

2016

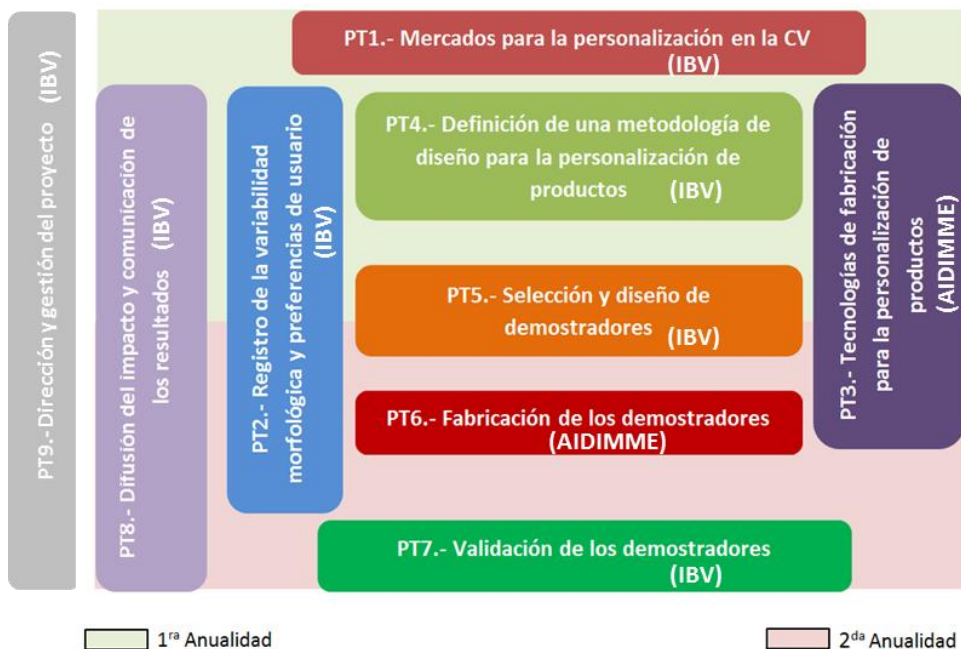
CUSTOM ON BODY. Definición de una metodología de diseño para la personalización de productos adaptados a la variabilidad morfológica de la población, que sean fabricados mediante tecnologías de producción flexible

Nº Expte IMDECA/2016/31

Documento resumen del resultado del proyecto

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

El plan de trabajo definido consta de 9 paquetes de trabajo repartidos en dos anualidades 2016 y 2017 tal y como se muestra en el siguiente esquema:



Durante la anualidad 2016 las actividades realizadas se definen a continuación:

PAQUETE DE TRABAJO 1. MERCADOS PARA LA PERSONALIZACIÓN EN LA CV

El objetivo de este paquete de trabajo ha sido determinar en qué mercados existe una demanda de productos personalizados, cuyos potenciales clientes estén dispuestos a asumir sobre-precios y plazos de entrega más largos a cambio de mejores prestaciones emocionales y funcionales. Del mismo modo, se pretende identificar qué normativa regula estos productos, teniendo en cuenta que el producto personalizado deberá cumplirla. Finalmente, se pretenden identificar las capacidades y deficiencias que presenta el sector empresarial de la CV para cubrir la demanda existente, tanto a nivel autonómico, como nacional y europeo (EU-28).

Para cada mercado potencial se han analizado los siguientes aspectos:

- **Oferta actual de producto personalizado:** Se han identificado aquellos mercados en los que existe una oferta de producto consolidada o incipiente. La identificación de estos mercados ha proporcionado una visión sobre la tipología de producto que mejor asume el incremento de valor asociado a la personalización, así como los segmentos de mercado donde la personalización está más implantada.
- **Demanda de producto personalizado:** Se han identificado las carencias que presentan aquellos mercados en los que ya existe oferta de productos personalizados, así como las barreras que deben superar los productos personalizados en aquellos mercados en los que, existiendo demanda, no existe una oferta significativa de este tipo de productos.

- **Capacidad del sector productivo de la CV:** Se han identificado los mercados de producto personalizados más adecuados a las capacidades del tejido empresarial de CV.
- **Estudio técnico legislativo de las exigencias de los productos personalizados:** Se ha realizado un estudio de la legislación y normativa de aplicabilidad a los productos personalizados identificados para los distintos mercados, puesto que pueden suponer una barrera para su desarrollo.

Se ha recopilado y analizado la información cuantitativa y cualitativa más relevante de los distintos sectores de actividad que, se han identificado como más proclives y atractivos inicialmente para la explotación comercial de alternativas de negocio fundamentadas en la customización masiva (de tipo funcional, no simplemente estética) de productos. Toda esta información se ha estructurado en grandes bloques diferenciados (oferta, demanda, entorno productivo en la Comunidad Valenciana), destacando especialmente dentro de ellos las claves que guardan relación con la personalización de bienes en cada uno de estos mercados. Con el objetivo de sintetizar la información obtenida de cada sector, se han definido nueve indicadores (Tabla 1).

Tabla 1. Sectores de actividad e indicadores para evaluar su interés en personalización.

SECTORES	INDICADORES
• Calzado (incluye el segmento de plantillas). • Productos ortoprotésicos. • Equipos de protección individual (EPI). • Óptica (gafas) • Deporte (artículos deportivos) • Automoción (componentes) • Indumentaria	- Volumen de negocio del sector (mundial). - Tasa de crecimiento prevista en el volumen de negocio del sector. - Normativa: grados de complejidad y exigibilidad. - Nivel de desarrollo actual del segmento de personalización en el sector. - Nivel de relación de las tendencias con personalización. - Nivel de relación de las demandas del público objetivo con personalización. - Volumen de negocio del sector (CV). - Nº de empresas del sector (CV). - Alineación con la orientación de la RIS3-CV.

Una de las lecciones aprendidas tras el trabajo ejecutado es que, respecto al nicho de personalización, apenas se dispone de información empresarial accesible a nivel agregado (es decir, como segmento de mercado en conjunto, no en términos de avances conseguidos por empresas a título individual). Por el contrario, sobre esta temática sí han podido recopilarse piezas de información referidas a iniciativas de compañías concretas (cuando ha sido posible, se han aportado varios ejemplos con objeto de exponer algunas referencias de utilidad), además de contenidos sobre personalización relacionados con tendencias en el sector o con demandas del público objetivo en los distintos ámbitos de actividad analizados.

La Tabla 2 resume los valores asignados a cada sector para los diferentes indicadores.

Tabla 2. Cuadro comparativo de sectores económicos según los 9 indicadores definidos.

	Calzado	Pr. Ortoprot.	EPI	Óptica	Deporte	Automoción	Indumentaria
Vol. de negocio (mundial)	≈ 374.000 millones de \$	≈ 43.000 millones de \$	≈ 52.000 millones de \$	≈ 165.000 millones de \$	≈ 226.000 millones de €	≈ 5,2 billones de \$	≈ 1 billón de \$
Tasa de crecimiento prevista	≈ 7% (plantillas: ≈ 5,8%)	≈ 5,7%	≈ 7%	≈ 7%	≈ 3,7%	≈ 3%	≈ 4,6% – 5%
Normativa: complejidad (C) y exigibilidad (E)	(C).Baja (E).Voluntaria	(C).Media-alta (E).Obligatoria	(C).Media-alta (E).Obligatoria	(C).Media (E).Obligatoria	(C).Baja (E).Voluntaria	(C).Baja (E).Obligatoria	(C).Baja (E).Voluntaria
Desarrollo de personalización	Alto (plantillas: medio-alto)	Medio	Bajo	Medio	Medio-alto	Bajo	Medio
Tendencias en personalización	Alta	Alta	Media-baja	Media-baja	Media	Baja	Media
Demandas en personalización	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Media	Alta
Vol. de negocio	≈ 1.460 millones	≈ 68 millones	≈ 150 millones	≈ 75 – 100 millones	≈ 360 – 400 millones	≈ 6.800 millones	≈ 1.750 millones

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

(CV)	de €	de €	de €	de €	millones de €	de €	de €
Nº empresas en CV	≈ 1.400	≈ 260	≈ 150 - 200	≈ 250	≈ 250 - 300	≈ 135	≈ 1.550
Alineación con RIS3-CV	2.1 – I 2.1 – K	1.2 – E 1.2 – F	NO EXISTE	1.2 – F 2.1 – I 2.1 – K	1.3 – G 2.1 – I	NO EXISTE	2.1 – I 2.1 – K

En conclusión, cabe poner de relieve que los **sectores mejor situados** (atendiendo a los indicadores analizados) para explotar la oportunidad de negocio de la personalización de producto son:

- El sector **calzado**
- El sector de **productos ortoprotésicos**
- El sector de **artículos deportivos**
- El sector de **prendas de indumentaria**

Por el contrario, los peor situados en función de los resultados expuestos en sus indicadores son los sectores de EPI y de automoción, y en menor medida el de productos de óptica.

Por consiguiente, desde el punto de vista de conveniencia de mercado (es decir, de explotación comercial), **la selección de demostradores a efectuar en el paquete de trabajo nº 5 del proyecto CUSTOM_ON_BODY debe considerar estos cuatros sectores mejor posicionados**, con el fin último de transferir al tejido empresarial valenciano las soluciones más idóneas y con mejores perspectivas de generación de ingresos que les ayuden a incrementar su competitividad y lograr mayores tasas de éxito en los distintos mercados en los que operan.

PAQUETE DE TRABAJO 2. REGISTRO DE LA VARIABILIDAD MORFOLÓGICA Y DE LAS PREFERENCIAS DEL USUARIO

Tarea 2.1. Revisión y evaluación de sistemas de registro comerciales

En esta tarea se ha realizado una revisión de las soluciones comerciales de bajo coste, presentes en el mercado para escanear el cuerpo. De cada uno de los equipos comerciales identificados se ha recopilado información variada acerca de su precisión, resolución, campo de medida e incluso métodos de procesado. Además, se han solicitado escaneados corporales de prueba de más de 20 equipos distintos tanto comerciales como en desarrollo. Esta información nos permitirá ajustar en las tareas siguientes el protocolo de captura y proceso de datos al mayor número de sistemas. La Tabla 3 muestra un resumen de la información recopilada para los sistemas más representativos.

Tabla 3. Resumen de características técnicas de escáneres corporales.

Empresa	Especificaciones técnicas	Coste
TC2	Tiempo captura 3D: 1 segundo	21.500€
	Procesamiento: 17 segundos	
	Volumen de escaneado: 80x103x210cm	
	Resolución: 75 puntos/cm ²	
ESUN	Tiempo captura 3D: 3 segundos	60.000-90.000€
	Procesamiento: 5 segundos	
	Volumen de escaneado: Ø200x215cm	
	Precisión/resolución: 0,05/0,7mm	
SIZE STREAM	Tiempo captura 3D: 0,2-8 segundos	10.000-20.000€
	Tiempo procesamiento: 30 segundos	
	Volumen de escaneado: 200x95x80cm	
	Precisión: 3mm (cilíndrica)	
Human Solutions	Tiempo captura 3D: 1 segundo	10.000-20.000€
	Tiempo procesamiento: 6-10 segundos	
	Volumen de escaneado: 210x120x120cm	
	Resolución: 5mm (profundidad)	
ZBOT	Velocidad captura: 30 FPS	1.000-10.000€
	Tiempo procesamiento: 3-5 minutos	
	Rango de escaneado: 40-200 cm	

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

	Precisión XY/profundidad: 0,6-0,9/0,05-1mm	
Twindom	Velocidad captura: 1,3M puntos/segundo	20.000€
	Tiempo procesamiento: 5-10 minutos	
	Rango de escaneado: ~100 cm	
	Precisión/resolución: 0,05/0,7mm	
Texel	Tiempo captura 3D: 20 segundos	2.5790€
	Tiempo procesamiento: 1-2 minutos	
	Área de escaneado: 120-220 cm	
	Precisión: 1mm	

En general, la progresión de los escáneres corporales ha evolucionado hacia tecnología RGB y RGBD y se están abandonando los sistemas láser y de luz estructurada de alto coste que se han comercializado durante más de una década. Esta nueva tecnología de captura utiliza componentes de bajo coste (cámaras RGB o sensores de profundidad). El coste de esta tecnología depende de si el diseño del escáner tiene más o menos sensores de captura:

- Los sistemas que realizan la captura en una sola toma (tanto el sensor como el usuario permanecen quietos) tiene más precisión al no producirse movimientos ni cambios de postura. Los sensores se montan en una cabina para que permite situar los sensores de forma fija. En función de la configuración de cada equipo, se puede conseguir más o menos resolución. El precio de estos sistemas está en un rango intermedio entre 25-35k€.
- Los sistemas que utilizan solo un sensor de captura, requieren un protocolo de toma de datos que consiste en mover el sensor alrededor del cuerpo o que el usuario vaya girando para colocarse en varios ángulos distintos con respecto al sensor. La mayoría de estos equipos, incluyen una peana giratoria donde se coloca el usuario. En otros casos, el que se mueve es la persona que realiza el escaneado, con lo que las vistas parciales del sujeto no se están alineadas con respecto a un sistema de referencia común (Figura 1). Estos sistemas se caracterizan por tener baja resolución, mucho ruido en la superficie de escaneado, la presencia de partes que corresponden al escenario de medida y que hay que aislar del cuerpo y unas vistas parciales en 3D que hay que alinear para generar la forma corporal. Aunque el coste de estos dispositivos

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

es relativamente bajo (entre 3,000-400€), se requieren algoritmos de procesamiento muy complejos para generar información útil en el proceso de diseño.

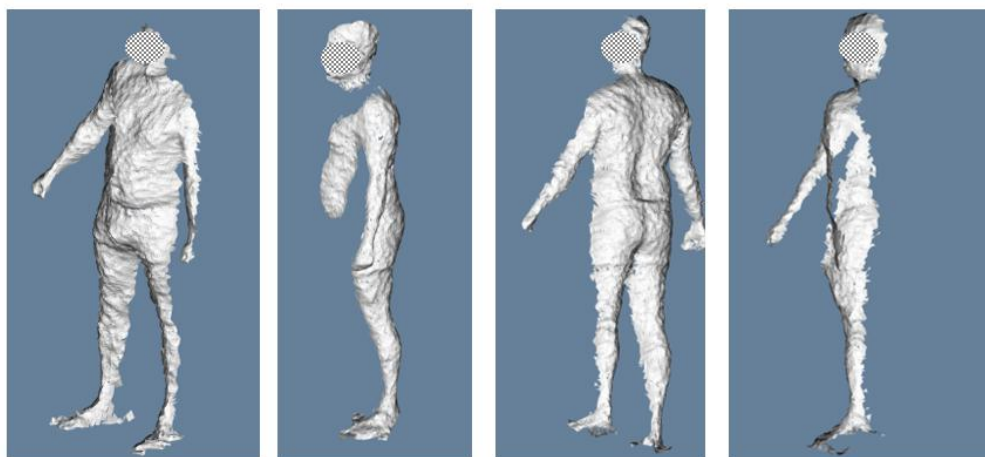


Figura 1. Vistas parciales de un escaneo corporal no alineadas respecto a un sistema de referencia común.

La Figura 2 muestra escaneos corporales realizados con distintos sistemas comerciales y en desarrollo. Estos ejemplos se han utilizado en la tarea 2.3 para ajustar el protocolo y los algoritmos de generación de avatares a distintas características de los escaneos de entrada.

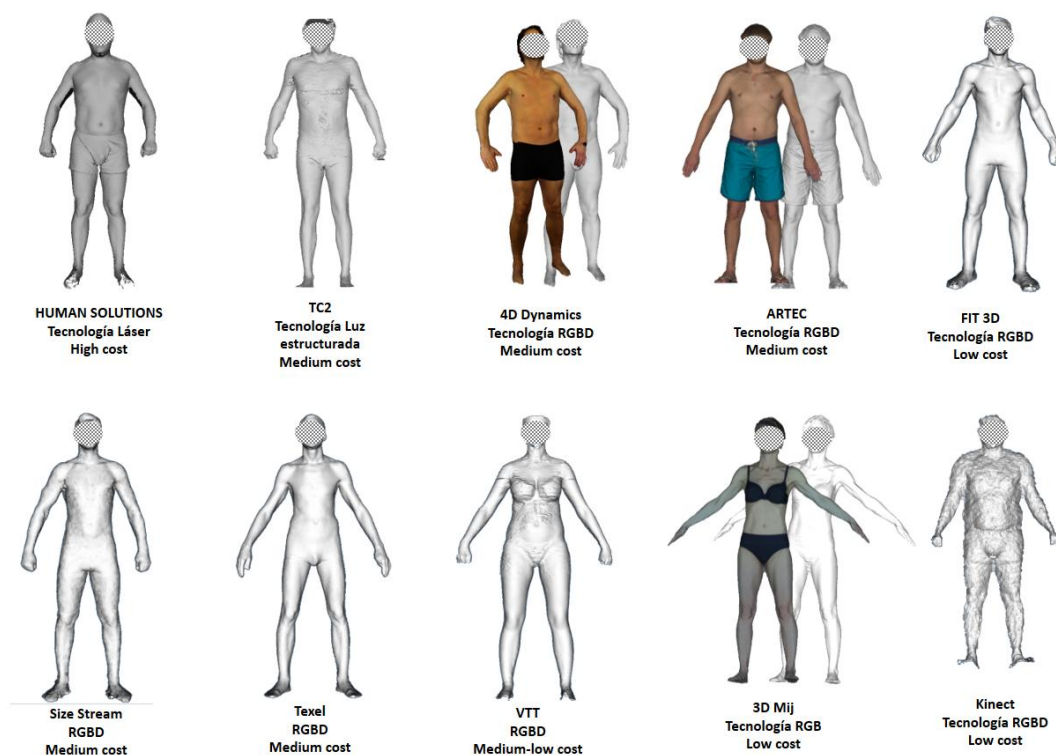


Figura 2. Representación de avatares corporales registrados con distintos sistemas de adquisición.

Tarea 2.2. Técnicas para el registro de las preferencias de usuario

En esta tarea se ha realizado una revisión de las técnicas más apropiadas para registrar las preferencias del usuario en el desarrollo de productos personalizados para los mercados identificados inicialmente como objetivo del proyecto. En principio, se han buscado técnicas que permitan registrar información emocional tanto cualitativa como cuantitativa. Como resultado se han establecido tres metodologías de captación de las preferencias de los usuarios:

- Captación de preferencias a través del historial de compras y búsquedas de información en la red. Requieren la aplicación de **técnicas de Big Data** (Figura 3) puesto que gestionan cantidades de información grandes de cada usuario. Sin embargo, tienen el problema de gestionar información que puede ser poco fiable y precisa, además de requerir la compra de datos a terceros en muchos casos.

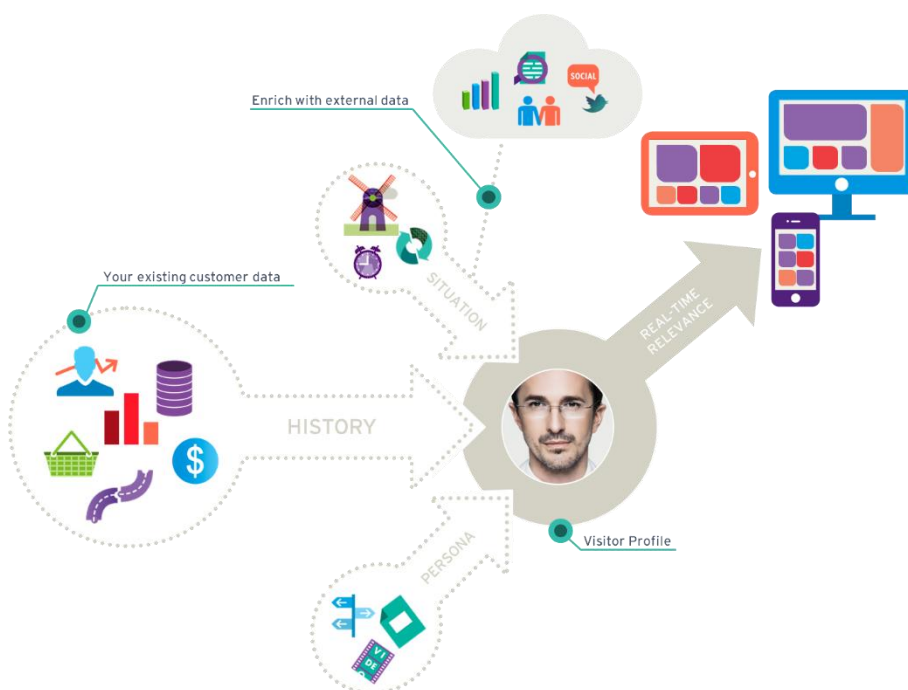


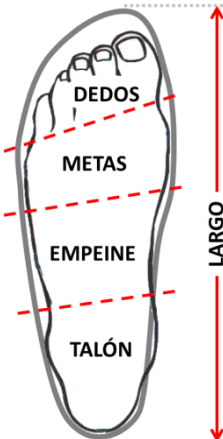
Figura 3. Perfilador de usuarios a través de la información en red.

- En contraposición a la metodología anterior, se está empezando a potenciar la aproximación **Smart Data** para captar preferencias y datos de los usuarios. En este caso se da prioridad a pocos datos que sean fiables. Se apuesta por preguntar directamente información sobre sus hábitos de vida y consumo, sus gustos y sus preferencias relacionadas con un servicio o producto. En el caso del ajuste ergonómico de productos, la preferencia del usuario juega un papel muy importante además de su forma y dimensiones corporales. Tanto en calzado, ropa, equipo deportivo y plantillas, se ha confirmado que la sensibilidad al contacto del usuario, sea este con un mayor o menor nivel de presión, condiciona el diseño del producto para el resultado de la personalización sea un éxito. En este caso se han planteado formularios de captación de preferencias de ajuste que puedan integrarse en el proceso de diseño del producto (Tabla 4). En algunos casos se utiliza productos de referencia internacional para caracterizar las necesidades de ajuste de los usuarios. En estos

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

casos se les pregunta por la talla y problemas de ajuste de un modelo de ropa (por ejemplo, un modelo de vaquero como los Levis) o calzado (como por ejemplo las Convers y las Adidas Smith) del que se conoce sus propiedades (tallaje, horma, patrones y materiales).

Tabla 4. Formulario para registrar las preferencias de ajuste de calzado de los usuarios.

	Muy APRETADO	Un poco APRETADO	NORMAL	Un poco HOLGADO	Muy HOLGADO
					
LARGO	☐	☐	☐	☐	☐
DEDOS	☐	☐	☐	☐	☐
METAS	☐	☐	☐	☐	☐
EMPEINE	☐	☐	☐	☐	☐
TALÓN	☐	☐	☐	☐	☐

- El tercer método de captación de preferencias es el co-diseño o co-creación. Esta metodología se materializa en sistemas de configuración de producto que permiten al usuario seleccionar elementos del mismo para configurar un diseño personalizado. Se utiliza principalmente cuando se trata de una personalización estética del producto en la que el usuario selecciona para los principales componentes el color o el material o la introducción de diversos ornamentos. En algunos casos, la personalización estética se enriquece con la personalización de funcional en la que el configurador guía al usuario entre varias soluciones en función de su perfil considerando aspectos con la edad, la estatura o el peso (Figura 4).

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

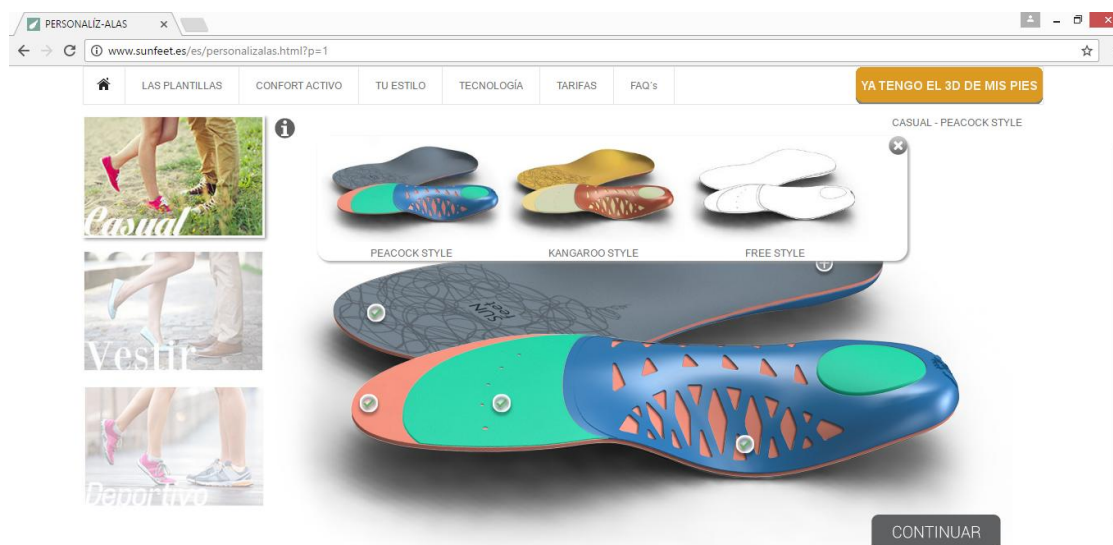


Figura 4. Configurador de plantillas considerando aspectos estéticos y funcionales.

Tarea 2.3. Protocolo para el registro dimensional de cabeza cuerpo y extremidades

Los escaneados de cuerpo completo que se han analizado en la tarea 2.1 no permiten obtener un nivel de detalle suficiente para la personalización de productos en el caso de las extremidades como la cabeza, manos o pies. Por este motivo, se ha analizado un protocolo independiente para el caso de las extremidades.

- **Protocolo de registro de pies:** El primer escáner corporal 3D comercial fue un escáner de pies. La tecnología de escaneo en este caso está muy evolucionada, sin embargo, sigue teniendo un coste muy elevado para su implantación en tienda y su uso en personalización de calzado y asignación de talla. El IBV ha desarrollado un método basado en la reconstrucción de pies a partir de tres fotos utilizando una base de datos de pies 3D para entrenar los algoritmos (proyecto IVACE reconstrucción 3D – 2015).

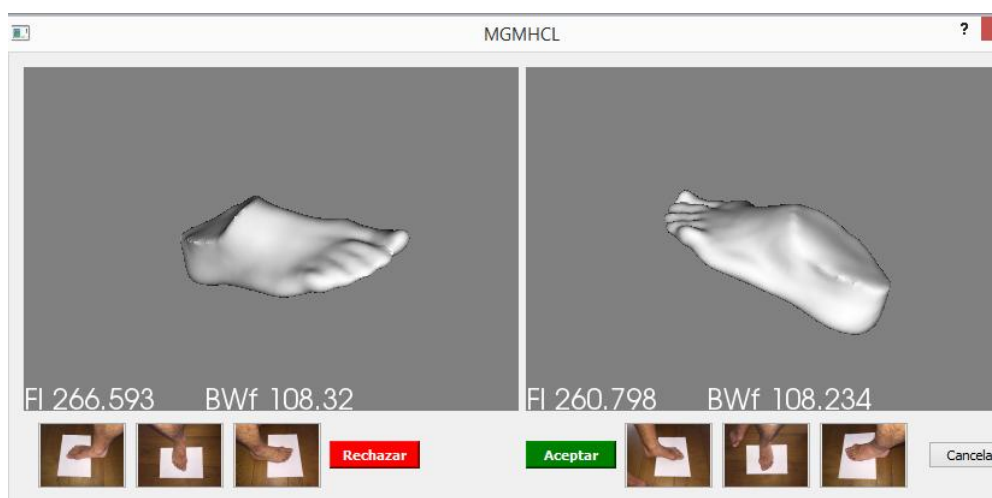


Figura 5. Imágenes de escaneado de pies

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Para completar este protocolo de escaneado, en este proyecto, se han definido y programado las dimensiones críticas del pie necesarias para personalizar calzado y transferibles a la horma. Además, se ha desarrollado un método para reconstruir el tobillo (Figura 6), una de las zonas críticas en la captura, puesto que no aparece en la imagen superior y está condicionada por la zona de corte.

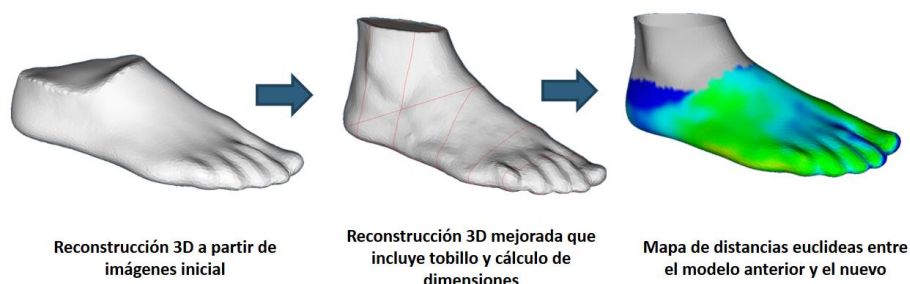


Figura 6. Mejoras desarrolladas en el método de reconstrucción 3D de pies.

- **Protocolo de registro de manos:** A día de hoy, no existe ningún sistema comercial específico para el escaneado de la mano. Se trata de la parte corporal más compleja y la que requiere un equipamiento y puesta a punto compleja. Se han analizado tres aproximaciones para la captura antropométrica de la mano, dos de ellas 3D y una de ellas 2D mediante imagen plana.
 - *Captura 3D mediante escáner de pies:* Los escáneres de pies 3D de laboratorio tienen un campo de medida similar al requerido por la mano. Por ello se ha realizado un test de escaneado de manos con este equipo. Como resultado, se ha concluido que la captura de la mano en posición cerrada es adecuada para adquirir perímetro de la palma y el espesor. Sin embargo, el escaneado de la mano con los dedos abiertos no es adecuada. Se producen zonas de sombra importantes entre los dedos donde se observa una pérdida de datos significativa. Por lo tanto, no es posible registrar las medidas de contorno y diámetro de dedos en distintas articulaciones.
 - *Captura 3D mediante escáner manual:* El escáner manual permite mover el cabezal de medida libremente orientándolo de forma adecuada para capturar las zonas de sombra entre los dedos. Actualmente, esta es la única forma de realizar un registro 3D de la mano. Sin embargo, este proceso de escaneado es lento, ya que requiere la realización de varios barridos sobre la mano que debe estar en el aire con el consiguiente riesgo de ligeros movimientos que afecten a la precisión del resultado final.
 - *Captura 2D mediante imagen plana:* En este caso se pierde la información de profundidad, con lo que no es posible obtener medidas de espesor de la mano y dedos y perímetros. Sí que es posible registrar las longitudes y anchuras. Se cuenta por tanto con información limitada que puede ser de interés para el diseño de algunos productos.

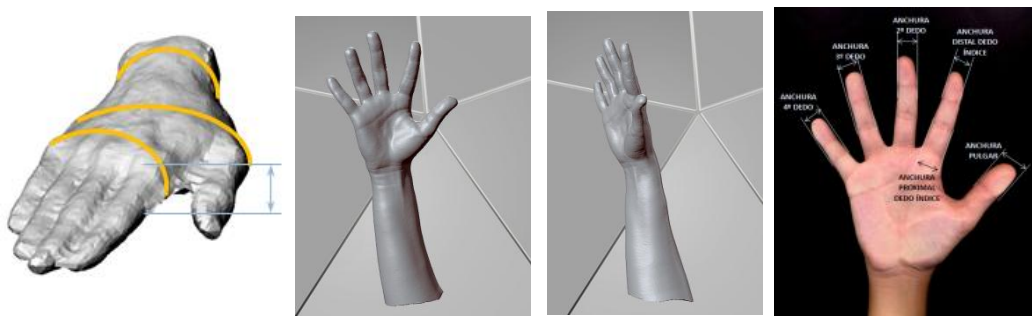


Figura 7. Imágenes de registro de manos

- **Protocolo de registro de cabezas:** Se ha definido el listado de medidas antropométricas de la cara y cabeza requeridas para el diseño de productos ajustado a esta zona corporal (Figura 8). Las medidas antropométricas están asociadas a puntos anatómicos que también han sido definidos. Del total de las medidas, únicamente tres de ellas requieren el escaneado completo de la cabeza. El resto es posible registrarlas con un escáner de cara.

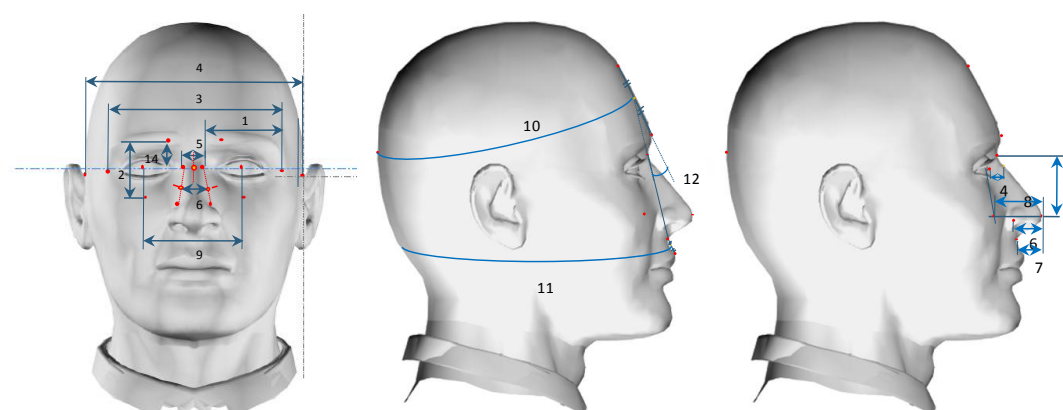


Figura 8 Medidas antropométricas definidas en la cabeza para la personalización de productos.

Tarea 2.4. Test de evaluación del protocolo de registro

En esta tarea, se ha realizado una evaluación del protocolo de generación de avatares a partir de la captura corporal. La evaluación del protocolo se ha centrado en la generación de avatares corporales y en la generación de avatares de pies, al tratarse de los dos métodos en los que se utiliza una tecnología basada en datos que permite reconstruir formas 3D a partir de capturas de bajo coste.

Evaluación de avatares de pie: Se ha validado el proceso de reconstrucción de pies a partir de tres fotos mediante un estudio preliminar de errores mediante un estudio con usuarios en el que han sido escaneados con un escáner de laboratorio de alta resolución ('gold standard') que se utilizó como referencia para comprar los resultados, con la app de captura 3D y con el escáner de bajo coste que utiliza también la metodología de reconstrucción con tres fotos. Como conclusión, se ha demostrado que el nivel de error de captura de la metodología de reconstrucción desarrollada por el IBV para la captura de la forma del pie está en un nivel apto

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

para su aplicación en personalización de calzado en 17 de las 22 medias de pies analizadas. Para cada medición se realizaron varias repeticiones.

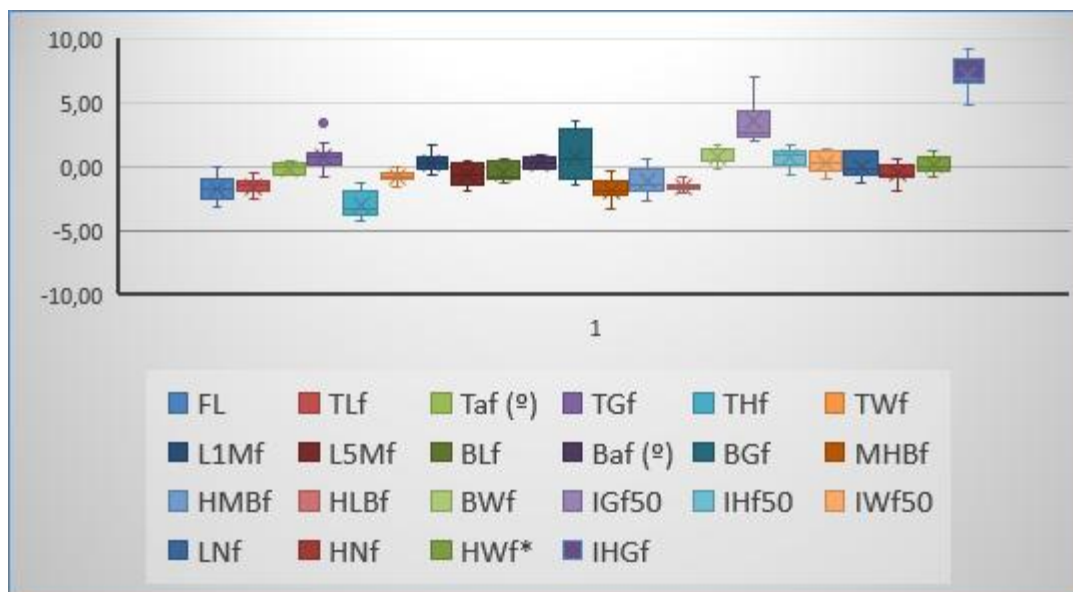


Figura 9 Gráfica de errores registrados en 22 medidas del pie.

Tabla 5. Resultados de los errores (distancia media absoluta – MAD) obtenidos para cada medida del pie.

	Distancia Absoluta (MAD) en mm	Media en MAD (%)
FL (Foot Lenght)	2	1%
FPL (FootPrint Lenght)	1	1%
TLf (Lenght until Toes)	4	2%
TGf (Toes Girth)	1	6%
THf (Max Toe Height)	1	1%
TWf (Toes width)	2	1%
HT1 (1st Toe Height)	1	1%
HT5 (5th Toe Height)	1	1%

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

L1Mf (Lenght until Medial side of the Ball)	2	1%
L5Mf (Lenght until Lateral side of the Ball)	1	3%
BLf (Lenght until Ball)	1	5%
BGf (Ball Girth)	1	5%
MHBf (Max Height of Ball)	1	1%
HMBf (Height of Medial side of the Ball)	2	1%
HLBf (Height of Lateral side of the Ball)	1	2%
BWf (Ball Width)	2	2%
IGf50 (Instep Girth,)	1	1%
IHf50 (Instep Height,)	1	3%
IWf50 (Instep Width)	2	2%
LNf (Length of the Foot sole line until the Navicular)	2	1%
HNf (Height of Navicular)	2	1%
Waf (Arch Width)	2	9%
HWf (Heel width)	1	5%
IHGf (Instep-to-Heel Girth)	4	10%

Evaluación de avatares de cuerpo: En esta tarea se ha evaluado también el protocolo de generación de avatares homólogos. En el proceso de evaluación se ha analizado la desviación de las medidas de los avatares reconstruidos con un escáner de bajo coste de tecnología RGBD (Kinect; ~ 400€) respecto a un escáner de alta resolución de laboratorio (láser; ~100k€). En el protocolo de generación de avatares en el sistema de bajo coste, se ha considerado el caso más desfavorable donde se requiere un mayor procesamiento que incluye el borrado de ruido en la escena de escaneado, la detección de marcadores, la alineación de vistas y la generación del avatar. Es en estos casos donde se esperan mayores errores en la reconstrucción. Además de la desviación, se ha evaluado la calidad de las mallas y la identificación visual del avatar.

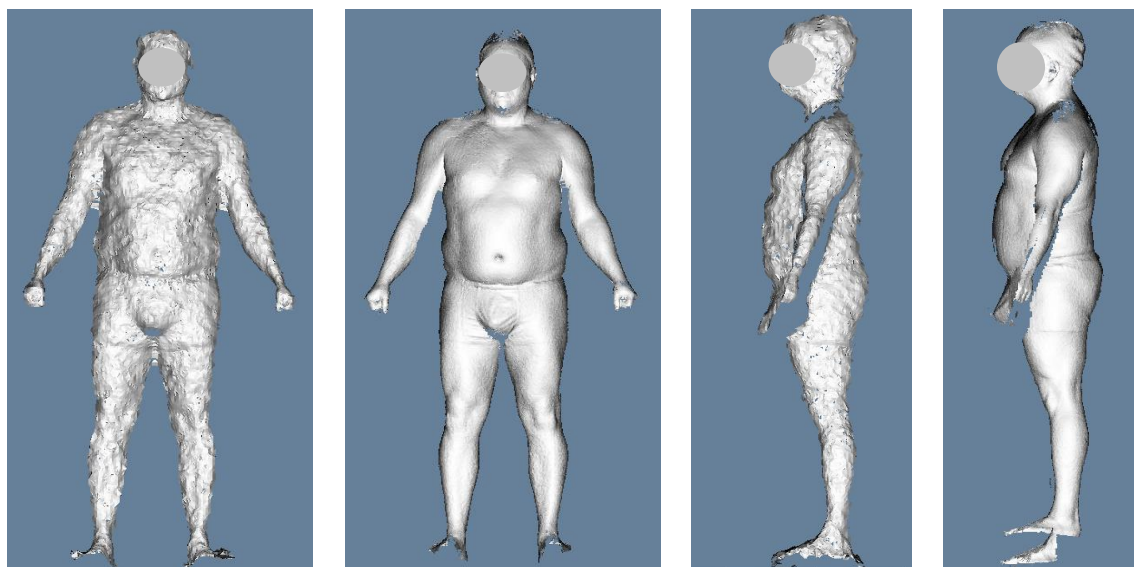
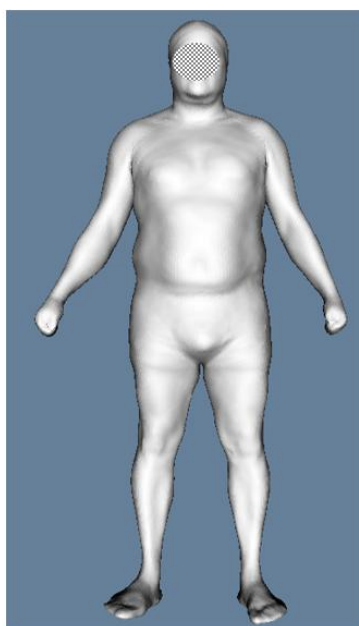
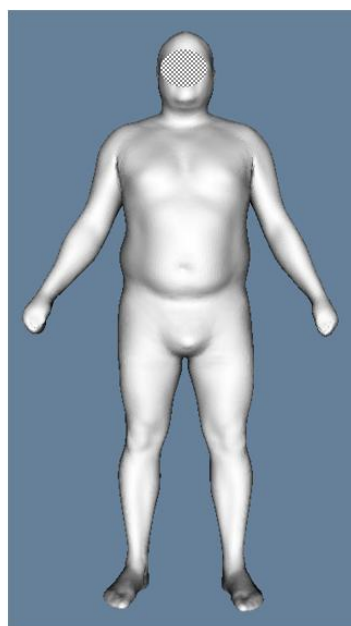


Figura 10. Captura realizada con Kinect (izquierda) y captura realizada con el escáner de alta resolución (derecha).



**Avatar generado
a partir de Kinect**



**Avatar generado con
el escáner de alta
resolución**

Figura 11. Izquierda: Avatar generado a partir de la captura con Kinect. Derecha: Avatar generado con la captura del escáner de alta resolución.

Los resultados tanto visuales como en desviación de medidas, muestran que la mayoría de medidas obtenidas a partir del escaneado con Kinect son aptas para la personalización de productos.

Tarea 2.5. Revisión del protocolo de registro

La primera versión del protocolo de registro de la morfología y de las preferencias de usuario se evaluará durante la fase de diseño de detalle de los demostradores a definir en el segundo año de proyecto. Es de esperar que, al acometer el diseño de detalle de los demostradores, se realicen registros de los usuarios participantes en los demostradores se detecten errores y mejoras a realizar en las aplicaciones. Estas mejoras se implementarán en esta tarea.

Por el momento, en el inicio de ejecución de esta tarea se han detectado ya los siguientes aspectos a mejorar:

- En la generación de avatares de pie mediante fotos, hay que revisar el proceso de segmentación de las imágenes para generar la silueta. En algunos casos, debido a la iluminación, se producen cambios en el umbral de gris es la imagen que generan una segmentación errónea.
- En la detección de avatares corporales, la detección del plano del suelo con el nivel de ruido que presenta la escena es poco preciso lo que genera pies en el proceso de reconstrucción poco realistas.
- El cálculo de medidas tanto en el pie como en el cuerpo completa presenta también algunas dificultades. Para algunas medidas el cálculo automático no es consistente para todos los morfotipos resultando en desviaciones que son debidas a al algoritmo de cálculo. Se ha establecido un listado reducido de medidas fiables y listado de medidas a revisar que se revisará en el segundo año de proyecto en la fase de diseño de los demostradores.

PAQUETE DE TRABAJO 3. TECNOLOGIAS DE FABRICACION FLEXIBLE PARA LA PERSONALIZACION.

El principal objetivo de este paquete de trabajo es obtener una selección de procesos de fabricación que permitan obtener productos personalizados a los usuarios de un modo flexible así como establecer las condiciones de uso de dichos procesos de fabricación.



Figura 12. Esquema del objetivo del paquete de trabajo 3.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Para alcanzar este objetivo ha sido necesario realizar tres tareas que se definen a continuación:

Tarea 3.1. Revisión y la evaluación de tecnologías disponibles para la personalización.

En el entorno de este proyecto se denomina Fabricación flexible aquellos procesos de fabricación o combinación de procesos que permite fabricar rápida y económicamente factible un producto que ha sido diseñado en sistemas CAD y por lo tanto se dispone de información digital para su procesado.

Las tecnologías de fabricación existentes se dividen en tres grandes grupos tanto para metales como para plásticos:

- Procesos sustractivos. Aquellos procesos donde se parte de un bloque de material y a través de sucesivas operaciones de arranque de material se elimina creando la pieza deseada. Procesos sustractivos son mecanizado, electroerosión y corte.
- Procesos de conformado. El material se introduce en una matriz con la cavidad de la pieza que se desea obtener. El material de partida se adapta a la forma de dicha matriz. Procesos de conformado son por ejemplo, moldeo por inyección, forja, embutición, extrusión, termoconformado, pulvimetalurgia.
- Procesos de fabricación aditiva. Las Tecnologías de Fabricación Aditiva (FA) permiten la producción de productos con geometrías más complejas que las obtenidas mediante tecnologías de fabricación tradicionales (anteriormente descritas). La principal característica de las tecnologías de FA es que las piezas o productos se fabrican por la sucesiva adición selectiva de material, directamente a partir de un fichero digital con la geometría de la pieza CAD 3D. El hecho de que la base de estas tecnologías sea un fichero digital las hace unas de las principales opciones para la personalización del producto puesto que la personalización de producto en este proyecto se centra principalmente en la captación digital de la morfología del paciente o solicitante.

En la actualidad los procesos de fabricación aditiva son los más adecuados para la obtención de productos únicos, series cortas y productos personalizados dada las ventajas anteriormente descritas. En los últimos años han aparecido numerosos sistemas de fabricación aditiva o impresoras 3D económicos que han acercado estas tecnologías al público en general que conoce de primera mano las ventajas y las oportunidades que abre el uso de estas tecnologías. El problema que existe con esta revolución de impresoras 3D económicas es que la carta de materiales es limitada y no siempre es posible obtener productos personalizados finales con la calidad requerida por dicho producto. Por lo tanto, En este informe se ha realizado un estudio de las tecnologías de fabricación aditiva disponibles más adecuadas para la obtención de productos personalizados de calidad tanto en polímero, metal como una combinación de ambos tipos de materiales para los sectores previamente identificados en el paquete de trabajo 1.

PROCESOS DE FABRICACION ADITIVA

Las tecnologías de fabricación aditiva funcionan del siguiente modo: Una vez se dispone del modelo 3D de la pieza, éste se transforma en un fichero en formato STL que está formado por una malla triangular que hay que verificar dependiendo de la tecnología hay que incluir geometría auxiliar (soportes) para garantizar la fabricación. Una vez colocado e Una vez se dispone de un fichero stl verificado se divide en finisimas capas, este proceso de capeado se realiza en un software específico para estas tecnologías. El fichero de capas se transmite a la máquina o impresora 3D donde se asignan los parámetros de fabricación (depende del tipo tecnología de fabricación aditiva) y se proceded a su fabricación. Cuando se ha terminado la fabricación se extrae la pieza de la máquina, se eliminan los soportes y se aplica el post proceso requerido para finalizar la pieza.

La siguiente figura presenta un esquema de los pasos anteriormente explicados:

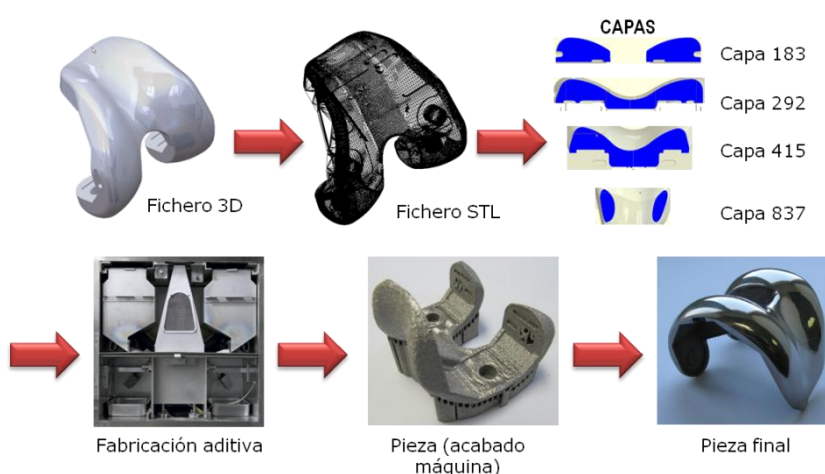


Figura 13. Esquema de funcionamiento de tecnologías de fabricación aditiva

Los procesos de fabricación aditiva se pueden clasificar en función de varios parámetros como el material y por otro lado si el tipo de tecnología es directa o indirecta.

- Clasificación dependiendo de material:
 - Polímeros
 - Metales
- Clasificación dependiendo de los pasos a realizar:
 - Directas: Los modelos se construyen por aportación de material directamente con una máquina de fabricación aditiva.
 - Indirectas: Los modelos se construyen con varias etapas partiendo de un máster fabricado con una tecnología de fabricación aditiva, entre ellas destacan dos tecnologías Colada en Vacio y microfusión.

Procesos de fabricación aditiva de polímeros:

Existen numerosas técnicas de construcción por capas en el caso de los polímeros. Entre ellas cabe destacar las siguientes:

- Impresión de termoplásticos
- Extrusión de termoplásticos
- Impresión de termoestables
- Solidificación de polímeros termoestables

A continuación se muestra unos cuadros resumen que contienen información sobre las tecnologías de fabricación aditiva de polímeros, las máquinas, sus aplicaciones y los materiales que procesan. Cabe destacar que tanto las tecnologías como los materiales que procesan están evolucionando continuamente por lo tanto debe ser revisado y actualizado continuamente. A lo largo del año 2017 se realizará una actualización de esta información:

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Tabla 6. Tecnologías de fabricación aditiva de polímeros

Técnica de construcción	Tecnología	Fabricante	Modelo de Máquina	Aplicaciones	Link	Material
Impresión de Termoplásticos	Inkjet Printing	Solidscape (Stratays)	3Z Lab	Creación de modelos de cera de gran precisión para ser fundidos en metal, para hacer moldes o para ser inyectado en cerámica	http://www.solid-scape.com/products/3d-printers/solid-scape-lab/ https://www.youtube.com	PlusCAST®, Indura®Cast
Extrusión de Termoplásticos	Fused Deposition Modeling, FDM	3D systems (plastic jet printing)	Desktop 3D printers: CubePro, Project1200,	CubePro. Impresión multicolor en cartuchos Project1200. Micro modelos con gran detallesde cera y piezas de plástico. Joyas, uso dental, componentes electrónicos.	http://www.3dsystems.com/3d-printers/personal/cube	Cube pro:Madera, Nylon, PLA/ABS Project1200: Visiljet FTX Cast,Visiljet FTX clear, Visiljet FTX Gold, Visiljet FTX Gray, Visiljet FTX Green, Visiljet FTX Silver.
		Strataysys	Serie idea: Mojo, uPrint SE, uPrint SE Plus	Desarrollo de ideas con modelos y prototipos asequibles. Las impresoras 3D de la serie Idea se adaptan a su escritorio	http://www.strataysys.com/es/impresoras-3d/tecnologias/fdm-technology	Termoplástico ABSPlus. Plástico estándar opaco en 9 colores
			Serie Design: Dimension 1200es, Fortus 250mc, dimension Elite	Perfección de los diseños con piezas resistentes, duraderas y dimensionalmente estables que resisten las pruebas más exigentes. La precision y tolerancia varían de una a otra maquina. Termoplásticos de varios colores		Termoplástico ABSPlus. Plástico estándar opaco en 9 colores
			Serie Production: Fortus 380/450mc, Fortus 900mc	Aporte agilidad y estética a todas las fases de desarrollo del producto con la mayor variedad de colores y propiedades de material para la fabricación de prototipos y herramientas. Termoplásticos estandares , ABS resistencia a traccio, impacto y flexión.		Termoplásticos estándar ABS-M30 en seis colores para conseguir una resistencia superior a la tracción, al impacto y a la flexión. ABS-M30i para biocompatibilidad. Esterilizable y biocompatible. ABS-ESD7 para disipación estática ASA para estabilidad UV y una excelente estética. ABSi para translucidez (Fortus 900) Termoplásticos de ingeniería PC-ISO para biocompatibilidad y resistencia superior. Se puede esterilizar mediante rayos gamma y óxido de etileno (ETO) y cumple la normativa ISO 10993 y USP Clase VI. PC(polycarbonato) para unas propiedades mecánicas y una resistencia térmica de nivel superior FDMNylon 12 para una dureza máxima PC-ABS a una máxima resistencia a impactos, además de las propiedades mecánicas y resistencia térmica del PC y el aspecto atractivo de las superficies del ABS (Fortus 900) Termoplásticos de alto rendimiento (no disponibles para la Fortus 380mc) La resina ULTEM 1010 ofrece la mejor resistencia térmica, resistencia química y resistencia a la tracción de todos los termoplásticos FDM ULTEM 9085 para la mejor combinación de propiedades mecánicas, químicas y térmicas. PPSF/PPSU (polyphenylsulfone) . para la maxima resistencia termica y química. Se puede esterilizar mediante rayos gamma,
			BQ	Witbox2, Hephestos2, BQ Prusa i3 Hephestos	https://www.bq.com/es/mundo-3d	PLA (poliácido láctico), bronce, madera o cobre, e, incluso, materiales flexibles como el Filaflex.
			Sicnova	JCR1000	http://sicnova3d.com/	Amplia gama de termoplásticos. Impresión simultánea con doble material con un solo cabezal
		Dynamical Tools	DT600	Máquinas de entorno industrial de gran formato y 'bajo coste' en Europa. Entorno de fabricación calefactado, para controlar la temperatura. Doble cabezal independiente, que permite trabajar tanto con doble material, como fabricar dos piezas a la vez, mejorando los tiempos de producción.	http://dynamicaltools.com/	plásticos técnicos de uso industrial como el ASA, PEEK o PEI (ULTEM), así como con plásticos reforzados on fibra de vidrio, carbono o grafeno
		Markforged	Mark two	La Mark Two tiene dos cabezales de impresión. Uno de ellos construye piezas en nylon, mientras que el otro es un nuevo y revolucionario cabezal de impresión de composite para reforzar las piezas con fibra continua (fibra de carbono, Kevlar o fibra de vidrio). La impresora cambia activamente entre los dos extrusores durante la impresión, creando piezas de plástico reforzadas con fibra con un ratio de fuerza-peso superior al aluminio 6061.	https://markforged.com/w/hy-markforged/	Fibra continua de carbono, Kevlar y fibra de vidrio.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Técnica de construcción	Tecnología	Fabricante	Modelo de Máquina	Aplicaciones	Link	Material
Impresión de Termoeestables	Polyjet	Stratasys	Serie Design para escritorio: Objet24, objet30, Objet30 Pro, Objet30 Prime	Modelos pequeños y precisos con un solo material, directamente desde el escritorio.	http://www.stratasys.com/es/impresoras-3d/technologies/polyjet-technology	Materiales opacos rígidos, material transparente, material alta temperatura, material similar al polipropileno (resistencia, durabilidad, cierta flexibilidad), caucho y biocompatibles (crear prototipos dispositivos médicos)
			Serie Design: Objet Eden260VS, Objet260 Connex3	Eficiencia y libertad de diseño con más opciones de material y eliminación de soporte sin utilizar las manos. Impresión de materiales digitales permite la fabricación de piezas rígidas y flexibles a la vez y con distintos colores.		Materiales transparentes, rígido opaco, polipropileno simulado, materiales de goma, de alta temperatura. El sistema connex3 permite imprimir materiales digitales. (http://www.stratasys.com/es/materiales/polyjet/material-compuesto). Colores intensos mezclados en material rígido y opaco Tonos translúcidos en color Materiales similares a la goma con distintos valores Shore A ABS digital para ofrecer una gran durabilidad, incluidas mezclas con goma Materiales similares al polipropileno con una resistencia térmica mejorada.
			Serie Production: Connex 3, object 1000 plus, J750	Aporte agilidad y estética a todas las fases de desarrollo del producto con la mayor variedad de colores y propiedades de material para la fabricación de prototipos y herramienta. Connex 3 puede cambiar las propiedades de material en el mismo trabajo de impresión para producir piezas que requieran una variedad de propiedades mecánicas, ópticas o térmicas.		Connex3 puede cambiar las propiedades de material en el mismo trabajo de impresión para producir piezas que requieran una variedad de propiedades mecánicas, ópticas o térmicas como, por ejemplo, empuñaduras antideslizantes, ventanas transparentes, bisagras flexibles o superficies termorresistentes. Aplicación automática del color El color llega de forma natural a la impresora J750: tonos neutros y fluorescentes, sombras y resaltados, texturas y degradado. Fácil selección de material Cargue seis materiales a la vez para ampliar la variedad sin tener que cambiar los recipientes. Capas más finas e impresión 3D más rápida. Cree superficies muy homogéneas y detalles finos con un espesor de capa de hasta 0,014 mm.
	Multijet	3D systems	Professional 3D printers: ProjectMJP2500 series, project MJP 3600 series, MJP5500X; ProJet® 3510 SD; ProJet® 5000	El material esta en estado líquido, un cabezal tipo impresora solidifica el material por UV capa a capa según sea pieza o soporte.	http://www.3dsystems.com/resources/information-guides/multi-jet-printing/mjp	ProJetMJP2500 series: VisiJetM2EBK (elástomero negro), VisiJetM2ENT (Elástomero natural), VisiJetM2 RBK (material rígido negro), VisiJetM2 RCL (material rígido claro), VisiJetM2 RWT (material rígido blanco). ProJetMJP3600 series: VisiJet® M3 Black (negro, plástico duradero que parece tanto en apariencia como en comportamiento a un plástico obtenido por inyección), VisiJet® M3 Crystal (plástico de durabilidad y estabilidad ideal para realizar ensayos funcionales y aplicaciones de utillaje rápido). ProJetMJP5500X series: VisiJet® M3 Navy (ideal para generación de modelos, además se usa para hacer modelos de sacrificio para procesos de fundición). VisiJet® M3 Procast (para microfusión), VisiJet® M3 Proplast, VisiJet® M3 Techplast (generación de modelos) VisiJet® M3-X (Similar en apariencia y en comportamiento a un plástico ABS de inyección, aplicaciones finales que requieran resistencia a la tenacidad y resistencia a altas temperaturas).

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Técnica de construcción	Tecnología	Fabricante	Modelo de Máquina	Aplicaciones	Link	Material
Solidificación de polímeros termoestables	Estereolitografía (SLA)	3D systems	ProJet 6000, ProJet 7000, ProX800, ProX950 Viper S12	Los modelos realizados con SLA son prototipos muy precisos y adecuados para la verificación de un producto durante la etapa de diseño. Alta exactitud y buen acabado superficial lo que hace que sean perfectos para verificaciones ingenieriles y como master para realizar moldes de silicona. Gran cantidad de materiales disponibles, resinas con propiedades que incluyen, resistencia a altas temperaturas, grandes esfuerzos e incluso con certificado USP Clase VI para aplicaciones médicas.	http://www.3dsystems.com/quickparts/prototyping-pre-production/stereolithography-sla	Rigid, PC-Like Semi-flexible PP-Like (Accura 25 / VisiJet SL Flex) High-Temp ABS-Like Technician's Choice High-Impact ABS-Like High Temp PC-Like, Rigid Durable High Resolution ABS-like, Gray ABS-like, Black ABS-Like A wide choice of materials are available that closely match or exceed the properties of traditional plastic materials including resistance to high temperature, tensile strengths and impact strengths. VisiJet SL Clear is also USP Class VI certified, making it ideal for medical product manufacturing, especially in mass custom manufacturing projects such as hearing aids and dental application ProX800 y ProX950: Accura ClearVue. Plástico que simula las propiedades y la apariencia del policarbonato y ABS (USP Class VI). Accura ClearVue Free is a clear, low viscosity stereolithography resin with excellent accuracy. It offers a large working envelope of physical properties, as well as a unique combination of high elongation and impact strength which allows the building of durable parts.
		Formlabs	Form1, Form1+, Form2	Máquinas económicas, Form 2 volumen de fabricación (145 x 145 x 175 mm). Reglas de diseño disponibles en la web. Resinas transparentes, rígidas, flexibles,	http://formlabs.com/	DSM Somos Next - Propiedades ABS. Excelentes propiedades de clipaje DSM Somos 11120 waterShed - resina transparente (ISO 10993), resistente al agua. Castable Resin Burnout Process Clear Resin Dental SG Flexible Resin
	Digital Light Processing, DLP	Envisiontec	Xede 3SP, Xtreme 3SP, vector 3SP, Ultra 3SP Micro family Perfactory family	Ideal para productos de consumo (cada máquina tiene un tamaño diferente y espesor de capa), gran precisión y detalle. Materiales muy diversos con distintas propiedades, rígidos, flexibles, transparentes, fundibles, biocompatible, aplicaciones dentales y joyería.	http://envisiontec.com/	ABS 3SP Flex (Black, Gray, White): Modelos similares a plásticos ABS con características flexibles ABS 3SP Tough: Rígido, modelos estables similares a los plásticos ABS ABS TRU 3SP: Rígido, modelos estables similares a los plásticos ABS E-Tool 3SP: Para hacer moldes con impresión 3D donde se inyecte termoplásticos de un modo rápido y eficiente E-Denstone 3SP Peach: Propósito general, moldes que soportan altas temperaturas, modelos conceptuales E-Glass 3SP: Fuerte, material duro con propiedades flexibles.
Fusión de Polvos Termoplásticos	Selective Laser Sintering, SLS	EOS Systems	Formiga P 110; EOS P396; EOSINT P760; EOSINT P800	Ideal para productos de consumo, no necesita soportes durante el proceso de construcción. Materiales con altas prestaciones, poliamida y poliamida cargada de vidrio. En la actualidad dispone de materiales flexibles (TPU)	http://www.eos.info/systemsolutions/plastic	PA 2200 - Poliamida blanca PA 2201 - Poliamida natural PA 2202 - Poliamida con pigmentos negros. PA 1101 poliamida 11 translúcida. Elevada resistencia al impacto y gran elongación antes de la rotura. Se basa en fustes renovables y se puede considerar como un material amigo del medioambiente. PA1102 negro. PA2210FR-Poliamida retardante de llama PA 3200 GF poliamida cargada de vidrio Alumide poliamida cargada de aluminio Carbon Mide, poliamida con fibras de carbono reforzadas PrimePart Plus (PA2221). para moldes PrimePart ST (PEBA 2301). aplicaciones funcionales, plásticos flexibles EOS PEEK HP3 (EOSINT P800) PrimeCast 101, para microfusion
Multijet Fusion		HP	hp Jet Fusion 3200 y 4200	Novedad mundial, todavía no hay muchos datos. Materiales termoplásticos, poliamidas y también elastómeros. En un proceso muy rápido y muy adecuado para elevadas producciones.	http://www.hp.com/us/en/printers/3d-printers.html	ProX SLS 500: DuraForm® ProX™ PA Plásticos ingenieriles con extrema fuerza. SPro140, SPro230, SPro60HD: CastForm™ PS. Como modelo o master para fundición, compatible con numerosos procesos de fundición. DuraForm® EX Black. Negro, plástico ingenieril con alta resistencia al impacto. Propiedades como el PP y el ABS. DuraForm® EX Natural. Color natural, plástico ingenieril con alta resistencia al impacto. Propiedades como el PP y el ABS. DuraForm® Flex. Duradero, Material similar al caucho con buena resistencia al desgaste y resistencia a la rotura. DuraForm® FR 100.159/5000 Plástico de ingeniería ignífugo libre de antimonio, adecuado para la fabricación rápida de piezas y piezas aeroespaciales que requieran conformidad UL 94 V-0. DuraForm® GF. Plástico de ingeniería de vidrio lleno de rigidez, elevada resistencia a la temperatura y propiedades isotrópicas. DuraForm® HST Composite. Un plástico de ingeniería reforzado con fibra con excelente rigidez y resistencia a la temperatura. DuraForm® PA. Un plástico de ingeniería duradero con propiedades mecánicas equilibradas y resolución superficial fina.
Mark forged	FFF y CFF	Markforged	Mark two	La Mark Two tiene dos cabezales de impresión. Uno de ellos construye piezas en nylon, mientras que el otro es un nuevo y revolucionario cabezal de impresión de composite para reforzar las piezas con fibra continua (fibra de carbono, Kevlar o fibra de vidrio). La impresora cambia activamente entre los dos extrusores durante la impresión, creando piezas de plástico reforzadas con fibra con un ratio de fuerza-peso superior al aluminio 6061.	https://markforged.com/web-markforged/	PA12. Más adelante ofrecerá una amplia gama de termoplásticos-Incluyendo PA11, PA12 con fibra y materiales retardantes a la llama así como elastómeros.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

De entre todas las tecnologías previamente identificadas se muestra imágenes de las más destacadas:

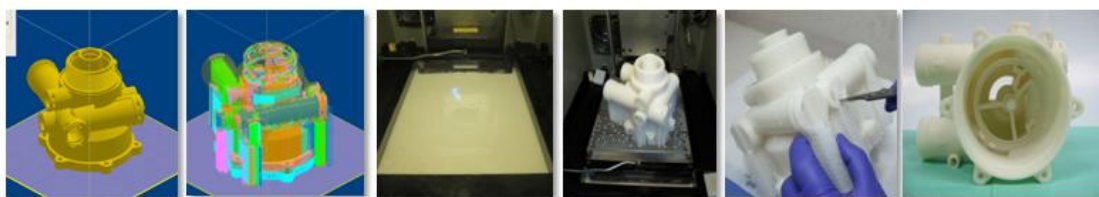


Figura 14. Estereolitografía (SLA)



Figura 15. Polyjet

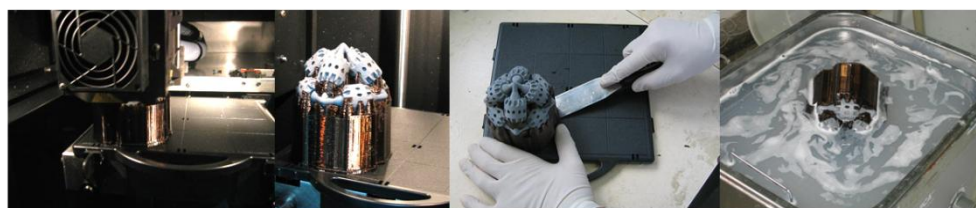


Figura 16. Fused Deposition Modeling (FDM)



Figura 17. Laser Sintering (SLS)



Figura 18. Digital Light Processing (DLP)



Figura 19. Impresión 3D de HP

Procesos de fabricación aditiva de metales:

Las tecnologías de fabricación aditiva de metal son las más novedosas, no existen tantas técnicas de construcción como en polímero, las más importantes se basan en la fusión de polvo metálico y la fuente de calor que permite la fusión es la clave de esta clasificación de procesos:

- Fusión por haz de laser
- Fusión por chorro de electrones.

A continuación se muestra un cuadro que contiene información sobre las tecnologías de fabricación aditiva de metales, las máquinas, sus aplicaciones y los materiales que procesan. Dada la rápida evolución de estas tecnologías es posible que aparezcan, desaparezcan o evolucionen las máquinas presentadas:

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Tabla 7. Tecnologías de fabricación aditiva de metales

Técnica de construcción	Tecnología	Fabricante	Modelo de Máquina	Aplicaciones-Material	Link
Fusión de polvo metálico	Selective laser melting, SLM	Concept Laser	Mlab Cusing R, M1 Cusing, M2 Cusing, M3 Cusing	Piezas finales, prototipos y moldes. Los materiales que se procesan dependen de cada una de las máquinas en función de sus condiciones. Materiales: Aceros de alto grado, acero para trabajo en caliente, acero inoxidable, aleaciones de aluminio, aleaciones de níquel, aleaciones de titanio, titanio puro, aleaciones de cobalto cromo, bronce y aleaciones de metales preciosos.	http://www.concept-laser.de/home.html
		EOS	EOS M100, EOS M290, EOS M400, EOSINT M280	Piezas finales, prototipos y moldes. Los materiales que se procesan dependen de cada una de las máquinas en función de sus condiciones. Materiales: Aleaciones de aluminio (AISI10Mg, AISI10Mg/200°C), cobalto cromo para aplicaciones biomedicas y certificado para dental, acero maraging, aleaciones de níquel (IN625, IN718, HX (hastelloyX)), acero inoxidable (17-4PH, CX, GP1-aplicaciones medicas (17-4PH) , 316L, PH1(15-5PH), aleaciones de titanio (Ti6Al4V, Ti6Al-ELI, Titanio grado 2)	http://www.eos.info/systems_solutions/metal
		SLM Solutions	SLM 125 ,SLM 280, SLM 500	Piezas finales, prototipos y moldes. Los materiales que se procesan dependen de cada una de las máquinas en función de sus condiciones. Materiales: Aleaciones de titanio (Ti6Al4V, TiAl7Nb, Reintitan), acero para herramienta y acero inoxidable (316L, 1.2709, 15-5PH, 17-4PH), aleaciones de aluminio (AISI12, AISI12, AISI9Cu), Cobalto-Cromo (CoCr, SLM medi-Dent), aleaciones de Níquel (Inconel 718, Inconel 625, Inconel 939, Hastelloy X)	https://slm-solutions.com/
		Renishaw	RenAM 500M, AM 400, AM 250	Piezas finales, prototipos y moldes. Los materiales que se procesan dependen de cada una de las máquinas en función de sus condiciones. Materiales: Titanio (Ti6Al4V), Aluminio,(AISI10Mg), Cobalto Cromo, Acero inoxidable, (316L), Aleaciones de níquel (Inconel 625, Inconel 718)	http://www.renishaw.es/es/impresion-de-metales-3d--32084
		Realizer	SLM 50, SLM125, SLM300i	Piezas finales, prototipos y moldes. Los materiales que se procesan dependen de cada una de las máquinas en función de sus condiciones. Materiales: Cobalto cromo, Titanio, Aceros	http://www.realizer.com/en/
	Electron beam melting, EBM	Arcam	Q 10, Q20, Q10 plus, Q20 plus, A2, A2X	Piezas finales, prototipos y moldes. Los materiales que se procesan son Titanio Ti6Al4V, Ti6Al4V-ELI, Grado 2, Cobalto-Cromo ASTM F75	http://www.arcam.com/

A continuación se muestran imágenes de las tecnologías de fabricación aditiva de metales:



Figura 20. A la derecha proceso de SLM y a la izquierda pieza fabricada con EBM

Procesos de fabricación indirecta

Existen tecnologías de fabricación indirectas, que pueden utilizar un máster obtenido con tecnologías de fabricación aditiva como por ejemplo resinas con una gran calidad y precisión que además son fundibles sin dejar residuo como puede ser la Estereolitografía (SLA).

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Los procesos de fabricación indirectos considerados son “Colada en Vacío” para la obtención de piezas con poliuretano y el proceso de “Microfusión” para la obtención de piezas metálicas.

Además existe una alternativa muy interesante para su aplicación en este proyecto que es la realización de productos multilaterial como por ejemplo un producto polimérico con en interior metálico o con un interior con un material polimérico rígido o con otras propiedades. Se procedería del siguiente modo:

- Se realizaría un máster de la pieza final (consta de dos materiales), el máster podría realizarse con SLA.
- Se realiza el molde en silicona basado en el master de la pieza final.
- Se fabrica el interior de la pieza (alma de la pieza) en metal o en un polímero rígido (con el material deseado).
- Se introduce el alma dentro del molde de silicona y se cuela al vacío el poliuretano más adecuado por ejemplo un poliuretano blando.
- Cuando se abre el molde se tiene una pieza polimérica exteriormente pero que en el interior tiene un elemento diferente que le proporciona, por ejemplo, la rigidez adecuada.

Materiales utilizados en los productos personalizados de los mercados seleccionados

Para cada uno de los mercados previamente definidos en el paquete de trabajo 1. Se ha evaluado con que materiales se trabaja en cada uno de ellos con el fin de identificar con que tecnología de fabricación será posible su fabricación.

Sector tecnologías sanitarias:

- Protésica, ortopedia y ayudas técnicas. Los materiales utilizados para órtesis deben cumplir unos requisitos mínimos, como que soporten solicitaciones, estable a la corrosión y envejecimiento, ligeros y maleables y que sean aceptables estéticamente como por ejemplo polímeros de fibra de carbono, acero inoxidable, aleaciones de titanio, poliamida, materiales blandos, combinación de materiales metálicos y plásticos entre otros.
- Monturas oftalmológicas. Materiales como el acetato, madera, fibra de carbono, resina epoxi, poliamida, titanio, monel, aluminio, acero inoxidable.

Sector Prevención:

- Equipos de protección individual del entorno laboral (EPIs). Existe un gran número de productos utilizados para la protección individual en el entorno laboral y dependiendo del producto considerado se realizaran de un determinando material ya sea plástico, metal o textil.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

- Ortopedia deportiva preventiva. En este caso los materiales utilizados son similares a los descritos en el caso del sector de prótesis, ortopedia y ayudas técnicas.

Sector Bienes de consumo:

- Calzado y plantillas confort. Dependen de la patología a tratar, los más usados son EVA, polipropileno, fibra de carbono entre otros.

Sector Indumentaria:

- Son muchos los materiales que se utilizan para confeccionar prendas de ropa. Se distingue entre materiales de origen natural y materiales sintéticos. Existen materiales o textiles inteligentes, capaces de alterar su naturaleza en respuesta a la acción de diferentes estímulos externos, físicos o químicos como son los polímeros con memoria de forma. Además existen materiales no convencionales en el sector de indumentaria, no son los más utilizados pero dotan de originalidad al sector. La impresión 3D o fabricación aditiva también es utilizada por diseñadores para crear modelos basados en polímeros que difícilmente podrían realizarse con los métodos convencionales. Las tecnologías que hacen este tipo de prendas de vestir son la SLS y la Polyjet.

Sector automoción:

- El sector automoción es uno de los sectores que involucra mayor cantidad de materiales, puesto que existen numerosas partes en las que se puede dividir un automóvil. Los principales materiales son aceros, aluminio, fibra de carbono, plásticos, vidrio, cuero, textil. Tal y como se ha mencionado en el paquete de trabajo 1, la personalización en este sector es complicada como consecuencia de la legislación que debe cumplir, por lo tanto no se ha profundizado en este sector.

Tras la evaluación de las tecnologías de fabricación flexible y los materiales más adecuados para cada uno de los sectores evaluados en el presente proyecto se ha realizado una tabla donde se selecciona que tecnologías son las más adecuadas para la fabricación de los productos personalizados de los sectores inicialmente seleccionados.

Tabla 8. Evaluación de tecnologías por sector

			FA POLIMEROS						FA METALES ¹		COMBINACION	
Sector	Subsector			POLYJET		SLS		COLADA EN	EBM	SLM	FA POLIMEROS	FA METAL COLADA
Sector tecnologías sanitarias	Protésica, ortopedia y ayudas técnicas:		X	X		X	X	X			X	
	Monturas oftalmológicas		X	X		X	X	X	X + PP*	X + PP*		
Sector Prevención	Equipos de protección individual del entorno laboral (EPIs).		X	X	x	X	X	X	X	X		
	Ortopedia deportiva preventiva.		X	X		X	X	X			X	
Sector Bienes de consumo	Calzado y plantillas confort	X		X		X		X			X	X
Sector indumentaria	Materiales inteligentes y materiales no textiles					X					X	

*PP = post proceso

¹ Generalmente es necesario un postproceso para mejorar la calidad superficial de la pieza e incluso un mecanizado de zonas muy críticas para cumplir con las especificaciones.

Tarea 3.2. Protocolo para el uso de las tecnologías que permiten una fabricación flexible para la personalización

En esta tarea los esfuerzos se han centrado en conocer a fondo las particularidades de los procesos de fabricación aditiva como son su fundamento, evaluación de los factores clave para la fabricación de productos de alta calidad como son:

- Características de los ficheros STL (tamaño, faceteado, precisión)
- Dirección de fabricación y adición de soportes
- Espesor de capas (resolución)
- Formato del material de partida
- Los soportes

Además es necesario conocer los factores clave para el diseño orientado a los procesos de fabricación aditiva, que dependen de la tecnología y el material que se procesa. Estos factores de diseño son:

1. Identificar que geometrías que requieren soporte. Si no se conocen es necesario fabricar algunos artefactos para conocer los criterios de diseño basados en la tecnología y material a procesar.
2. Identificar el sobre espesor a aplicar para eliminar la rugosidad. Es necesario conocer en que superficies se van a colocar los soportes, porque dependiendo del tipo de soporte será necesaria su eliminación.
3. Definición de las tolerancias de fabricación. En función de las tolerancias geometrías de la pieza final será necesario aplicar post procesos para alcanzar los requisitos establecidos para la pieza.
4. Conocer las características mecánicas del material. Las características del material varían en función de la orientación de fabricación, este efecto es más crítico en algunas tecnologías.

De este modo se dispondrá de una ficha resumen por tecnología y material, similar a la mostrada a continuación.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

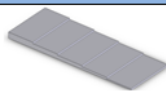
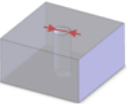
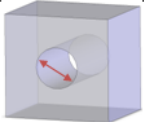
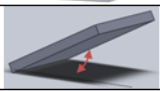
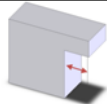
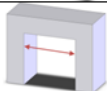
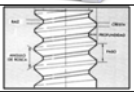
TECNOLOGIA	DLP			
MATERIAL	R11			
CARACTERISTICA DISEÑO	IMAGEN	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	OBSERVACIONES
Espesor de capa		16 μ - 25 μ	50 μ	En nuestra máquina solo 25 μ y 50 μ
Agujeros Verticales		0.5 mm		
Agujeros Horizontales sin soporte		0.1 mm	0.2 mm sin soporte	
Planos inclinados		Desde el plano horizontal 35º sin soporte		
Detalles – Espesor de pared – diámetros		A partir de 0.5 mm		
Volados laterales sin soportes		-	2 mm	
Volados biapoyados sin soportes		-	2.5 mm	
Fabricación de rosca		SI	SI	Generalmente sin soportes
Crez de mecanizado				No aplica

Figura 21. Ejemplo de plantilla con las características de la tecnología y material, en concreto para la tecnología DLP y el material R11

Se ha desarrollado el protocolo de uso de las tecnologías de fabricación flexible para la obtención de producto personalizado adaptado a la morfología del usuario. Cada uno de los pasos se ha definido y desarrollado para la adecuada interpretación por parte de los técnicos de los procesos de fabricación, así como se han definido las plantillas requeridas en el protocolo. A continuación se muestra un esquema general de este protocolo.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

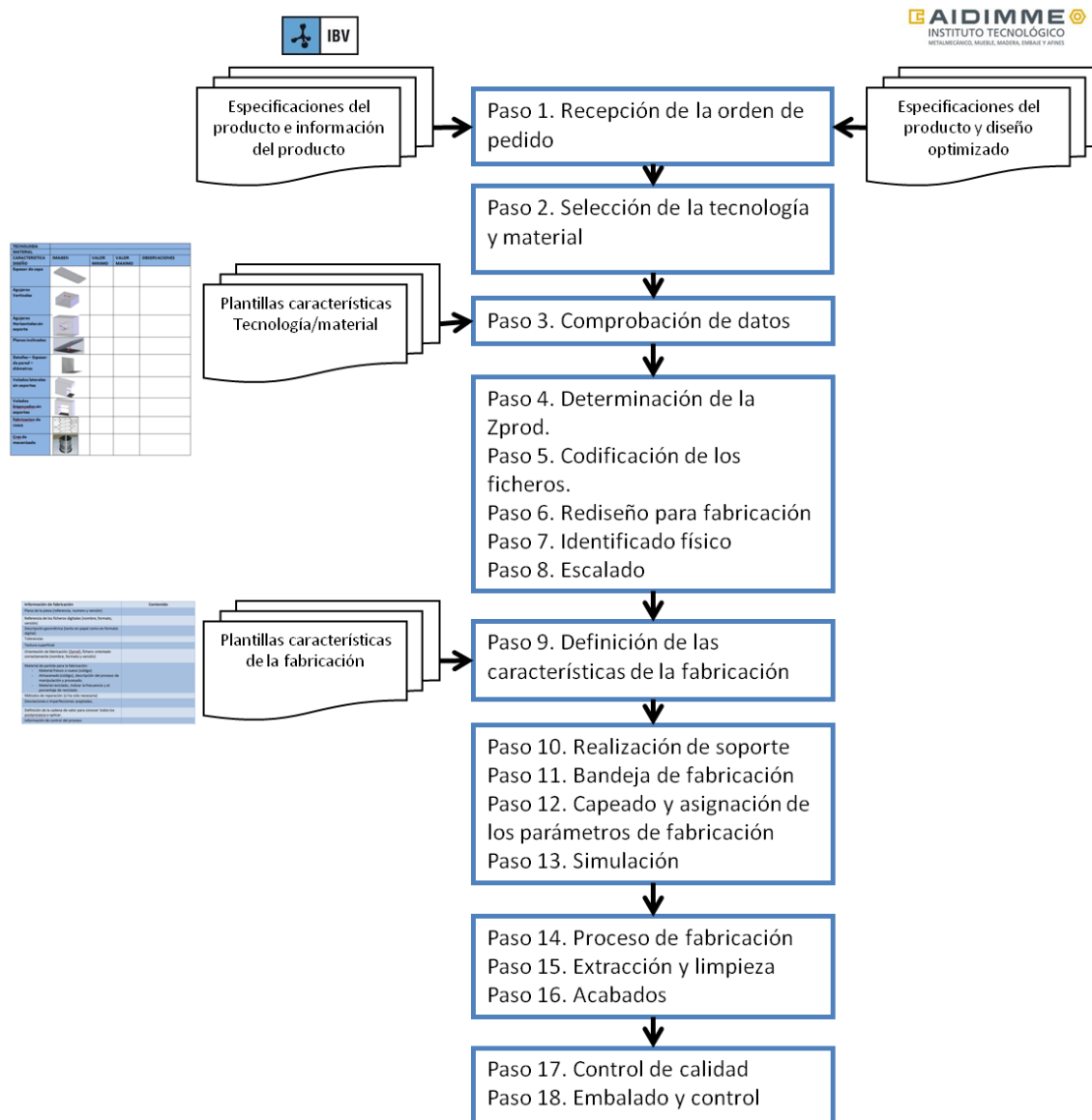


Figura 22. Protocolo de uso de tecnologías de fabricación flexible

Tarea 3.3. Revisión del protocolo de uso de tecnologías de fabricación flexible

Actualmente el protocolo está siendo revisado por los técnicos de las diferentes tecnologías de fabricación disponibles en AIDIMME. Durante la siguiente anualidad 2017, será utilizado y mejorado a medida que se adquiera experiencia y durante el desarrollo de los demostradores.

PAQUETE DE TRABAJO 4. DEFINICIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA LA PERSONALIZACIÓN DE PRODUCTOS

El principal objetivo de este paquete de trabajo son la definición de una metodología de diseño para productos personalizados en el que se integren el protocolo de registro 3D de la morfología del cuerpo, las técnicas de registro de las preferencias emocionales del usuario, el protocolo para el empleo de tecnologías de fabricación flexible, y el procedimiento de diseño. Para alcanzar este objetivo ha sido necesario realizar tres tareas que se definen a continuación:

Tarea 4.1. Identificación de familias de producto a cubrir

En esta tarea se ha realizado una búsqueda industrial y de mercado para definir los productos susceptibles de personalización en cada uno de los sectores analizados en el proyecto. Se han revisado productos y servicios que ya están en el mercado y que utilizan información antropométrica del usuario para su diseño o comercialización. La mayoría de estos servicios utilizan en la actualidad una metodología de toma de datos o muy costosa o poco precisa. En estos casos la introducción de un sistema de captura basado en tecnología de bajo coste incrementaría notablemente la rentabilidad del negocio y sus posibilidades de crecimiento.

También se han analizado los productos que se ofrecen en tallas y concentran un gran número de quejas y devoluciones por parte de los consumidores por problemas de ajuste y adaptación al usuario.

Como resultado, se han priorizado los siguientes productos para cada zona corporal, que se han relacionado ya con las dimensiones antropométricas que se utilizan para su personalización. En el caso del calzado se consideran también aspectos biomecánicos (Figura 24).

Producto	Mercado	Antropometría
Calzado	Calzado y deporte	- Longitud total - Anchura del antepié
Plantillas		Huella plantar

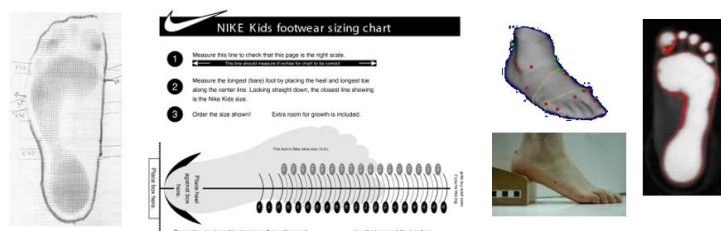


Figura 23. Productos personalizados relacionados con medidas antropométricas del pie.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

- **Perfil biomecánico** de las personas: características del patrón de movimientos, fuerzas o presiones (por ejemplo, si un corredor es pronador o neutro).

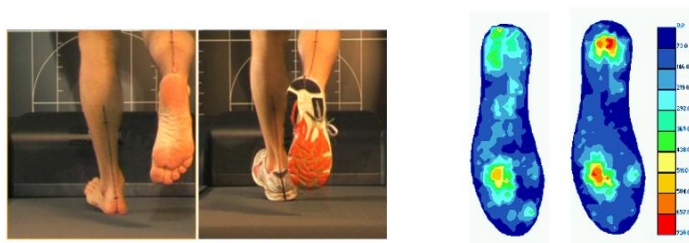


Figura 24. Perfil biomecánico en marcha y carrera.

Producto	Mercado	Antropometría
Anillos	Joyería	- Contorno de los dedos - Contorno de los nudillos
Reloj/pulseras		- Contorno de la muñeca - Contorno de la mano
Guantes	Indumentaria	- Longitud de la mano - Anchura de la mano



Figura 25. Productos personalizados relacionados con medidas antropométricas de la mano.

Producto	Mercado	Dimensiones Antropométricas
	Ortésis aplicadas en el ámbito de la salud y el deporte	- Contorno de muslo a 5, 15 y 20 cm de la articulación de la rodilla. - Contorno de rodilla - Contorno de la pierna a 5, 15 y 20 cm de la articulación de la rodilla.
		Forma 3D de la cadera.
		Forma 3D del brazo

Figura 26. Productos personalizados orto-protésicos.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

Producto	Mercado	Antropometría
Gorros/sombreros	Indumentaria	• Contorno de cabeza
Cascos		
Gafas de buceo	Indumentaria y Deporte	• Anchura ectocantus • Distancia Gabella-subnasale
Gafas	Tecnología sanitaria	• Ancho de la cara • Ancho del puente • Distancia selion-oreja
Auriculares	Electrónica de consumo	• Contorno de cabeza • Ancho de la oreja • Altura de la oreja



Figura 27. Productos personalizados relacionados con medidas antropométricas de cara y cabeza.

Tarea 4.2. Definición del procedimiento de diseño de producto personalizado

Se ha establecido el eje central de una metodología de diseño específica para el tipo de producto personalizado objeto de este proyecto donde se gestiona toda la información y todos los protocolos definidos. La información que se implementa en la metodología es la relacionada con la captación de datos de la morfología y de los gustos del usuario así como toda la información relacionada con los procesos de fabricación flexible.

Esta metodología definida será actualizada y mejorada durante la segunda anualidad el proyecto durante el proceso de desarrollo de los demostradores donde se ejecutará.

A continuación se muestra el esquema de la metodología de diseño desarrollada:

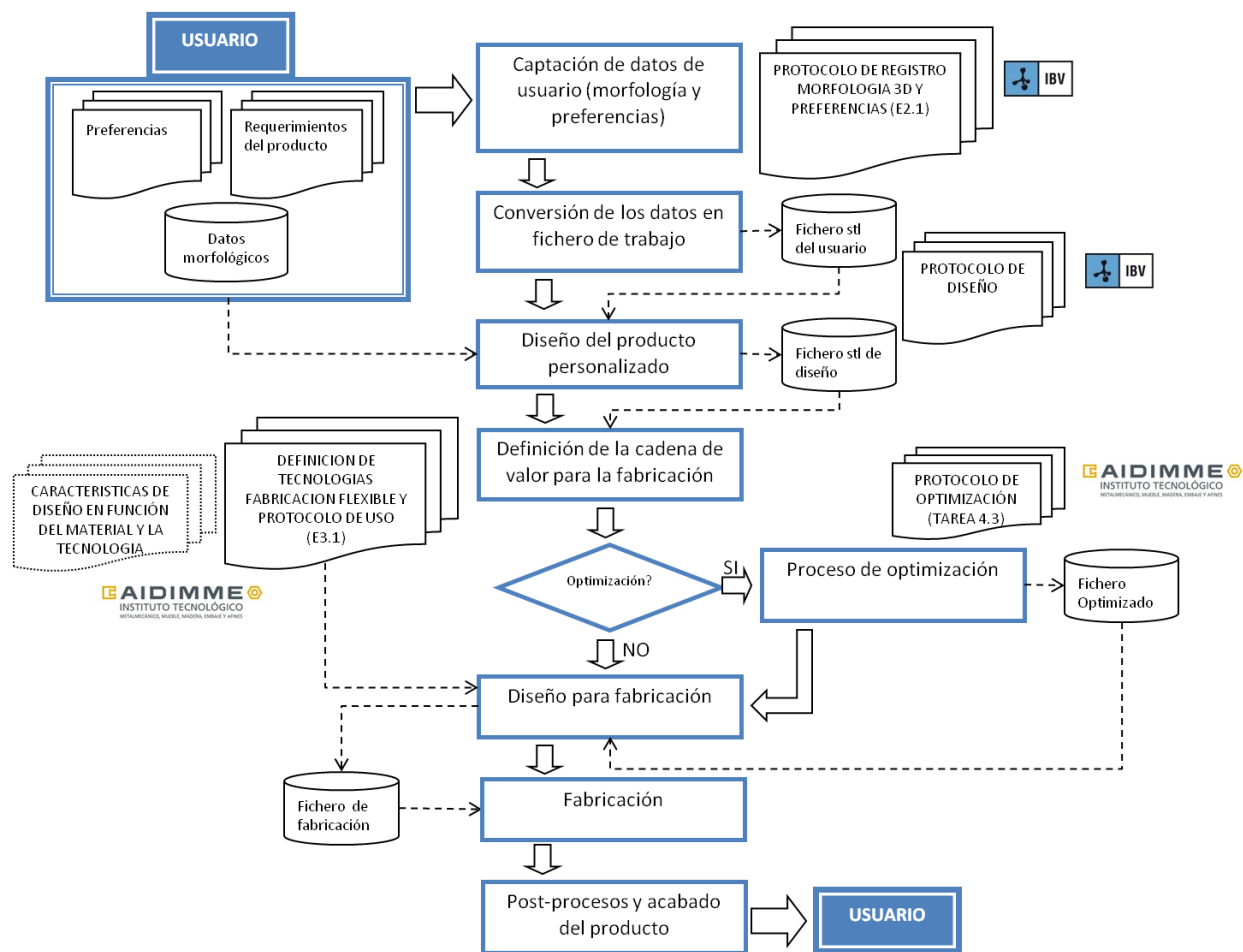


Figura 28. Metodología de diseño

Tarea 4.3. Protocolo de optimización de diseño de productos

Actualmente están apareciendo nuevos software de ayuda al diseño que permite la optimización de diseños en función del comportamiento del producto, como es el software Optistruct² y el software SolidThinking Inspire³. Este tipo de software de optimización es muy adecuado para reducir al máximo el material que conforma un producto garantizando siempre el correcto comportamiento del producto. La gran evolución que están teniendo ese tipo de software se debe fundamentalmente al uso de las tecnologías de fabricación aditiva que dotan de mayor libertad en cuanto a geometrías.

² <http://www.altairhyperworks.com/product/OptiStruct>

³ <http://www.altairhyperworks.com/product/solidThinking-Inspire>

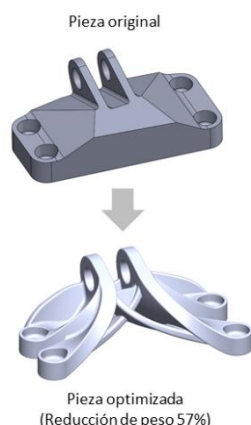


Figura 29. Ejemplo de optimización



Figura 30. Ejemplo de optimización realizada con software OptiStruct

Tanto el OptiStruct como el Inspire forman parte de una plataforma de software muy especializado denominada Altairhyperworks. La diferencia entre ellos es que el software Inspire es una simplificación del OptiStruct donde es posible optimizar la mayoría de los productos en función de un comportamiento mecánica o cargas más habituales. En el caso de tener que optimizar productos sometidos a unas condiciones severas tanto mecánicas como térmicas sería necesario utilizar el OptiStruct. El software Inspire dispone de 2 modos de optimización y el OptiStruct de 6.

El protocolo de optimización desarrollado se centra en el uso del software Inspire como motor del propio proceso de optimización. A grandes rasgos, la optimización de un producto se basa en tres grandes actividades:

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

1. Definir en el fichero 3D de la pieza las zonas que no deben modificarse (zona no editable como son agujeros, zonas en contacto con otros elementos) y la zona de diseño (en esta área se permite eliminar material).
2. Analizar la pieza para conocer exactamente que tensiones se ve sometida la pieza durante su vida.
3. Optimizar la pieza en función de un determinado criterio (mínima masa, máxima rigidez) y en función de las cargas.
4. Suavizar la geometría resultante (con otro software como por ejemplo Evolve⁴ u otro CAD).
5. Validación de la nueva geometría mediante un cálculo resistente.

A continuación se muestra un esquema del protocolo de optimización desarrollado basado en el software de optimización de la plataforma Hyperworks.

⁴ <http://www.hyperworks.com.mx/product/solidThinking-Evolve>

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

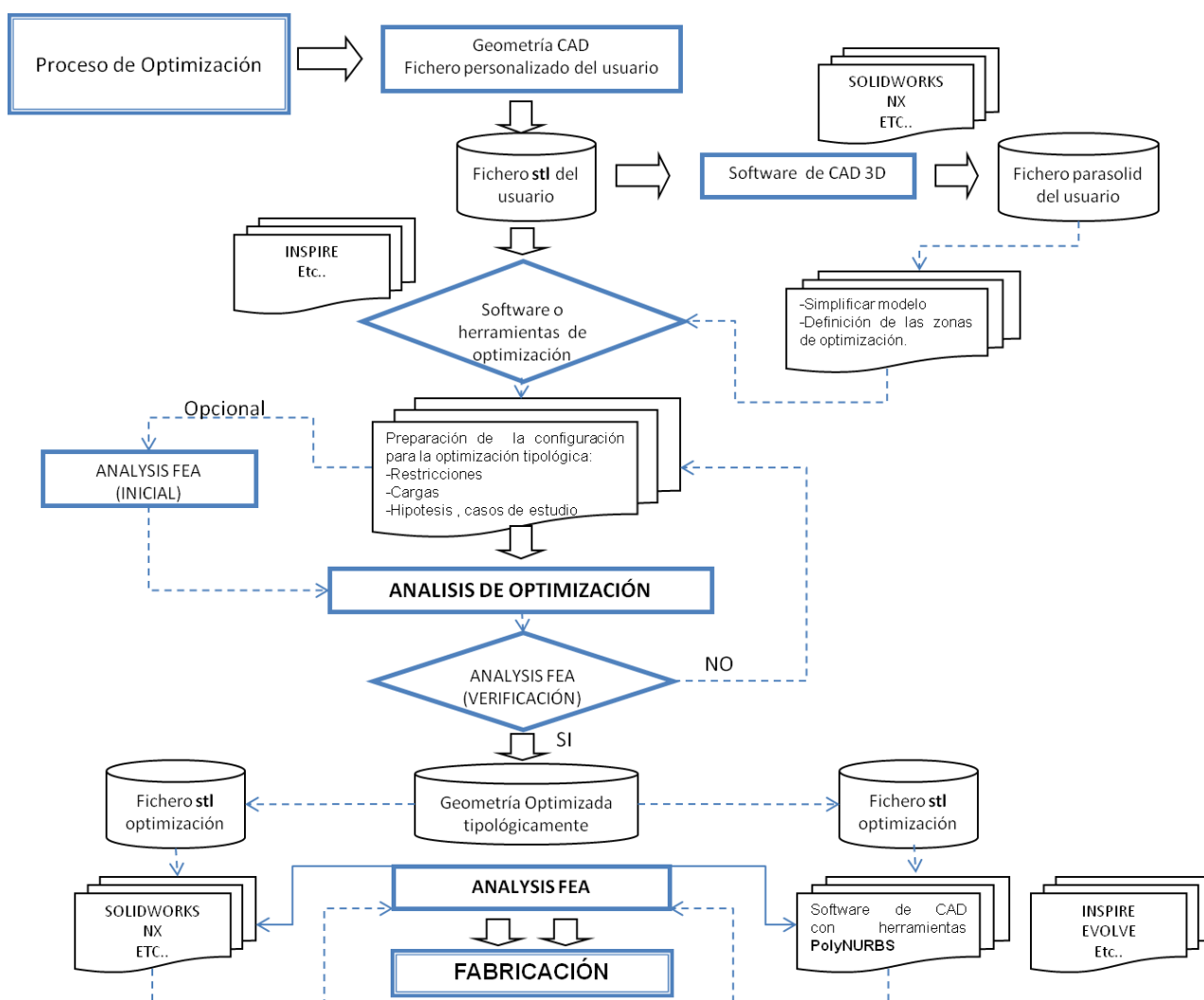


Figura 31. Esquema protocolo de optimización

A continuación de muestra en imágenes del flujo de trabajo establecido con el protocolo de optimización para el caso concreto de una suela de zapato.

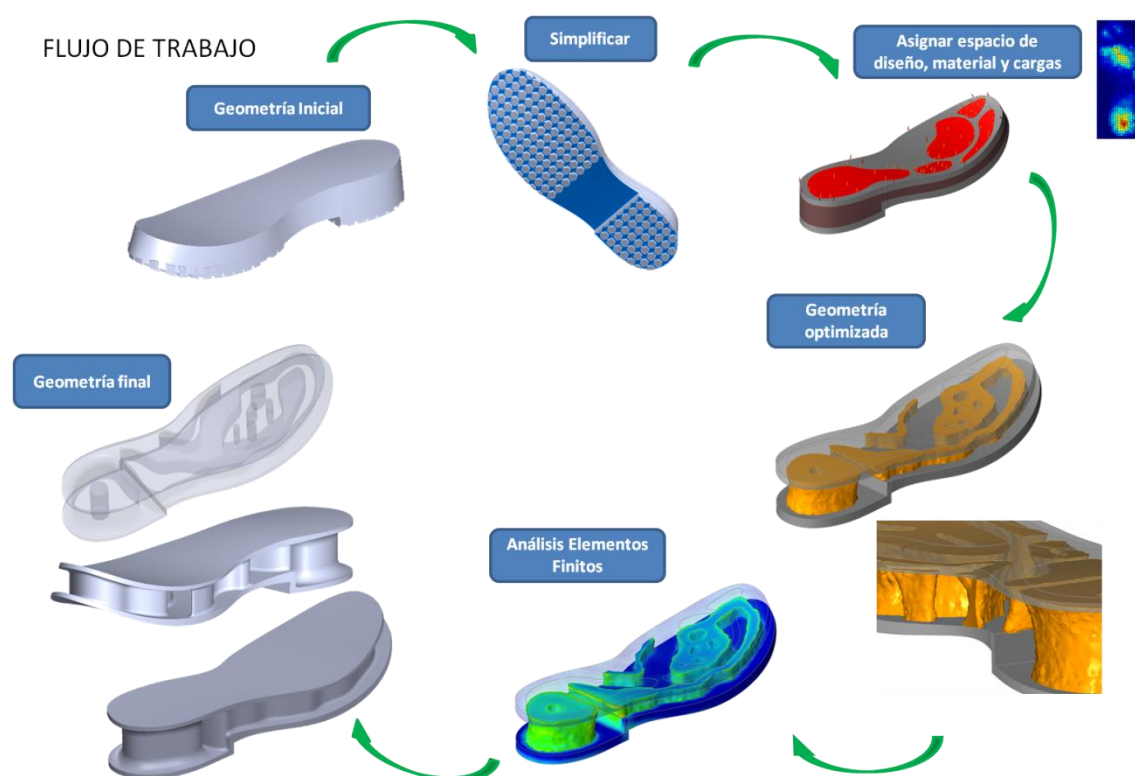


Figura 32. Flujo de trabajo de la optimización de una suela

El protocolo de optimización será actualizado cuando se desarrollen los demostradores durante la siguiente anualidad.

PAQUETE DE TRABAJO 5. SELECCIÓN Y DISEÑO DE DEMOSTRADORES

Tarea 5.1. Selección de demostradores según impacto e industria

A partir de los resultados obtenidos en los paquetes de trabajo anteriores, se han definido los demostradores que aportan una propuesta de valor para el usuario y que tienen transcendencia en el diseño sectorial de la CV. DE acuerdo con estas premisas, se han seleccionado los siguientes demostradores:

- **Personalización de calzado:** El calzado es uno de los productos en los que el usuario da más valor a las propiedades de ajuste y confort y por las que pagaría más dinero. Aunque se han realizado varios proyectos de I+D en personalización de calzado, existen dos barreras fundamentales por las cuales la personalización de calzado no se ha establecido en el mercado:
 - *Captura 3D del pie mediante escáneres de coste y tecnología no viable para tienda.* En este punto, el protocolo de captura desarrollado en el paquete de

trabajo 2, supera esta barrera permitiendo la captura mediante una app móvil o un sistema de imagen con una sola cámara de bajo coste.

- *Procesos de fabricación convencionales* que limitan las posibilidades de personalización. En particular la fabricación de la suela que hasta ahora se realiza mediante el mecanizado de moldes de termoconformado o inyección, no permite la personalización completa del calzado. Los procesos de personalización actuales, utilizan suelas estándar que no pueden adaptarse a las anchuras de pie del usuario. Sin embargo, el avance que está experimentando la tecnología de impresión 3D, ofrece nuevos materiales con propiedades elastoméricas similares a las requeridas en la fabricación de suelas, que hacen pensar que la personalización de suelas de calzado a un coste razonable es viable a corto plazo.
- **Personalización de productos orto-protésico:** En estos productos, el diseño personalizado es fundamental para el tratamiento. En algunos dispositivos más complejos, como las prótesis, la precisión en la adaptación también es importante. Sin embargo, los métodos actuales de captura y fabricación que parten de la obtención de una escayola, presentan serias carencias respecto a la precisión de la información obtenida. En este sector se analizará en primer lugar el proceso de personalización de diversos dispositivos ortésicos para finalmente seleccionar para el demostrador, aquellos en los que la personalización vaya a tener un mayor impacto.
- **Personalización de productos deportivos:** En caso de productos deportivos, el usuario cada vez más busca propiedades que mejoren el rendimiento y confort durante la práctica deportiva. Esto solo es posible mediante la personalización de los productos que hoy en día solo está al alcance de deportistas de élite. En este caso, es importante no solo una personalización morfológica sino también una personalización biomecánica y funcional. El producto estrella en este sector son las plantillas que se adaptan a la anatomía de la planta del pie, al patrón de movimiento y al tipo de deporte que se traducen en diseño que mejoren la absorción de energía, la distribución de presiones, la reducción de peso y lograr buena adaptación dinámica a la planta del pie.

Tarea 5.2. Especificaciones técnicas y definición de los requisitos legales de aplicación.

En base a los demostradores definidos en la tarea 5.1, se ha llevado a cabo una búsqueda de legislación de aplicación a nivel europeo, para conocer con detalle cuáles son los requisitos para comercializar los demostradores en el espacio económico europeo.

Además, se han recopilado las normas europeas/españolas de aplicación a dichos demostradores.

En el caso del **demostrador de calzado personalizado**, la normativa existente no es de obligado cumplimiento y está relacionada básicamente con aspectos de tallaje, calidad y propiedades de los materiales. Por lo tanto, no se esperan dificultades relacionadas con la normativa para la exportación de los procesos de personalización a nivel europeo.

En el caso del **demostrador de productos personalizados orto-protésico**, hay que considerar que se trata de un producto sanitario. Atendiendo a los riesgos potenciales que pueden derivarse de su utilización, y según la normativa regulatoria actual europea, los productos sanitarios se agrupan en cuatro clases: I, IIa, IIb y III, aplicando las reglas de decisión que se basan en la vulnerabilidad del cuerpo humano. En función de estas clases, se aplican los diferentes procedimientos de evaluación de la conformidad, de manera que en los productos de menor riesgo, clase I, la evaluación se realiza bajo la exclusiva responsabilidad de los fabricantes, mientras que en el resto de las clases es necesaria la intervención de un organismo notificado. Los productos orto-protésicos, se consideran productos sanitarios de clase I, con lo que no se requiere realizar una evaluación de la conformidad. Sí que será necesario establecer un control del proceso de diseño y fabricación que asegure la trazabilidad del proceso para el fabricante. Así pues, el diseño de detalle del demostrador de productos orto-protésicos, considerará los aspectos de trazabilidad para cumplir con la normativa vigente.

Al igual que en el caso de calzado, en **productos de uso deportivo**, la normativa aplicable no es de obligado cumplimiento y la mayoría se centra en aspectos de resistencia mecánica y resistencia a impactos. En el caso particular de las plantillas deportivas, no se hay normativa de referencia a aplicar.

Tarea 5.3. Definición de la cadena de valor de cada demostrador

La obtención de un producto personalizado implica el análisis de todos los pasos requeridos de la cadena de valor para la obtención de dicho demostrador, desde la captación de los datos morfológicos del usuario y el registro de sus preferencias emocionales, pasando por el diseño, optimización, fabricación, y post procesos requeridos hasta la obtención del producto final.

Para definir la cadena de valor del proceso de personalización, se han analizado los distintos componentes, los aspectos a personalizar del producto, el proceso de captura de la información, del usuario, el proceso de diseño y el de fabricación

En el proceso de diseño de calzado, se han considerado los siguientes aspectos en la cadena de valor:

- *Información del usuario:* Se introduce a través de la captura de la forma 3D del pie mediante tres fotos, junto con un listado de metadatos (peso, estatura, género y edad).
- *Proceso de diseño:* En el proceso de diseño se considerará la adaptación de la horma de acuerdo a la forma y dimensiones del pie del usuario y el estilo del calzado seleccionado, el diseño del piso, de acuerdo al peso del usuario y tipo de actividad realizando un proceso de optimización que minimice el peso.
- *Fabricación de los componentes:* El desarrollo del demostrador en el apartado de fabricación se centrará en el piso puesto que es el elemento que, a día de hoy, aún no es posible de fabricar de forma personalizada en plazos y costes aceptados en el mercado.

En cuanto al proceso de fabricación de los productos orto-protésicos, el diseño de la cadena de valor propuesto es el siguiente:

- *Información del usuario:* Se propone la captura de la forma corporal a través de sistemas de bajo coste. La captura podrá realizarse del cuerpo completo o de la zona afectada por el elemento ortopédico. En el caso de partir de un avatar de cuerpo completo, que es la aproximación más sencilla si la captura se realiza con un sistema de bajo coste, se deberá establecer un protocolo para aislar la zona corporal de interés para el diseño.
- *Proceso de diseño:* En el caso de elementos orto-protésicos, el diseño de la ortésis suele corresponder un negativo de la forma corporal. Solo en algunos casos, se introducen leves correcciones con respecto a la forma corporal. Sin embargo, estos elementos presentan problemas de confort térmico al tratarse de elementos plásticos pegados al cuerpo. La tecnología de fabricación aditiva e impresión 3D, permite incluir aspectos en el diseño que permitan la transpiración y ventilación, así para aligerar reducir el peso considerablemente.
- *Fabricación de las ortésis:* La fabricación de las ortésis mediante tecnología aditiva, presenta dos aspectos completos: 1) Propiedades mecánicas: Las ortésis tienen que combinar flexibilidad y resistencia con bajo espesor, lo que condiciona los materiales aptos para conseguir una ortésis funcional y 2) Tamaño de las piezas: En las ortésis de gran tamaño, el proceso de fabricación es lento y la optimización de lotes muy baja, con lo que la fabricación aditiva pierde competitividad frente a la fabricación tradicional. En este caso, hay que desarrollar en el proceso de diseño de detalle del demostrador un sistema de diseño modular de la ortésis que permita fabricar el producto por partes.

Respecto al proceso de fabricación de productos deportivos, se ha decidido centrar el demostrador en plantillas deportivas. La cadena de valor propuesta para este producto es la siguiente:

- *Información del usuario:* Al igual que el demostrador de calzado, se propone introducir la captura de la forma 3D del pie mediante tres imágenes junto con un listado de metadatos (peso, estatura, género y edad).
- *Proceso de diseño:* En este caso el diseño de la plantilla contempla varios parámetros: 1) Forma anatómica de la planta del pie para realizar el diseño anatómico, se considerará también el género para tener en cuenta las diferencias de sensibilidad a presiones de hombres y mujeres. 2) Peso del usuario y actividad: Se tendrá en cuenta para definir la rigidez de la plantilla combinando diseño y espesor.
- *Fabricación:* En este caso, hay dos aspectos claves a resolver: 1) Funcionalidad del material que debe combinar resistencia y elasticidad y 2) Costes de fabricación: Para poder competir en el mercado con las plantillas fabricadas en masa.

Tarea 5.4. Diseño conceptual

En esta tarea se han desarrollado las propuestas conceptuales para cada demostrador. Tras una la definición de los requisitos principales a abordar en cada producto, se han planteado propuestas conceptuales para cada uno de los diseños de los demostradores, teniendo en cuenta tanto las limitaciones impuestas por la cadena de valor definida previamente como las especificaciones técnicas.

Diseño conceptual del demostrador de calzado personalizado: En el diseño conceptual del demostrador de calzado, se ha considerado el proceso de compra del futuro teniendo en cuenta la cadena de valor definida en la tarea 5.3 (Figura 33).



Figura 33. Diseño conceptual del proceso de compra para el demostrador de calzado personalizado.

Diseño conceptual del demostrador de productos orto-protésicos: El diseño de este demostrador se ha centrado en las ortésis lumbares y de tobillo, que son las que tienen mayor incidencia detrás de las ortésis plantares. Además, en ambos casos, la pieza de material rígido que se utiliza, debe estar personalizada adecuadamente para generar molestias al usuario. En ambos casos, los productos por tallas no son viables. En ambos casos, se ha propuesto un diseño de la ortésis en partes que facilite y optimice el proceso de fabricación. La resistencia y durabilidad de las piezas fabricadas por tecnología aditiva, es clave para la viabilidad de este producto.

CUSTOM ON BODY: Informe Resumen de resultados y conclusiones del proyecto

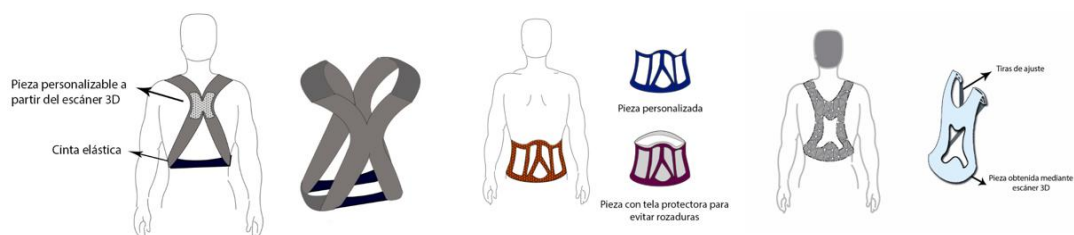


Figura 34. Diseño conceptual de las ortésis lumbares fabricadas mediante tecnología de impresión 3D.

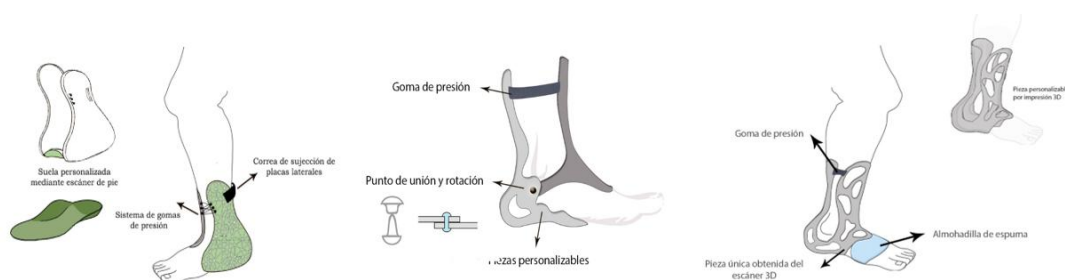


Figura 35. Diseño conceptual de las ortésis de tobillo fabricadas mediante tecnología de impresión 3D.

Diseño conceptual del demostrador de plantillas deportivas: En este demostrador, se ha trabajado principalmente el diseño conceptual de la plantilla que permita tanto una adaptación biomecánica como anatómica. Se han desarrollado dos conceptos, uno basado en el diseño y configuración de elementos anatómicos y otro más complejo, que permite personalizar las propiedades mecánicas del material en función del perfil biomecánico del usuario y el tipo de actividad deportiva a realizar.

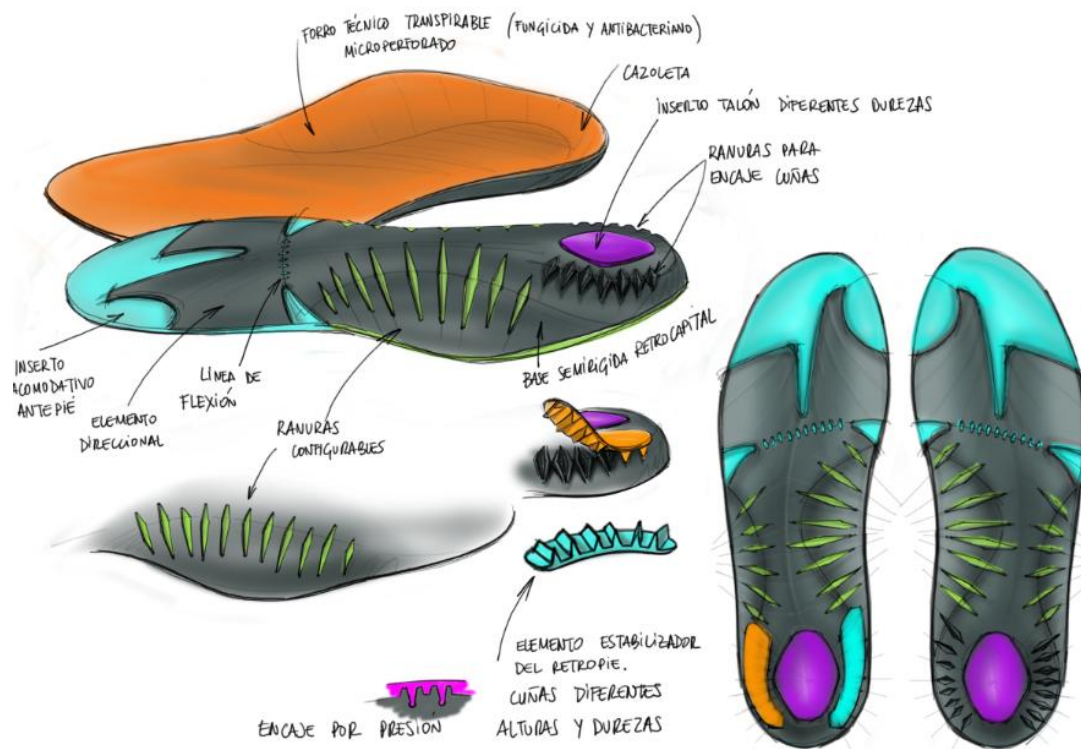


Figura 36. Diseño conceptual de plantillas deportivas incluyendo elementos para la personalización.

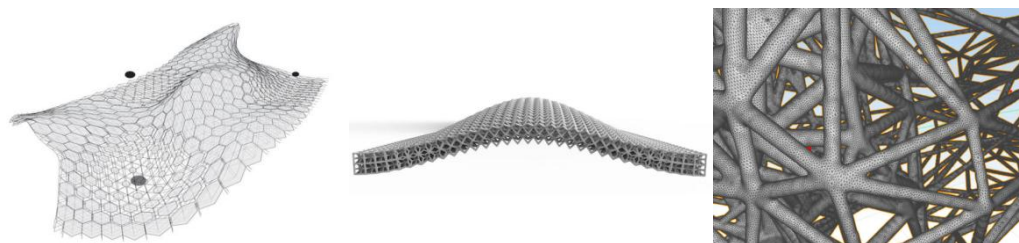


Figura 37. Propuesta conceptual para personalizar las propiedades mecánicas de la plantilla mediante una estructura reticular 3D.