

DISEÑO UNIVERSAL Y PROTOTIPADO RÁPIDO DE ADAPTADOR DE DISPOSITIVO MÓVIL

PRESENTADO: Junio 2020

PUBLICADO: Julio 2020

Amanda Martín Mariscal

Universidad de Sevilla

Departamento de Ingeniería del Diseño

Email: ammariscal@us.es

Magdalena Anna Grobelska

Universidad de Sevilla. Ingeniera en Diseño Industrial y desarrollo del Producto

Email: magdalena.grobelska@gmail.com

DISEÑO UNIVERSAL Y PROTOTIPADO RÁPIDO DE ADAPTADOR DE DISPOSITIVO MÓVIL

Objetivo: El objetivo de este trabajo es el diseño de un adaptador de forma para dispositivo móvil dirigido a facilitar su uso, tanto para personas con capacidad limitada de ejercer fuerza con la mano como a personas que quieran prevenir problemas derivados del uso de este tipo de productos.

Diseño / metodología / enfoque: Se implementa una metodología de trabajo basada en la comprobación de mejoras a través de la fabricación aditiva de prototipos.

Resultados: Diseño de un adaptador de forma de dispositivo móvil bajo las premisas del diseño universal.

Originalidad: El proyecto integra el prototipado rápido mediante la impresión 3D para lograr un diseño inclusivo.

Palabras clave: diseño universal, diseño inclusivo, prototipado rápido, impresión 3D, diseño de producto.

Derechos de autor: Los autores conservan los derechos de autor de sus obras. Los artículos están licenciados bajo la licencia BY-NC-ND (Creative Commons Attribution 4.0 International Public License), que otorga derechos de acceso abierto a la sociedad. Específicamente, con la licencia BY-NC-ND no se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.

UNIVERSAL DESIGN AND RAPID PROTOTYPING OF MOBILE DEVICE ADAPTER

Purpose: The goal of this paper is the design of a shape adapter for a mobile device aimed at facilitating its use, both for people with limited ability to exert force with the hand and for people who want to prevent problems derived from the use of this type of product.

Design/methodology/approach: The methodology implemented is based on the verification of improvements through additive fabrication of prototypes.

Findings: Design of a mobile device shape adapter under the premises of universal design.

Originality: The project integrates rapid prototyping through 3D printing to achieve an inclusive design.

Keywords: Universal design, inclusive design, rapid prototyping, 3D printing, product design.

Copyright: © 2018 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.journalbim.org



1. INTRODUCCIÓN

El interés de la creación del producto tiene un origen dual. Por un lado, se detecta la falta de inclusión de personas con diversidades funcionales en el proceso de diseño de nuevos productos —a pesar de que es un grupo social en constante crecimiento, principalmente por el aumento de la proporción de personas ancianas—, y supone un mercado cada vez más interesante desde el punto de vista comercial. Por otro lado, en los últimos años se ha detectado el auge de trastornos músculo-esqueléticos y se ha demostrado su relación con el uso cada vez más frecuente y prolongado de dispositivos electrónicos como móviles, ordenadores, tabletas y lectores de libros electrónicos. El producto se ha desarrollado mediante la metodología de diseño universal o para tod@s, y mediante la filosofía de diseño inclusivo. Por otro lado, se han estudiado las soluciones existentes en el mercado y se ofrece una alternativa mejorada que tiene en cuenta las características y limitaciones de un rango de usuarios más amplio, en comparación con los productos existentes diseñados para un usuario medio. En este sentido, ha sido muy importante que el producto no sea percibido como un producto para discapacitados. Con el fin de permitir una evaluación precisa del producto se ha llevado a cabo el prototipado del mismo, con las iteraciones de evaluación, rediseño y realización de prototipos necesarios para conseguir un resultado satisfactorio. Parte relevante del desarrollo integral del proyecto ha sido la propuesta del proceso de fabricación más adecuado para el producto, destacando la gran relevancia que ha tenido la elección del material.

2. DESARROLLO

2.1. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es el diseño de un adaptador de forma para dispositivo móvil dirigido a facilitar su uso, tanto para personas con capacidad limitada de ejercer fuerza con la mano como a personas que quieran prevenir problemas derivados del uso de este tipo de productos. Este adaptador pretende minimizar la presión necesaria para sostener un dispositivo móvil y mejorar la ergonomía del mismo. De esta manera se facilita el uso y se limita la carga postural sobre las estructuras de la mano, cuestión muy necesaria en personas con patologías de diversa índole, y sobre todo de carácter inflamatorio y neurodegenerativo. El producto resulta también beneficioso para personas no afectadas por ningún trastorno, ya que limita el esfuerzo requerido en el uso del dispositivo y previene el riesgo de aparición de patologías relacionadas con el uso prolongado de dispositivos móviles. En términos generales, este trabajo se centra en la mejora de la usabilidad de un teléfono móvil mediante la adaptación de sus características externas. Los parámetros clave para conseguir este propósito son la presión máxima de la mano y el rango de movilidad de las articulaciones del usuario límite. Asimismo, el producto cumplirá también la función de protección del dispositivo frente a accidentes y desgaste producido por el uso cotidiano.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Envejecimiento de la sociedad

Países en todo el mundo se están enfrentando a desafíos relacionados con el envejecimiento de su población. Según las estimaciones del Census Bureau de EE.UU. se prevé que el número de personas mayores de 65 años alcanzará los 829 millones en 2025. Por otro lado, China es un país cuya sociedad está envejeciendo a una velocidad mayor que la mayoría de las sociedades de los países desarrollados. En 2017 había casi 158 millones de personas mayores de 65 en China, lo que suponía el 11.4% de la población y se estima que este grupo de edad será más que una quinta parte de toda la sociedad china en 2050. El envejecimiento muchas veces se asocia con una degeneración progresiva de funciones psicológicas y cognitivas, tales como deficiencias de visión y oído, pérdida de la fuerza de agarre y destreza de la mano, y pérdida de agilidad motora, rapidez de reacción, memoria y capacidad de aprendizaje. Un estudio (Tanjani et al. 2015) determinó que casi el 40% de las personas mayores de 60 años tienen problemas relacionados con funciones motoras. A partir de los 60 años de edad se registra un rápido deterioro de la fuerza de agarre, que a los 65 se reduce entorno al 20-25% y a los 80 un 50% de la fuerza máxima de agarre. Esta disminución de fuerza afecta al funcionamiento normal de la mano. Un estudio conducido por Parker en 2006 reveló que la reducción en la agilidad manual en personas mayores de 65 años fue de unos 18%. En general se observa un empeoramiento de la coordinación y la movilidad de las extremidades superiores se ve limitada por un aumento de la rigidez de estructuras corporales. A edades muy avanzadas la fuerza y precisión de la mano también suele estar afectada por temblores. Un estudio presentado por Welford (1984, 1988) afirma que el tiempo de reacción de una persona mayor es aproximadamente el 20% mayor que el de una persona joven (Huang, Yang and Lv 2018).

2.2.2. Omnipresencia de los dispositivos móviles en la vida cotidiana

En Suecia, en 2012 el acceso a teléfonos móviles fue del 99% entre los 15-24 años; el 82% tenían teléfono inteligente, y el 79% utilizaban el teléfono para enviar mensajes con un promedio diario de 100. En 2014, más del 60% de los adolescentes de Shanghai, poseía un teléfono móvil. En Estados Unidos, en 2009 el 75% de adolescentes de entre 12 a 17 años tenía su propio teléfono móvil. La mitad de ellos envían más de 50 al día y un tercio de ellos más de 100. Además de la cantidad de personas que empiezan a usar un teléfono móvil a edades muy tempranas, otro aspecto destacable es el número de horas que los usuarios dedican al uso del dispositivo. En una comunidad universitaria canadiense se pasaban más de 3,5 horas por día utilizando su teléfono móvil. Y en EEUU en el año 2013, el promedio diario de uso del móvil llegó a ser de 2 horas.

En este sentido, podemos decir que la dependencia que el teléfono móvil está creando en nosotros puede conllevar problemas músculo-esqueléticos en un futuro. Se ha demostrado que los usuarios con dispositivos móviles a su alcance tienden a tener síntomas de dolor en cuello, hombro y primer dedo, y que la gravedad de estos síntomas está directamente relacionada con la cantidad de tiempo que utilizan el móvil. En cuanto a la mano, a la hora de usar el móvil hay dos estilos que son más frecuentes, el primero mediante el agarre con las dos manos y utilizando ambos pulgares (46,1%) y el segundo mediante el agarre con una mano y utilizando el pulgar de la misma mano (44,1%). Los movimientos de sostener y agarrar el móvil y de repetición del movimiento del pulgar sobre el dispositivo, que se realizan con los músculos de la mano, constituyen un factor de riesgo a la hora de futuras lesiones (Prieto Garberí 2017).

2.2.3. Trastornos que condicionan el uso del móvil

Los usuarios límite para los parámetros de diseño serán principalmente personas afectadas por alguno de los trastornos que afectan a los músculos, las articulaciones o las capacidades neurológicas de controlar los movimientos. Los trastornos principales de interés para este proyecto son: artritis reumatoide, artrosis, lupus, esclerosis múltiple, accidente vascular cerebral (ACV) o ictus, distrofia muscular distal, dermatomiositis y ausencia de uno o más dedos.

2.2.3. Trastornos que condicionan el uso del móvil

Los síntomas causados por las enfermedades arriba descritas son la principal fuente de inspiración y base para la definición de los requisitos de diseño. Sin embargo, el uso del adaptador debe ofrecer también beneficios importantes para personas sanas, quienes no presentan problemas con las funciones de las manos, pero que por el uso frecuente y prolongado de dispositivos móviles son propensas a desarrollar ciertos trastornos. En este caso el beneficio sería la prevención de la aparición de enfermedades como el síndrome del túnel carpiano, tendinitis, el síndrome del pulgar de Blackberry. Todo esto debido a la minimización del esfuerzo articular y muscular durante el uso.

2.2.4. Principios de diseño

La base conceptual del diseño del adaptador ha sido construida bajo las siguientes premisas:

- **Diseño Universal:**

Se trata de una ideología que nació en los años 90 del siglo XX como respuesta a la tendencia global de envejecimiento de la población, lo que conlleva el aumento del número de personas afectadas por trastornos relacionados con la edad. Su finalidad es la inclusión de todas las personas, a través del estudio de los usuarios

www.journalbim.org



límite, quienes tienen características más críticas. Esta tendencia se ocupa de la diferencia y diversidad en las habilidades humanas que determinan el uso de productos o sistemas en la vida cotidiana: las destrezas físicas y cognitivas de las personas. La esencia de este tipo de diseño es considerar que las personas no están discapacitadas por sus impedimentos psicológicos y físicos, sino por los diseños y los entornos que no tienen en cuenta el rango completo de las capacidades humanas. Así el diseño universal fomenta la creación de productos que resuelven problemáticas para la inclusión de todas las personas. Otros términos empleados para describir esta ideología son el diseño inclusivo y el diseño para todos (Clarkson and Coleman 2010).

«El beneficio del diseño universal es la creación de una condición real de bienestar dentro de la sociedad, dentro de la que cada usuario pueda sentirse incluido e integrado como una parte activa verdadera de la comunidad. Promueve también los valores de inclusión, empatía, diversidad, reciprocidad, el intercambio de experiencias, lo que ayuda a todos los miembros de la sociedad a mejorar como personas». (Capece 2010)

El concepto de diseño universal representa una innovadora forma de pensar sobre el entorno. Las ideas relacionadas con el diseño universal, como usabilidad, sostenibilidad social, selección, personalización son ideas que van ganando importancia dentro de la sociedad actual y otorgan valor comercial a los productos. El diseño universal puede relacionarse fuertemente con dos principios de la responsabilidad social: el comportamiento ético y el respeto a los derechos humanos. En este tipo de diseño se toma como parámetros de diseño la capacidad de ejercer presión sobre una superficie u objeto y la movilidad de la mano de una persona que sufre alguna patología, en lugar de tomar los parámetros de fuerza de una persona que no tiene ninguna dificultad. Si se tienen en cuenta las capacidades y limitaciones de las minorías, se benefician no solo las personas con diversidad funcional, sino toda la población. El diseño universal incrementa el potencial de desarrollar una mayor calidad de vida para un amplio rango de individuos. Fomenta la creación de productos, lugares y sistemas que reducen la necesidad de ajustes especiales y el uso de dispositivos de ayuda, que suelen tener un alto coste y ser difíciles de adquirir. También reduce el estigma social, colocando personas con diversidad funcional en el mismo nivel de dificultad de partida en la realización de las tareas, que el de personas con habilidades promedias. Proporciona beneficios no solo a personas con limitaciones funcionales, sino a la sociedad en su conjunto. Apoya la independencia y autosuficiencia de las personas y permite a todas las personas estar más involucradas en la vida social. Desde el punto de vista de los negocios y el gobierno reduce la carga económica de programas y servicios especializados, diseñados para apoyar a ciudadanos y clientes individuales. El término 'diseño universal' no debe ser directamente asociado con la diversidad funcional, aunque ese fuese el origen de esta filosofía de diseño. Más allá de las limitaciones funcionales y el envejecimiento, las ideas del diseño universal pueden

ser aplicadas para abordar la creciente diversidad de poblaciones y mercados de consumidores, que son resultado de la globalización. Reconocer que el diseño universal es parte del proceso de evolución requiere que pensemos en el diseño como proceso de innovación, no sólo de creación de formas. Productos y entornos nunca pueden ser completamente accesibles para cualquier persona en el mundo. Como consecuencia de este hecho, el diseño universal debe de ser entendido como un proceso de mejora constante, no un estado final. Un desafío importante para promover el diseño universal es ayudar a los clientes a fomentar los productos diseñados para su uso universal. Esta filosofía de diseño requiere una innovación y revisión de políticas de marketing constantes (Steinfeld and Maisel 2012).

- Usabilidad:

Otro concepto imprescindible para el desarrollo del proyecto es la usabilidad. Una correcta usabilidad significa que un producto permite a una gran variedad de personas alcanzar unos objetivos específicos a través del uso del producto. El grado de usabilidad de un producto es tanto mayor cuanto menor es el esfuerzo mental y físico necesario para el uso efectivo del producto. La usabilidad mide la facilidad con que la que el usuario puede comprender el funcionamiento del producto. Si quien usa el producto se siente confundido o frustrado, el resultado será una emoción negativa. Sin embargo, si el producto realiza lo que debe hacer y su uso es agradable y permite alcanzar fácilmente los fines prefijados, entonces el resultado será una experiencia cálida, positiva. Esta noción se consolidó en los años 90 cuando Jakob Nielsen propuso cinco principios fundamentales para una buena usabilidad de un producto: que sea fácil de aprender, fácil de usar, fácil de recordar, que haya pocos errores en el uso y que sea subjetivamente agradable.

- Principios de la Inclusión:

Para la evaluación de productos y procesos en relación con la inclusión, el Center of Universal Design (2011) de la North Carolina State University estableció los siguientes principios: a) uso equitativo; b) flexibilidad en el uso; c) simplicidad y uso intuitivo; d) información perceptible; e) tolerancia frente a los errores; f) bajo esfuerzo físico para su uso; g) tamaño adecuado para el espacio de uso. Adicionalmente, el diseño universal maneja también una dimensión participativa, pues se apoya en los usuarios y sus experiencias para la definición de los requerimientos de los productos (Puentes 2013).

- Diseño Centrado en el Usuario:

Se trata de un enfoque metodológico que tiene como objetivo la explicitación y el estudio de las necesidades del usuario a lo largo del ciclo completo de desarrollo, mediante prototipos sujetos a pruebas de usabilidad con la participación de los usuarios objetivo. La participación limitada de usuarios objetivos es el factor clave que lleva al fracaso de la innovación del producto, mientras el hecho de involucrar a los usuarios en la toma de decisión sobre qué diseñar promueve la aceptación y satisfacción con el producto final. Un proceso de diseño centrado en el usuario desarrolla productos basados en un profundo entendimiento de las necesidades y del contexto de uso, y el feedback de los usuarios es solicitado a lo largo de todo el proceso. El prototipado es una actividad clave dentro de la metodología de diseño centrado en el usuario. El diseño participativo pone énfasis en una cooperación activa entre usuarios y diseñadores, para asegurar que los nuevos productos satisfagan las necesidades de los usuarios. Es caracterizado por el hecho de llevar a los usuarios al contexto del proceso de desarrollo de productos a diferencia del enfoque tradicional, en el que los diseñadores entran a conocer el contexto de uso del producto en cuestión. El diseño centrado en usuario supone un cambio de diseñar para el usuario a diseñar con el usuario (Naesgaard et al. 2017).

- Diversidad Funcional:

Diversidad funcional es un término alternativo al de discapacidad. Su ventaja es que no se centra en lo negativo sino que representa a la discapacidad como una característica diferenciadora. Analizando directamente el significado de la palabra, alguien discapacitado sería alguien ha perdido la capacidad, así por lo consiguiente alguien que es 'menos' de lo normal en algún aspecto. Por otro lado, alguien con diversidad funcional es alguien que realiza las acciones de otra manera, como todos hacemos hasta cierto punto. Este término ayuda a percibir las limitaciones de una persona como un aspecto de la diversidad sociológica, al igual que las variables antropológicas como la altura, el color de la piel, la edad, el género o el carácter de una persona. Por eso fomenta la inclusión social.

2.3. METODOLOGÍA

2.3.1. Requisitos de diseño

A continuación, se describen los requerimientos o especificaciones del diseño.

Requisitos de forma: voluminosa, ajuste a la forma y el tamaño de la mano, forma obtusa, maximización de la superficie de contacto entre la mano y el producto, limitación del esfuerzo muscular y articular de la tarea, fijación del adaptador al dispositivo móvil, estabilidad del dispositivo sobre una superficie horizontal, e inclusión de zonas antideslizantes.

Requisitos de material: rugoso, blando, ligero, con precio asequible para personas de poder adquisitivo medio/bajo, alta calidad visualmente perceptible e impacto mínimo sobre el medio ambiente.

Requisitos generales: el adaptador no se debe percibir como producto para discapacitados, uso simple e intuitivo, seguro, visualmente atractivo, sujeción con una mano, no limita la variedad de las funciones del dispositivo, tamaño lo más reducido posible y color personalizable.

2.3.2. Análisis de soluciones

A partir de la definición de los requisitos se ha procedido a la generación de varias soluciones que satisfacen los objetivos planteados inicialmente. En este sentido se seleccionan las tres alternativas (Fig. 1) conceptuales más relevantes, las cuales se muestran en los siguientes bocetos:

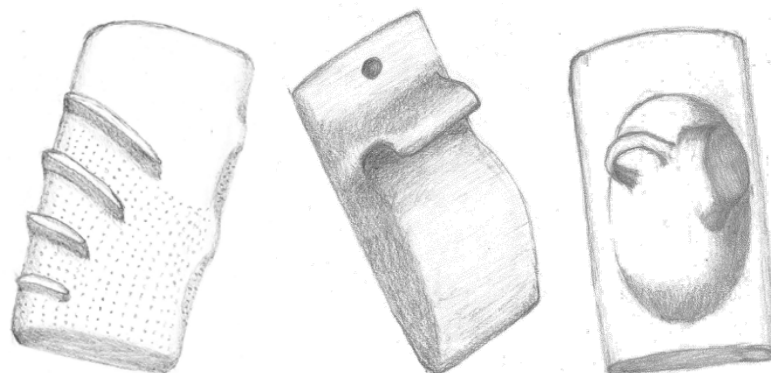


Figura 1. Alternativas I, II y III de diseño del adaptador. Fuente: Elaboración Propia.

Para la evaluación de alternativas y la elección de la idea a desarrollar se utiliza el método del Valor Técnico Ponderado (VTP). En este método se parte del establecimiento de un conjunto de criterios para la valoración de las distintas soluciones. Los criterios establecidos para la valoración de las distintas soluciones han sido: Comodidad de uso, tamaño, aspecto estético, facilidad de uso, estabilidad en una superficie horizontal, facilidad de fabricación y nivel de sujeción por sí

mismo. Posteriormente se estructura una matriz de valoración (Fig. 2) mediante el Valor Técnico Ponderado. En ella para cada una de las alternativas se valora asignándole una puntuación en una escala de 1 a 10, procediendo seguidamente a determinar el VTP para las distintas alternativas mediante la fórmula mencionada anteriormente.

criterio	peso del criterio	alternativa I		alternativa II		alternativa III	
		valoración	valoración*peso	valoración	valoración*peso	valoración	valoración*peso
Comodidad de uso.	0,316	10	3,157894737	10	3,157894737	7	2,210526316
Nivel de sujeción por sí mismo.	0,211	6	1,263157895	8	1,684210526	9	1,894736842
Facilidad de uso.	0,158	10	1,578947368	10	1,578947368	8	1,263157895
Tamaño.	0,105	3	0,315789474	5	0,526315789	0	0
Aspecto estético.	0,105	5	0,526315789	7	0,736842105	5	0,526315789
Estabilidad en una superficie horizontal.	0,105	5	0,526315789	8	0,842105263	4	0,421052632
Facilidad de fabricación.	0	sin importa	0	sin importa	0	sin importa	0
		suma	7,368421053	suma	8,526315789	suma	6,315789474
		VTP	0,736842105	VTP	0,852631579	VTP	0,631578947

Figura 2. Matriz de valoración. Fuente: Elaboración Propia.

Después analizar la matriz de valoración se determina que la alternativa II tiene el mayor VTP, lo que indica que se debe seleccionar como la mejor solución de diseño.

2.4. RESULTADOS

2.4.1. Descripción general del diseño

La solución elegida se ha desarrollado con el objetivo de mejorar el balance entre fijación y volumen. De forma que el dedo índice pueda sujetar el adaptador ejerciendo una fuerza mínima, casi de simple apoyo (Fig. 3). Asimismo, se procede a curvar los extremos de la pestaña para proporcionar un mejor apoyo. En cuanto a la simetría del producto lo convierte en una solución universal en relación con la no discriminación entre personas diestras y zurdas, así que el objeto podrá ser utilizado con ambas manos indistintamente. Por otro lado, no es necesario emplear las dos manos en el uso del dispositivo, el adaptador permite el uso del dispositivo con una sola mano, por lo general.

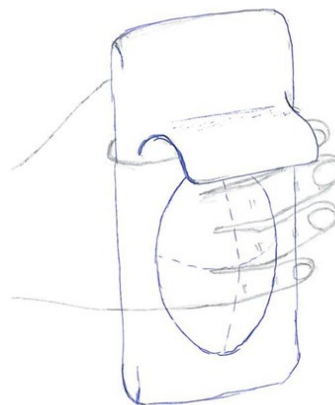


Figura 3. Boceto explicativo del adaptador. Fuente: Elaboración Propia.

2.4.2. Diseño de detalle

Material

El material seleccionado para el producto es el APILON 52 BIO – un poliuretano termoplástico (TPU) biodegradable. El poliuretano termoplástico (TPU) es un elastómero sumamente versátil por su dureza, que puede ser sumamente personalizada. El TPU consta de secuencias alternas de segmentos duros y blandos. La dureza depende de la proporción de segmentos duros y blandos. El TPU flexible puede ser tan blando como el caucho (shore A 60) o tan duro como los plásticos rígidos (shore D72). Además de la relación de segmentos duros y blandos sus tipos son responsables de las propiedades del TPU. La apariencia y sensación del TPU es igual de versátil, ofrece una alta elasticidad, una excelente resistencia a la abrasión y excelente resistencia al impacto. Puede ser transparente o colorido como también suave al tacto o puede brindar adherencia.

Posiciones de apoyo

La pestaña de sujeción también facilita múltiples posibilidades de apoyar el dispositivo sobre superficies planas para su uso sin manos. De esta forma se aporta una nueva funcionalidad que logra el descanso en la manipulación.



Figura 4. Posiciones de apoyo sobre superficies planas. Fuente: Elaboración Propia.

Patrón antideslizante

Se añade un patrón antideslizante para aumentar el rozamiento entre mano y adaptador. Dicho patrón adopta la forma de polígonos de Voronoi —presentes en la estructura del tejido epitelial— por lo que se establece una asociación con la naturaleza del cuerpo humano.



Figura 5. Patrón antideslizante aplicado en la zona de sujeción. Fuente: Elaboración Propia.

Enrollable interno

Se incluye un enrollable, destinado a almacenar auriculares alámbricos, en el interior del adaptador. El objetivo es aprovechar el espacio generado en la zona más voluminosa, a la vez que se ahorra material innecesario para la funcionalidad del adaptador.



Figura 6. Enrollable interno. Fuente: Elaboración Propia.

2.4.3. Prototipado

Tecnología

La impresión 3D es la técnica más rápida para el prototipado. Los tiempos de proceso son significativamente reducidos, independientemente de la complejidad del producto. Dentro de las tecnologías de prototipado rápido las tres más importantes son: FDM (la deposición del hilo fundido), SLA (estereolitografía), SLS (sinterizado selectivo láser). De estas tres se ha optado por el FDM, por ser el método más económico y más accesible por los precios poco elevados de las impresoras y los materiales y por mayor variedad de materiales compatibles con esta tecnología. La deposición del hilo fundido consiste en construir la pieza deseada mediante la deposición por capas del material en forma de filamento que pasa por la boquilla de la impresora, donde se funde antes de ser depositado. FDM se utiliza principalmente para el prototipado rápido. Nuevos materiales de aplicación en FDM están siendo desarrollados constantemente, por lo que este método ofrece cada vez más versatilidad a menor coste.

Primer prototipo

Se realiza un primer prototipo para evaluar la ergonomía y funcionalidad del adaptador. El prototipo se consigue mediante el proceso de deposición de hilo fundido (FDM). La impresora utilizada es de la marca BQ, modelo Hephestos XL con plataforma calefactable. Se comprueba que forma es adecuada, ya que elimina casi completamente la necesidad de ejercer presión con la mano y el manejo del dispositivo con los dedos. Sin embargo, el grosor de la parte abultada se puede reducir, teniendo en cuenta que a esta zona se le añadirá una textura antideslizante que incrementará el grosor. En el siguiente prototipo también se vaciará en su interior para aligerarlo y aprovechar el volumen creando un compartimiento para el almacenaje de los auriculares. Las esquinas de la solapa resultan puntiagudas, así que se decide redondearlas. Otra mejora se implementa es la disminución del ángulo entre el plano horizontal y la pantalla. Esto se puede conseguir cambiando la forma de la solapa para que su grosor disminuya desde la base hacia la cresta.



Figura 7. Prototipo 1. Fuente: Elaboración Propia

www.journalbim.org



Segundo prototipo

Se realiza un segundo prototipo en el que se introducen las mejoras mencionadas anteriormente. Se fabrica mediante el proceso de deposición de hilo fundido (FDM), y la impresora utilizada es de la marca Maylan, modelo M150. Mediante su análisis se concluye que el volumen del hueco de la parte abultada es suficiente para aprovecharla como espacio de almacenamiento. Asimismo, se decide añadir un elemento enrollable para la sujeción de auriculares. También se estudia la forma que debe de tener el patrón antideslizante, proponiéndose el diagrama de Voronoi.

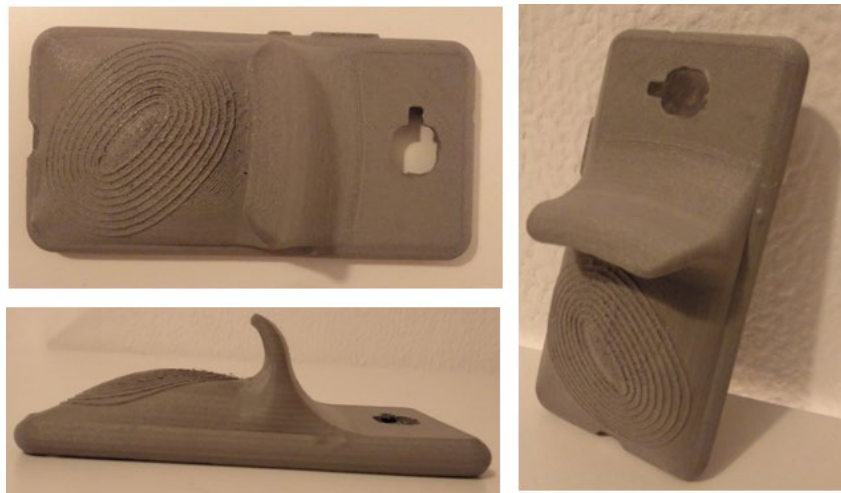


Figura 8. Prototipo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Tercer prototipo

Por último, se fabrica un último prototipo que considera todas las mejoras necesarias y que corrige los inconvenientes detectados. Se fabrica en color blanco para obtener un resultado que contraste con el color negro de la pantalla del dispositivo móvil. Finalmente se comprueba un buen funcionamiento global.



Figura 9. Prototipo 3. Fuente: Elaboración Propia.

3. CONCLUSIONES

A partir de las pruebas y comprobaciones realizadas a través del proceso de prototipado rápido —mediante fabricación aditiva—, se ha obtenido como resultado un diseño de adaptador que cuenta con características que superan a los productos existentes en el mercado. Cabe destacar su uso intuitivo, fácil sujeción, forma ergonómica, tamaño reducido, peso ligero y flexibilidad. Además, se trata de un diseño atractivo que cumple con las premisas del diseño universal.



Figura 10. Contexto de uso del adaptador de forma. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 11. Contexto de uso del adaptador de forma. Fuente: Elaboración Propia.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPECE, S. (2010). *El Diseño Centrado En El Usuario: Principios y Nuevos Escenarios Para El Producto Inclusivo*. In: *I+Diseño: Revista Internacional de Investigación, Innovación y Desarrollo En Diseño* 2(2):77-84.

CLARKSON, J., COLEMAN, R. (2010). *Inclusive Design*. In: *Journal of Engineering Design* 21(2-3):127-29.

HUANG, H., MINGGNAG, Y., TAIFENG, L. (2018). *Ergonomic Analysis of Washing Machines for Elderly People: A Focus Group- Based Study*. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 68(July):211-21.

NAESGAARD, OLE, P., TORE, C.M BJORSVIK, S., ØYSTEIN, NORDRUM W., JARL, R. (2017). *A User-Centred Design Process of New Cold-Protective Clothing for Offshore Petroleum Workers Operating in the Barents Sea*. In: *Industrial Health* 55(6):564-74.

PRIETO GARBERÍ, J. (2017). *Efectos Del Uso Del Teléfono Móvil En El Sistema Musculo-Esquelético*.

PUENTES, D. (2013). *Tendencias En Diseño y Desarrollo de Productos Desde El Factor Humano Un Aproximación a La Responsabilidad Social*. In: *Iconofacto* 9(12):71-97.

STEINFELD, E., JORDANA, M. n.d. *Universal Design: Creating Inclusive Environments*.

TANJANI, P.T., MOHAMMAD, E.M., MEHDI, M.N., FARID, N. (2015). *The Health Status of the Elderly Population of Iran in 2012*. In: *Archives of Gerontology and Geriatrics* 60(2):281-87.