

Creación de una prenda mediante la fabricación digitalizada de superficies impresas en 3D

Creation of a garment by digitized manufacturing of printed surfaces in 3D

Recibido: 03/10/2016 - Aprobado: 21/07/2017

ICONOFACTO VOL. 13 N° 20 / PÁGINAS 194 - 206

DOI: <http://dx.doi.org/10.18566/iconofact.v13.n20.a11>

Autores:

Verónica Betancur Fernández.

Estudiante de la Facultad Diseño de Vestuario, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. vero_veritob1@hotmail.com

Fausto A. Zuleta Montoya

orcid.org/0000-0001-7929-8302 & Scopus Author ID:36571057600

Facultad Diseño de Vestuario, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. fausto.zuleta@upb.edu.co

Resumen: Este trabajo, donde la impresión 3D fue aplicada al diseño de vestuario, buscó evidenciar la experimentación de los diferentes posibles filamentos que brinda el mercado para desarrollos de vestimenta, como el ABS, PLA y TPU con base de poliuretano.

El trabajo se realizó basado en la impresión 3D con el uso de máquinas MakerBot Replicator y MakerBot Replicator 2X, ya que estas usan la tecnología FDM (Modelado por Deposición Fundida), la cual permite crear diseños volumétricos y de esta manera lograr una superficie impresa completamente adaptada al cuerpo humano, para este caso, un torso femenino de talla regular número 8. El logro de estos desarrollos realizados capa por capa y diseñados previamente en un software de modelado 3D, buscó utilizar esta superficie emuladora de un textil para la producción de una prenda vestimentaria que cumpliera con los requisitos de acceso, cierre y sostén de cualquier producto comercial relacionado al vestir.

Palabras clave: impresión 3D, tecnología vestible, diseño de vestuario, vestuario impreso.

Abstract: This work, where 3D printing was applied to the costume design, sought to demonstrate the experimentation of different possible strands provided by the market for clothing developments, such as ABS, PLA and polyurethane-based TPU.

The work was carried out based on 3D printing with the use of MakerBot Replicator and MakerBot Replicator 2 X machines, since these use FDM technology (Fused Deposition Modeling), which allows you to create volumetric designs and thus achieve a surface printed completely adapted to the human body; in this case, a female torso size regular number 8. The achievement of these developments carried out layer by layer, and previously designed in 3D modeling software, sought to use this emulator of a textile surface for the production of a covering garment that complied with the requirements of access, closing and support of any commercial product related to the dress.

Keywords: 3D printing, wearable technology, costume design, printed costume.

Introducción

En el siguiente reporte de caso, que trata sobre la impresión 3D aplicada al diseño de vestuario, se buscará, inicialmente, presentar algunas de las definiciones y referentes necesarios para entender la experimentación realizada. Se abordaron conceptos desde el significado del diseño de vestuario, pasando por la indagación de materiales usados en la tecnología de impresión 3D, hasta llegar a definir procesos específicos para el proyecto. A nivel metodológico, se realizó una experimentación con diferentes filamentos del mercado de la impresión 3D para llegar al más apto o adecuado para el producto, de esta manera, realizar la simulación de un textil. Gracias a algunos referentes internacionales, como son las creaciones de la diseñadora Danit Peleg¹ o los trajes de Iris VanHerper², algunos trabajos del artista brasileño Ricardo O’Nascimento³, o representaciones entre vestido y tecnología de la diseñadora de modas Anouk Wipprecht⁴, se logró validar procesos que buscaron ser el inicio de una prenda basada en el desarrollo de una superficie impresa en 3D,

1 Ver página web de Danit Peleg en: <https://danitpeleg.com/>

2 Ver página web de Iris VanHerper en: <http://www.irisvanherpen.com/>

3 Ver página web de Ricardo O’Nascimento en: <http://www.onascimento.com/>

4 Ver página web de Anouk Wipprecht en: <http://www.anoukwipprecht.nl>

de las cuales solo se encuentran pocos referentes completamente adaptados al cuerpo (Peleg, 2014). Ahora bien, se espera que el conocer y analizar los distintos procesos de impresión 3D ayude a más diseñadores a realizar diferentes experimentaciones para llegar a una superficie final, la cual podrá ser totalmente vestible y realizada bajo los parámetros de la tecnología planteada, lo cual está sobre la mesa en varias compañías mundiales (Hennessey, 2013). Las superficies se realizan bajo el desarrollo de un concepto desde el diseño, que ayuda en este caso a realizar una prenda femenina, producto de la impresión 3D.

La hipótesis con la que se partió fue la de lograr, con la tecnología ubicada en la localidad, una prenda basada en los materiales y procesos de la impresión 3D. Se experimentó con los diferentes filamentos que se encontraron en el mercado nacional: materiales como el ABS (Acilonitrilo Butadieno Estireno), PLA (Ácido Poliláctico), TPU (termoplástico base de poliuretano con denominación comercial Ninjaflex o Filaflex), los cuales permitieron establecer una correlación entre las propiedades de estos filamentos y las características necesarias para la fabricación de la superficie impresa en 3D, para la posterior creación de un *artefacto vestimentario*⁵ (Fernández, 2016). De esta experimentación y basado en las características elásticas, de resistencia, de textura y acabado, que brinda el TPU, este se pudo establecer como el más adecuado para la producción de este tipo de objetos vestimentarios experimentales.

Referentes y definiciones

Los prototipos rápidos y la impresión 3D

Se establece como tecnología en 1984, con la llamada estereolitografía, la cual es patentada posteriormente en 1986 (Ishengoma, 2014). La estereolitografía (SL), es un proceso de impresión que permite que un objeto en tres dimensiones se cree a partir de datos digitales. Esta tecnología para crear un modelo 3D a partir de una imagen digital permite que los usuarios interactúen físicamente con un diseño antes de que se invierta en la fabricación del modelo definitivo. La técnica SL usa un material que se endurece mediante luz ultravioleta. Este tipo de impresión 3D funciona como las impresoras de chorro de tinta, pero en vez de tinta, las impresoras 3D depositan el material deseado en una serie de capas sucesivas, con lo que logran un objeto procedente de un formato digital. En los primeros años esta tecnología resultaba muy costosa y poco usada en el mercado general, pero durante este

5 Entendiéndose desde la definición que la doctora Claudia Fernández hace en su tesis «El vestido como artefacto del diseño» (2016); como artefacto más proximal, con funciones de historia y de uso, además de la experiencia individual que establece al objeto como demostración de la tecnología humana.

nuevo siglo, su aplicabilidad ha sido cada vez más accesible en distintos entornos (Wittbrodt, 2013). Las impresoras SL llegaron a conocerse mucho más a finales de 1980, y otras tecnologías comparables como la de Sinterización Selectiva por Láser (SLS) y la de Modelado por Deposición Fundida (FDM), también conocida como FFF (Fused Filament Fabrication, término registrado por Stratasys) surgieron durante esas épocas como alternativa a la primera (Deckard, 1989), (Miller, 2010). Entendiendo lo anterior, encontramos que hay diferentes tipos de impresoras 3D, donde pueden variar su tecnología, procesos, acabados y materiales utilizados. Los cuatro tipos de impresiones 3D en el mercado son las anteriores tres tecnologías mencionadas y las impresoras 3D por inyección.

Antecedentes proyectuales

El trabajo presentado aquí se inició dentro del FabLab Barcelona, donde se ha trabajado de la mano con el equipo de TechFactoryPlus y XLN. Allí se han experimentado con diferentes impresoras, como son la Makerbot, Prusa y finalmente Witbox, las cuales usan materiales como PLA y el PLA suave. De dicha experimentación se tuvo como resultado cinco piezas vestimentarias, todas ellas se realizaron completamente en impresión 3D, pero con una variación importante, se usó el filamento conocido en el mercado como FilaFlex (García, 2010). Sin embargo, varias de estas máquinas usadas en el inicio, en el mercado nacional colombiano, no se encuentran disponibles, por lo que el reto de recrear una pieza vestible al ciento por ciento era la consigna a realizar dentro del trabajo de grado de diseño de vestuario, de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.

Ahora bien, dentro de las definiciones encontradas sobre lo vestible y el vestido como artefacto, para entender si la tecnología y su materialidad será acorde, se puede entender como una relación de un objeto con el cuerpo. Si lo vestible aparece como una herramienta útil para comprender nuestra interacción con la materialidad, es a partir de la relación entre el cuerpo, los fines y los medios, que comprenderemos el artefacto y sus funciones. Por lo tanto, podemos definir lo vestible como una interfaz y esto sucede por la interacción entre el cuerpo humano, el artefacto y la acción (Fernández, 2015). Lo cual nos establece que el realizar una prenda vestible y realizada por medio de tecnología de impresión 3D cumplirá con los requerimientos materiales y de interfaz que fueron antes mencionados.

Metodología

Para el desarrollo del diseño de un prenda vestible y que permita la relación adecuada del artefacto producto de la impresión 3D, se utilizó el programa de modelado virtual Rhinoceros3D, además de contar con la ayuda de Grasshopper, que es un programa paralelo, el cual ayuda en el diseño paramétrico basado en esquemas de algoritmos y variables que forman el diseño deseado, estos esquemas algorítmicos

se desarrollan y crean un tipo de malla, donde se programan ciertas variables para determinar el diseño volumétrico (Mostafavi, 2013).

La selección de la tecnología se basó en determinar si su uso es más comercial que industrial, como también el hecho de que se trabaja bajo el concepto de la posibilidad de democratizar los diseños, plantear su producción bajo el modelo de diseño libre y posibilitar en un futuro la creación de prendas desde algo un poco más económico desde los tiempos y el coste del material. Se determinó la impresora Makerbot Replicator 2X, la cual es fabricada por MakerBot Industries y utiliza la impresión FDM (ver Tabla 1 dada por el catálogo del fabricante), la cual también es la más usada dentro del contexto local.

Especificaciones Makerbot Replicator 2X

Impresión

Tecnología de impresión: Fabricación con Filamento Fundido

Volumen de impresión: 9,7" de ancho x 6,4" de largo x 6,1" de alto
[24,6 cm x 16,3 cm x 15,5 cm]

Ajustes de altura de capa: Alta 100 micras (0,0039 in)

Media 200 micras (0,0079 in)

Baja 300 micras (0,0118 in)

Precisión de posicionamiento: XY: 11 micras (0,0004 in);

Z: 2,5 micras (0,0001 in)

Diámetro del filamento: 1,75 mm (0,069 in)

Diámetro de la boquilla: 0,4 mm (0,015 in)

Software

Paquete de software: MakerBot MakerWare™

Archivos admitidos: STL, OBJ, Thing

SO compatibles: Windows [7+], Ubuntu [11.10+],

Mac OS X [10.6+]

Dimensiones físicas

Sin bobinas: 19,1 x 12,8 x 14,7 in (49 x 32 x 38 cm)

Con bobinas: 19,1 x 16,5 x 14,7 in (49 x 42 x 38 cm)

Embalaje: 22,75 x 22,75 x 16,75 in

(57,8 x 57,8 x 42,5 cm)

Peso: 27,8 lbs (12,6 kg)

Peso del embalaje: 39,0 lbs (79,7 kg) [Todos los paquetes]

Especificaciones Makerbot Replicator 2X

Temperatura

Temperatura ambiente de funcionamiento:

15°–32 °C (60°–90 °F)

Temperatura de almacenamiento:

0°–32 °C (32°–90 °F)

Sistema eléctrico

Entrada CA: 100–240 V, ~4 amps, 50–60 Hz

Potencia requerida: 24 V CC a 9,2 amps

Conectividad: Tarjeta SD (FAT16, 2 GB máx.)

Sistema mecánico

Chasis: acero con recubrimiento lacado

Cuerpo: paneles de PVC

Plataforma de impresión: aluminio 356

Rodamientos XYZ: bronce de alta resistencia, impregnado con aceite

Motores paso a paso: ángulo de paso de 1,8° con micro pasos de 1/16.

Tabla 1. Especificaciones de la máquina de impresión 3D Makerbot Replicator 2X (MakerBot Industries Catalogue, 2009-2017).

La metodología usada en un principio (Etapa 1) consistió en partir de tres filamentos base para las exploraciones iniciales. Estos materiales fueron seleccionados según su disponibilidad en el mercado: Poliuretano Termoplástico (TPU), Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Ácido Poli-Láctico (PLA). A partir de ello, se evaluó la rotura o flexibilidad de una muestra para cada material con iguales características de dimensiones, forma y espesor.⁶ Cada muestra y con la forma que sería la superficie simuladora de un textil, se les aplicó por medio de aire caliente y una temperatura de 150 °C para revisar su comportamiento. Las dimensiones de las

6 Las directrices metodológicas fueron realizadas desde una base empírica de evaluación y no una norma técnica establecida, la razón de esto se justifica en el proceso proyectual del diseño como proceso único e individual y no desde un proceso investigativo científico.

piezas fueron de 10cm x 10cm para cada material, con el mismo diseño y espesor, para luego realizarles pruebas con calor y analizar los resultados de modificación en cada muestra. Para la evaluación de la rotura de las superficies impresas, muestras de iguales dimensiones, se someterán a dobleces con diferentes ángulos para evaluar los límites de rotura o evaluar la memoria de posición del material.

Luego de evaluar la flexibilidad y rotura de los filamentos, se procedió a analizar el diseño de la superficie a manera de textil, con ello se buscó agregar flexibilidad o movimiento a las muestras, utilizando canales horizontales, verticales o diagonales que permitieran que el doblez de la superficie se realice más fácilmente y natural.

Para la etapa 2, se pretendió validar un patrón impreso como referente; el utilizado fue el de la colección de Danit Peleg de su primera colección, donde utiliza patrones curvos y en zigzag (2014). La idea con ello era encontrar diferencias en tamaño de impresión, para analizar qué tanto puede crecer el patrón para ahorrar filamento en su producción y analizar si aún funciona el patrón a una mayor o menor escala. Esta impresión se realizó con una altura de 1mm, a diferencia de las anteriores que son de 3mm, con el fin de llegar de igual forma a un grosor mínimo similar al de un textil y encontrar un punto de equilibrio que permita su producción (ver Imagen 1).

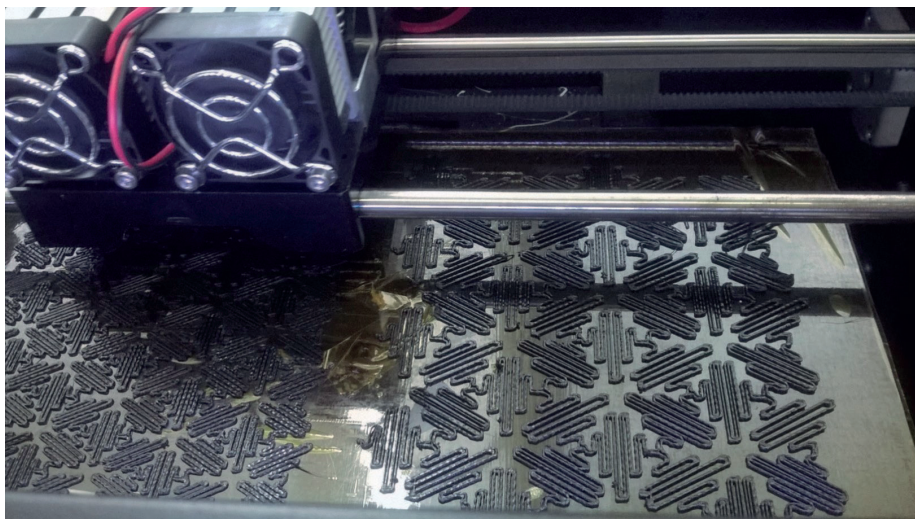


Imagen 1. Impresión de patrón de Peleg en MakerBot Replicator2X con cada material para encontrar el espesor adecuado. Foto: autores.

En la etapa siguiente (Etapa 3), luego de validar la superficie utilizada por Danit Peleg, se procedió a llegar a una superficie original, donde se buscó tener líneas orgánicas que permitieran la elasticidad y movimiento de la superficie en todos los rangos (X, Y, Z) y que simulara mayores características textiles. Se hizo una búsqueda de referentes en la naturaleza conectando con la tecnología de la impresión 3D (biodiseño⁷), para realizar una abstracción de patrones que permitieran la creación de la superficie por medio del uso de la geometría, donde a partir de las figuras básicas como el triángulo, polígonos, cuadrados o círculos se realizan construcciones morfológicas. Estas construcciones se disponían posteriormente para crear una red, la cual permitiría crear algo sencillo o compuesto. Luego de tener diferentes opciones, se escogieron tres diseños diferentes, los cuales podrían funcionar para realizar la impresión. Con ellos, y al realizar varias conceptualizaciones con el diseño escogido o con el patrón seleccionado, se procede a realizar las pruebas de impresión para validar cuál de esas puede llegar a funcionar según lo deseado.

En la etapa 4, se dispuso el uso de las herramientas de modelación 3D (Rhinoceros3D, Grasshopper), para crear la prenda sobre un torso femenino a manera virtual, allí se utiliza el diseño escogido en las dimensiones que fuesen más óptimas para el material y las partes del cuerpo.

Resultados

En la etapa 1, la impresión cumplió con los tiempos calculados por el software para los distintos materiales. Las distintas piezas impresas resultaron con características propias, donde se pudo determinar rigidez, flexibilidad y plasticidad. Solo una de ellas presentó características muy parecidas a las de un textil. Gracias a los parámetros ajustados de la tecnología, se pudieron ver las líneas de la creación capa por capa para distintas muestras, pero esto quiso decir que en algunas muestras la superficie superior resultó muy gruesa y se lograron ver las líneas de construcción del filamento, y en la superficie inferior que estaba adherida a la bandeja de impresión, se logró ver una mejor factura, más lisa y más definida.

La toma de decisión respecto a la selección del material resultó finalmente sencilla por lo antes mencionado, ya que, al realizar los ensayos, dos de ellos se comportaron muy similarmente, mientras que solo uno presentó características homólogas a las de un textil. El mejor material para cumplir con las especificaciones iniciales de vestibilidad y adaptabilidad corporal fue el material TPU. Con este material se realizan distintos ensayos para la impresión, donde se tienen dos resultados: con ayuda en la bandeja (raft) y sin ayuda. El resultado con raft se descarta por el

7 Término referido por Koivunen (2005) o Helms (2009), para explicar la referencia de la naturaleza para el diseño, a nivel morfológico o estético, conectado con el arte, la tecnología y la economía, y no dentro de las especificaciones totales de la biomimética (Benyus, 1998).

hecho de consumir demasiado filamento para la creación de dicha base, siendo esta innecesaria ya que este filamento se adhiere bien a la plataforma, y finalmente el raft es bastante complicado de retirar de la superficie, deteriorando las muestras. Para la prueba que se realiza sin ayuda del raft, se encontró que cumplía con las expectativas y que el filamento presentaba una flexibilidad idónea. De esta primera etapa se determinó que la superficie debe tener un grosor menor y se procedió a realizar ensayos para determinar el punto óptimo.

Otro resultado visualizado fue el de la recuperación de la forma, se realizaron ensayos con calor y posteriormente el material regresaba a su morfología inicial. Ensayos donde la muestra se doblaba hasta los 180° y el material no sufría daño de rotura, lo cual lo describía similar a un textil.

En la etapa 2, se logra validar el patrón utilizado por Danit Peleg, el cual muestra una modulación que permite adaptarse al cuerpo, por la forma en que conecta los patrones. Andreas Bastian, quien diseñó esta modulación utilizada por Danit Peleg, repite un patrón gracias a la figura geométrica inicial, el hexágono.

De aquí se parte para revisar patrones originales en busca de líneas orgánicas y el crecimiento de las capas por capas. La selección del referente para la etapa 3, nos llevó a revisar los corales, que aparecen como una excusa para el planteamiento de este trabajo. La selección del referente para el diseño se explica desde la base del crecimiento del coral, como si de una impresora 3D natural se estuviera hablando, y la selección más específica se suscita por las características de crecimiento, por las modulaciones naturales que se encuentran y las líneas conectadas que pueden dar forma al proyecto, por ello se escoge el coral cerebro.

En la etapa 3, al realizar las primeras impresiones de los diseños basados en el coral cerebro, se encuentra un problema con la Makerbot Replicator: cuando comienza a imprimir, inicialmente realiza líneas y puntos sin sentido, como si el filamento estuviera fallando o enredado, pero no lo está. Lo cual nos demuestra que el diseño debe tener un parámetro mínimo de producción, pues cuando este se sobrepasa aparece el error. Al final, las impresiones pueden verse con errores si el límite es sobrepasado en las primeras deposiciones del material, las cuales están un poco desfasadas de las siguientes capas y se cancela la producción de notarse dicho error. Se concluye que esto podría ser por varias razones: inicialmente se debe rectificar y calibrar la máquina; adicionalmente, se debe establecer que el programa no solo este leyendo las líneas y/o no este leyendo todo el sólido, por lo que se debe ajustar desde el diseño paramétrico en el computador. Y por última parte, revisar los defectos de fábrica del filamento.

Dentro de la experimentación dichas explicaciones fueron descartadas, ya que se realizaron ensayos con otra modulación y otros materiales. Luego de calibrada y rectificada la máquina, se dio inicio nuevamente. El problema persistía y se entendió que el modelo 3D utilizado era complejo y no permitía tanto el movimiento

y flexibilidad como la superficie realizada por Danit Peleg. Las variables de espesor, de diseño y de producción son el punto a revisar en cuanto a la experimentación.

Se desarrolla con un patrón más simple para evaluar la flexibilidad de la superficie. A partir de este patrón más sencillo se comienza a modular de distintas formas, una de ellas fue el rotar la manera que desde un solo punto se llegara a un triángulo. Esta repetición se basa en la forma de modulación de Andreas Bastian, quien también utilizó esta rotación, pero llegó a un hexágono para su modulación.

Se realiza la prueba de impresión nuevamente, variando en los parámetros para intentar corregir la línea de impresión. También se realizan modificaciones en el archivo, se corrige la manera de extrusión y de realizar el desfase de líneas para el grosor de la línea de la superficie. Luego de varias impresiones, el error continuó apareciendo.

Posteriormente, y luego de consultar con algunos expertos en el tema de la impresión 3D y modelado en Rhinoceros, se llega a la conclusión de que quizás sea la escala y el diseño que se está creando, ya que estas impresoras no logran tener un detalle perfecto en escalas tan pequeñas. Algo que se intuía, pero se quería confirmar.

Entonces, se toma la decisión de realizar varios ensayos modificando la escala del diseño. Finalmente, y luego de realizar varias pruebas de impresión, se decide trabajar con el diseño que se experimentó en diferentes escalas y que gracias a sus espacios formados por la modulación permite un movimiento y flexibilidad de la superficie, simulando así un textil.

Para lograr una buena impresión se determina que deben ajustarse los parámetros de velocidad de extrusión y resolución a lo más mínimo, para una mejor calidad. Con estos parámetros todo resultó con éxito y los ensayos no obtuvieron errores (ver Imagen 2).



Imagen 2. Biodiseño del patrón seleccionado basado en un coral cerebro. Foto: autores.

En la etapa 4, para el desarrollo de la prenda se selecciona una categoría de producto del torso a nivel superior, consistente en una prenda básica femenina. La idea es validar el patrón y ver qué tan adaptable es. La prenda tiene un delantero y un posterior que se desarrolla en planos en el programa de modelación 3D Rhinoceros, según las medidas o proporciones del cuerpo humano digitalizado, de una mujer talla 8.

Para el desarrollo de la superficie, se toma el patrón para crear la modulación según la moldería indicada para la prenda. Al tener la prenda en plano, se deben agrupar las secciones según el área de impresión que tiene la impresora para crear cada uno de los archivos que serán ajustados en el software de MakerBot. Una vez se haya ajustado cada uno de los archivos con los parámetros finales definidos, luego de las experimentaciones, se puede proceder a imprimir uno por uno. En total la prenda cuenta con 20 piezas: 10 delanteras y 10 posteriores, formadas por siete archivos. Algunos de los archivos se repiten varias veces para formar la prenda. Cada una de las impresiones se demora aproximadamente dos horas en imprimirse. Al finalizar la impresión de cada una de las piezas, se hace un balance de 33 horas aproximadamente, tiempo necesario para imprimir todas las piezas de la prenda. Al terminar cada impresión se debe pulir cada una de las piezas, ya que al ser un material elástico pueden quedar hilos delgados, por el movimiento de la impresora de un lado a otro. Para unir cada una de las piezas y formar la prenda, se imprime con la misma tecnología un hilo más delgado, es decir que al realizar el proceso de extrusión del filamento la impresora forma un hilo más fino, este será utilizado para unir las piezas y de esta forma toda la prenda será producto de la impresión 3D, sin pegamentos y sin hilos de otro material. Toda la prenda es producto de la tecnología de impresión 3D y tecnologías digitales, como se puede ver en la Imagen 3.



Imagen 3. Resultado final de una prenda totalmente hecha en impresión 3D. Fotos: autores. Modelo L.F. Gómez 2016.

Conclusiones

Después de la experimentación, se puede concluir que es función de los diseñadores encontrar nuevas maneras de desarrollar sus ideas y apoyarse en diferentes disciplinas, en este caso, se une la tecnología con el diseño de vestuario para proponer nuevas formas de producción y creación. La fabricación digital permite la personalización, y aunque esta tecnología hoy en día puede ser bastante costosa para la producción, algún día se podría llegar a la democratización de la tecnología, donde todos tengamos acceso a estas tecnologías que nos permitan diseñar y producir, prácticamente, lo que queramos desde casa.

La impresión 3D en el mundo de la moda y el vestuario apenas está comenzando a realizar alcances y desarrollos, aún falta mucho por explorar y es trabajo, como diseñadores, el ir más allá de lo que se puede imaginar, no solo con la tecnología FDM, sino también con las otras tecnologías de impresión 3D. Esta experimentación con diferentes materiales es importante; el mercado ofrece una gran variedad de materiales de diferentes composiciones, usos y características (color, densidad, elasticidad, rigidez, flexibilidad, etc.), los cuales pueden permitirnos jugar y desarrollar ideas creativas y comerciales en el mercado.

Así como existen personas que valoran la alta costura, el hecho a mano o las artesanías, hay personas que ya valoran este tipo de tecnología en el mundo y puede incorporarse en cualquier industria del vestuario o de la moda.

Cuando se quiere imprimir con tecnología FDM se debe tener en cuenta la escala y el diseño que se quiere realizar, ya que estas impresoras todavía no están diseñadas para realizar mucho detalle en escala pequeña. Además de la escala, se debe tener en cuenta algunos de los parámetros que el proveedor normalmente sugiere para la impresión, parámetros como las velocidades de impresión o temperatura, que por ejemplo en el caso del FilaFlex son 20-80mm/s y temperatura de 230-260°C, esto puede variar según la impresora que se esté utilizando. Se sugiere realizar pequeñas pruebas de impresión antes de iniciar piezas más grandes, con el fin de ahorrar tiempo y material, ya que teniendo los parámetros con los que funciona perfectamente la impresión, se puede imprimir y crear piezas más rápido luego de tener los archivos preparados con los parámetros puestos a prueba.

En el caso del vestuario, a medida que se va creando la prenda, esta se lleva la superficie al cuerpo digitalizado para asegurar que cumpla con las medidas requeridas. Esta es una ventaja de trabajar digitalmente, ya que se pueden realizar correcciones simultáneamente, y se tiene el cuerpo y las medidas para realizar una producción exacta y personalizada. Esto permite que, en cualquier caso, el cuerpo digitalizado pueda modificarse con las medidas de cualquier persona, incluso podría utilizarse la tecnología de scanner 3D y así realizar diseños sobre los cuerpos exactos que lo van a portar.

Referencias

- Benyus, J. (1998). *Biomimicry, Innovation inspired by nature*. New York: HarperCollins Publishers.
- Deckard, C. (1989). *Method and Apparatus for Producing Parts by Selective Sintering*. U.S. Patent 4863538.
- Escobar, C. (marzo de 2013). *Impresoras3d*. Recuperado de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102825479-breve-historia-de-la-impresion>
- Fernández, C. (2016). *El vestido como artefacto del diseño*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Fernández, C. (2015). El vestido dentro del pensamiento del diseño ¿requiere un estudio diferenciado? *Iconofacto*, 11(17).
- García, I. (2010). *Recreus*. Recuperado de <http://recreus.com/es/4filamentos-filaflex>
- Helms, M.; Vattam, S. & Goel, A. (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design Studies*, 30, 606-622.
- Hennessey, R. (2013). *3D Printing Hits The Fashion World*. Recuperado de <https://goo.gl/invYEK>
- Ishengoma, F. y Mtaho, A. (2014). 3D Printing: Developing Countries Perspectives. *International Journal of Computer Applications*, 104(11). 0975-8887.
- Koivunen, H. (2005). *Biodesign products, Co-design with nature?* Joining Forces.
- MakerBot Industries. (2017). *Replicator 2X Experimental 3D Printer*. Recuperado de <https://store.makerbot.com/printers/replicator2x/>
- Miller, F.; Vandome, A. y McBrewster, J. (2010). *Fused Deposition Modeling*. VDM Publishing.
- Mostafavi, S.; Morales, M. y Biloria, N. (2013). Performance Driven Design and Design Information Exchange. Computation and Performance. Delft. Netherlands. *Performative Design*, 2.
- Palacios, J. y Pacheco F. (2013). *Departamento de Tecnología. Materiales plásticos, textiles, pétreos y cerámicos*. Cádiz. España.
- Peleg, D. (2014). *Fashion + 3D Printing*. Recuperado de <http://danitpeleg.com/>.
- Wittbrodt, B.; Glover, A.; Laureto, J.; Anzalone, G.; Oppliger, D.; Irwin, J. y Pearce, J. (2013). Lifecycle Economic Analysis of Distributed Manufacturing with Open-Source 3-D printers. *Mechatronics*, 23(6), 713.