezas móvil:

El reposacabezas regulable y móvil es uno de los componentes clave del proyecto, ya que, como se ha comentado anteriormente, es clave para quienes pierden la fuerza en el cuello imposibilitando mantener la cabeza en pie y mucho menos que puedan moverla. Además del movimiento horizontal y vertical del aparato, se incluyen otras funcionalidades como es la posibilidad de reproducir música en unos altavoces integrados en el reposacabezas, o, de poder ser, incluir un sistema de ventilación para aliviar el calor que producen los soportes de la cabeza en verano a altas temperaturas. Por ello, dentro de este subsistema será necesario incluir otros que se enfocarán en resolver algunas de estas tareas.

MOVIMIENTO DE LA CABEZA

El elemento clave es la movilidad de la cabeza, para lo que será necesario incorporar dos motores; uno se encargará del movimiento en horizontal y otro del movimiento vertical. Ambos dispositivos, tal y como se ha comentado anteriormente, tendrán limitación de velocidad y ángulo máximo de giro. La velocidad, además, se podrá regular en la aplicación móvil.

Este subsistema tendrá una estructura regulable en altura y ajustable a la cabeza.

SONIDO

Este segundo subsistema se encargará de implementar el sonido en el reposacabezas. Para ello, se incorporarán dos pequeños altavoces (uno a cada lado de la cabeza) y la música/sonido a reproducir se deberá cargar previamente en la aplicación y se seleccionará en la misma. El volumen además también se podrá ajustar en esta utilizando el joystick y/o botonera.

VENTILACIÓN

De incorporar este sistema, se determinará dónde y cómo ponerlo exactamente. Este subsistema se encargará por tanto de controlar la velocidad de giro del ventilador y su encendido/apagado. Seguramente se introduciría una botonera (suave) o un panel en la aplicación para controlarlo.

Electrónica

Sin lugar a duda, la electrónica es una parte fundamental del proyecto tanto a nivel hardware como software. A nivel hardware contaremos con un microcontrolador, probablemente una placa Arduino, que será el encargado de controlar los distintos sensores y sus mediciones, así como la comunicación con la tableta. Así mismo, también se encargará de controlar el resto de los motores mecánicos anteriormente comentados.

Traducción TTS [Text to speech]:

Otra de las partes más importantes y motivadoras del proyecto es la capacidad de dar voz a la persona que lo utiliza. Gracias a un sistema de traducción texto-voz, hemos hecho posible hacer audible el mensaje del individuo que por un motivo u otro no pueda expresarse de forma oral, pero si controlar un teclado a través del simple movimiento de un joystick.

Sensor de proximidad:

También ofrece un sistema de proximidad, el cual nos permite la detección de objetos cerca de nuestro sistema gracias a un radar. En el caso de que nuestro sensor detecte un objeto, se comunicará con nuestro sistema emitiendo un sonido para avisar al cliente de que tiene un objeto cerca.

Sensores vitales

Como proyecto global enfocado en el aspecto médico es esencial poder tener monitorizadas las mediciones vitales básicas y que estén estén conectadas con la parte software del proyecto para así poder avisos de niveles peligrosos, así como una monitorización a tiempo real de ellas. Los sensores que se utilizarán para este objetivo serán los siguientes:

- **Sensor de temperatura:** Este sensor electrónico nos permitirá conocer la temperatura corporal del usuario ya que está es una medida esencial del estado de salud para conocer posibles fiebres o subidas y/o bajadas de temperaturas.

- **Pulsímetro:** Este es otro sensor indispensable en cualquier dispositivo del ámbito sanitario ya que nos permite conocer la frecuencia cardíaca del individuo y tomar medidas adecuadas en caso de situaciones fuera de lo habitual.

2.5. WBS

Para una mejor comprensión sobre la estructuración y definición del proyecto nos ayudamos de la Work Breakdown Structure (WBS). Se trata de una herramienta utilizada para la descomposición analítica del trabajo, dividiéndolo jerárquicamente en componentes para facilitar la comprensión del conjunto.

Su representación es generalmente gráfica:



A partir del esquema, es fácil elaborar calendarios de trabajo más realistas, así como estimar con mayor precisión los costes y fechas del proyecto. Cualquier miembro del equipo puede acceder al WBS para asegurarse en qué nivel está el proyecto, cuáles son los siguientes pasos y cuándo termina.

Como aparece en el diagrama, el trabajo se enfoca en cuatro partes muy diferenciadas.

Lo primero a destacar es la planificación del trabajo, a dos niveles:

-Nivel humano. Formación del grupo de trabajo, puesta en común de fortalezas y debilidades personales, designación de roles, formación de subgrupos.

-Nivel estratégico. Se establecen las bases del equipo, los objetivos a largo y corto plazo, los valores en los que se sustenta el proyecto.

Una vez concordada la planificación, el siguiente paso es el desarrollo del producto en sí mismo. Para un correcto funcionamiento, se divide esta fase en tres, ordenadas en tiempo.

-Trabajo previo. Se diseña un primer boceto del producto y se va evolucionando hasta el final. Se especifica todo lo necesario para su montaje. Posteriormente el equipo se aprovisiona de todo lo necesario. Se estudian tanto el producto a realizar como el mercado y la competencia. Es muy importante diferenciarse bien con respecto a los demás ya existentes en el mercado.

-Experimentación. Se lleva a cabo el montaje tanto físico como informático para el correcto funcionamiento del producto. Cada departamento lleva a cabo su función para posteriormente unirlos y comprobar que el conjunto funciona.

-Conclusiones. Una vez montado el producto se evalúa el comportamiento y su funcionalidad. Se examina detalladamente y si es necesario se vuelve a la fase anterior.

Una vez terminado el periodo de desarrollo, el producto ya está montado y funciona según lo estipulado. Es la hora de sacar el producto al mundo. Se llevan a cabo campañas de comunicación, donde se da a conocer al público el resultado del proyecto. Se llevan a cabo campañas de publicidad y anuncios donde se muestra tanto el producto como ventajas y novedades frente a los demás.

La última parte del proyecto tiene una función crítica con el equipo. Se ponen en cuestión si se han alcanzado los objetivos que se plantearon al inicio del trabajo. Se lleva a cabo un seguimiento del producto y una evaluación sobre la llegada al mercado del producto.

3. Periodo y planificación

3.1. Periodo de trabajo

El periodo de trabajo que abarca el proyecto comienza el 25 de febrero y concluye el 21 de mayo.

3.2. Diagrama de Gantt

Para la organización y planificación del proyecto se ha utilizado un Diagrama de Gantt. Con él se ha estimado cuál será el periodo de trabajo en cada parte del proyecto, incluyendo tanto la planificación, como el trabajo en sí. Los periodos de trabajo en cada parte son aproximados, ya que no se sabe con exactitud cuánto se tardará en hacer cada parte.

DIAGRAMA DE GANTT

TAREAS



3.3. Análisis de riesgos

Para el análisis de riesgos los clasificaremos en tres tipos:

- **Riesgos del Proyecto:** En este apartado se engloban los problemas potenciales de presupuesto, personal, recursos, planificación temporal, tamaño y estructura.

Nº	Descripción	Prevención	Solución	Alternativa
1	Cambio de alcance o cambio de prioridades	Definir claramente los objetivos del proyecto.	Redefinir de forma anticipada el alcance del proyecto.	Centrarse en un proyecto con menos alcance, pero más plausible de ser terminado.
2	Bajo desempeño	Mantener al equipo motivado con tareas claras y plausibles.	Llamadas de atención para prevenir una desconexión de integrantes del equipo.	Redefinir las tareas del equipo.
3	Costos elevados	Intentar conseguir la mayor parte de los componentes como préstamos gratuitos.	Ahorro en partes del proyecto no esenciales.	Fabricar de forma casera los componentes que sean posibles de hacerlos.
4	Escasez de tiempo	Marcar un calendario claro con un margen de seguridad para las tareas encargadas.	Usar el margen de seguridad anteriormente asignado.	Reasignar compañeros a tareas de mayor necesidad de tiempo.
5	Escasez de recursos	Planificar detalladamente los materiales y herramientas que se utilizarán en el proyecto.	Cambio en los componentes planificados por otros disponibles.	Priorizar partes del proyecto esenciales a detrimento de otras con escasez de material para poder realizarse.
6	Cambios operativos del proyecto	Mantener una línea clara desde el comienzo del proyecto de la organización de este.	Realizar los cambios de organización cuánto antes posible teniendo en cuenta las aptitudes y conocimientos de	

			cada uno de los integrantes del equipo.	
7	Falta de claridad dentro del equipo	Establecer los canales de comunicación adecuados junto con reuniones programadas para mantener informado al equipo sobre el avance del proyecto en su totalidad.	Establecer más canales de comunicación, así como más reuniones programadas.	Realización obligatoria de update de cada tarea del proyecto cada plazo marcado.

- **Riesgos técnicos:** Se refieren a los problemas potenciales de diseño, especificación ambigua, incertidumbre técnica, técnicas inadecuadas, técnicas novedosas.

Nº	Descripción	Prevención	Solución	Alternativa
1	Imposibilidad de implementación software	Búsqueda intensiva de software abierto que podamos aplicar en la parte digital del proyecto.	Búsqueda de alternativas software de terceros a las que podamos redirigir.	Optar por opciones software más sencillas y accesibles.
2	Imposibilidad de creación de modelo definitivo	Diseñar todos los subsistemas con el objetivo claro de la interconexión entre ellos.	Adaptar el proyecto para la realización de un producto final a pesar de la disminución de características.	Especificar nuestro modelo como prototipo de producto.
3	Motor demasiado débil	Conseguir un motor que en principio sobrepase en unos márgenes de seguridad la potencia necesaria.	Conseguir un motor alternativo.	Bajar los parámetros para que se ajusten a la potencia del motor.

4	Problemas de velocidad del giro de la cabeza	Restringir de forma exhaustiva las restricciones de movimiento.	Ampliar los márgenes de seguridad y reducir la velocidad máxima.	Hacer una restricción mecánica.
5	Fallo en la conexión inalámbrica de los sistemas	Utilizar una conexión Bluetooth estandarizada que tenga muchos recursos en la web.	Usar distintas formas de conexión inalámbrica aparte de la Bluetooth.	Utilizar una conexión mediante cables.

- **Riesgos de negocios:** Identifican problemas del entorno, estratégicos, legales.

Nº	Descripción	Prevención	Solución	Alternativa
1	Restricciones legales por uso médico	Revisar la normativa de las distintas instituciones que puedan influir sobre nuestro proyecto ya que está altamente ligado con el campo médico	Redefinir las partes que incumplan las normativas que les afecte.	Hacer hincapié en que como prototipo no es un proyecto que pueda salir a la venta y se deberán realizar cambios posteriores.
2	Incumplimiento de patentes	Investigar de forma profunda y avanzada el estado del arte, así como las patentes de modelos y proyectos similares que estén ahora mismo activas.	Redefinir las partes del proyecto que incumplan las patentes.	Investigar si como proyecto educativo podemos utilizar esas patentes.
3	Falta de mercado	Investigar de forma profunda el mercado del	Ajustar el proyecto a las necesidades que	Definir distintas ampliaciones que se le podrán hacer

		proyecto y si es necesidad que haya que cubrir.	se encuentren en el mercado.	en un futuro al prototipo.
4	Mejores alternativas en el mercado	Comprobar las opciones ya existentes en el mercado y ver que podemos ofrecer a diferencia de ellos.	Buscar carencias en los productos del mercado para ofrecerlas en el nuestro.	Hacer hincapié en la diferencia sustancial de nuestro producto frente a la posible competencia.

4. Calendario de entregables

- Versión preliminar del SOW para revisión (3 de Abril)
- Versión corregida del SOW (por determinar porque depende del profesor que tiene que entrar, pero debe ser aproximadamente alrededor del 19 abril)
- Informe de progreso 1 (por determinar, aproximadamente alrededor del 26 de abril)
- Informe de progreso 2 (por determinar, aproximadamente alrededor del 3 de mayo)
- Informe de progreso 3 (por determinar, aproximadamente alrededor del 10 de mayo)
- Demostrador del proyecto (implementación física del proyecto), transparencias de la presentación, y vídeo(s) de demostración (21 de mayo)
- Documentación final: versión final del SOW, memoria descriptiva de resultados (el día de la convocatoria oficial)

5. Criterios de aceptación

El proyecto se aceptará cuando los requisitos obligatorios estén implementados y verificados.

5.1. Matriz de Verificación

Req.	Nombre Req.	Verificación				Nombre Prueba	Estado
		I	A	D	T		
S.1	Giro máximo	x	x			Análisis de giro	Pendiente
S.2	Velocidad máxima	x	x			Análisis velocidad	Pendiente
S.3	Ventilación			x		Prueba ventilación	Pendiente
S.4	Detección de resistencia		x			Prueba de interrupción	Pendiente
S.5	Velocidad máxima de ventilación		x			Análisis Datasheet del ventilador	Pendiente
S.6	Sonido altavoces				x	Prueba de sonido	Pendiente
F.1	Movimiento cabeza			x	x	Prueba de movimiento	Pendiente
F.2	Cámara móvil			x		Demostración de imágenes	Pendiente
F.3	Sensores de proximidad	x	x			Análisis de proximidad	Pendiente
F.4	Ventilación			x		Demostración ventilación	Pendiente
F.5	Aplicación de control				x	Prueba de control	Pendiente
F.6	Constantes vitales			x		Demostración de detección de constantes	Pendiente
F.7	Aviso Cambio de postura			x		Comprobación de aviso de postura	Pendiente
F.8	Alarmas medicación	x				Verificación de avisos por medicación	Pendiente
F.9	Altavoz reposacabezas			x		Análisis del sonido	Pendiente
F.10	Soporte móvil			x		Prueba de estabilidad	Pendiente
P.1	Fps imágenes	x				Análisis de imágenes	Pendiente
P.2	Rango proximidad	x				Medidas de proximidad	Pendiente
P.3	Texto a voz			x		Comprobación del programa	Pendiente
P.4	Peso y dimensiones reposacabezas	x				Análisis de dimensionamiento	Pendiente
P.5	Altura reposacabezas	x		x		Comprobación alcance rompecabezas	Pendiente
P.6	Control app					Examen del rango de control de la app	Pendiente
P.7	Velocidad ventilador		x			Comprobación datasheet del ventilador	Pendiente
D.1	Comodidad y seguridad				x	Prueba de comodidad	Pendiente
D.2	Diseño adaptable	x			x	Examen de adaptación	Pendiente

D.3	Coste producción	x				Cálculos de costes	Pendiente
D.4	Seguridad		x			Comprobación cumplimiento de los requisitos de seguridad	Pendiente
D.5	Facilidad de control				x	Evaluación de la dificultad de control	Pendiente
D.6	Soporte adaptable			x		Evaluación de adaptabilidad del soporte	Pendiente
D.7	Comodidad ventilación				x	Prueba ventilación	Pendiente
O.1	Control Joystick				x	Prueba Joystick	Pendiente
O.2	Control aplicación			x		Demostración app	Pendiente

5.2. PLAN DE PRUEBAS.

Ya que aún no hemos construido nada físicamente y no disponemos de elementos a los que podamos someter a test de funcionamiento, aún es pronto para detallar las pruebas concretas que se van a realizar. Dejaremos por tanto esta parte para más avanzado el proyecto.

6. Material y presupuesto

GENERAL:

- Arduino (0€)
- Tablet (0€)
- Joystick (0€)
- Cables de conexión (0€)
- Resistencias (0€)
- Cable micro USB (0€)
- Carcasas (0€)
- Botones/Pulsadores (0€)

REPOSACABEZAS:

- Sensor de presión (a determinar)
- Dos motores (a determinar)
- Barras para el soporte (0€)

- Cintas para la sujeción de la cabeza (0€)
- Cojín para el reposacabezas (0€)
- 2 altavoces pequeños (a determinar)

MONITORIZACIÓN DE SALUD:

- Sensor de temperatura (a determinar)
- Sensor de pulso

SISTEMA DE DETECCIÓN DE PROXIMIDAD:

- 3 sensores de proximidad (a determinar)

TRADUCCIÓN TTS [TEXT TO SPEECH]:

- Altavoz 18mm (a determinar)
- Módulo de audio SOMO 14D (a determinar)

Como se puede observar, aún no se ha concretado un presupuesto para el prototipo ni para el modelo final de venta. Ya que, tal y como se comenta en el apartado anterior, aún no tenemos todos los componentes y algunos de ellos seguimos intentando conseguirlos de forma gratuita. Sea como fuere, el presupuesto no superará los 80€ en materiales de construcción, al igual que el de construcción final no se planea que supere los 150€ incluyéndolo todo; ya que, se recuerda, el objetivo es brindar una solución asequible y sencilla que incluso los familiares de los afectados puedan realizar siguiendo ciertos pasos.

7. Referencias

- [1] INE. Instituto Nacional de Estadística. Accedido el 31 de marzo de 2024. [En línea].
Disponible: https://www.ine.es/prensa/edad_2020_p.pdf
- [2] “EL CONTROL CEFÁLICO NOS LLEVA DE CABEZA”. Aprende Ortopedia Infantil. Accedido el 1 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://gloriapomares.com/el-control-cefalico-nos-lleva-de-cabeza/>
- [3] C. Brown, *My left foot*. London: Secker & Warburg, 1954.
- [4] “Silla de ruedas neurológica extensible, ancho asiento 46 cm”. Quirumed. Accedido el 13 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-neurologica-extensible-ancho-asiento-46-cm.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2a6wBhCVARIsABPeH1ss0j8RKBemAqftEbpaPnRHJH6wOLpBcOV7U1Nm-llq6Wdp876nqisaAhk_EALw_wcB
- [5] “Silla Ruedas Reclinable y Basculante Adultos | Dortomedical”. Dortomedical. Accedido el 13 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://dortomedical.com/sillas-de-ruedas-basculantes/3383-silla-de-ruedas-reclinable-y-basculante-positron-teyder.html?srsItid=AfmBOooth1Z96AVlarNFyFsHHyeHY6FDhzUDnW6xdZJnDrPaAqnrIMwvMwY>
- [6] “Silla de Ruedas Eléctrica BASCULANTE Con Luces”. Dortomedical. Accedido el 13 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: https://dortomedical.com/sillas-de-ruedas-electricas-no-plegables/2530-46232-silla-de-ruedas-electrica-aries-tilting.html#/435-certificado_de_discapacidad-si
- [7] “Permobil M3 Corpus | Silla Electrónica | Accessible Madrid”. Accessible Madrid. Especialistas en movilidad reducida. Accedido el 13 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.accessiblemadrid.com/es/permobil-m3->

[corpus?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2a6wBhCVARIsABPeH1uJhnNu_4ELXRI2ENUJKxGfX-
Ql1Wo9EDiJ35RibUs9grzK9j84Y6caAtUtEALw_wcB](https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-electrica-plegable-easy-ultralight.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2a6wBhCVARIsABPeH1u9ZVZuIQkc0U5LaB3mdvRliZ7-J_96RCRlaCWQIE6HyIFLap7FW0caAmXUEALw_wcB)

[8] “Silla de ruedas con sensores Quirumed”. <https://www.quirumed.com/es/>. Accedido el 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-electrica-plegable-easy-ultralight.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2a6wBhCVARIsABPeH1u9ZVZuIQkc0U5LaB3mdvRliZ7-J_96RCRlaCWQIE6HyIFLap7FW0caAmXUEALw_wcB

[9] A. Lakhan, H. Hamouda, K. H. Abdulkareem, S. Alyahya y M. A. Mohammed, “Digital healthcare framework for patients with disabilities based on deep federated learning schemes”, *Comput. Biol. Medicine*, vol. 169, p. 107845, febrero de 2024. Accedido el 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2023.107845>

[10] “Las discapacidades y la salud (CDC)”. Centers for Disease Control and Prevention. Accedido el 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/disabilityandhealth/relatedconditions.html>

[11] P. Vermander, A. Mancisidor, I. Cabanes y N. Perez, “Intelligent systems for sitting posture monitoring and anomaly detection: an overview”, *J. NeuroEng. Rehabil.*, vol. 21, n.º 1, febrero de 2024. Accedido el 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01322-z>

- [12] Y. Hamida Driss, “Tratamiento fisioterápico de la parálisis cerebral infantil”, *NPunto*, vol. VI, n.º 64, pp. 1–6–7, julio de 2023. Accedido el 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/64c77d0749f27art2.pdf>
- [13] C. Massimo, “ESTRUCTURA DE SILLON DE OFICINA REGULABLE CON ARTICULACION PARA EL MOVIMIENTO SINCRONICO DEL ASIEN TO Y DEL RESPALDO”, Patente española ES1057119, 16 de junio de 2004.
- [14] C. Kenneth Wike, R. Michael McEntyre y M. Alan Kapp, “Dynamic seating and walking wheelchair with an active seat with powerlift to stand”, Patente EE.UU. US9855175B2, 2 de enero de 2018.
- [15] Steven Dufresne and Anthony J. Minotte, “Adjustable head support”, Patente EE.UU. US11510494B2, 29 de noviembre de 2022.
- [16] R. Reynolds, “Removable adjustable headrest for wheelchairs having a neck roll”, Patente EE.UU. US7207630B1, 24 de abril de 2007.
-