



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Sistematización de prótesis recicladas

Systematization of recycled

prostheses

Autor

Julián Manuel Valero González

Directores

Prof. Dra. Ana Alejandra Laborda Soriano

Prof. Dr. Pedro José Satústegui Dordá

Facultad de Ciencias de la Salud (Universidad de Zaragoza)

2019-2020

Agradecimientos

A Dña. Milagros González, Dña. Vanessa Sanz, Ginger (DEP), Amy y Piti por su total e incondicional apoyo, conocimientos, cariño y amor infinitos.

A Dña. Milagros Valero, Julio y Cris.

A Dña. Maite Marco por su complicidad, efectividad y amistad.

A D. Pedro Satústegui por su gran aportación, trabajo e inconformismo.

A Dña. Ana Alejandra Laborda por su colaboración, competencia y destreza.

A Dña. Ana Caballero, Dña. Teresa Jiménez y Dña. M^a Jesús Cardoso por su comprensión y atención.

A D. Francisco León quien me asesoró y apoyó cuando lo necesité.

A Dña. Sonia Val por aportar sus enormes conocimientos en Ingeniería Industrial.

A Dña. Cristina Pérez del Departamento de Sostenibilidad de la empresa Mahou San Miguel por sus palabras, atención y cooperación.

A la empresa Mahou San Miguel que integra la marca aguas Solán de Cabras.

A Dña. Nuria Rivás (presidenta ADAMPI) por la ayuda e información aportadas.

A todos aquellos que me han apoyado antes y después, así como a los que no lo hicieron quienes, sin duda, me animaron a continuar con más fuerza.

*“Lo que es deseable y correcto
nunca es imposible”.*

*Henry Ford
(1863-1947)*

*If i help one person to hope,
I will not have lived in vain.
Martin Luther King
(1929-1968)*

Índice

1. Introducción	1
1.1. Evolución histórica de la prótesis	1
1.1.1. Historia protésica clásica	1
1.1.2. Historia protésica pre-moderna	3
1.1.3. Historia protésica moderna y manejo del paciente	4
1.2. Amputaciones, prótesis y metodología sanitaria	5
1.3. Epidemiología	6
1.4. Connotaciones económicas y sociales	8
1.5. Evolución de los materiales	10
1.6. Futuro protésico	11
1.7. Actualidad	12
2. Justificación	13
3. Hipótesis y objetivos	15
3.2. Hipótesis	15
3.3. Objetivos	15
4. Metodología	16
4.1. Diseño del estudio	16
4.2. Contexto geográfico y temporal	17
4.3. Población diana	17
4.4. Aspectos éticos	18
5. Desarrollo	19
5.1. Proceso de preparación	20
5.1.1. Características componentes, materiales y herramientas	20
5.1.1.1. Elementos genéricos a utilizar	21
5.1.1.2. Elementos para actividades específicas	21
5.2. Proceso de construcción	23
5.2.1. Inicio, preparación y confección	23
6. Resultados	35
7. Discusión	42
8. Conclusiones	45
9. Bibliografía	46
10. Anexos	59

Índice de tablas

Tabla 1. Fuentes de información	16
Tabla 2. Anexo 1. Incidencia CCAA	59
Tabla 3. Anexo 2. Productos Eurostat	60
Tabla 4. Anexo 2. Amputaciones España	61
Tabla 5. Anexo 2. Amputaciones-Causa-Porcentaje	62
Tabla 6. Anexo 2. Amputados/miembro	62
Tabla 7. Anexo 3. H ^a . Protésica. Historial de búsqueda	64
Tabla 8. Anexo 3. H ^a Protésica	65
Tabla 9. Anexo 5. Especificaciones	70
Tabla 10. Anexo 5. Peso y precio	71
Tabla 11.1. Anexo 6. AVD	72
Tabla 11.2. Anexo 6. AIVD	73
Tabla 11.3. Anexo 6. Estética	73
Tabla 12. Anexo 8. Escala de satisfacción	75

Índice de gráficos

Gráfico 1. Anexo 1. Incidencia CCAA	59
Gráfico 2. Anexo 3. Procedimiento de búsqueda	63
Gráfico 3. Anexo 4. Botella 0,33L.	66
Gráfico 4. Anexo 4. Botella 0,50L.	67
Gráfico 5. Anexo 4. Botella 1,50L.	68
Gráfico 5. Anexo 4. Botella 1,50L. Continuación	69

Índice de imágenes

Imagen 1. Muñón	19
Imagen 2. Muñón	19
Imagen 3. Muñón	19
Imagen 4. Materiales	21
Imagen 5. Herramientas	21
Imagen 6. Útiles alimentación	22
Imagen 7. Útiles aseo	22
Imagen 8. Materiales	22
Imagen 9. Materiales-Herramientas	22
Imagen 10. Detalle corte	23
Imagen 11. Detalle corte	23
Imagen 12. Detalle cortado	23
Imagen 13. Detalle corte flexura	24
Imagen 14. Flexura cortada	24
Imagen 15. Sección tapón	24
Imagen 16. Sección tapón	24
Imagen 17. Ángulo colocación	25
Imagen 18. Interior	25
Imagen 19. Incisión botella	25
Imagen 20. Cuchillo colocado	26
Imagen 21. Situar y anchura	26
Imagen 22. Colocación	26
Imagen 23. Situación incisión	27
Imagen 24. Cuchara café	27
Imagen 25. Materiales-herramientas	27
Imagen 26. Cepillo dientes	27
Imagen 27. Cepillo peinar	28
Imagen 28. Móvil	28
Imagen 29. Uso alambre	29
Imagen 30. Uso alambre	29
Imagen 31. Materiales-medida	29
Imagen 32. Uso alambre	29
Imagen 33. Con esparadrapo	30
Imagen 34. Con esparadrapo	30
Imagen 35. Poliespán central	30
Imagen 36. Polespán-C-esparadrapo	30
Imagen 37. Acolchado	31
Imagen 38. Situar acolchado	31

Imagen 39. Situar acolchado	31
Imagen 40. Situar acolchado	31
Imagen 41. Con esparadrapo	32
Imagen 42. Esparadrapo tela	33
Imagen 43. Esparadrapo tela	33
Imagen 44. Esparadrapo tela	33
Imagen 45. Mat-herramientas	35
Imagen 46. Colocación peine	35
Imagen 47. Colocación peine	35
Imagen 48. Detalle peinado	35
Imagen 49. Peinado-cepillo	36
Imagen 50. Lavado de dientes	36
Imagen 51. Comiendo-tenedor	36
Imagen 52. Comiendo-cuchara	36
Imagen 53. Comiendo-tenedor	37
Imagen 54. Mano estética	37
Imagen 55. Mano estética	38
Imagen 56. Mano estética	38
Imagen 57. Mano estética	38
Imagen 58. Mano estética-guante	38
Imagen 59. Mano estética-guante	39
Imagen 60. Mano estética-guante	39
Imagen 61. Bebiendo/Mano estética	39
Imagen 62. Bebiendo/Mano estética	40

Acrónimos

ABVD	Actividades básicas de la vida diaria
a. C./d. C.	Antes de Cristo/Después de Cristo
ADAMPI	Asociación de Amputados Ibérica Global de Aragón
AEMPS	Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios
ANDADE	Asociación de Amputados de España
ALI	Isquemia aguda de extremidades inferiores
Cd	Cadmio
CDPD	Convención sobre Derechos de Personas con Discapacidad
CEICA	Comité de ética de la investigación de la Comunidad de Aragón
COCEMFE	Confederación Española de Personas con Discapacidad Física y Orgánica
CERMI	Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad
COPM	The Canadian Occupational Performance Measure
COVID-19	Coronavirus disease 2019
3D	Tres dimensiones
EDAS	The European Dairy Association
EEUU	Estados Unidos
EMG	Mioeléctricas
FEDOP	Federación Española de Ortesistas y Protesistas
HDPE	Polietileno de alta densidad
IMSERSO	Instituto de Mayores y Servicios Sociales
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPC	Índice de precios al consumo
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Ni	Níquel
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
PET	Tereflalato de polietileno
PIA	Países con ingresos altos

PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POM	Poliuretano
PRODCOM	Production Communautaire
PU	Polímeros de dimetil silicona
PVC	Cloruro de polivinilo
SEACV	Sociedad Española de Angiología y Cirugía Vascular
TMR	Reinervación motora dirigida
USA	United Estates of America
VCA	Vascularización alotrasplante compuesta
WHO	Wrist hand orthosis

Resumen

Prótesis y ortesis permiten que personas con deficiencias físicas o limitaciones funcionales lleven una vida independiente y vuelvan a participar de su desempeño cotidiano y vida en sociedad. Su uso puede reducir la necesidad de atención sanitaria, apoyos formales, tratamientos y cuidadores. Sin el acceso a las mismas las personas que las necesitan pueden quedar excluidas y aisladas, incrementando la morbilidad y discapacidad.

Parecen evidentes los desafíos fundamentales para la creación de servicios de ortoprotésica, como la falta de políticas y planes estratégicos nacionales específicos, la falta general de comprensión sobre la función, la finalidad y las ventajas que tienen estos servicios, la carencia de fondos y el costo relativamente alto de prestarlos. Si se atiende a grupos con riesgo de incurrir en exclusión, incluyendo a las personas mayores con bajos ingresos, parece probable, en la actualidad, la enorme problemática para adquirir estos útiles tan necesarios.

El siguiente trabajo trata de procurar una alternativa que cualquier persona pueda realizar, fácil, accesible, ecológica y con un coste ínfimo, para que de manera temporal e incluso de manera continuada, en aquellas poblaciones sin recursos económicos o hasta la confección de una prótesis definitiva, puedan proveerse de los artefactos necesarios para cubrir sus necesidades funcionales. Además se refuerzan los conceptos de reutilización y/o reciclado, de manera que los materiales utilizados sean gratuitos (en su mayor parte o totalmente) y colaborando con la conservación, del tan castigado, medio ambiente.

Abstract

Prostheses and orthotics allow people with physical deficiencies or functional limitations to lead independent lives and re-participate in their daily performance and life in society. Its use can reduce the need for health care, formal supports, treatments and caregivers. Without access to them, people in need can be excluded and affected, increasing morbidity and disability.

The fundamental challenges for the creation of prosthetics and orthotics services seem evident, such as the lack of specific national strategic plans and policies, the general lack of understanding about the function, purpose and advantages of these services, the lack of funds and the cost. relatively high to lend them. If it is attended to groups at risk of incurring exclusion, including the elderly with low incomes, it seems probable, at present, the enormous problem of acquiring these much-needed supplies

The following work tries to find an alternative that anyone can carry out, easy, accessible, ecological and with a minimal cost, so that temporarily and even continuously, in those populations without economic resources or even making a definitive prosthesis, can be provided with the necessary devices to cover their functional needs. In addition, the concepts of reuse and / or recycling are reinforced, so that the materials used are free (for the most part or totally) and collaborating with the conservation of the highly penalized environment.

1. Introducción

El cuerpo humano es un engranaje perfecto de órganos, aparatos y sistemas consiguiendo una magnífica relación de eficacia y eficiencia con el entorno. Uno de los elementos que le dota de gran funcionalidad es la mano, pues presenta funciones esenciales para la supervivencia física en acción, sociabilidad, desarrollo artístico o aprendizaje. Su pérdida conlleva una experiencia traumática que requerirá rehabilitación completa. Durante milenios se ha trabajado para compensar las pérdidas corporales mediante el desarrollo científico, artístico y tecnológico para reinsertar a los afectados, devolviéndoles la posibilidad de participación: es la denominada protésica (1-3).

1.1. Evolución histórica de la protésica

1.1.1. Historia protésica clásica

Los primeros hallazgos protésicos conocidos se remontan al antiguo Egipto, derivados de técnicas de embalsamamiento. Así se han descubierto ojos, genitales y extremidades, reconstrucciones en su mayoría estéticas (no funcionales) realizadas en lino, barro, caña o resina. Se pueden apreciar dos magníficas y detalladas piezas, una en el Museo Egipcio (El Cairo, Egipto) y otra en el Museo Británico de Londres (Reino Unido) (4,5,6,7).

La primera, datada entre los años 950 a.C. y 710 a.C., encontrada en una momia Tabaketenmut en un cementerio cercano a Luxor, fue un primer dedo del pie construido en madera y cuero, unido por cordones dotándolo de flexibilidad (3). La segunda muestra (anterior al año 600 a.C.), dedo derecho del pie, se cree corresponder a Ankhefenmut, fallecido a los 50-55 años tras necrosis avascular, realizado en lino, grasas animales, pegamento y yeso. Nerlich (paleontólogo, Universidad de Munich) y sus colaboradores lo analizaron, y no osan dilucidar sus fines estéticos o funcionales (4-8,10-15).

Una pierna hallada en Capua (yacimiento romano, Sta. M^a. Capua Vetere, 300 a.C.) es reconocida como el primer dispositivo protésico funcional conocido. Custodiada en el *Royal College of Surgeons* (Londres, Inglaterra) (4), fue destruida tras los bombardeos de 1941. Descrita por Bliquez y Sudhoff (1920) como un artefacto con núcleo de madera, cubierto de bronce y metal con correa en cuero unida a la cintura, sirvió para realizar la réplica conservada en el Science Museum de Londres (1926) (4,6,7-10,16,17).

La primera referencia escrita sobre prótesis de manos se remonta al año 77 a.C., donde Plinio *el viejo* relata como Marco Sergio Silus general romano (II guerras púnicas, 218-201 a.C.) tras perder una mano recibió la denominada *iron hand*, para continuar en la batalla. Herodoto narra la existencia de un pie de madera, de Hegesistratus de Elis (batalla de Platea), pero sin muestra tangible de veracidad (4,5,11). El primer pie protésico artificial data de los siglos V y VII d.C, realizado con una bolsa de cuero rellena de musgo, base en madera y clavos. Bliquez describe hallazgos similares en cementerios de Bonaduz, Suiza y Griesheim (s.VII y VIII d.C., Francia) (6,7,12,17).

En 1881, el Museo Británico (Londres, Inglaterra) adquirió el conocido dedo *gordo* del pie *Greville Chester* (reverendo/explorador que lo adquirió) (7-10) para exponerse en su colección egipcia, fue localizado cerca de Tebas (hoy Luxor, Egipto). Realizado en lino, adherido con grasa animal y recubierto por yeso teñido, presenta una específica morfología. Con desgaste y signos de reparaciones demuestra funcionalidad aunque desconocida, pues podría haber ido sujeto al pie o a alguna sandalia. Su análisis entre 1989 y 1992 (Reeves, egiptólogo británico) lo dataron antes del 600 a.C. (4-6,8,15,16).

Se cuentan con numerosos hallazgos de prótesis realizadas en hierro para continuar con devenires bélicos. En 1505, Alemania, en el fragor de Siege of Landshut en Bavaria, el caballero Götz von Berlichingen (17) perdió su mano. Un herrero creó una prótesis funcional (flexión y extensión de dedos) para poder asir sus armas y volver a la contienda (8,9). Otros artesanos realizaron artefactos similares para el pirata turco Horuk Barbarossa (Italia) que perdió su mano derecha (1517, batalla de Bugia) cerca de España o al Duque Christian de Brunswick, que perdió su mano izquierda (1622, batalla de Fleury) (4,6,8,11,12).

1.1.2. Historia protésica pre-moderna

Ambroise Paré (cirujano militar, s. XVI) fue uno de los primeros en diseñar al detalle, en *le petit lorrain* (6,10), una prótesis de mano y brazo. Ideado con correas para aportar funcionalidad y realismo mediante la acción del miembro contralateral, pero favorecía el desarrollo de infecciones y hemorragias (6). La automatización se atribuye a P. Baliff (dentista alemán, 1818) (12); logró, aprovechando la tensión del miembro no afectado, apertura y cierre de la mano. En 1860 se adaptó por el *Comte Beaufor* (Francia) para uso militar consiguiendo extensión y flexión de brazo (4,9,10,11).

Dorrance (1912, USA) (9) fabricó el primer Hook o pinza con apertura y cierre activos a través de arneses accionados por la escápula (3) y Sauerbruch (cirujano alemán, 1916) detalló un diseño de control digital que permitió movimientos específicos y praxias (beber/fumar). Entre 1914 y 1918 (I guerra mundial) por la multitud de amputaciones Estados Unidos creó un programa de rehabilitación de amputados para trabajar. Nació la *Associaton of Limbs Manufacturers of America* (1917, EEUU), la hoy *American Orthotic & Prosthetic Association*. En la segunda guerra mundial (1939-1945), con la acción antibiótica, descendió el número de amputaciones. Cubrir las demandas protésicas fue tarea del *US Committee on Prosthetics Research and Development* (1945) y a la *Canadian Association of Prosthetics and Orthotics* (1955) (18-25).

La tragedia de la Talidomida (1957-1963) resultó cardinal dada la cantidad de niños que nacieron con agenesias y malformaciones de miembros. T. Glück (1853-1942) pionero en articulaciones e injertos artificiales (21), experimentó con distintos materiales (1880), acero, marfil y cemento óseo de metacrilato, dado que los mayores problemas habían sido la fijación y seguridad en el cuerpo humano (11,13). En el libro "*Ersatzglieder und Arbeitshilfen*" (1919) se diseñaron los primeros modelos con propulsión neumática y mioeléctrica (11), no desarrollados por falta de tecnología y complicada fabricación. Se atribuye a R. Reiter (físico, 1948) la primera creación mioeléctrica, pero no obtuvo aceptación. Se aceptó como primera prótesis mioeléctrica la desarrollada por A. Kobrinski (1960), modelo con transistores, pilas y electrodos, con una cubierta semejante a la piel. Comercializada en Canadá y Reino Unido presentó problemas de interferencias, cableado peligroso, peso e ineficaz pellizco y movimiento (11).

1.1.3. Historia protésica moderna y manejo del paciente

Desde los años 80 las prótesis mioeléctricas (EMG), con el desarrollo tecnológico, son las prótesis más usuales mundialmente por ergonomía, baterías integradas (Ni-Cd) y peso. Superando a las mecánicas al no presentar cables, ser más estéticas y menos complicadas (9-12). Registran problemas como la necesidad continua de recarga de baterías, durabilidad y formación específica de movimientos musculares combinados (10). Los electrodos son sensibles y pueden interferir en la señal, estado de la piel y cambios de posición, además el peso puede provocar marcha inestable (11,12,24). Han sido base de muchos prototipos (mano de Canterbury-modelo Rubbertuator) (9,13), culminando en las prótesis biomecánicas y materiales inteligentes (20,21).

Hoy se pueden encontrar varios tipos de prótesis: estéticas o pasivas, mecánicas, eléctricas, neumáticas, mioeléctricas, híbridas, biomecánicas e impresas en 3D. Las funcionales pueden ser convencionales o cinemáticas (accionadas por el usuario), híbridas (cinemáticas y pasivas), mioeléctricas (sensores conectados) y biomecánicas. Las biomecánicas permiten realizar mayor variedad de movimientos. Cabe señalar los tipos I-Limb, Michelangelo, Bebionic (menor coste) y CyberHand. Con ellas el usuario mediante sensores moviliza las estructuras. Ostentan un precio y peso elevados, y los guantes cosméticos presentan durabilidad y resistencia limitadas (15,17,19,25-29).

El uso protésico implica dos fases terapéuticas: preprotésica y protésica. En la primera se educa a la persona en cuidados e higiene del muñón, desensibilización, reeducación sensorial, entrenamiento e integración en actividades. En la segunda se evalúan prótesis y muñón, y se secuencian y educan movimientos e integración (9,10).

Podrán aparecer dolor, edema, contracturas y deformidad (complicaciones). Para un mayor éxito se realizará un ajuste protésico temprano y un programa de rehabilitación individualizado (9,10,25,29,30). Una de las aportaciones para evitar estos problemas es la osteointegración (Branemark, 1950) que fija en el hueso titanio para una mejor movilidad, recepción y transmisión de impulsos (11,12,21), además de eliminar problemas asociados (rozaduras/sudoración).

1.2. Amputaciones, protésica y metodología sanitaria

Los primeros creadores de artefactos protésicos eran herreros y artesanos. Así la primera referencia histórica a una prótesis de mano sin fines bélicos data del año 1600, donde el cirujano italiano G. Tommaso Minadoi describe como, tras amputación y protetización, su paciente pudo volver a escribir (3). El término amputación conlleva la pérdida total o parcial de una parte del cuerpo (14,22) e históricamente se considera una de las primeras cirugías mayores realizadas por el ser humano (datada entre 40-45.000 años a.C.). Supone un procedimiento reconstructivo, implementado interdisciplinariamente, dotando al paciente de un muñón funcional para la mayor calidad de vida posible (1-4,20,28,31).

Etiológicamente se diferencian dos tipos de amputaciones: quirúrgicas, que suponen la extirpación planificada de una parte corporal debida a infecciones, insuficiencias sanguíneas, tumores y heridas graves, y traumáticas debidas a traumatismos. Podrán ser completas (separación total) o parciales. El correcto tratamiento protésico incluye las agenesias o aquellos casos de ausencia o malformación corporal por etiología congénita (Amelia, Focomelia, Ectromelia y/o Peromelia) (26,25,31-34).

Las clasificaciones más usadas son la anatómica de Oxford y la topográfica de Schwartz, y los niveles clásicos de amputación en miembro superior son: pulgar, transradial (bajo el codo), transcarpiana/carpiana, transhumeral (sobre el codo) y las desarticulaciones de mano, codo, hombro e interescapulotorácica. En la cirugía se obtendrá, entre la parte seccionada y su articulación más proximal, el muñón. El resultado a largo plazo dependerá de factores como el manejo oportuno de la atención crítica, la adecuada protetización, posibles complicaciones (hemorragia, shock e infección), funcionalidad resultante, el proceso emocional imperante, su evolución y tratamiento. Concluyendo con la obtención de un muñón funcional (aquel que no presenta edema y con una correcta cicatrización), este será el momento de colocar la prótesis (2,23,24,26,28,31-38).

1.3. Epidemiología

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la actualidad el 0,5% de la población mundial necesita prótesis, ortesis y rehabilitación (39), suponiendo entre 35 y 40 millones de personas. Estimación realizada sin considerar países con sistemas sanitarios y estadísticas precarias, guerras, enfermedades muy prevalentes o accidentes laborales. Se establece que sólo 1 de cada 10 personas registradas que necesitan ortesis y/o prótesis, tienen acceso a ellas debido al desconocimiento, la falta de personal cualificado, altos precios, falta de políticas y financiación (37-41).

La OMS ha creado un plan que comprende los años 2014 a 2021 cumpliendo las obligaciones marcadas en la Convención sobre Derechos de Personas con Discapacidad (CDPD) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), estableciendo contribuir a mejorar la calidad de vida y funcionalidad en actividades diarias (39). Está establecido que en las próximas décadas la población con necesidades ortoprotésicas crecerá significativamente, gran parte debido a la mayor esperanza de vida. Incremento de edad que implica una mayor incidencia de discapacidad y enfermedades crónicas, resultando como estimación de población afectada, el 1% del total mundial (37-41).

La Encuesta Mundial de Salud de 2004 concluyó que existen alrededor de 30 millones de personas con necesidades ortoprotésicas en países con recursos limitados. En el año 2009 se estimó que el número de personas con discapacidad era de 650 millones, cuya mayoría, residían en países con escasos recursos y se producían a edades más tempranas y pediátricas, por traumatismos y enfermedades (poliomielitis y/o malaria). En países con mayores recursos, al aumentar la esperanza de vida, la prevalencia de amputaciones recae mayoritariamente en adultos mayores por etiología vascular. Aunque han disminuido progresivamente habrá que añadir a las víctimas de artefactos de bélicos, como minas terrestres y explosivos (26,22,37-43). Entre 1999 y 2013 se estiman en 43.000 las personas afectadas, producidas esencialmente en países como: Sudán, Chad, República Democrática del Congo, Etiopía, Somalia, Camboya y Afganistan (25,41).

En países con ingresos altos (PIA) una de las causas más importantes de amputación es la diabetes del adulto, cuya mayor prevalencia se situó en el año 2013, en Canadá,

Estados Unidos y Méjico suponiendo un 11%. En África, en la última década, han aumentado un 52% por pie diabético (10,15,37), lo que supone una prevalencia del 5,7% (10). Las proyecciones, hasta el año 2035, son de un aumento proporcional de diabetes en el adulto del 109% (Fundación Internacional de Diabetes) (15,37-41). Ello se traduce en que en el año 2015 había 415 millones de personas con diabetes y se prevé que para 2040 habrá 642 millones de personas afectadas. Sabiendo que entre el 60% y el 70% tendrán pérdida de sensibilidad en alguna extremidad el riesgo de amputación y, por tanto, la necesidad de protetización se incrementará enormemente (37-42).

En Estados Unidos se producen 43000 nuevas amputaciones mayores cada año (23,25), casi todas se deben a vasculopatía, y el 90% afecta a los miembros inferiores. Estadísticamente a nivel mundial, según Margolis et al. (35) las amputaciones se estiman en 3,44-2,2/1.000 hab. en EEUU y entre un 2,5-6/1.000 personas al año (10) a nivel europeo. En el Reino Unido se calculan aproximadamente 4.500 amputados al año, siendo el 70% debidas a enfermedades vasculares, 17% a traumatismos (accidentes), 3% a malformaciones congénitas y 10% a otras causas (37-42).

En España existen aproximadamente entre 59.000 y 90.000 personas afectadas por algún tipo de amputación (ANDADE/ADAMPI) (44). La distorsión en los datos específicos se basa en la ausencia del recuento, como ocurre a nivel europeo, de agencias, personas que no han solicitado prótesis o datos de centros privados. Lejos de la claridad de Estados Unidos donde quedan recogidas las estadísticas de incidencia de un amputado por cada 200 habitantes, suponiendo el 15% del gasto asistencial (32,45).

A nivel Nacional, el estudio de Rubio et al. (46) en Madrid, reflejó que la tasa de amputaciones fue del 1,95/1,03 al año, destacando que el 75% de pacientes amputados eran mayores de 65 años y con mayor incidencia en varones. Los datos estadísticos sitúan España como el segundo país con más amputaciones por diabetes tipo II, sólo superados por Estados Unidos, con una tasa de afectación del 3,19/1000 habitantes, siendo la causa más frecuente de amputación inferior en España, resultando el 70% de las amputaciones totales. Sin grandes diferencias por sexo (aprox. 50% en ambos), existe un incremento de prevalencia con la edad y el estado de viudedad que suponen el 27,4%, según la Sociedad Española de Angiología y Cirugía Vasculat (41) (Anexo 1).

1.4. Connotaciones económicas y sociales

En los 90 una prótesis mioeléctrica transradial costaba 3 veces más que una prótesis corporal, en Canadá (2012) costaba entre 7.500\$ y 29.500\$ y una transhumeral 80.000\$, siendo que una prótesis mecánica costaba aproximadamente 5.500\$ (12). Los precios varían mucho según el lugar de origen, tipo, parte afecta, preferencias y tipo de amputación. Por ejemplo, el precio de una C-Leg (con microprocesador) (10) en Italia, ronda los 18.600€ (más reemplazos por uso que rondan los 1.440€ anuales). En Estados Unidos, según sus investigadores, el precio rondaría entre los 2.200\$ y 20.000\$, y en Australia rondaría entre 2.000\$ y 3.000\$ en similares circunstancias (10,13,14).

La Organización Mundial de la Salud analiza el estado de la protésica mundial y refleja su preocupación por los elevados precios, siendo para muchos afectados imposible acceder a prótesis de calidad (23,26,45-54). Advierte que en muchos países sólo entre el 5% y el 15% de población afecta puede beneficiarse de ayudas ortoprotésicas, estimando a nivel mundial que el 90% de afectados no tienen acceso al servicio (51-54).

En España el Boletín Oficial del Estado y la cartera de servicios sanitarios, en cuanto a personas con recursos limitados (pensionistas, etc.), expone que serán las Comunidades Autónomas las que tratarán cada caso. COCEMFE (Confederación Española de Personas con Discapacidad Física y Orgánica) y FEDOP (Federación Española de Ortesistas y Protesistas) aducen las dificultades existentes para costear prestaciones no financiadas al completo e inexistencia de modelos avanzados (32,47-49).

Según ANDADE (Asociación de Amputados de España) los servicios de salud subvencionan prótesis básicas que no mejoran la calidad de vida y las prótesis modernas o más funcionales no están al alcance de todos. Sitúan a Suecia como referente de sistema sanitario, ya que cubre todos los gastos. Los precios de éstos productos rondan desde los 1.000€ (estéticas) hasta los 30.000€ (funcionales). El precio medio de una prótesis funcional mioeléctrica ronda los 15.000€, a lo que hay que añadir el guante exterior (150€/200€) y componentes adicionales como el giro de muñeca (5.000€ más). Una prótesis de última generación ronda los 60.000€ (según comercio, IPC, etc) (21,51-54).

Según Eurostat subieron los salarios mínimos en la zona euro (2009-2019) arrojando diferencias entre Estados como Bulgaria, Letonia, Hungría y Rumanía (grupo 1, Eurostat) donde el salario mínimo se establece entre 250€ y 500€. En Croacia, Chequia, Eslovaquia, Polonia, Estonia, Lituania, Grecia, Portugal, Malta y Eslovenia (grupo 2) entre 500€ y 850€ (Grecia, único país en el que descendió). En España, Reino Unido, Francia, Alemania, Bélgica, Países Bajos, Irlanda y Luxemburgo (grupo 3) los salarios mínimos se establecen desde poco más de 1000€ hasta más de 2000€ correlativamente. Fuera de la zona Euro, para realizar una comparativa amplia, Eurostat incluye el salario mínimo en Estados Unidos establecido en menos de 1500€ (55-62) (Anexo2).

En España el salario medio ronda los 1216,60€ mensuales. Según datos del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social (IMSERSO-Seguridad Social) sobre cuantías de pensiones no contributivas, jubilación e invalidez entre 2012 y 2018, quedó (tras un incremento del 2,75%) en 380,10€. En cuanto a pensiones contributivas, a 1 de marzo de 2019 y según datos del Ministerio de Trabajo, la media se encuentra en 985,16€. Cuantificado entre Comunidades Autónomas que no superan los 800€ y las que superan los 1000€ (Anexo 2, datos estadísticos). Siendo del 3,64% el aumento de pensionistas. Traduciéndose en que la precariedad de salarios y pensiones, junto a la escasez de ayudas y subvenciones dificultarán la adquisición de prótesis adecuadas e incluso la ausencia de prótesis alguna (59-62) (Anexo2).

1.5. Evolución de los materiales

Las prótesis y sus materiales constituyentes han evolucionado a lo largo de la historia, de sus inicios realizadas con lino, madera, pegamento, hierro y bronce (8,11,29) a la actualidad donde se pueden encontrar materiales como el aluminio, el titanio (descubierto en el s.XVIII), magnesio, cobre, acero inoxidable (9), Spenco, Poron, níquelplast, fibra de carbono, de vidrio y Kevlar (uno de los más caros) (10,15).

Uno de los componentes más usados ha sido y es el plástico. En sus diferentes formas como polioximetilano (POM), poliuretano (PU), polímeros de dimetil silicona y el cloruro de polivinilo (PVC) (10), cuyas características los hacen adecuados y manejables ante los requerimientos protésicos. Sin embargo su desgaste ante elementos climatológicos, la resistencia, el uso y las fuerzas actuantes los limitan temporalmente. Además no presentan una biodegradación sencilla, sin embargo, presentan las características más eficientes para la fabricación de muchos útiles diarios, por su bajo coste (en algún caso), peso, mejor adaptabilidad, limpieza y sus características de elasticidad inherentes (10, 13,15,30,32,41).

1.6. Futuro protésico

Según algunos expertos la robótica es el horizonte más relevante del futuro protésico, como por ejemplo las prótesis GaIn (caminar por inferencia de la marcha). Predicen el movimiento de las piernas según el movimiento de los muslos. Sin embargo causa molestias y debe sincronizarse a la actividad del usuario (10,15). Los doctores T. Kuiken y G. Dumanian (2004, USA) describieron el control intuitivo de miembros artificiales mediante reinervación motora dirigida (TMR). Redirigiendo nervios amputados con no afectados, resultando el origen de los impulsos más claros y fuertes produciendo el movimiento. Poseen mejor sensibilidad de la zona reinervada y mayor rendimiento, al ser más intuitivas y funcionales, pudiendo realizarse varias acciones al mismo tiempo (11,12,14,22,63).

En la Universidad de Alberta (Edmonton) se está desarrollando la activación sensorial de zonas próximas a la amputación. Conocido como reinervación sensorial dirigida fascicular, al producir una retroalimentación sensorial, se gradúa la fuerza y manipula más eficazmente. Los resultados reflejaron una recuperación efectiva del 85% al 95% en discriminación táctil y un incremento cercano al 100% al discriminar tamaño y precisión. Los problemas hallados son posibles complicaciones quirúrgicas (celulitis, seroma y dolor fantasma aumentado) y el coste, pudiendo llegar a 250.000\$. Sin duda lo más indicado, por similitud al original es el trasplante de manos, pero sigue siendo una incógnita la vascularización alotrasplante compuesta (VCA), es decir, el trasplante como unidad funcional de todos los componentes de una mano (tejidos, nervios, etc.) y las complicaciones postquirúrgicas (8,11,12,20).

1.7. Actualidad

Existe gran variedad de productos y técnicas novedosas pudiendo elegir optar por prototipos virtuales, biomedicina, realidad virtual, tecnología de impresión 3D y prótesis biomecánicas, además de los nuevos materiales o invenciones que brindan múltiples posibilidades para el reemplazamiento de estructuras corporales (10,11, 13,14,23,22,30,31,64-69). Ante las necesidades de la población afectada, con ausencia de recursos para su acceso a dicha prestación, fueron naciendo movimientos de reproducción de prótesis mediante impresoras 3D.

Iniciativas como *Ayúdame 3D* (<https://ayudame3d.org/>) que nació mediante un proceso de crowdfunding, con el objetivo de distribución gratuita a personas necesitadas (72), o *E-Nable* (<http://enablingthefuture.org/>) EEUU, ONG internacional que ha facilitado más de 1.500 manos artificiales (73). En España, voluntarios y organizaciones fabrican prótesis de manera individualizada, y se dedican a cubrir estas necesidades. Las ventajas de las prótesis 3D son el claro descenso en precio y peso (menos de 35€), mientras que una prótesis de mano suele costar entre 3.000€ y 50.000€ (23,27).

Hoy las impresoras 3D han llegado a la medicina regenerativa (EEUU) demostrando la viabilidad con tejidos vivos impresos. En Barcelona, el especialista pediátrico del Hospital Sant Joan de Déu en Barcelona Lucas Krauel, imprime tumores en 3D para ensayar operaciones con más riesgo para los niños. Además, la impresión 3D permitirá la elaboración de fármacos personalizados según las necesidades de cada paciente (27).

Relacionando los precios de muchos productos y sus materiales componentes, se han desarrollado recursos para el uso y reciclado de materiales. Los estudios de la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) agencia creada por el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial) el cambio climático es un grave problema que amenaza a la humanidad y al planeta, a su estatus, estructura natural (clima, mares, ríos, atmósfera, etc.), a sus estructuras humanas y sociales, agravando las desigualdades por sus nocivas consecuencias (74-76).

2. Justificación

Según la Organización Mundial de la Salud, en la actualidad, 5 de cada 1000 personas (entre 35 y 40 millones) necesita prótesis, ortesis y rehabilitación. Atendiendo a las previsiones de futuro, establecidas por la misma organización, en las próximas décadas se prevé que la población con necesidades ortoprotésicas crecerá hasta el 1%, por lo que entre 70 y 80 millones de habitantes de todo el mundo precisarán prestación ortoprotésica (39-45,69,70).

Incremento a futuro explicado, en buena parte por la mayor esperanza de vida, que por ejemplo en España se considera sea del 34,6% del total en el año 2066 (frente a los 18,8% actualmente), análogo mundialmente (3,49,53,59). No obstante, enfermedades emergentes como la reciente pandemia por COVID-19 podrían aumentar las cifras de pacientes tributarios de prótesis, ante la hipercoagulabilidad asociada a las formas complicadas de la enfermedad, aumentando el riesgo de amputación en extremidades (isquemia aguda de extremidades inferiores, según estudios, ALI) (39-45,69-71,80-83).

Por otro lado, resulta preciso señalar la dificultad de acceso a servicios ortoprotésicos a nivel global (1 de cada 10 personas) siendo una de sus principales razones los elevados precios y falta de ayudas. Más, si cabe, para afectados de grupos sociales de jubilados, discapacitados y personas con menores ingresos (41,45,55-61,69-71).

Teniendo presente que los plásticos rodean nuestra vida cotidiana siendo materia prima de botellas, ropa, cosméticos, envases, etc., y tanto por la emisión de gases en su industrialización como su destrucción o descomposición, plantean un grave problema climático con su acumulación en forma de basura (por ejemplo una botella de plástico tarda en descomponerse aproximadamente 500 años). La repercusión en mares y océanos de estos dramáticos hechos es que anualmente reciben 12 millones de toneladas de basura, produciendo graves daños en ecosistemas, flora y fauna, repercutiendo en la desaparición de especies e incluso en su ingesta por el ser humano (74-78).

España es el quinto mayor productor de plástico de la Unión Europea. Se estima que en 2020 se superarán los 500 millones de toneladas anuales de producción de plásticos. El

problema está en su desintegración y/o degradación ya que potencian el efecto invernadero dada su emisión gaseosa en el proceso (76).

Las actuales estrategias implementadas son adaptación, mitigación y desarrollo sostenibles. Se está consiguiendo una mayor concienciación social al respecto, pero no al ritmo necesario para la restricción total de los procesos antropogénicos que degradan y atacan al planeta y a sus habitantes, requiere de acciones y políticas activas así como una respuesta global social efectiva. Por tanto, y debido al largo proceso de degradación que experimentan, una de las soluciones (junto al uso de materiales biodegradables) que existen con el plástico ya producido será la reutilización y reciclaje del mismo (74-78).

La confección de una sistematización para la realización de prototipos protésicos temporales, que estandarizadamente se denominaría o se incluiría como wrist hand orthosis (WHO) (79), con elementos reciclados (plásticos, utensilios de aseo y alimentación fundamentalmente) con un coste ínfimo, conseguirá que cualquier persona que la siga pueda confeccionarlas. De modo que la población, con carácter universal, que no puede costear prótesis convencionales y aquella que está a la espera de su prótesis definitiva, pueda disfrutar rápidamente de unas actividades diarias funcionales potenciando su autosuficiencia, eficacia y mejorar su relación con el entorno.

La necesidad e ideación surgió en el año 2017 tras comprobar las carencias de pacientes amputados y concretamente ante un caso de amputación bilateral superior. En éste caso el diseño, empírico y creativo, surgió de la experiencia de la profesión y la necesidad asistencial.

Además se contribuirá con el medio ambiente, aportando una mayor vida útil a los plásticos y utensilios reutilizados, favoreciendo su mayor degradación y evitando su acumulación, habitual y extendida con la pandemia COVID-19, en ubicaciones lesivas para el planeta y sus moradores.

3. Hipótesis y objetivos

3.1. Hipótesis

3.1.1. La elaboración de prototipos protésicos temporales de miembro superior transradial, a partir de materiales reciclados, constituye una opción viable, funcional y costo-efectiva.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo principal

Sistematizar una propuesta de fabricación artesanal de prototipos protésicos temporales funcionales de miembro superior a partir de materiales reciclados con un destino poblacional universal.

3.2.2. Objetivos específicos

3.2.2.1. Elaboración a bajo coste de prototipos protésicos temporales y funcionales de miembro superior para la realización de las distintas actividades de la vida diaria, básicas e instrumentales, tales como comer, peinarse, afeitarse, lavarse los dientes, usar el teléfono móvil y escribir.

3.2.2.2. Favorecer la implementación de prótesis prototipadas temporales recicladas para ajustar, a la mayor brevedad, el desempeño ocupacional de las personas que sufren amputaciones de miembro superior.

3.2.2.3. Lograr una menor contaminación ambiental mediante la reutilización de materiales.

4. Metodología

4.1. Diseño del estudio

El trabajo realizado consistió en la sistematización de una propuesta de fabricación artesanal de prototipos protésicos de miembro superior, utilizando materiales reciclados. De manera previa, se realizó una extensa revisión de la literatura científica disponible con el fin de obtener la información para el desarrollo del proyecto. En la Tabla 1 se recogen las fuentes de información consultadas.

Tabla 1. Fuentes de información consultadas

Fuentes de información	Limitaciones de campo	Resultados de Búsqueda	Referencias Leídas	Referencias utilizadas
PubMed / MedLine	Texto completo. Sin limitación. Idiomas: Inglés y Español.	<i>PubMed:</i> 28.511. <i>MedLine:</i> 17011.	52	(4),(5),(6),(9),(10),(16),(21),(22), (25),(26),(27),(46),(70),(80),(81).
BASE	Texto completo. Sin limitación. Idiomas: Inglés y Español.	19501	35	(1),(8),(9),(12),(13),(18),(19),(28),(30), (39),(40),(50),(62),(63),(69)
Google / Google Academy	Texto completo. 5 últimos años. Idiomas: Inglés y Español.	209	75	(16),(34),(37),(38),(41),(42),(43),(44), (45),(47),(48),(49),(51),(52), (53),(54),(55),(56),(57),(58),(59), (60),(61),(64),(65),(66),(67),(68), (72),(73),(74),(75),(76),(77),(78), (79),(83),(84),(85),(86),(87),(88), (89),(90).
Openaces		16	7	(14)
Docplayer	Texto completo. Sin limitación.	7	3	(17)
Sciencedirect	Idiomas: Inglés y Español.	24	11	(35)
Epub		3	3	(71)
Alcorze/ProQ		9	6	(24)
Alcorze/Doaj		9	5	(29)
Zagüan	Autor.	1	1	(3)

La búsqueda se llevó a cabo entre los meses de noviembre y abril de 2019/20 en Pubmed, Medline, BASE, Google, Google Academy y Alcorze, añadiéndose algunas referencias de las denominadas *furtivas* (aquellas no sistematizadas pero relevantes e imprescindibles como: libro blanco de la ortoprotésica, enable, etc.). Los términos clave fueron: limb prostheses history, ancien prostheses/ancient prosthesis, history of prosthetics, history of production of artificial limbs, robotic hand, history orthopedics, history prosthesis design (para una revision sistemática de historia protésica) y términos más generales para reflejar fielmente los datos necesarios y de las Administraciones como salarios, pensiones, prestación ortoprotésica, plásticos, ecología y Covid-19. Se utilizaron los operadores booleanos *AND* y *OR* (Anexo 3).

4.2. Contexto geográfico y temporal

El estudio se llevó a cabo entre los meses de noviembre a mayo del curso académico 2019-2020 en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Zaragoza.

4.3. Población diana

La población beneficiaria serán todos aquellos pacientes afectados por amputación transradial de miembro superior que posean un muñón estable o en condiciones médicas favorables, es decir, con forma establecida, sin edema y heridas quirúrgicas cerradas.

El proyecto resulta también especialmente sensible a las necesidades de aquellos grupos poblacionales en riesgo de exclusión: personas mayores o de cualquier edad, con ingresos económicos mínimos. De igual forma, la utilización de prototipos realizados a partir de materiales reciclados es pertinente en aquellos países con conflictos bélicos activos, reconocidos por las partes o no.

Por otro lado, el presente trabajo puede ser de utilidad en los servicios de rehabilitación, públicos y privados, de todos los países, donde aportará grandes beneficios en el periodo comprendido desde la consecución de un muñón estable u óptimo, hasta la llegada de la prótesis definitiva (durante su confección), así como en épocas de envío de prótesis para su mantenimiento. Cualquier persona afectada podría ser objeto de recibir el prototipo prótesico.

4.4. Aspectos éticos

Dado que el estudio realizado se basa en la propuesta de sistematización de prototipos protésicos temporales, no requirió aprobación de organismo público o legal alguno tal como el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA), la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) o cualesquiera otros.

Por otro lado el trabajo se desarrolló con el conocimiento del Departamento de Responsabilidad Social Corporativa de la empresa Mahou San Miguel, previa puesta en contacto con la empresa (en concreto con Dña. Cristina Pérez) y previo informe del estudio a desplegar, así como con la Asociación de Amputados Ibérica Global de Aragón, en particular, con su presidenta Dña. Nuria Rivás y la experta en Ingeniería de materiales Dña. Sonia Val (Doctor Ingeniero Industrial).

5. Desarrollo

Previamente a la elaboración serán condiciones necesarias y específicas poseer un muñón estable o en condiciones médicas favorables, es decir, con forma establecida, sin edema y heridas quirúrgicas cerradas, bajo supervisión médica. Resulta de vital importancia realizar un estudio de la persona, tanto de la medida del diámetro del muñón (fundamental) así como las necesidades funcionales, psicológicas y sociales, requerimientos, hábitos y rutinas.



Imagen 1. Muñón
Foto: Julián Valero



Imagen 2. Muñón
Foto: Vanessa Sanz



Imagen 3. Muñón
Foto: Julián Valero

Dada la información anterior y siempre contando con los materiales necesarios, se deben estudiar los artefactos más funcionales para el usuario, así como la posición que le sea más efectiva en cada caso sin provocar malas posturas o movimientos (longitud, diámetro, ángulo, tamaño del utensilio, comodidad y agrado propioceptivo).

Se establecen, una tabla de características de los artefactos, así como una escala de valoración para poder puntuar y conocer la experiencia resultante para los usuarios (Anexo 8).

Aunque se presentan siete prototipos, la práctica asistencial junto con el propio usuario, deberá considerar las necesidades de la persona afectada en cuanto a hábitos, rutinas, preferencias, etc.

Se pueden conocer las preferencias de las personas en cuanto a su desempeño con The Canadian Occupational Performance Measure (COPM) (84), así priorizar las actividades de la vida diaria (AVD) que resulten relevantes para la persona y consiga desempeñarlas. De esta manera se determinarán los utensilios que serán fijados, pudiéndose realizar todos los artefactos que se requieran con el fin último de alcanzar la mejor calidad de vida posible.

5.1. Proceso de preparación

Para el diseño prototipado de prótesis recicladas y su sistematización se considerará el establecimiento de funcionalidad efectiva del usuario en sus actividades (comer, usar el teléfono móvil, etc.).

La finalidad es conseguir las especificaciones y componentes principales tomando en cuenta las alternativas a considerar. Como resultado, se elaboró una tabla con especificaciones y características adecuadas para un funcionamiento y adaptación óptimos (Anexo 5) clasificándolas como requeridas o aplicables.

5.1.1. Características de los componentes, materiales y herramientas

Desde hace años se llevan incorporando a la industria de los materiales, la aplicación de plásticos cuyas principales cualidades demuestran ser muy ligeros (respecto al metal) y resistentes a la oxidación. Para establecer las características y satisfacer los requerimientos se enuncian los materiales, herramientas y útiles para su sistematización y confección.

5.1.1.1. Elementos genéricos a utilizar

Botellas de plástico recicladas. En este punto sería conveniente, y en función de la densidad de afectados, realizar campañas de recogida de botellas de plástico, ya que serán la base del artefacto y cuyo embozo será apropiado en función de los diámetros (imagen 4). Mahou San Miguel se prestó a participar en el proyecto y proporcionó la composición de sus plásticos, siendo este polietileno de alta densidad (PET), 50% virgen y 50% reciclado (fuente: Departamento de Sostenibilidad, Mahou San Miguel).

Cúter, tijera, alicate, aguja, metro, transportador de ángulos y guantes, para realizar cortes, aportar ángulos funcionales y con la seguridad adecuada (imagen 5). Además para resultar propioceptivamente agradable al tacto y cubrir el embozo se usará velcro o gasa (opcional) eliminando problemas de adaptación muñón-embozo.



Imagen 4. Materiales
Foto: Julián Valero



Imagen 5. Herramientas
Foto: Julián Valero

5.1.1.2. Elementos para actividades específicas

En este momento del proceso, lo indicado sería conocer las necesidades de la persona y sus afecciones en rutinas diarias, para realizar los útiles que le sean más esenciales.

Se proponen para actividades básicas de la vida diaria (ABVD): cubiertos reciclados (para lo que se pueden realizar campañas de recogida), tenedor, cuchillo, cuchara sopera y cucharilla. Peine o cepillo (mejor con mango) y cepillo de dientes (Anexo 6).

En cuanto a actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD) se proponen: móvil (el de la propia persona), bolígrafo o lapicero, y una pinza multiusos (Anexo 6).



*Imagen 6. Útiles alimentación
Foto: Julián Valero*



*Imagen 7. Útiles aseo
Foto: Julián Valero*

Por otro lado y para establecer la función estética (Anexo 6) de la persona, la cual inequívocamente provocará las miradas sociales ante la ausencia de miembro, se realiza un prototipo de mano funcional, la cual pueda no aparentar la ausencia de la original y proporcionar cierta funcionalidad, para la que se necesitarán los siguientes elementos reciclados y no reciclados (variables): botella de plástico, alambre, esparadrapo, papel de burbujas, corcho, poliespán, plástico, etc. Y de manera opcional guante/s.

Otra particularidad opcional es la posibilidad de pintar los artefactos con un color semejante a la piel del usuario o con cualquier otra forma creativa de expresión.



*Imagen 8. Materiales
Foto: Julián Valero*



*Imagen 9. Materiales y herramientas
Foto: Julián Valero*

5.2. Proceso de construcción

5.2.1. Inicio. Preparación y confección de elementos

Una vez seleccionados los componentes oportunos adecuados a la funcionalidad deseada, se puntualizan las opciones de diseño desarrollado tras determinar las dimensiones del diámetro del muñón según bocetos originales de la empresa (Anexo 4).

Fase 1. Preparación de materiales



Imagen 10. Detalle corte
Foto: Julián Valero

Paso 1. Se toma la botella (según diámetro muñón-modelo) y, tras colocarse el guante de seguridad en la mano que fija la botella, se cortará por la zona, indicada por el fabricante, del final de la misma o fondo.



Imagen 11. Detalle corte
Foto: Julián Valero



Imagen 12. Detalle, cortado
Foto: Julián Valero

Paso 2. Se cortará en la parte inferior de la botella un semicírculo de manera, que si fuera el caso, no molestará con la flexura articular del codo (según medidas de la persona) y la botella (Anexo 4).



Imagen 13. Detalle corte flexura
Foto: Julián Valero



Imagen 14. Detalle flexura cortada.
Foto: Julián Valero

Paso 3. Se procede a seccionar en la parte superior, en la zona del tapón, con el tamaño acorde al utensilio a fijar (entre 1-2 cm.) con el cúter.



Imagen 15. Detalle sección tapón
Foto: Julián Valero



Imagen 16. Detalle sección tapón
Foto: Julián Valero

Paso 4. Con el transportador de ángulos se medirá de forma que haya una inclinación aproximadamente de 35°. Ello le confiere mayor funcionalidad al objeto a modo de no tener que realizar posturas ineficaces cuando se realiza una actividad completa. En este caso se toma el ejemplo con un cuchillo.



Imagen 17. Detalle ángulo colocación
Foto: Julián Valero

Paso 5. Una vez establecido el ángulo, localizaremos el punto en la botella y realizaremos otra sección similar a la anterior, con el cúter. De forma que quedará una fijación mecánica por dos puntos y además la introducción de cualquier útil ni entorpecerá ni molestará en la entrada del muñón.



Imagen 18. Detalle interior 1
Foto: Julián Valero



Imagen 19. Detalle incisión botella 1
Foto: Julián Valero



Imagen 20. Colocación cuchillo
Foto: Julián Valero

En este instante del proceso, ya se podría usar para cortar. A continuación se detalla visualmente cómo se podría introducir cualquier muñeca en el embozo con base de botella de plástico.



Imagen 21. Detalle colocación 1
Foto: Julián Valero



Imagen 22. Detalle colocación 2
Foto: Julián Valero

Fase 2. Colocación análoga de útiles (cualesquiera) para actividad funcional alimentación



Imagen 23. Colocación incisión
Foto: Julián Valero



Imagen 24. Colocación cuchara café
Foto: Julián Valero

Fase 3. Colocación análoga de útiles para actividad funcional aseo personal



Imagen 25. Material y herramientas
Foto: Julián Valero



Imagen 26. Colocación cepillo dientes
Foto: Julián Valero



Imagen 27. Colocación cepillo peinar
Foto: Julián Valero



Imagen 28. Colocación móvil
Foto: Julián Valero

Fase 4. Colocación de velcro, tela, *calceta* en el embozo

Como se puede apreciar, a partir de la imagen 22, hay colocado velcro autoadhesivo (una cara) alrededor del embozo. Ello queda indicado para la mejor experiencia propioceptiva del muñón al entrar en contacto con el mismo, así como la mejor adaptación muñón-embozo y ausencia de movimientos o giros.

Fase 5. Realización y construcción de mano estética

Paso 1. Elección de alambre con tamaño aproximado al de la mano de la persona, tamaño del que se eliminará el 20% del volumen, dado que se *envolverá* por completo.

Paso 2. Con un alicate se procederá a realizar la morfología de la mano, pudiendo apoyarse como modelo en la propia (izda./dcha.), aplicando doble vuelta para mayor resistencia. Hasta tener conformada toda la mano, resultando el *esqueleto* de la misma.

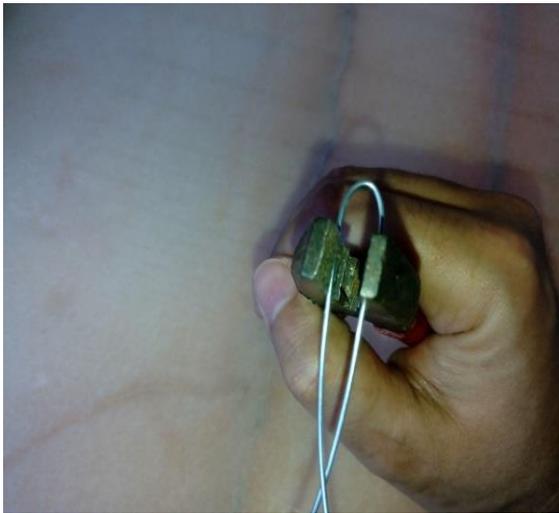


Imagen 29. Manipulación alambre
Foto: Julián Valero



Imagen 30. Manipulación alambre
Foto: Julián Valero



Imagen 31. Manipulación-medida alambre
Foto: Julián Valero



Imagen 32 Manipulación alambre
Foto: Julián Valero

Paso 3. Tras conformar una apariencia de mano, se cierran los bordes del alambre, que previamente se han dejado más largos, para su mejor manejo posterior.

Paso 4. Una vez realizada la operación anterior por completo, se selecciona el material que se sitúa en el centro de la mano. Ya sea corcho, poliespán, o plástico se podrán utilizar materiales reciclados para aportarles mayor vida útil hasta su degradación.

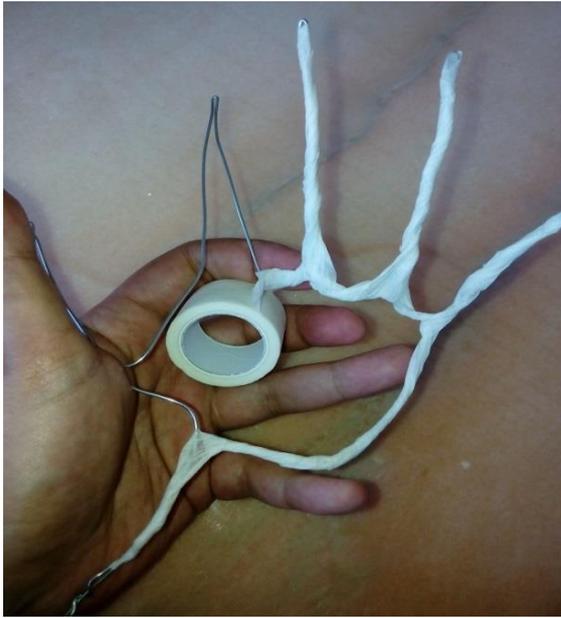


Imagen 33. Alambre-esparadrapo
Foto: Julián Valero



Imagen 34. Alambre-esparadrapo
Foto: Julián Valero

Paso 5. Se recortan 2 piezas del tamaño del hueco existente entre la mano de alambre, y posteriormente se fijara y cubrirá con esparadrapo.



Imagen 35. Poliespán-central
Foto: Julián Valero



Imagen 36. Pols.-central-esparadrapo
Foto: Julián Valero

Paso 6. Se trabajará con papel de embalaje (*papel de burbujas*) u otro seleccionado a tales efectos de reciclado. Se recortarán 16 tiras de entre 1 y 2 cm. y se colocan rodeando los dedos, a modo de falanges. Una vez realizado se cubrirá con esparadrapo, disposición y construcción que aporta a la mano estética una flexibilidad y *almohadillado* relativamente blando, a semejanza de la mano humana.



Imagen 37. Acolchado
Foto: Julián Valero



Imagen 38. Colocación acolchado
Foto: Julián Valero



Imagen 39. Colocación acolchado
Foto: Julián Valero



Imagen 40. Colocación acolchado
Foto: Julián Valero

Realizando la misma operación con la parte interna para dotarle de las mismas características. Resultando, tras éste paso, toda la mano revestida de esparadrapo, en este caso blanco (de papel).



*Imagen 41. Detalle acolchado-esparadrapo
Foto: Julián Valero*

Paso 7. Una vez obtenida la *mano* de alambre, revestida con papel de embalar, morfología dotada de falanges y con cubrimiento de esparadrapo blanco (de papel), se procederá a dotarla de mayor estabilidad y fortaleza, con un revestimiento de esparadrapo de tela que además cuenta con la característica de poseer un color carnosos. Procediendo como en el paso anterior.



Imagen 42. Cubierta esparadrapo tela
Foto: Julián Valero



Imagen 43. Cubierta esparadrapo tela
Foto: Julián Valero



Imagen 44. Cubierta esparadrapo tela
Foto: Julián Valero

Resultando con un aspecto aproximado a una mano (aportando, a distancia, la imagen de no existir su ausencia) y con posibilidad de colocarla en distintas posiciones fijas.

Paso 8. Se engarzarán en la botella preparada a tal fin, realizando un agujero en la parte superior o tapón y fijándola con otro orificio al lateral de la botella original, ensamblándose mediante una fijación mecánica (ver resultados en página 35).

Pasos adicionales y optativos

Es aconsejable el realizar con una aguja pequeños agujeros en las botellas empleadas, aproximadamente cinco en cada lado, aportando aireación para evitar un improbable efecto succión.

En el caso de colocar una pinza multiusos se realizarán dos agujeros pinza-botella conectando ambos objetos, se fijarán con dos tornillos y dos tuercas.

Para la fijación del teléfono móvil se pondrá velcro autoadhesivo en la botella y en el móvil. En cuanto a la botella se seccionará el cuello de la botella para que no interfiera en la cámara fotográfica del teléfono móvil.

Serán opciones viables y recomendables en el caso de querer una semejanza mayor a una mano humana, pintar los prototipos y embozo de color semejante a la propia piel. También hay quien prefiere colores llamativos e incluso creaciones similares a tatuajes. Dependerá de la persona usuaria.

En el caso de la mano estética, o para funciones específicas (como apoyarse en el lavado del cabello, etc.) o por simple durabilidad, puede ser recomendable colocar un guante de plástico e incluso, por estética, colocarse tras el anterior y para salir de casa, un guante *de vestir*.

Las imágenes han sido tomadas con modelos (dos alumnos del propio Máster oficial universitario en Gerontología Social) en situaciones reales de la vida diaria.

6. Resultados



Imagen 45. Materiales-herramientas
Foto: Julián Valero



Imagen 46. Colocación peine
Foto: Julián Valero



Imagen 47. Colocación peine
Foto: Julián Valero



Imagen 48. Detalle peinado
Foto: Julián Valero



Imagen 49. Peinado con cepillo
Foto: Julián Valero



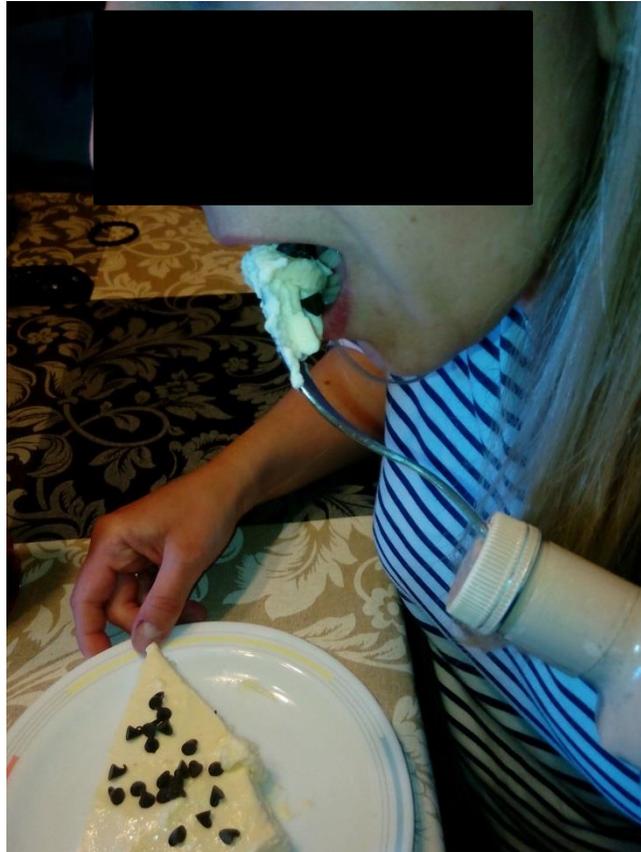
Imagen 50. Lavado de dientes
Foto: Julián Valero



Imagen 51. Comiendo con tenedor
Foto: Julián Valero



Imagen 52. Comiendo con cuchara
Foto: Vanessa Sanz



*Imagen 53. Detalle comiendo con tenedor
Foto: Julián Valero*



*Imagen 54. Detalle mano estética
Foto: Julián Valero*



Imagen 55. Detalle mano estética
Foto: Julián Valero

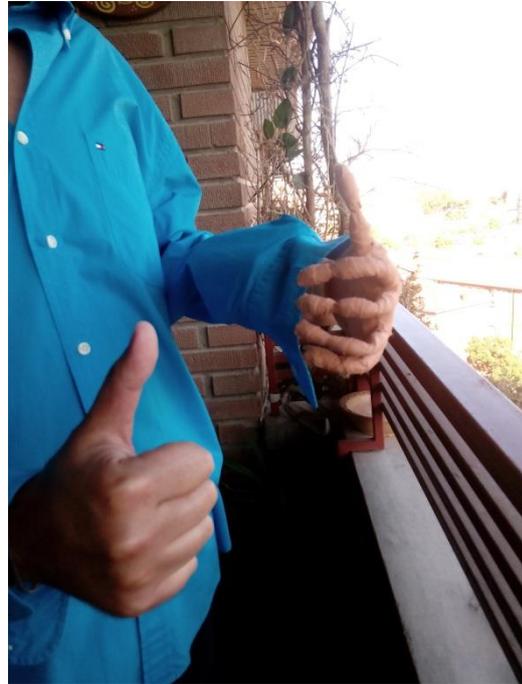


Imagen 56. Detalle mano estética
Foto: Vanessa Sanz



Imagen 57. Detalle mano estética
Foto: Julián Valero



Imagen 58. Detalle mano estética-guante
Foto: Julián Valero

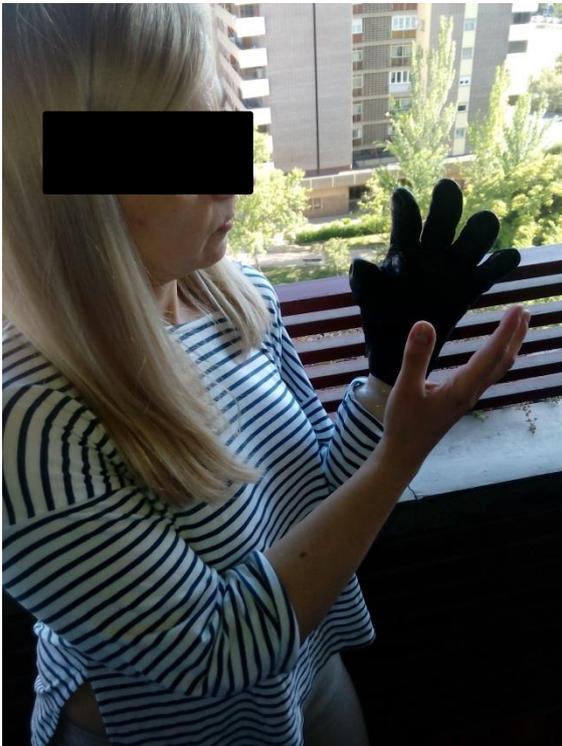


Imagen 59. Detalle mano estética-guante
Foto: Julián Valero



Imagen 60. Detalle mano estética-guante
Foto: Vanessa Sanz

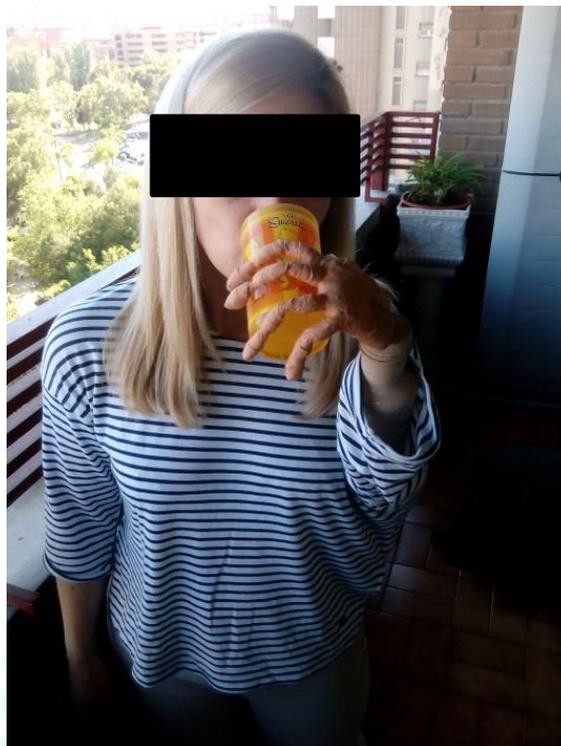


Imagen 61. Bebiendo con mano estética
Foto: Julián Valero



*Imagen 62. Bebiendo con mano estética
Foto: Julián Valero*

En las imágenes precedentes (de 44 a 62) quedan reflejados los resultados de la prototipación sistematizada y prototipada. Los resultados demuestran la posibilidad de realizar actividades y con una ocupación significativa para la persona que las utilice, en función de sus necesidades puntuales, su rapidez de fabricación y simplicidad de uso.

En las imágenes ejemplo: de 45 a 48, peinado; 49, cepillado de dientes; de 50 a 52, alimentación; de 53 a 62, estética y funcionalidad (llevarse un vaso a la boca, beber). Resultado únicamente unos breves ejemplos de las posibilidades de integración de utensilios y por tanto, de la funcionalidad que se puede aportar.

En cuanto a la fabricación, construcción de los prototipos temporales, habrá que tener en cuenta la destreza o falta de ella que posea la persona quien los realice. Aunque con práctica (mínima) es de muy sencilla realización.

La base para situar los utensilios (cortar fondo de botella e incisiones ajustadas a forma y fondo) no costará más de 5 minutos por prototipo. La estetización, pintar, adosar una media o calcetín (color semejante al de la piel), dibujar simulando tatuajes, dibujos (animes, ilustraciones, imágenes, tribales, etc.) ya dependerán de la naturalidad y/o dificultad del mismo y son eminentemente opcionales.

En los ejemplos de las imágenes precedentes, el tiempo invertido dependió del mezclado de pintura (que podía haber sido directamente del color requerido, pero al usar pintura reciclada, se optó por mezclar hasta hallar un resultado realista), su aplicación, secado, segunda aplicación, segundo secado, aplicación de laca fijadora, secado e instalación de los útiles específicos. En ese caso 48 horas (por los procesos de secado).

Respecto a las actividades de la vida diaria (AVD) que se pueden realizar se ha creado una tabla con las posibilidades (Anexo 6) y precauciones de uso (Anexo 7).

En cuanto al ajuste usuario-prototipo no hay apenas tiempo de tratamiento, adecuación, adaptación ya que resultan de muy fácil introducción en el muñón y uso, siendo especialmente útil en personas con funcionalidad decreciente (como durante la senectud, patologías, etc.). En caso de algún posible desajuste se realiza en el momento (en cuanto ajuste y ángulo, según la comodidad necesaria para la persona). En relación con la satisfacción, comodidad y efectividad de las mismas, se realiza una escala de satisfacción estructurada por puntuación (tipo Lickert) (Anexo 6).

7. Discusión

Por todo lo expuesto anteriormente y ante las informaciones de asociaciones, entidades y organismos, en ortoprotésica en la actualidad existen numerosas dificultades como el acceso a los productos que en muchas ocasiones es difícil, y el precio de los mismos no es accesible de manera universal. Por otro lado la recepción de una prótesis definitiva (medidas, fabricación, etc.) se dilata en el tiempo y con ello la posibilidad de realizar actividades con el miembro afecto. Posteriormente la adaptación y tratamiento persona-prótesis puede ser tediosa y difícil para el usuario, resultando que algunos afectados no terminan por aceptar la prótesis, entre otros, por el peso que suele ser elevado.

No existe servicio de mantenimiento periódico que junto con la garantía y en un corto espacio de tiempo, hagan conocer, cuidar y alargar la vida útil de los productos de apoyo. Existen muy pocos seguros que den tranquilidad a la persona facilitándoles un repuesto o una sustitución, y tampoco existe suficiente stock de productos en ortopedias provocando demora a la hora de adquirir el producto (fuente COCEMFE). Además las asociaciones y los profesionales destacan la ausencia de estadísticas específicas y detalladas de afectados.

Económicamente los sueldos y pensiones, a nivel nacional e internacional, en la mayoría de casos no permiten el acceso a productos de esta magnitud y tecnología, produciendo desequilibrios en las familias, personas afectadas e incluso adeudos por tener que recurrir a entidades bancarias.

Otro factor reseñable relacionado con este estudio, es el hecho de que el estado del medio ambiente a nivel mundial se encuentra muy deteriorado (efecto invernadero, etc.) ante las masivas emisiones que la raza humana produce. Uno de los elementos que está produciendo este problema es la acumulación de plásticos. Es ahí donde se pretende con este trabajo poder reutilizar los plásticos (alargar su vida útil y favorecer un reciclado más efectivo) para emplearlos en la confección de los prototipos protésicos.

Cierto es que se pueden encontrar numerosas y variadas opciones protésicas, con mayor o menor tecnología y materiales diversos, como las ya enumeradas: mecánicas,

mioeléctricas, híbridas, robóticas y las fabricadas por impresoras 3D, con eficacia y eficiencia reconocidas y estética aparentemente similar a los miembros cercenados.

Las desventajas que los estudios, asociaciones y entidades refieren son: los elevados costes que presentan (desde aproximadamente 800€-1500€ una prótesis mecánica; de entre 1500€ a 15000€ en prótesis mioeléctricas; unos 30000€ en prótesis de última generación y/o robóticas) sin contar con los gastos adicionales. En este apartado se debe añadir que las prótesis generadas por impresoras 3D se están vendiendo actualmente por aproximadamente 35€ o repartidas por entidades no gubernamentales.

La adaptación prótesis-usuario también puede ocasionar problemas. En primer lugar el intervalo de tiempo desde que se toman las medidas del muñón, se fabrica (si no hay ningún problema) y se recibe la prótesis, resulta largo. Las prótesis más avanzadas y con tecnología probada presentan más elementos estructurales suponiendo un peso nada desdeñable (desde 0,5 kg. a más de 2,5 kg.) que, especialmente en el usuario mayor resulta excesivo, y requiere anualmente pasar por un proceso de revisión, tiempo en el cual el usuario se queda sin prótesis.

Respecto al accionamiento, el aprendizaje de nuevas combinaciones de movimientos, la adecuación y posibles fallos producidos, la existencia de electrodos y tecnología 3D, la rehabilitación y adecuación al uso, produce en algunos afectados un sentimiento de rechazo ante la prótesis, sustancialmente en el paciente geriátrico.

Estéticamente se encuentran en el mercado prótesis (por ejemplo el *típico hook o garfio*) cuya semejanza a la mano humana es inexistente. En cuanto a los prototipos aquí presentados, ciertamente la estética no es aproximable a un miembro humano, siendo más parecido a un hook o garfio. A cierta distancia y con una manga larga, sí es semejante a la aquí denominada *mano estética*.

Los prototipos temporales fabricados en este estudio no presentan ningún elemento tecnológicamente apreciable, dado que son creadas de manera artesanal y manual como se realizaba hace miles de años (inicios históricos de la protésica). Por tanto no aportan movimientos individualizados, giros de muñeca, etc., aportando una funcionalidad

limitada. También sería recomendable poseer varias, en función de las necesidades individuales, para realizar distintos desempeños.

Las prótesis que podemos encontrar en el mercado presentan multitud de funciones como praxias, movimientos individualizados, giro de muñeca, etc. En su mayoría, estéticamente, son semejantes a un miembro humano y con un trato correcto, siguiendo instrucciones del fabricante, ostentan una *vida útil* bastante razonable.

Puntos fuertes del estudio

Las principales ventajas desplegadas por los prototipos protésicos temporales de este trabajo son simples: son extremadamente rápidos de construir, de manera que se pueden acortar los tiempos en la implementación de rehabilitación y terapias específicas, presentan un precio y peso ínfimos (aproximadamente 2€/hasta 100gr.) y no carecen de existencias (materiales reutilizados).

Presentan una funcionalidad evidente y comprobada (modelos) para la realización de actividades diarias esenciales, resultan de fácil manejo, efectivas y eficaces en la tarea específica a realizar, pudiendo ser decoradas a gusto por el usuario y su fabricación no requiere de expertos.

A nivel socioemocional produce una notable mejoría ante la percepción funcional y dinámica de poder continuar realizando tareas.

Finalmente repercute significativa y positivamente su responsabilidad medioambiental.

Puntos débiles del estudio

Debido al tiempo limitado y al estado epidemiológico imperante en la actualidad (COVID-19) no se ha podido realizar una investigación detallada en fases, para la comprobación con grupos de afectados en número significativo. Resulta evidente la ausencia de una población diana para dar continuidad y uniformidad al estudio.

8. Conclusiones

8.1. Es posible realizar prototipos protésicos temporales reciclados funcionales. La opción aportada podría resultar muy válida para la población en general (universal) y específicamente para casos de ausencia o dificultad de recursos y funcionalidad mermada, como en casos de pacientes con edades muy avanzadas. De gran interés para aquellos momentos en los que el usuario espera su prótesis definitiva siendo posible la implementación de actividades inmediatamente.

8.2. Se demuestra el éxito (con modelos) en la realización de las distintas actividades de la vida diaria, básicas e instrumentales, como comer, peinarse, afeitarse, lavarse los dientes, usar el teléfono móvil y escribir. Queda comprobada su eficacia y bajo coste.

8.3. Resulta factible proveer de prototipos a los afectados en un corto espacio de tiempo, y con ello la posibilidad de realizar distintas actividades habituales para la persona, aportando enormes beneficios terapéuticos y acortando los tiempos de implementación.

8.4. Se constata el reciclaje de materiales (en el caso de este estudio al menos 7 botellas y otros tantos útiles) alargando su vida útil y aliviando la gran acumulación existente.

En conclusión se evidencia la interesante opción de poder continuar y desarrollar estudios más amplios y específicos con población diana, desde puntos de vista sociales, funcionales, ocupacionales, emocionales, industriales (materiales) y económicos. De esa forma podrían ser beneficiarias de las ventajas de los prototipos protésicos temporales multitud de personas. En este sentido se pretende continuar con dichos trabajos a poder ser desde los estudios de doctorado de la Universidad de Zaragoza, dada su conocida reputación científica, social y académica. Resultaría oportuna la colaboración y financiación de empresas que aporten una filosofía de compromiso social, universidades y administraciones públicas.

9. Bibliografía

1. Lee KS, Jung MC. Ergonomic Evaluation of Biomechanical Hand Function. *Saf. Health Work* [Internet]. 2015 [Consulta el 20 de noviembre de 2019]; 6(1) 9-17. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4372184/>
2. Rouvière H, Delmas A, Delmas H. Anatomía Humana Descriptiva, Topográfica y Funcional: Miembros (vol 3). 11° ed. Barcelona: Masson; 2007.
3. J. Valero, D. Romano (dir). Programa de intervención grupal para población en tránsito a la jubilación: “Guitarra activa”. [Trabajo fin de grado en Internet]. [Zaragoza]: Universidad de Zaragoza, Facultad de Ciencias de la Salud; 2019 [Citado 02 de enero de 2020]. Disponible en: <https://deposita.unizar.es/record/46821>.
4. Finch J. The art of medicine: The ancient origins of prosthetic medicine. *The Lancet* [Internet]. 2011 [consulta el 10 de enero de 2020]; 377(1) 548-549. Disponible en: <https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140673611601906/fulltext>
5. Nerlich A, Zink A, Szeimies U, Hagedorn HG. Ancient Egyptian prosthesis of the big toe: Department of Medical History. *The Lancet* [Internet]. 2000 [Consulta el 02 de febrero de 2020]; 356: 2176 - 2179. Disponible en: [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(00\)03507-8.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(00)03507-8.pdf)
6. Thurston AJ. Paré and Prosthetics: The Early History of Artificial Limbs. *Anz Journal of Surgery* [Internet]. 2007 [Consulta el 11 de febrero de 2020]; 77(12) 1114-1119. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2007.04330.x>
7. Finch JL, Harvey G, David AR, Kulkarni J. Biomechanical assessment of two artificial big toe restorations from ancient Egypt and their significance to the history of prosthetics. *Journal of prosthetics and orthotics*. 2012; 24 (4): 181-182.
8. Brier B, Vinh P, Schuster M, Mayforth H, Johnson E. A radiologic study of an ancient Egyptian mummy with a prosthetic toe. *Anat Rec*. [Internet]. 2015 [Consulta el 10 de diciembre de 2019]; 298(6)1047-1058. Disponible en: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ar.23135>

9. Loaiza JL, Arzola N. Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano. *Dyna* [Internet]. 2011 [Consulta el 06 de febrero de 2020]; 78(169):191-200. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49622390022>
10. Naja A, Kafrawi A, Hanif M. A Short Review on the Advances in Engineering Research [Internet]. 2019 [Consulta el 05 de febrero de 2020]; 190:59-64. Disponible en: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iccelst-st-19/125925141>
11. Brito JL, Quinde MX, Cusco D, Calle JI. Estudio del estado del arte de las prótesis de mano. *Rev. Ingenius*. 2013; 9: 57-64.
12. Zuo KJ, Olson JL. The evolution of functional hand replacement: From iron prostheses to hand transplantation. *Plast Surg* [Internet]. 2014 [Consulta el 08 de febrero de 2020]; 22(1):44-51. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4128433/9>
13. Braileanu PI, Simion I, Said BB. Researching and Trends in Optimizing Hip Joint Prosthesis. *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics* [Internet]. 2019 [Consulta el 15 de febrero de 2020]; 14(1):221-226. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/8150a29ad40fb9a252480aae547c43c0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034495>
14. Madhanagopal S, Burns M, Pei D, Mukundhan R, Meyerson H, Vinjamuri R. Introductory Chapter: Past, Present, and Future of Prostheses and Rehabilitation. *IntechOpen* [Internet]. 2019 [Consulta el 15 de febrero de 2020]; 1:1-7. Disponible en: <https://cdn.intechopen.com/pdfs/69806.pdf>
15. Montero R, Nuño V, Siqueiros M. Análisis estructural en prótesis transtibial para diseño y orientación de material compuesto. *Revista Aristas Investigación Básica y Aplicada*. 2019; 7(13):10-13.
16. Binder M, Eitler J, Deutschmann J, Ladstätter S., Glaser F, Fiedler D. Prosthetics in antiquity-An Early Medieval Wearer of a Foot Prosthesis (6th Century AD) From Hemmaberg/Austria. *Int. J. Paleopathol* [Internet]. 2016 [Consulta el 19 de diciembre de 2019]; 12: 29-39. Disponible en: file:///C:/Users/usuario/Downloads/kundoc.com_austria.pdf
17. Norton KM. Un breve recorrido por la historia de la protésica. *InMotion* [Internet]. 2007 [Consulta el 12 de marzo de 2020]; 17(7):1-5. Disponible en:

<https://docplayer.es/8781682-Un-breve-recorrido-por-la-historia-de-laprotetica.html>

18. Frossard L, Berg D, Merlo G, Quincey T, Burkett B. Cost comparison of socket-suspended and bone-anchored transfemoral prostheses. *JPO. Journal of Prosthetics and Orthotics* [Internet]. 2017 [Consulta el 08 de febrero de 2020]; 29(4)150-160. Disponible en: file:///C:/Users/usuario/Downloads/Cost_Comparison_of_Socket_Suspended_and.2.pdf
19. Birch R. A history of limb amputation. *J Bone Joint Surg Br* [Internet]. 2008 [Consulta el 13 de febrero de 2020]; 90(10)1276–1277. Disponible en: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/pdf/10.1302/0301-620X.90B10.21244>
20. Garza L. Cronología histórica de las amputaciones. *Rev. Mexica de Angiología*. 2009; 37(1): 9-21
21. Brand RA, Mont MA, Manring MM. Biographical Sketch: Themistocles Gluck (1853–1942). *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 2011 [Consulta el 04 de febrero de 2020]; 469(6)1525-1527. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3094624/pdf/11999_2011_Article_1836.pdf
22. Smith DC. Extremity Injury and War: A Historical Reflection. *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 2015 [Consulta el 17 de febrero de 2020]; 473(9)2771-2776. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4523509/pdf/11999_2015_Article_4327.pdf
23. Manero, Albert et al. “Implementation of 3D Printing Technology in the Field of Prosthetics: Past, Present, and Future. *International journal of environmental research and public health* [Internet]. 2019 [Consulta el 06 de febrero de 2020]; 16(9)1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph16091641>
24. Major MJ. Fall Prevalence and Contributors to the Likelihood of Falling in Persons With Upper Limb Loss. *Physical Therapy* [Internet]. 2019 [Consulta el 12 de marzo de 2020]; 99(4)337-397. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/99/4/377/5252000?redirectedFrom=fulltext>
25. Melcer T. et al. Rehabilitation and multiple limb amputations: A clinical report of patients injured in combat. *J Rehabil Res Dev* [Internet]. 2016 [Consulta el 14 de marzo de 2020]; 53(6)1045-1060. Disponible en: <https://www.rehab.research.va.gov/jour/2016/536/jrrd-2014-09-0219.html>

26. Allami M. et al. A comprehensive musculoskeletal and peripheral nervous system assessment of war-related bilateral upper extremity amputees. *Mil Med Res* [Internet]. 2016 [Consulta el 11 de enero de 2020]; 3(34)1-8. Disponible en: <https://mmrjournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s40779-016-0102-5>
27. Zuniga JM. Coactivation Index of Children With Congenital Upper Limb Reduction Deficiencies Before and After Using a Wrist-Driven 3D Printed Partial Hand Prosthesis. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2018 [Consulta el 03 de 12 de febrero de 2020]; 53(6)1045-1060. Disponible en: <https://www.rehab.research.va.gov/jour/2016/536/pdf/JRRD-2014-09-0219.pdf>
28. Micarelli I. et al. Survival to amputation in pre-antibiotic era: a case study from a Longobard necropolis (6th-8th centuries AD). *J Anthropol Sci.* [Internet]. 2018 [Consulta el 20 de diciembre de 2019]; 96:185-197. Disponible en: <http://www.isita-org.com/jass/Contents/2018vol96/Micarelli/29717991.pdf>
29. Mulder WJ. A brief history of production and use of artificial limbs. *Acta medico-histórica Rigensia* [Internet]. 2010 [Consulta el 04 de enero 2020]; 9: 154-158. Disponible en: <https://dspace.rsu.lv/jspui/bitstream/123456789/83/1/amhr.2010.IX.154-158.pdf>
30. Tropea P, Mazzoni A, Micera S, Corbo M. Giuliano Vanghetti and the innovation of "cineplastic operations". *American Academy Neurology Jour* [Internet]. 2017 [Consultado el 06 de marzo de 2020]; 89(15)1627-1632. Disponible en: <https://n.neurology.org/content/neurology/89/15/1627.full.pdf>
31. Sánchez I. et al. *Manual SERMEF de rehabilitación y medicina física*. 1ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008.
32. Kottke FJ, Lehmann JF. *Medicina física y rehabilitación*. 4ªed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2000.
33. Alós Villacrosa J. *Amputaciones del miembro inferior en cirugía vascular: Un problema multidisciplinar*. Barcelona: Glosa; 2008.
34. Eslava E, Goya A, García S. Amputación traumática de extremidades. *Traumatología y neurocirugía*. En: *Libro electrónico de temas de urgencias* [Internet]. Servicio Navarro de Salud de la Comunidad Foral de Navarra [Internet]. 2008. p. 1-3. Disponible en: <http://www.cfnavarra.es/salud/PUBLICACIONES/Libro%20electronico%20de%2>

- Otemas%20de%20Urgencia/19.Traumatologia%20y%20Neurocirugia/Amputacion%20traumatica.pdf
35. Margolis D, Jeffcoate W. Epidemiology of foot ulceration and amputation. Can global variation be explained?. In de Diabetic Foot, Med Clin N Am. Elsevier inc [Internet]. 2013 [Consulta el 5 de febrero de 2020] 97(5):791-805. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com.roble.unizar.es:9090/eds/detail/detail?vid=56&sid=b2d3402b-6b03-427c-90ab-8cf6a97c5b85%40sessionmgr101&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S0025712513000497&db=edselp>
 36. Ceballos R. Fisioterapia en ortopedia. Amputación de miembros. Deformidades congénitas y adquiridas de las extremidades. Deformidades raquídeas: escoliosis. Prótesis de cadera y rodilla. Valoración, objetivos y tratamiento fisioterápico. 1ª ed. Jaén: Formación Alcalá; 2017.
 37. Anaya JE, et al. Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el Estado [Internet]. Mexico D.F: Academia Nacional de Medicina de México (ANMM); 2016 [Consulta el 22 de febrero de 2020]. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/publicaciones/ultimas_publicaciones/Rehabilitacion.pdf
 38. Lugo LH, et al. Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio de la persona amputada, la prescripción de la prótesis y la rehabilitación integral [Internet]. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud y Protección Social; 2015 [Consulta el 11 de enero de 2020]. Disponible en: http://gpc.minsalud.gov.co/gpc_sites/Repositorio/Conv_637/GPC_amputacion/GPC_AMP_completa.pdf
 39. Standards for prosthetics and orthotics. Part 1. Standards [Internet]. Ginebra: WHO; 2017 [Consulta el 19 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259209/9789241512480-part1-en-g.pdf;jsessionid=DBC9EC4F4DC9EF92FD3588519DCBAC86?sequence=1>
 40. Gerzeli, S, Torbica A, Fattore G. Cost utility analysis of knee prosthesis with complete microprocessor control (C-leg) compared with mechanical technology in trans-femoral amputees. The European Journal of Health Economics [Internet]. 2009 [Consulta el 23 de diciembre de 2019]; 10(1): 47-55. Disponible en:

- <https://search-proquest-com.cuarzo.unizar.es:9443/docview/215841104?accountid=14795>
41. Stevens P. Prosthetics in resource-limited countries. The O&P EDGE [Internet]. 2015 [Consulta el 23 de diciembre de 2019]. Disponible en: https://opedge.com/Articles/ViewArticle/2015-06_02
 42. La diabetes es la primera causa de amputación de extremidades en el mundo [Internet]. 62º Congreso de la SEACV - medicospacientes.com. 2016 [Consulta el 23 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://www.medicospacientes.com/articulo/la-diabetes-es-la-primera-causa-de-amputacion-de-extremidades-en-el-mundo>
 43. Estrategia en diabetes del sistema Nacional de Salud. Actualización [Internet]. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; 2012 [Consulta el 13 diciembre de 2019]. Disponible en: https://www.msbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/excelencia/cuidadospaliativos-diabetes/DIABETES/Estrategia_en_diabetes_del_SNS_Accesible.pdf
 44. Sobre amputaciones: Las estadísticas de las amputaciones en España [Internet]. ADAMPI Valencia. 2006 [Consulta el 23 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://www.adampivalencia.com/sobre-amputaciones/>
 45. Libro blanco de la prestación ortoprotésica [Internet]. Madrid: FEDOP (Federación Española de Ortesistas y Protesistas), CERMI (Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad); 2012 [Consulta el 16 de enero 2020]. Disponible en: https://www.cermi.es/sites/default/files/docs/colecciones/LIBRO_BLANCO.pdf
 46. Rubio et al. Incidencia de amputaciones de extremidades inferiores en el área 3 de Madrid. Estudio retrospectivo del periodo 2001-2006. Rev Clin Esp [Internet]. 2010 [Consulta el 9 de enero de 2020]; 201 (2): 65-69. Disponible en: <https://www-sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0014256509000332?via%3Dihub>
 47. Actualización de ortoprotésis: Sanidad dice que “se acaban las desigualdades” y el sector recela [Internet]. Diario Médico 2019 [Consulta el 5 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.diariomedico.com/politica/actualizacion-de-las->

[ortoprotesis-en-el-sns-se-acaban-las-desigualdades-entre-autonomias-dice-sanidad.html](#)

48. La sanidad española en cifras [Internet]. Madrid: Círculo de la sanidad, Fundación Gaspar Casal; 2018 [Consulta el 20 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://fundaciongasparcasal.org/publicaciones/Sanidad-espanola-en-cifras-2018.pdf>
49. Instituto Nacional de Estadística INE [Internet]. Madrid: INE; 2018 [Consulta el 03 de diciembre de 2019]. Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735570541
50. Esparza C, Abellán A. Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia (EDAD 2008). Primeros resultados. Datos 2008. Madrid: Portal Mayores, Instituto Nacional de Estadística. España; 2008. Informe Portal Mayores, nº: 87. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/11294/1/pm-estadisticas-edad-2008-01.pdf>
51. Prestación Ortoprotésica [Internet]. Consellería de Sanitat, Universal i Salut Pública. Generalitat Valenciana. 2020 [Consulta el 9 de febrero de 2020]. Disponible en: http://www.san.gva.es/web/dgfps/prestaciones-especificas-cv;jsessionid=D933FF5CB784D1B31C3953AE44AD3A5E.appli7_node2
52. Cartera de servicios comunes de prestación ortoprotésica [Internet]. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. 2020 [Consulta el 23 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.msbs.gob.es/profesionales/prestacionesSanitarias/CarteraDeServicios/ContenidoCS/6PrestacionOrtoprotetica/home.htm>
53. Tasa de población con discapacidad que tiene diagnosticadas determinadas enfermedades crónicas según la enfermedad por CCAA y sexo. Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal, y Situaciones de Dependencia 2008. [Internet]. INE. 2008 [Consulta el 23 de diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p418/a2008/hogares/p02/modulo1/10/&file=04028.px>

54. Estadísticas asistenciales, Histórico de Estadísticas Asistenciales e Informes de Sanidad en Aragón [Internet]. Gobierno de Aragón. 2018 [Consulta el 21 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/estadisticas-asistenciales>
55. Informe Mundial sobre salarios 2018/2019. Qué hay detrás de la brecha de género [Internet]. Suiza: Organización Internacional del Trabajo; 2018 [Consulta el 13 de febrero de 2020]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_650653.pdf
56. Global Wave Report 2018/2019. What lies behind gender pay gaps [Internet]. Suiza: International Labour Office; 2018 [Consulta el 14 de febrero de 2020]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_650553.pdf
57. Salario mínimo en el mundo ¿en qué país ganarías más? [Internet]. OCCMundial. 2019 [Consulta el 20 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.occ.com.mx/blog/salario-minimo-en-el-mundo-en-que-pais-ganarias-mas/>
58. File:Minimum wages highlight FP2019-ES.png [Internet]. EUROSTAT, Statistics Explained. 2019 [Consulta el 19 de febrero de 2020]. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Minimum_wages_highlight_FP2019-ES.png
59. Salarios, ingresos, cohesión social. Salario anual medio, mediano, modal, a tiempo completo y a tiempo parcial, por periodo [Internet]. Instituto Nacional de Estadística. 2018 [Consulta el 09 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=10882>
60. Gómez MV, Sevillano EG. La pensión media ya supera los 1.000 euros en estas 12 provincias [Internet]. Diario El País. 2019 [Consulta el 3 de enero de 2020]. Disponible en: https://elpais.com/economia/2019/02/26/actualidad/1551209706_235823.html
61. Buscador del Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social [Internet]. Ministerio de Trabajo y Economía Social – Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones. 2020 [Consulta el 011 de enero de 2020]. Disponible en: <http://www.mitramiss.gob.es/es/extras/buscador/resultados.htm?q=cuant%C3%ADa+pen%C3%ADn+media&buscar.x=0&buscar.y=0&hl=es>

62. Fernandez JM, Expósito JA. Repercusión socioeconómica de las amputaciones en el pie diabético. *Angiología, esp cong* [Internet]. 2013 [Consulta el 2 de febrero de 2020]; 65: 59-62. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-angiologia-294-articulo-repercusion-socioeconomica-amputaciones-el-pie-X0003317013011893>
63. Chu CY, Patterson RM. Soft robotic devices for hand rehabilitation and assistance: a narrative review. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2018 [Consulta el 18 de marzo de 2020]; 15(9)1-14. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12984-018-0350-6>
64. Funcionalidad y estética en las prótesis de miembro superior [Internet]. *Ortopedia López*. 2015 [Consulta el 27 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.ortopedialopez.com/protesis/funcionalidad-y-estetica-en-las-protesis-de-miembro-superior/>
65. Ortopedia, Inmovilización [Internet]. *Medical EXPO el salón online del sector médico sanitario*. 2020 [Consulta el 20 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.medicalexpo.es/cat/ortopedia-inmovilizacion-A.html>
66. Baird J. Opciones para las prótesis de los miembros [Internet]. *Manual MSD*. 2015 [Consulta el 24 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/professional/temas-especiales/miembro-prot%C3%A9sico/opciones-para-las-pr%C3%B3tesis-de-los-miembros>
67. Productos de apoyo [Internet]. *Observatorio de la Accesibilidad – COCEMFE*. 2019 [Consulta el 24 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.observatoriodelaaccesibilidad.es/productos-apoyo/productos-apoyo/definicion/index.html>
68. Pérez N. Prótesis para todo: para caminar, nadar, correr, andar en bicicleta... y hasta para 'sentir' [Internet]. *Periódico 20 minutos*. 2016 [Consulta el 3 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.20minutos.es/noticia/2900121/0/avances-protesis-piernas-brazos/sensitivas-oseointegracion-max-ortiz-catalan/>
69. Farro L, Tapia R, Bautista L, Montalvo R, Iriarte H. Características clínicas y demográficas del paciente amputado. *Rev Med Hered* [Internet]. 2012 [Consulta el 3 de enero de 2020]; 23(4) 240-243. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v23n4/v23n4ao4.pdf>

70. Smurr LM, Gulick K, Yancosek K, Ganz O. Managing de upper extremity amputee: a protocol for success. Journal of hand therapy [Internet]. 2008 [Consulta el 12 de diciembre de 2020]; 21(2) 160-176. DOI:<https://doi.org/10.1197/j.jht.2007.09.006>. Disponible en: [https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130\(07\)00163-9/fulltext](https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130(07)00163-9/fulltext)
71. Horta R, Valença-Filipe R, Carvalho J, Nascimento R, Silva A, Amarante J. Reconstruction of a near total ear amputation with a neurosensorial radial forearm free flap prelaminated with porous polyethylene implant and delay procedure. Microsurgery [Internet]. 2017 [Consulta el 22 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/micr.30249>
72. Martínez G. AYÚDAME 3D [Internet]. España; 2017 [Consulta el 29 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://ayudame3d.org/>
73. Owen I, Richard. Enabling The Future [Internet]. EEUU; 2012 [Consulta el 29 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://enablingthefuture.org/>
74. Intergovernmental panel on climate change IPCC [Internet]. United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organization (WMO); 1988 [Consulta el 22 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://archive.ipcc.ch/organization/organization.shtml>
75. Plásticos [Internet]. GREENPEACE; 2020 [Consulta el 12 de enero de 2020]. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>
76. Rodríguez H. La degradación del plástico potencia el efecto invernadero [Internet]. National Geographic España; 2019 [Consulta el 11 de enero de 2020]. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/degradacion-plastico-potencia-efecto-invernadero_13126
77. Plastic Threatens Human Health at a Global Scale – New Report [Internet]. Center for International Environmental Law CIEL; 2019 [Consulta el 19 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.ciel.org/news/plasticandhealth/>
78. Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet. Center for International Environmental Law (CIEL) - Earthworks - Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA) - Healthy Babies Bright Futures (HBBF) - IPEN - Texas Environmental Justice Advocacy Services (t.e.j.a.s.) – UPSTREAM - #breakfreefromplastic [Internet]. Washington DC and Geneva, Switzerland; 2019

- [Consulta el 19 de febrero de 2020]. 84 p. Disponible en: <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>
79. Vocabulario técnico de miembro superior [Internet]. Protésica – Ottobock. 2014 [Consulta el 7 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.ottobock.es/protésica/informacion-para-amputados/terminologia-tecnica/terminologia-tecnica-miembro-inferior/index-2.html>
80. Bellosta R, et al. Acute limb ischemia in patients with COVID-19 pneumonia. *Journal of Vascular Surgery* [Internet]. 2020 [Consulta el 20 de mayo de 2020];0741-5214(20):31080-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7188654/>
81. Kaur P, et al. Acute upper limb ischemia in a patient with COVID-19. *Hematology/oncology and Stem Cell Therapy* [Internet]. 2020 [Consulta el 21 de mayo de 2020]; 1658-3876. Disponible en: <https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC7219365&blobtype=pdf>.
82. Sena G, Gallelli G. An increased severity of peripheral arterial disease in the COVID-19 era. *Journal of Vascular Surgery* [Internet]. 2020 [Consulta el 25 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.jvascsurg.org/action/showPdf?pii=S0741-5214%2820%2931095-8>
83. Dittman JM, Tse W, Amendola MF. Optimizing Peripandemic Care for Veteran Major Non-Traumatic Lower Extremity Amputees: A Proposal Informed by a National Retrospective Descriptive Analysis of COVID-19 Risk Factor Prevalence. *Military Medicine* [Internet]. 2020 [Consulta el 26 de mayo de 2020];00(0):0-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa180>
84. COPM. The Canadian Occupational Performance Measure [Internet]. Canadá; 2020 [Consulta el 2 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.thecopm.ca/>
85. United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities [Internet]. New York: United Nations (NY); 2006 [consulta el 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities-2.html>

86. Assistive devices/technologies: what WHO is doing [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2016 [Consulta el 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/disabilities/technology/activities/en/>
87. Modelo portada Trabajo Fin de Máster [Microsoft Word] [Consulta el 27 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://biblioteca.unizar.es/servicios/deposito-tfgtfm>
88. Reglamento de Trabajos Fin de Grado y Fin de Máster en la Universidad de Zaragoza 2014 [PDF].] [Consulta el 27 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.unizar.es/sg/pdf/acuerdos/2014/2014-09-11/5.1.%20TFG%20y%20M%20aprobada%20CdG.pdf>
89. Logotipo de la Universidad de Zaragoza. Uso académico, administrativo y social. Uso solemne y protocolario. [Consulta el 05 de junio de 2020] Disponible en: <http://www.unizar.es/identidad-corporativa/logotipo-de-la-universidad-de-zaragoza>
90. Marca de agua, Universidad de Zaragoza. Uso académico, administrativo y social. [Consulta el 05 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.unizar.es/identidad-corporativa/otros-recursos-de-identidad-visual>

Recursos en la Red sugeridos:

American Academy of Orthotists and Prosthetists. <https://www.oandp.org/>

National Limb Loss Information Center. <https://www.amputee-coalition.org/limb-loss-resource-center/>

Impresión 3D, para Terapeutas Ocupacionales, guía práctica. Colegio Profesional de Terapeutas Ocupacionales de Aragón (COPTOA). https://www.coptoa.es/wp-content/uploads/2020/07/3d_libro_coptoa_online.pdf

3D Slash. <https://www.3dslash.net/index.php>

National Amputation Foundation. <http://www.nationalamputation.org/>

Ultimaker Cura. <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>

National Institutes of Health (NIH). <https://www.nih.gov/>

National Library of Medicine. <https://www.nlm.nih.gov/>

American College of Surgeons. <https://www.facs.org/>

10. ANEXOS

Anexo 1. Tabla 2 y gráfico 1

Tabla 2. Incidencia de amputaciones/agenesias por Comunidades Autónomas en España

Comunidad Autónoma.	Agenesias/ Amputaciones en España por cada 1000 habitantes (tasa).			Comunidad Autónoma.	Agenesias/ Amputaciones en España por cada 1000 habitantes (tasa).		
	Ambos sexos	Varones	Mujeres		Ambos sexos	Varones	Mujeres
Andalucía	1,62	1,44	1,80	Extremadura	1,67	2,14	1,20
Aragón	1,94	2,22	1,66	Galicia	2,73	4,12	1,45
Asturias	2,71	2,73	2,69	Madrid	1,56	1,60	1,53
Baleares	2,71	2,73	2,69	Murcia	1,22	0,48	1,97
Canarias	1,18	1,06	1,31	Navarra	2,22	2,75	1,69
Cantabria	1,91	2,35	1,48	País Vasco	3,09	3,89	2,33
Castilla y León	2,40	3,22	1,61	La Rioja	0,92	0,00	1,86
Castilla La Mancha	1,85	2,23	1,47	Ceuta	0,76	0,00	1,52
Cataluña	1,78	1,72	1,83	Melilla	3,01	5,12	1,01
Valencia	1,78	1,72	1,83	Totales	1,88	2,03	1,74

Datos estadísticos amputaciones /agenesias España. ADAMPI Aragón.



Gráfico 1. Incidencia de amputaciones/agenesias por Comunidad Autónoma (España) España

Anexo 2. Tablas: 3, 4, 5 y 6

Tabla 3. Producción europea de productos ortopédicos y partes artificiales del cuerpo (miles de euros)

	Aparatos	Partes del cuerpo	Suma total
EU27-2008	1.757.820	1.464.189	3.222.009
EU25	1.753.143	1.463.446	3.216.589
España	80.356	7.213	87.569
Bélgica	53.661		53.661
Chequia	18.372	6.958	25.330
Dinamarca	37.128	12.387	49.515
Alemania	661.479	382.797	1.044.276
Irlanda	14.010	74.641	88.661
Francia	380.510	422.141	802.651
Italia	135.318	165.731	301.049
Hungría	30.535	15.087	45.621
Holanda	107.561	91.790	199.351
Austria	43.880	76.098	119.978
Polonia	16.812	11.367	28.199
Portugal	6.281	2.700	8.961
Suecia	52.129		52.129
Reino Unido	59.726	169.736	229.482
TOTALES	1.697.758	1.438.666	3.136.423

Fuente: Elaboración de EDAS SC sobre las cifras PRODCOM de Eurostat para cada uno de los países europeos en 2008 y en 1995

Tabla 4. Amputaciones registradas entre 200 y 2004 Sistema Nacional de Salud (España)

Comunidad Autónoma	2000	2001	2002	2003	2004
Andalucía	1.042	1.135	1.122	1.168	1.186
Aragón	159	142	119	126	135
Asturias	165	212	226	185	200
Baleares	89	95	104	128	104
Canarias	142	186	205	227	233
Cantabria	130	107	99	139	131
Castilla la Mancha	190	210	230	240	228
Castilla y León	303	343	341	326	326
Cataluña	920	880	958	979	951
Ceuta	7	13	10	9	6
Comunidad Valenciana	567	587	590	620	603
Extremadura	168	164	157	156	160
Galicia	239	484	474	491	479
Madrid	454	505	514	508	497
Melilla	9	14	8	23	12
Murcia	159	175	183	172	174
Navarra	50	67	48	58	62
País Vasco	298	310	315	254	298
La Rioja	20	36	18	26	19
TOTALES	5.111	5.683	5.721	5.835	5.804

Fuente: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad

Tabla 5. Numero de amputaciones-causa-porcentaje (España)

Descripción	Nº casos
Enfermedades arteriales	13.590
Diabetes	6.238
Complicaciones quirúrgicas y médicas	2.517
Signos y síntomas no definidos	1.562
Heridas abiertas	742
Neoplasia maligna	643
Fractura miembro inferior	518
Heridas abiertas miembro inferior	497
Otras enfermedades de la piel	489
Osteopatías	408
Enfermedades de venas y linfáticos	255
Infecciones de la piel y tejido subcutáneo	175
Otras enfermedades bacterianas	148
Reumatismo salvo de la espalda	142
Neoplasia maligna de otras localizaciones no especificadas	123
TOTALES 15 primeras causas	28.047
Traumáticas	
Accidentes de tráfico	36,75
Otros accidentes	35,34
Técnicas quirúrgicas por complicaciones	5,42
Accidentes ferroviarios	4,22
Suicidios y lesiones auto inflingidas	2,81
Caídas accidentales	0,80

Fuente: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad

Tabla 6. Número de amputados según miembro (España 2007)

Total amputados/as miembro superior	5.477
Total amputados/as miembro inferior	143.755
Total amputados/as no agenesia	149.232

Fuente: Elaboración propia de CERMI a partir de datos de población en España (INE) y Sistema Nacional de Salud

Anexo 3. Historial de búsqueda sistemática bibliográfica - historia protésica

Gráfico 2. Procedimiento de búsqueda sistemática Historia protésica

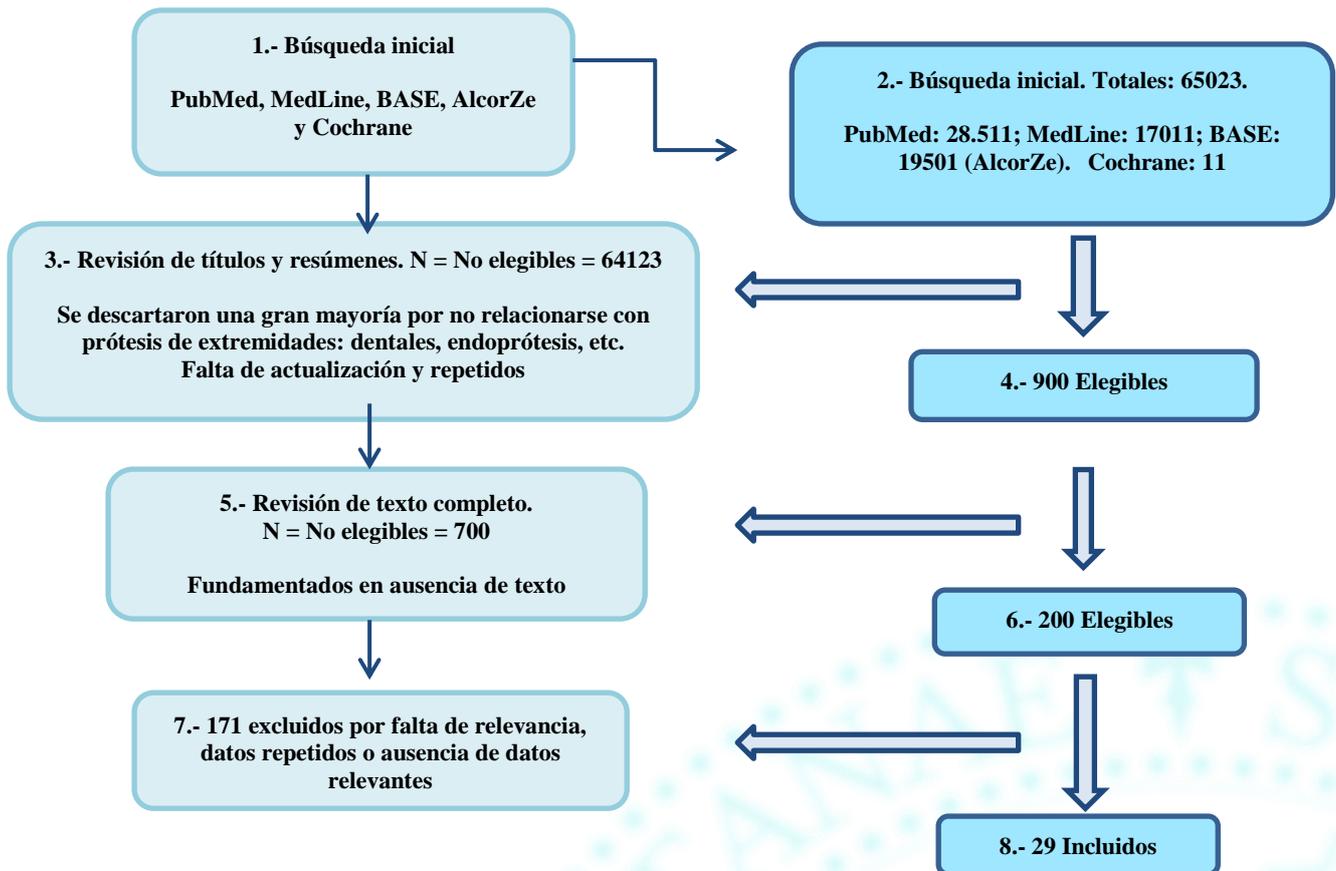


Tabla 7. Revisión sistemática historia protésica

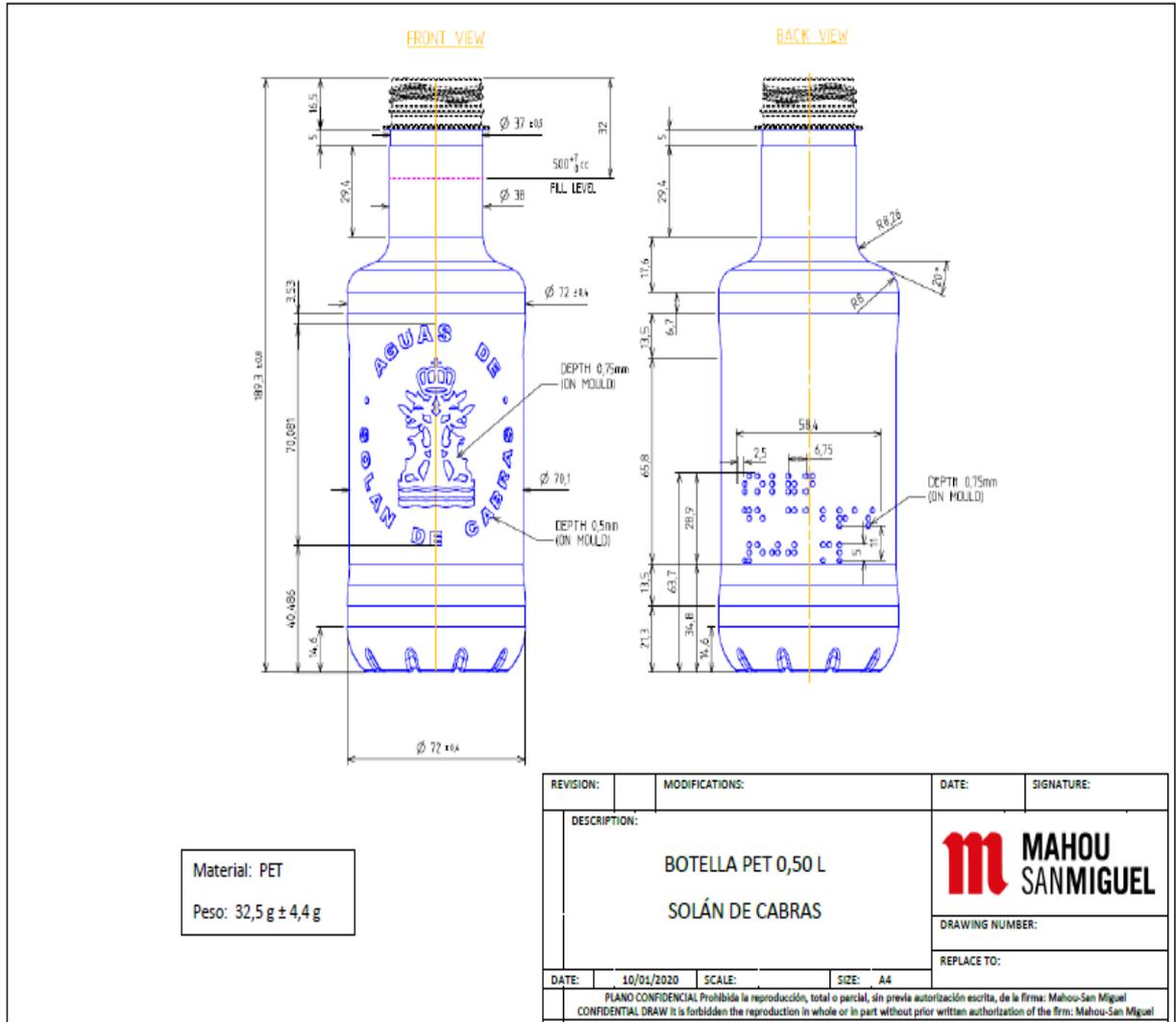
Término/s de búsqueda	Base de datos / Buscador		
Año	Resultados - results		
Limb prostheses history	PubMed	MedLine (AlcorZe)	BASE (AlcorZe)
Totales	288 (desde 1953)	99 (desde 1954)	56 (desde 1957)
Desde 1980	251 results	87	54
Desde 2000	188 results	61	49
Desde 2010	122 results	41	43 (2011)
Desde 2015	59 results	24	33
Ancien Prosthesis / Ancient prosthesis	PubMed	MedLine	BASE
Totales	102 (desde 1965)	108 (desde 1955)	44 (1981-2019)
Desde 1980	95 results	85	
Desde 2000	62 results	49	42
Desde 2010	39 results	27	35
Desde 2013	28 results	(2015) 11	(2015)
History of prosthetics	PubMed	MedLine	BASE
Totales; desde 1950	2,436 results	2,132	1,453
Desde 1980	2,265 results	2,025	1,426
Desde 2000	1,727 results	1,567	1,371
Desde 2010	1,128 results	1,056	1,113
Desde 2015	696 results	660	748
History of production of artificial limbs	PubMed	MedLine	BASE
Totales	19 (desde 1974)	3 (desde 2001)	30 (1979-2014)
Desde 2000	13 results		19
Desde 2010	9 results	2	7
Desde 2015	5 results	1	0
Robotic hand	PubMed	MedLine	BASE
Totales	3,401 (desde 1974)	3344 (desde 1987)	13.091 (desde 1979)
Desde 2000	3,293 results	3,249	12,278
Desde 2010	2,701 results	2,610	10,007
Desde 2015	1,761 results	1680	6,341
History Orthopedics	PubMed	MedLine	BASE
Totales: desde 1946	20,387 results	9483	4,606
Desde 1980	18,811 results	8,119	4,544

Término/s de búsqueda	Base de datos / Buscador	Término/s de búsqueda	Base de datos / Buscador
Año	Resultados - results	Año	Resultados - results
Limb prostheses history	PubMed	Limb prostheses history	PubMed
Desde 2000	15,230 results	6,591	4,351
Desde 2010	10,973 results	4,775	3,574
Desde 2015	7,085 results	3166	3,574
History Prosthesis Design	PubMed	MedLine	BASE
Totales: desde 1953	1,878 results	1,842	221
Desde 1980	1,846 results	1,809	218
Desde 2000	1,579 results	1,524	203
Desde 2010	1,060 results	1,016	151
Desde 2015	528 results	516	101
Totales finales	28.511	17011	19501

Tabla 8. Revisiones sistemáticas sobre historia protésica

Buscador Cochrane (revisiones sitemáticas)		
Término/s de búsqueda	Resultados (número)	Año/s
Limb prostheses history	4	2013(1) / 2016(1) / 2017(2)
Ancient prosthesis	1	2010
History of prosthetics	1	2019
History of production of artificial limbs	1	2018
Robotic hand	2	2014(1) / 2018(1)
History Orthopedics	1	2018
History Prosthesis Design	1	2019
Totales	11	

2. Gráfico 4. 0,50 l.



3. Gráfico 5. 1,50 l.

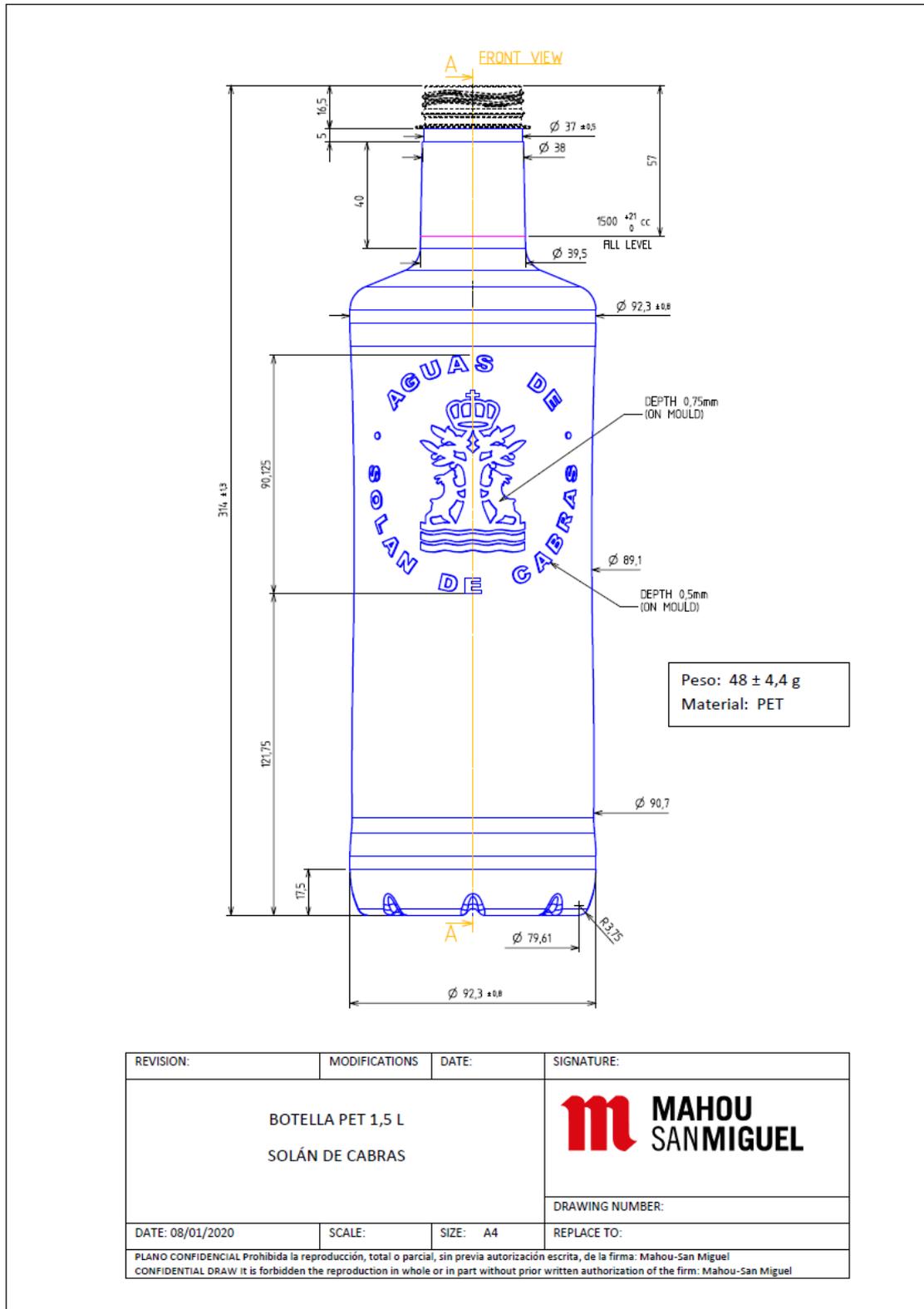
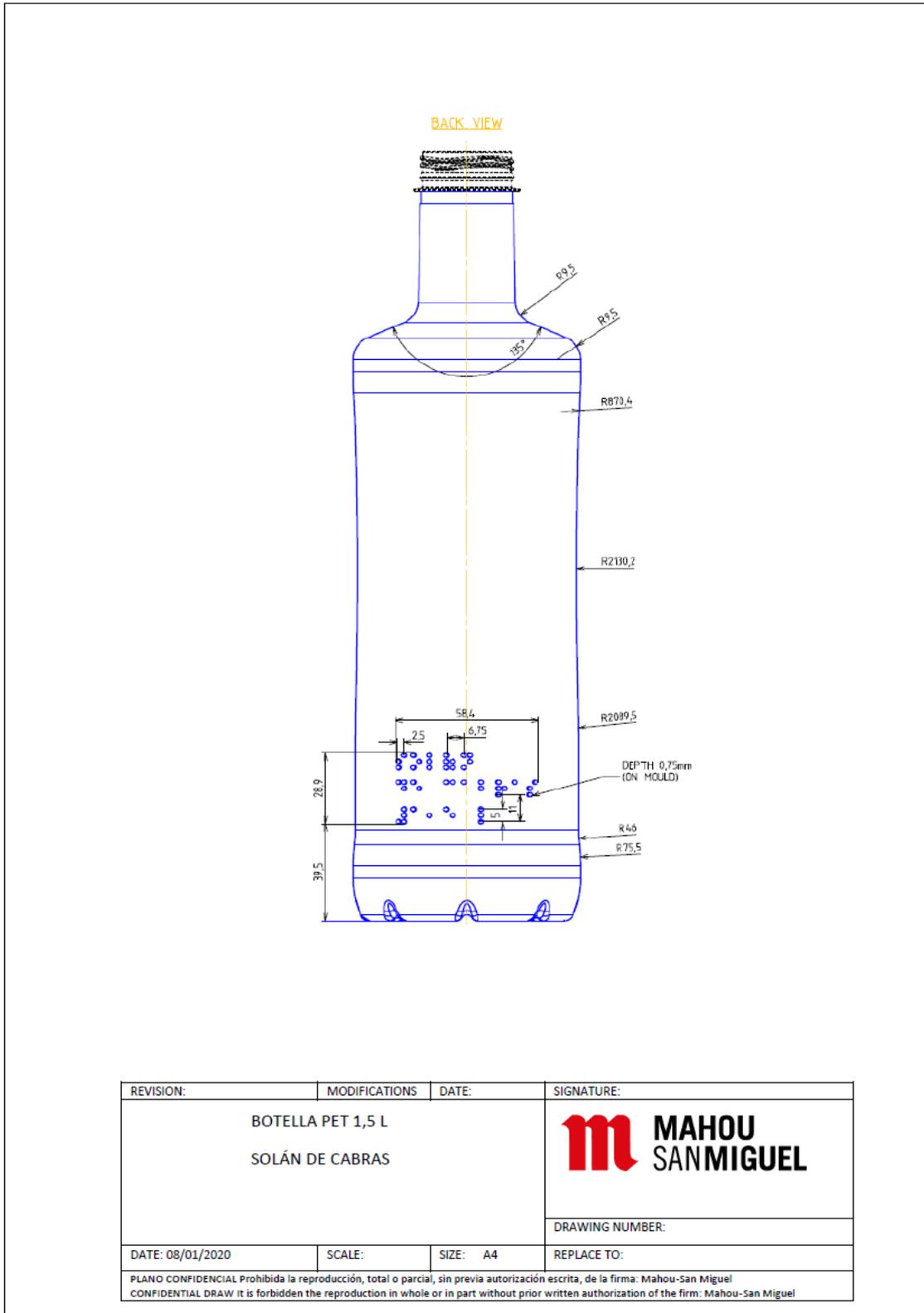


Gráfico 5. Continuación



Anexo 5. Tabla de medidas, requerimientos y peso. Tabla de precio

5.1. Requerimientos

Tabla 9. Especificaciones

Especificaciones		Requerida	Aplicable
Características generales	Dedos	No	No
	Articulaciones	No	Si
	Sujeción	Si	Si
	Rango movimientos	No	Si
Dimensiones	Longitud	Si	Si
	Diámetro	Si	Si
	Ancho	Si	Si
Peso	Máximo	Si	Si
	Mínimo		
Mecanismo	Ajusta	Si	Si
	Función		
	Trayectoria correcta		
Control	Si o No	Si	No
Acoplamiento	Si o No	Si	Si
Material de soporte	Resistente	Si	Si
	Ligero		
	Accesibilidad		
Mantenimiento	Mínimo	Si	Si
	Desgaste		
	Acceso a sus componentes		
Seguridad	Tanta cómo sea posible	Si	Si
Estética	Similitud a la original	No	Si

La finalidad es conseguir las especificaciones y componentes principales tomando en cuenta las alternativas a considerar. Como resultado se elaboró una tabla con especificaciones y características adecuadas para un funcionamiento y adaptación óptimos (Tabla 1, requerimientos) clasificándolas como requeridas o aplicables.

5.2. Características de los componentes y material de soporte

Con el objetivo de establecer características para de satisfacer los requerimientos. Desde hace años, se llevan incorporando a la industria de los materiales la aplicación de plásticos, cuyas principales cualidades son ser muy ligeros (respecto al metal) y resistentes a la oxidación.

Tabla 10. Peso y precio

Artefacto	Peso	Útil comprado	Precio
Prototipo + Tenedor	15 gr.	Alambre (14 m./1 m)	0,05 €
Prototipo + Cuchillo	12 gr.	Esparadrapo papel	0,90 €
Prototipo + Cepillo dientes	11 gr.	Esparadrapo tela	0,90€
Prototipo + Peine	5 gr.	El resto de materiales y herramientas utilizadas en la construcción han sido reutilizados o reciclados, así que su coste es 0 € .	
Prototipo + Cepillo pelo	12 gr.		
Prototipo + Maq. Afeitarse	9 gr.		
Prototipo + Pinza	4 gr.		
Prototipo + Cuchara sopera	13 gr.		
Prototipo + Cuchara café	7 gr.		
Prototipo + Móvil	100 gr.		
Prototipo + Bolígrafo	5 gr.		
Prototipo (solo)	3 gr.		
Mano estética	50 gr.	Gasto total	1,85 €

Anexo 6. Tablas 11 (11.1, 11.2, 11.3) de posibles AVD a realizar

Respecto a las AVD que se pueden realizar se han creado unas tablas de posibilidades y otra de estética.

Tabla 11.1. ABVD

ABVD			
Actividad	Acción específica	Efectividad	
Comer	Trinchar (carne, pescado, etc.) y llevar a la boca.	Si	No
	Cortar (filete, patata, pan, fruta, etc).	Si	No
	Pelar	Si	No
	Usar cuchara sopera y llevársela a la boca.	Si	No
	Uso de cucharilla (café o postre) y llevar a la boca.	Si	No
Lavarse	Lavado de dientes.	Si	No
	Uso de esponja.	Si	No
	Lavado de pelo	Si	No
Vestirse	Abotonar (colocando abotonador).	Si	No
	Poner zapatos (colocando calzador)	Si	No
	Poner medias, calcetines (colocando quitamedias)	Si	No
Arreglarse	Pintar labios (con pintalabios o pinza)	Si	No
	Pintar ojos (con lápiz o colocando pinza)	Si	No
	Aplicar “colorete” (con brocha o pinza)	Si	No
	Aplicar desodorante roll-on (con aplicador o pinza)	Si	No
	Afeitado	Si	No
	Otros (según aplicador o pinza)	Si	No

Tabla 11.2. AIVD

AIVD			
Actividad	Acción específica (Uso)	Efectividad	
Comunicación	Usar el teléfono	Si	No
Comidas por sí solo	Preparación de comida (Remover, probar, etc)	Si	No
	Servir la comida	Si	No
	Limpiar el polvo (Con plumero o pinza)	Si	No
Cuidado de la casa	Lavar y secar los platos	Si	No
	Apoyo para pasar la fregona o la escoba	Si	No
	Martillear, atornillar, etc (según útil o pinza)	Si	No
	Otras necesarias para la persona	Si	No

Tabla 11.3. Estética

Estética			
Interior	¿Sirve para labores cotidianas?	Si	No
	¿Estéticamente es agradable?	Si	No
Exterior	¿Aparenta, al menos, de lejos una mano humana?	Si	No
	¿Se puede llevar para realizar trabajos?	Si	No

Anexo 7. Precauciones a tener en cuenta

	<p>En la fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none">• Atención con posibles cortes, usar guantes de protección.• Usar gafas anti salpicaduras (ante posibles restos plásticos y/o pintura). <p>Con los prototipos:</p> <ul style="list-style-type: none">• No exponer directamente a una fuente de calor (horno, llama, quemadores, etc.).• No aplicar pesos excesivos.• Atención con los objetos/útiles punzantes.• No fume con ellos.• No los introduzca en tomas de corriente.
---	--

En cuanto al ajuste usuario-prótesis no hay apenas tiempo de tratamiento, adecuación, adaptación ya que resultan de muy fácil introducción en el muñón y uso. En caso de algún posible desajuste se realiza en el momento (en cuanto ajuste y ángulo, según la comodidad necesaria para la persona).

Anexo 8. Valoración de satisfacción

En relación con la satisfacción, comodidad y efectividad de las mismas se realiza una escala de satisfacción estructurada por puntuación (tipo Lickert).

Tabla 12, de satisfacción

Valoración sobre satisfacción de los prototipos					
Variables	Valoración personal (de 1 a 5, de peor a mejor).				
	Siendo: 1 Muy Mal, 2 Mal, 3 Regular, 4 Bien, 5 Muy Bien.				
Colocación	1	2	3	4	5
Experiencia táctil	1	2	3	4	5
Uso	1	2	3	4	5
Peso	1	2	3	4	5
Efectividad	1	2	3	4	5
Funcionalidad	1	2	3	4	5
Estética	1	2	3	4	5
Satisfacción global	1	2	3	4	5

1. Colocación: Se refiere a la facilidad, comodidad, ajuste y tiempo empleado en la colocación.
2. Experiencia táctil: Refiere sensación de agrado o desagrado (picor, dolor, sensación de raspado o calor excesivo).
3. Uso: Reseña facilidad o no en cuanto a la movilidad y aplicación específica del útil empleado.
4. Peso: Describe o no peso excesivo, el cual pueda o no limitar la acción oportuna.
5. Efectividad: Refrenda éxito o fracaso en la realización de la actividad o acción realizada.
6. Funcionalidad: Especifica el éxito o fracaso de todo el proceso, desde la colocación al resultado óptimo esperable.
7. Estética: Le resulta estéticamente correcto o no.
8. Satisfacción global: Referirá, en último término, si la experiencia de uso ha sido del agrado del usuario.

Anexo 9. Consentimientos

9.1. Consentimiento imagen modelo

Consentimiento Informado. Curso 2019-2020

Cesión de imagen anonimizada. Universidad de Zaragoza

Título del trabajo: Sistematización de prótesis recicladas.

Autor: Julián Manuel Valero González.

El propósito de este documento es aportar el consentimiento por parte de Dña. Vanessa Sanz López, con DNI: 29127572G, para el uso de su imagen anonimizada y rol, como participante, e informar sobre el citado trabajo académico

Se ha realizado un estudio para crear una sistematización prototipada de prótesis reutilizadas, para personas afectadas por amputaciones y/o agenesias de miembro superior (concretamente transradial), cuya base es determinar la posibilidad de creación artesanal de prótesis (temporales o no) cuyo coste sea ínfimo y de elevada efectividad. Además se pretenden realizar con elementos reciclados y/o reutilizados contribuyendo a una menor contaminación y alargar la vida útil de utensilios, embalajes y elementos que de otra manera pudieran ser acumulados como residuos.

Su colaboración (pasada, presente y futura), nos será de gran ayuda y utilidad para poder ayudar a crear en las mejores condiciones dichos artefactos y así mejorar la calidad de vida de los usuarios.

La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito, fuera de los de dicho trabajo y su publicación académica universitaria, salvo autorización de ambas partes.

En ningún caso se le identificará en otras publicaciones fuera del ámbito académico, que puedan realizarse con los resultados de este trabajo, salvo que autorice lo contrario. Se seguirá lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de Diciembre, de *Protección de Datos de Carácter Personal*.

Al dar su consentimiento usted concede permiso para utilizar sus datos en el estudio.

A 02 de julio del 2020.

Dña. Vanessa Sanz López

Firma:

Vanessa Sanz López

9.2. Consentimiento empresa Mahou San Miguel (integra a la marca Solán de Cabras)



Aguas de Solán de Cabras
Paraje Solán de Cabras
16893 BETETA (Cuenca)

En Madrid, a 28 de Agosto de 2020

Aguas de Solán de Cabras, S.A., sociedad de nacionalidad Española, con domicilio social en Paraje de Solán de Cabras, 16893 Beteta, Cuenca, con CIF número A-23.205.289, perteneciente al grupo MAHOU SAN MIGUEL (en adelante, **SDC**),

MANIFIESTA

Que ha proporcionado a D. Julián Manuel Valero González, determinada información acerca de la composición de los envases a través de los cuales **SDC** comercializa el agua mineral natural procedente del Manantial Solán de Cabras de Beteta (Cuenca), con el objeto de su inclusión en el trabajo fin de máster que ha elaborado con el título "*Sistematización de prótesis recicladas*" para la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Zaragoza.

Asimismo, **SDC**

AUTORIZA

A D. Julián Manuel Valero González a la inclusión de la mencionada información, así como a mencionar el nombre de SDC y del grupo empresarial MAHOU SAN MIGUEL al que ésta pertenece, con fines exclusivamente académicos, todo ello en el marco de elaboración, presentación, defensa y, en su caso, publicación del antedicho trabajo fin de máster.

Y para que surtan los efectos oportunos, emitimos la presente en la fecha y lugar indicados en el encabezamiento.



D. Angel Javier Carrasco Vera
AGUAS DE SOLÁN DE CABRAS, S.A.