



## Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Arquitectura  
Colegio de Diseño Gráfico

“Gráfica Objetual como herramienta en el proceso de resiliencia de un usuario de prótesis.”

Tesis presentada para obtener el grado de:  
Licenciatura en Diseño Gráfico.

Presentan

Corona Xicotencatl Vicente  
Gomiciaga Hernández Alexander Uriel  
Luciano Felipe Alfredo  
Sánchez Lucero Gisel

**Director de tesis:** Dr. Gerardo Luna Gijón  
**Asesor de tesis:** Mtra. Jaqueline Mata Santel  
Mtro. Benjamín Dueñas Zambrano

Junio 2019



## Agradecimientos

Agradecemos a todos los colaboradores y personas que directa e indirectamente, han brindado su apoyo y creído en nosotros y nuestro proyecto, por ayudarnos a llevar a cabo esta obra que con toda la fe del mundo esperamos tenga consecuencias trascendentales.

A nuestros padres, por estar con nosotros en todo momento, por su apoyo incondicional y su confianza en que tarde o temprano lo lograríamos.

A nuestros hermanos, por sus consejos, su ejemplo, sus regaños y su compañía.

A nuestros amigos, quienes sonreían incrédulos al escuchar sobre nuestro proyecto, por sus palabras de ánimo, por su sorpresa e interés y por su compañía durante toda la carrera.

A nuestros profesores, por su paciencia, por sus enseñanzas y consejos, por no dejarnos caer y por mostrarnos que con la guía adecuada, todo es posible.

A los lectores de esta investigación, por tener la curiosidad suficiente para descubrir algo nuevo en estas páginas y brindar a este humilde equipo la esperanza de que aprenderán de nuestros errores y harán del mundo un lugar un poco mejor.



# Índice

## INTRODUCCIÓN PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

### Capítulo 1

#### Introducción

1. Estética
  - 1.1. Estética en el cuerpo humano
  - 1.2. Amputación
  - 1.3. El ciborg
  - 1.4. Tecnología como extensión del ser humano
  - 1.5. Tecnología y belleza
  - 1.6. Estética de los objetos
  - 1.7. Prótesis de pierna
    - 1.7.1. Historia de las prótesis
    - 1.7.2. Tipos de prótesis
    - 1.7.3. Fisioterapia
  - 1.8. Apariencia
  - 1.9. Psicología
  - 1.10. Gráfica objetual
  - 1.11. Marco contextual
    - 1.11.1. Usuario de prótesis de pierna
      - 1.11.1.1. Localización del usuario
      - 1.11.1.2. Centro de Rehabilitación y Educación Especial
      - 1.11.1.3. El usuario
        - 1.11.1.3.1. Características físicas
        - 1.11.1.3.2. Características psicológicas
        - 1.11.1.3.3. Características económicas.
        - 1.11.1.3.4. Interacción con el entorno.

### Capítulo 2

#### Introducción

2. Análisis de casos.
  - 2.1. Les Baugh
  - 2.2. Enabling the future.
  - 2.3. UNYQ
  - 2.4. Snake Arm
  - 2.5. Terminator
  - 2.6. Conclusión

### Capítulo 3

#### Introducción

3. Introducción
  - 3.1. Empatía
  - 3.2. Define
  - 3.3. Idea
  - 3.4. Conclusión

### Capítulo 4

#### Introducción

4. Introducción
  - 4.1. Prototipo
  - 4.2. Testeo

## Conclusión final del proyecto

## Referencias



## Introducción

Con frecuencia suele prestarse poca atención a problemas de naturaleza social desde el punto de vista del Diseño Gráfico, sobretodo si las posibles soluciones a estos problemas requieren de conocimiento en distintas y variadas disciplinas. Actualmente es imperativo que especialistas en diferentes áreas colaboren para garantizar la eficacia de los proyectos que se desarrollen, por ello en esta investigación se ha buscado desarrollar -a través de un proyecto multidisciplinario- solucionar un problema de carácter social: la relación entre un usuario de prótesis y su prótesis.

Una persona con una amputación puede ver su autoestima afectada, ya que existe la posibilidad de que se le discrimine por su apariencia, aún cuando éste utilice una prótesis. Por otro lado, una prótesis cosmética (que imita la apariencia natural de un miembro humano), suele ser muy costosa y su funcionalidad se ve limitada al ser una pieza rígida.

Un usuario de prótesis suele generar cierto vínculo con su dispositivo protésico, pues éste pasa a formar parte de su identidad corpórea. Este vínculo emocional es muy importante, como indicó la presidenta del Consejo Ciudadano para Personas con Discapacidad, Montserrat Sarda en una entrevista de 2016, que ha mencionado la existencia de usuarios de prótesis que acuden a la Dirección de atención a personas con discapacidad del DIF en el estado de Puebla, que suelen preocuparse mucho por su imagen y cómo se perciben a sí mismos, afectando directamente su autoestima. Además, comentó cómo la prótesis puede establecer un puente comunicativo entre el miembro amputado y las personas a su alrededor, que ayude de manera significativa

el proceso de aceptación de su condición como usuario de prótesis y fortaleciendo el vínculo emocional con esta extensión de su cuerpo.

Con este proyecto se persigue la idea de que, personalizando la apariencia de la prótesis por medio de un proceso metodológico de diseño gráfico, el vínculo usuario-prótesis podría fortalecerse, viéndose reflejado directamente en la autoestima del paciente.

Analógicamente puede compararse con un tatuaje que va acorde a los gustos de cada persona. Sin embargo, no todas las personas aceptarían hacerse un tatuaje. En el caso de la personalización de prótesis no todos los usuarios encuentran la personalización como una solución, pero para quienes estén dispuestos, podría representar mejoría en su condición psicológica y social.

El perfil del diseñador gráfico requiere que sea un profesional con conocimientos variados en distintas áreas y que tenga la habilidad de trabajar en conjunto con especialistas en otras disciplinas, específicamente en este proyecto se requirió de los conocimientos de protesistas, psicólogos e ingenieros, al igual que ha necesitado de una metodología de diseño flexible que se centre en el usuario como persona, es decir, una metodología de enfoque humanista, por ello se eligió el *Design Thinking*, pues cuenta con todas las características antes mencionadas.

Para desarrollo de esta investigación se ha trabajado con un usuario de prótesis, con amputación del miembro inferior por debajo de la rodilla, que ha mostrado interés por que su prótesis tuviera una apariencia distinta que se adecuara a sus gustos, la cual adquirió su prótesis en el Centro de Rehabilitación y Educación

Especial (CREE) del estado de Puebla, Para esta investigación es importante tener en cuenta que la propuesta es únicamente en cuanto a lo estético, pues el diseñador no puede tener injerencia en las cuestiones estructurales ni funcionales de una prótesis. Esto se debe a que el diseño gráfico es un proceso de creación visual con un propósito específico, es decir, que únicamente tiene control de lo visual.

Con esta investigación se pretende probar que dicha intervención gráfica en una prótesis puede tener un efecto positivo en el usuario y para ello se han aplicado pruebas y controles antes y después de la intervención. Las evaluaciones fueron de naturaleza subjetiva y debe de considerarse la opinión del usuario como una evidencia fehaciente, así como el impacto que las relaciones interpersonales han tenido en la investigación.

Se espera que con este documento pueda generarse un proyecto que motive a más personas a emprender iniciativas que tengan un impacto social y solucionen, poco a poco, problemas que afligen a distintos grupos de personas vulnerables.



# Protocolo de investigación



## Situación Actual

Hoy día, la imagen personal y la apariencia se han vuelto importantes, en gran medida por los medios de comunicación y la cultura en general (Martín, 2002). Las personas con amputación y los usuarios de prótesis no son una excepción, también buscan reconocimiento y comunicación a través de su imagen, como cualquier otra persona, sin embargo, esto puede manifestarse de diferentes maneras.

De acuerdo con la Academia Nacional de Cirugía (2015), en México existen 75 nuevos casos de amputación cada día, sin tomar en cuenta a quienes han nacido sin alguno de sus miembros. Para La Sociedad Americana de Ortopedia de Pie y Tobillo (AOFAS, 2016, por sus siglas en inglés) una amputación se define como la separación completa y definitiva de un miembro o extremidad del cuerpo. El miembro perdido puede ser sustituido por una prótesis.

Una prótesis es una herramienta que se utiliza para compensar la pérdida de una parte del cuerpo. El propósito principal de la prótesis es brindar una mejor calidad de vida en la persona con amputación y colaborar con su desarrollo psicológico al crear una percepción de totalidad (Díaz y Dorador, 2010).

Actualmente, existen varios tipos de prótesis que se han desarrollado utilizando diferente tecnología y conocimiento, lo que ha llevado a que sean cada vez más funcionales debido al desarrollo de nuevas tecnologías que han permitido avances significativos en el ámbito. Por ejemplo, la producción de prótesis mecánicas a través de impresión 3D, lo que ha abaratado los costos de producción y facilitado la obtención de estos dispositivos.

Por otro lado, se ha encontrado un significado más profundo en la apariencia y función estética de las prótesis y no sólo en su funcionalidad mecánica. Tal es el caso de *The Alternative Limb Project*, que trabaja en colaboración con ingenieros mecánicos, herreros, y artistas para desarrollar diseños que generan una mezcla entre la apariencia, alta tecnología y expresión artística. (Muio, 2016)

De acuerdo con Martín (2002) los objetos tienen dos funciones: la primaria, que se encarga de resolver el propósito por el cual el objeto fue creado y la secundaria, que adapta el objeto al uso, gusto y características del usuario. En el caso de *The Alternative Limb Project* puede apreciarse cómo se abusa de la función secundaria para generar una necesidad de compra.

## Problema de investigación

Debido a su naturaleza social, el ser humano tiene la necesidad de pertenecer a un grupo para ayudar a la estabilidad de su autoestima; en el caso del sujeto con amputación, es posible que exista un riesgo de exclusión por prejuicios sociales, pudiendo tener consecuencias psicológicas negativas en el individuo (Gayoso, 2010). Por otro lado, los medios de comunicación enaltecen la belleza dando gran importancia a los cánones (Martín, 2002). Una persona con amputación tiene dificultades para cumplir con estos cánones establecidos.

Como los valores asociados con la apariencia son importantes, cuando algún miembro de nuestra sociedad no cumple con estos modelos, sufre una pérdida

de aceptación y por ello se crean problemas interpersonales (Fishman, 1961). Sarda (2016) menciona que las prótesis establecen un puente comunicativo entre el miembro amputado y las personas a su alrededor, si la comunicación es efectiva, ayuda de manera significativa en el proceso de la aceptación de la prótesis y de la discapacidad.

Según Montserrat Sarda (comunicación personal, 10 de febrero de 2016), presidenta del Consejo Ciudadano para Personas con Discapacidad en la ciudad de Puebla, existen distintos tipos de usuarios de prótesis, de entre los cuales muchos le dan una gran importancia a la imagen que reflejan y cómo quieren percibirse a sí mismos físicamente. Son estas personas las que buscan una reintegración a través de la imitación que se logra con el uso de prótesis cosméticas, las cuales imitan al miembro perdido (Bowers, 2002). Eso no significa que todos encuentren una respuesta en esta opción, al contrario, pueden identificarse como alguien con una particularidad, orgulloso de portar una prótesis.

Es posible que algún usuario sienta la necesidad de que su prótesis esté personalizada a su gusto más allá de las medidas, modelo o funciones de la misma. Una prótesis que se adecue a sus necesidades estéticas, únicas y personales.

## Viabilidad y requerimientos

### Recursos humanos

- Vicente Corona Xicotencatl - Tesista
- Alfredo Luciano Felipe - Tesista
- Alexander Uriel Gomiciaga Hernández – Tesista
- Gisel Sánchez Lucero - Tesista
- Monserrat Sarda – Presidenta del Consejo ciudadano para personas con discapacidad
- Directora del CREE
- Trabajadores del área de laboratorio de prótesis CREE
- Mtra. Jaqueline Mata Santel – Asesor de tesis
- Dr. Gerardo Luna Gijón – Director de tesis
- Mtro. Benjamín Dueñas Zambrano – Coordinador del colegio de diseño gráfico de la FABUAP
- Benjamín López Tello - Asesor de impresión 3D
- Mario Josué Pérez Cruz - Asesor de impresión 3D
- Usuario de prótesis de mano y su familia.

### Recursos materiales

- Libros
- Revistas

- Artículos sobre prótesis en formato físico y digital
- Páginas web
- Impresora 3D
- Insumos de impresora 3D
- Computadoras
- Programas: InDesign , Illustrator, Photoshop, Solid Works, VFX elements, Blender.
- Viáticos
- Cámaras
- Lugar de trabajo

### Recursos temporales

- **Otoño 2016:** Culminación del primer capítulo y desarrollo de los capítulos 2 y 3
- **Primavera 2017:** Terminar capítulo 3 y realizar el capítulo 4. Iniciar los prototipos y las pruebas.
- **Verano 2017:** Terminar las pruebas y el prototipo final.
- **Otoño 2017:** Evaluaciones

## Alcances y limitantes

### Alcances

- Aceptación por parte de la persona con quien se va a trabajar
- Render final del proyecto
- Pruebas de impresión
- El diseño de la prótesis y el modelo físico estarán terminados y adecuados a las necesidades de la persona

### Limitantes

- Los resultados medidos serán a corto plazo
- El proyecto deberá estar culminado para abril-mayo de 2018
- El prototipo no rebasará un costo de más de \$5,000

### Delimitación

- Objeto de estudio
- Diseño gráfico aplicado a las prótesis de pierna

## Sujetos de estudio

- Personas con prótesis de pierna en la ciudad de Puebla en la actualidad.

## Delimitación teórica

Fisioterapia. La fisioterapia es parte fundamental de la investigación, pues nos permitirá conocer el proceso de rehabilitación física de la persona con amputación, así como su preparación para el uso de prótesis.

Psicología. Es parte importante en la rehabilitación mental de la persona con amputación, así como en el proyecto nos ayuda a comprender el funcionamiento de la autoestima del paciente y cómo la imagen que percibe de sí mismo favorece en su calidad de vida.

Gráfica objetual. Se encarga de estudiar la interacción de la forma y ornamento de los objetos con sus usuarios y cómo ésta puede alterar la percepción. Se estudiará a la prótesis como un objeto a partir de esta área del diseño

## Delimitación espacial

- Ciudad de Puebla

## Delimitación temporal

- Abril 2016 – abril 2018

## Justificación

La utilización de la prótesis es la primera señal de la capacidad y deseo del individuo de volver a entrar en la sociedad. Como tal, su aceptación y uso es frecuentemente un buen pronóstico de la mejora en el paciente (Fishman, 1961). La falta de comunicación visual con su entorno en usuarios de prótesis es un problema real al que se ha buscado una solución incluso con las limitantes en cuanto a conocimientos sobre la emisión de un mensaje de manera visual por parte de estas personas.

Teniendo testimonios reales de la personalización de las prótesis de manera artística, se puede decir que el apoyo de un especialista en comunicación visual, como lo es un diseñador gráfico, permite que el mensaje emitido por el usuario a través de la prótesis sea funcional y a la vez le permita una vinculación emocional con el dispositivo, aumentando así su autoestima.

El diseño debe cumplir con requisitos específicos de funcionalidad, comunicación, persuasión, construcción, didáctica, estética, filosofía, pero también debe cubrir la parte social, tan importante dentro de la actividad y la profesión del diseño gráfico aprendida y asumida como una gran responsabilidad (Estrada, 2011). De acuerdo a Norman (2004) los objetos que se poseen son expresiones públicas de la identidad, a través de la cual se busca gozar de una buena consideración por parte de los demás.

El diseño determina la naturaleza funcional y morfológica de los objetos y comunica mediante ellos. Busca una problemática a resolver en la integración de la forma de un objeto a su contexto. El papel del diseño grá-

fico en aparatos protésicos no ha sido explorado a profundidad. Una posible razón de este hecho, es el poco interés del diseñador en temas sociales.

Esta intervención ampliará el campo de acción del diseñador en temas más humanos, para ya no solo participar en los temas comerciales, y así ayudar de manera directa, mediante la comunicación social, a personas con problemas de autoestima e inclusión. Los beneficios directos al usuario de prótesis son: disminuir el tiempo de aceptación de la prótesis como parte de sí mismo, reducción de un posible rechazo y aumentar su inclusión social.

## Hipótesis y variables

### Hipótesis

La gráfica objetual aplicada a una prótesis de pierna ayudará al usuario a aceptar su condición y facilitará su proceso de resiliencia.

### Variables

- Gráfica objetual
- Aceptación y resiliencia
- Prótesis de mano

# Objetivos

## Objetivo general

Emplear la gráfica objetual como recurso para la resolución de los problemas de comunicación visual y autoestima de usuarios de prótesis de pierna

## Objetivos particulares

- Establecer las bases teóricas del diseño de prótesis y su impacto en el usuario desde su contexto sociocultural a partir del enfoque del diseño +gráfico
- Analizar casos de estudio donde se aprovecha una prótesis como un medio de comunicación visual
- Generar una propuesta conceptual de prótesis de pierna que resuelva las necesidades comunicativas y emocionales de un usuario
  
- Elaborar físicamente la propuesta conceptual de prótesis de pierna de un usuario y medir los resultados
- Metodología

## Tipo de investigación: Cualitativa

Tipo de estudio: Estudio de caso

## Diseño del estudio

- A. Buscar información sobre prótesis, personas con amputación y usuarios de prótesis
- B. Levantamiento de información con especialistas y con usuarios de prótesis de pierna
- C. Investigar sobre desarrollo de prótesis e impresión 3D
- D. Generar el diseño en conjunto con un usuario de prótesis de pierna en específico.

## Instrumentos que se aplicarán

- Entrevista con especialista.
- Entrevistas con la persona a quien se le diseñará la prótesis.
- Pruebas de impresión de la prótesis en 3D.

Capí-  
tulo

## Introducción

A lo largo de este capítulo se abordará todo el contexto concerniente a este proyecto. Partiendo desde los fundamentos teóricos que lo justifican, como lo son la estética, la protésica y la psicología. De mismo modo se dará a conocer el contexto social y económico en el cual se desarrolla este proyecto y que busca mitigar los problemas que una persona con amputación puede llegar a padecer.

## Estética

En el lenguaje coloquial la palabra *estética* denota lo bello, lo que gusta, parece artístico o armonioso en su forma. La palabra estética deriva del término griego *aisthesis* que quiere decir sensibilidad. Platón definía lo bello, como aquello que causa placer o proporciona una utilidad. Su discípulo Aristóteles, afirmó que lo bello es al mismo tiempo bueno, porque es agradable o útil. Aristóteles, observa y da importancia al placer desinteresado de los sentidos superiores, placer que se experimenta en la contemplación de la obra (Iglesias, 2013).

La interpretación Kantiana sobre la estética, se entiende como la comprensión de la forma y todo lo sensible. No cabe duda que entre forma y estética hay una conexión muy fuerte (Calvera, A. 2007).

Además, como tantos términos que han quedado consagrados por el uso, estética, etimológicamente no

expresa el amplio alcance que, justamente se pretende atribuir a la ciencia que lleva este nombre. Estética es un vocablo que se refiere a lo sensible. El término, pues, no se refiere a la belleza en sí, sino a un aspecto del hombre, del vivir humano (Plazaola, J., 1999)

La postura desarrollada en este proyecto, apela a la relación que establece la estética, entre el objeto, la persona y la capacidad emocional que puede tener del mismo. Esta sensibilidad, sobre todo para los objetos que se consideren bellos, puede generar emociones que desemboquen en una sensación de placer o satisfacción, mejorando la vida del ser humano.

### Estética en el cuerpo humano

A lo largo de la historia el concepto de belleza se ha visto modificado, aún cuando desde hace cuatro mil años se ha mantenido la misma apariencia física; los cambios de patrón estético han respondido a las relaciones entre la imagen y la ideología del poder. Las matronas romanas debían dar ejemplo de dignidad con su sobriedad física; las bellas renacentistas reflejaban en su delgadez la espiritualidad de la época; las nobles francesas de la pre revolución mostraban con sus hábitos pomposos que eran completamente ajenas al proletariado.

El hombre, ha visto reflejadas en su ser leyes coincidentes con las de la estética clásica: la simetría, proveniente de la sensación de ambos brazos; la proporción, procedente de la percepción del eje vertical de nuestro cuerpo, y el ritmo, que tiene su origen en la ejecución de los movimientos. Un ser es bello si su forma perceptible coincide con la idea arquetípica; y es bello en la medida en que realice esa convivencia (Plazaola, J. 1999).

Ha sido posible controlar y modificar el propio cuerpo, imponiéndose así sobre la evolución biológica e influyendo en el resto de la biodiversidad. El cuerpo se visualizó como el exterior de la realidad humana, como su exterioridad material siendo comprendido como una objetivación exterior, un objeto material propio que puede modificarse de diversos modos y a voluntad, a través de hábitos de vida o a través de tecnologías. Esta concepción del cuerpo modificable fortalece los arquetipos o ideales estéticos (Ruiz, 2010).

Si bien la mayoría de las modificaciones son voluntarias, en ocasiones se da de manera involuntaria, perdiendo así los cánones pre establecidos por la sociedad, un ejemplo claro de ello es lo que sucede al perder alguna extremidad, lo cual es conocido como una amputación.

### Amputación

Una amputación se definió como la separación completa y definitiva de un miembro o extremidad del cuerpo. Es una incapacidad que puede afectar a niños, adultos o ancianos ya que puede ocurrir en cualquier momento de la vida, pues sus causas son variadas y muchas veces poco previsibles (Fishman, 1961).

La amputación conlleva un cambio en la imagen corporal, pues afecta la estética del cuerpo a causa de la asimetría que se genera, que en muchos casos va acompañado por un rechazo social, además de terminar en una incapacidad laboral (ANM, 2015). Para una clasificación general, se han dividido estas causas en tres grupos: traumática, congénita y por enfermedad.

### **Traumática**

Este primer tipo de amputación ocurre por accidente, muchas veces de tráfico, durante el trabajo en fábricas o con máquinas pesadas, en desastres naturales o durante la guerra. Los mecanismos de pérdida pueden ser corte, desgarramiento o el aplastamiento del miembro.

En algunas ocasiones el segmento dañado puede volverse a conectar, siempre y cuando ambas partes del daño se traten con las condiciones adecuadas (Echacarrén, Goya y García, 2011).

### **Congénita**

Una amputación congénita es la ausencia o malformación de una extremidad desde el nacimiento. Esto sucede mientras el feto se está formando en el útero.

Este tipo de amputación no suele ser genética y es tratable tan pronto como se diagnostica la condición. Muchas veces para tratarla es necesario hacer cirugía o tener una prótesis (Children's Healthcare of Atlanta Inc. [CHA], 2014).

### **Por enfermedad**

La amputación puede ser necesaria para prolongar la vida de una persona, enfermedades como el cáncer, la diabetes o algunos padecimientos vasculares, en ocasiones sólo pueden controlarse al retirar el miembro más afectado (AOFAS, s.f).

Una amputación de cualquier tipo puede generar un impacto negativo en la persona, debido a la invalidez percibida. El proceso de adaptación a la nueva condición de vida del individuo depende de la reacción psicológica, sus creencias y circunstancias. El uso de una

prótesis, para muchos pacientes, permite facilitar la aceptación de la amputación, aun así, no todos la perciben como una extensión de su cuerpo.

Una prótesis es una herramienta que se utiliza para compensar la pérdida de una parte del cuerpo. El propósito principal de la prótesis es brindar una mejor calidad de vida en la persona con amputación, colaborar con su desarrollo psicológico al crear una percepción de totalidad (Díaz y Dorador, 2010).

La implementación de tecnologías determinadas, que pueden ser para la mejoría de la naturaleza, estéticas o de necesidad, en este caso una prótesis, da paso a un híbrido: el *ciborg*, el organismo cibernético (Ruiz, 2010).

### **El ciborg**

Según Torrijos (2004), el *ciborg* es un organismo cibernético que combina elementos sintéticos y orgánicos, un ser que depende de la tecnología para realizar determinados actos físicos o mentales, además puede emplear la tecnología para recuperar parcialmente o compensar el uso de órganos o sentidos atrofiados, o ausentes. Por tanto, es un aspirante a la normalidad.

Torrijos (2004) cita a Stelarc, quien afirma que el cuerpo biológico es un objeto que se está convirtiendo en obsoleto en un medio ambiente cada vez más tecnificado. Es cada vez más frecuente, el deseo constante de rediseñarlo para conseguir superar sus limitaciones, mediante la confluencia de la naturaleza y la tecnología.

El caso de las personas que hacen uso de una prótesis es claro ejemplo del vínculo existente entre el cuerpo humano y el uso de la tecnología.

### **Tecnología como extensión del ser humano**

Se debe entender como tecnología a cualquier objeto creado y utilizado por el ser humano como parte de un proceso de independización de la naturaleza.

Los objetos son extensiones del cuerpo y espíritu de sus usuarios y por ello desempeñan funciones importantes de representación de la identidad. Los objetos se justifican por la necesidad, cuya satisfacción parece ser más psíquica que física (Calvera, 2007), tal como lo reafirma Norman (2012), los objetos sirven para evocar recuerdos y sentimientos, convirtiéndose así en elementos de alto valor, no por el aspecto monetario, sino por la conexión a cierto punto en la historia personal.

En el caso específico del tema de esta investigación, las necesidades psíquicas corresponden a la búsqueda de una comunicación efectiva realizada a través del objeto, mediante la prótesis. Según Martín (2002), hace tiempo que predomina en la comunicación entre los sujetos y con la naturaleza de una modalidad perversa: la comunicación se realiza solamente a través de los objetos.

Este tipo de comunicación puede ser aprovechado de manera positiva en personas con amputación, al ser utilizado para transmitir mensajes desde su usuario, por medio de un aparato protésico hacia su entorno, debido a que este objeto también es una extensión tecnológica del ser humano, así también un puente de comunicación.

De esta manera el objeto hace entonces de puente entre los interlocutores; se convierte en el diálogo mismo; sin él, no hay comunicación.

## Tecnología y belleza

Conforme a la belleza de lo agradable, el diseño, aún sin ser arte, incorpora la cualidad de lo estético, ha celebrado lo cotidiano y la condición bella de los artefactos útiles (Calvera, 2007). Es decir, es el diseño el que se ha encargado de dar forma a los objetos, en su función, ergonomía y apariencia en general.

Uno de los primeros usos que dio el hombre a la tecnología, fue la decoración de su propio cuerpo y rostro. El arreglo personal tenía un objetivo distinto a la

protección que le daba la ropa, pues no se trataba de un uso pragmático sino de una transformación simbólica mediante pintura corporal, tatuajes y ornamentos. Esta práctica aparece desde muy temprano en numerosas civilizaciones primitivas y puede estar relacionada con objetivos rituales o bien simplemente estéticos (Yehya, 2012).

Yehya (2012) retomando ideas de Henshilwood y Marean, escribe:

*“La ornamentación personal con cuentas y pintura corporal con pigmentos son medios de almacenamiento externo de símbolos que pudieron haber sido usados para establecer su identidad cultural”*

La apariencia física comenzó a cobrar una gran importancia y la tecnología prometía remediar los defectos del cuerpo, aquellos elementos que limitaban el placer de la contemplación, con lo que volvían al sujeto más deseable (Yehya, 2012).

La relación entre un ciborg y su prótesis y a su vez de la prótesis con la sociedad, debería ser facilitada por la apariencia de ésta, pues así se genera un mayor vínculo emocional tal y como menciona Scruton (1987) en su obra *La experiencia estética. Educación estética y diseño*:

“Con el dominio de las apariencias de cuanto nos

rodea, buscamos un estilo, un orden, una disposición capaz de satisfacernos en su contemplación. En este punto la apariencia pasa a conjugarse con el fenómeno estético como un intento por adaptarnos sensiblemente a nuestro entorno.”

## Estética de los objetos

La estética de lo cotidiano es aquella que se vive en la experiencia cotidiana de los objetos. Desde el principio los objetos tienen asociados otros valores que han permitido la diferenciación cultural (Calvera, 2007). Esto es fácilmente visible en la sociedad, puesto que conservamos objetos no solo por su apariencia o funcionalidad, sino por los recuerdos que nos evoca.

## Diseño de los objetos

Calvera (2007), menciona que Richard Fischer en su artículo *Wie kommt ein funktionalischer Designer zum Thema Ornament?* defendió que el ornamento desencadena una serie de sensaciones que desempeñan funciones importantes en dos tramos del proyecto: el nivel relacional de representación de las funciones prácticas (el lenguaje del ornamento es simbólico) y el nivel emocional de representación de las figuras decorativas (el lenguaje del ornamento es afectivo). El ornamento establece una conexión entre la razón y la emoción, amplía la naturaleza emocional de los afectos y, por lo tanto, acerca el artefacto al mundo de referencias de cada uno.

El diseño tiene la posibilidad de acabar con el cliché estético y acercarlo a la vida (Calvera, 2007). Puesto que los objetos pueden llegar a ser simbólicos, lo cual hace

más humanos que aquellos que se someten exclusivamente a un orden funcional, ya que los primeros representan al individuo en su posibilidad histórica y cultural, contrariamente a los objetos funcionales que lo entienden como un devenir técnico, descontextualizado de la memoria de un tiempo.

A través de los objetos damos cuenta de nuestra humanidad que desea, que piensa, que habla. El hombre se interroga sobre su destino sus relaciones sociales y culturales a través de la relación con los objetos. La relación con ciertos objetos expresa realidades secretas del individuo, lo que se encuentra fuera de su autorrepresentación cognitiva (Calvera, 2007).

Por lo cual es importante tomar en cuenta todos los aspectos mencionados cuando se plantea el uso de una prótesis, pues con el tiempo y el uso se vuelve parte importante de la vida del usuario. Más allá de la vanidad y frivolidad relacionadas a la mejora del aspecto estético de una persona, el que el usuario pueda elegir cómo su prótesis luce se vuelve un derecho que no debe subestimar, pues contribuye a la mejoría de la autoestima (Kaczkowski, M. y Jeffries, E., 1999) y al proceso de adaptación a la adversidad ante un trauma, también conocido como resiliencia (APA, s.f).

## Prótesis de pierna

Para la AOFAS (2016), una prótesis es una herramienta que se utiliza para que una persona compense la pérdida de una parte de su cuerpo. El uso de una prótesis deriva siempre de la amputación, la cual puede tener causas distintas y muchas veces ser la única solución a problemas clínicos.

## Normativa de prótesis

Los aparatos protésicos son considerados por la ley mexicana como dispositivos médicos los cuales son insumos para la salud y, por lo tanto, están regulados y normados a través de los siguientes ordenamientos: (Montes de Oca. 2005).

- Ley General de Salud.
- Reglamento de Insumos para la Salud.
- Suplementos de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos.
- Reglamento de la Ley General en Salud en Materia de Publicidad.
- NOM-137-SSA1-2008 Etiquetado de Dispositivos Médicos.
- NOM-241-SSA-2012 Buenas Prácticas de Fabricación para Dispositivos Médicos.
- NOM-240-SSA1-2012 Instalación y Operación de la Tecno-vigilancia.
- Ley de Comercio Exterior.
- Acuerdos a la importación /exportación.

Estas normas contemplan cada aspecto legal de la manufactura, etiquetado y distribución de los dispositivos médicos, así como la calidad de los establecimientos productores y sus operarios.

En cuanto a prótesis de pierna se aplican las normas pertinentes en cada rubro contemplado por la ley mexicana. Para fines de este escrito, vale la pena destacar lo siguiente:

- Parte importante para la obtención de un registro sanitario, necesario para operar comercialmente, es la inclusión de diagramas e instructivos que describen la funcionalidad y composición de la prótesis (Artículo 265, Ley

General de Salud, Diario Oficial de la Federación, 2007).

- Para la manufactura y distribución comercial se requerirán de los títulos y certificados escolares pertinentes (Artículo 200, Reglamento de Insumos para la Salud, Diario Oficial de la Federación, 1998).

Los materiales y técnicas de manufactura serán evaluados por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios para poder obtener el registro, el cual puede recibirse siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos por la ley (Ley General de Salud, 1998).

Derivado de estas leyes se entiende que mientras se compruebe ante las instancias pertinentes que el establecimiento de manufactura cumple con los requisitos sanitarios requeridos y que el producto no representa un riesgo para la salud del usuario final (ya sea por un material tóxico, una mala funcionalidad a causa del diseño o un defecto no contemplado), el registro será posible.

Es imposible tener una normativa general de prótesis de pierna que establezca cada parámetro a seguir ya que las hay de varias formas y tipos, con diferentes usos y funcionalidades. La existencia de dicha normativa limitaría las posibilidades en cuanto al diseño de prótesis se refiere. En resumen, dentro de los aspectos pertinentes en este ejercicio y que vigila la ley mexicana es la biocompatibilidad del producto final. Debe entenderse, según la RAE, por biocompatibilidad como "*Ausencia de reacciones alérgicas, inmunitarias, etc., en el contacto entre los tejidos del organismo y algunos materiales*". (2014).

Todas estas normativas son de gran importancia para el desarrollo de cualquier prótesis, sin importar su uso o propósito, ya que se debe cumplir los paráme-

tros estipulados por el estado para poder producirse de manera legal.

## Historia de las prótesis

El avance en el diseño de las prótesis corresponde al avance tecnológico y el entendimiento de la anatomía humana a lo largo de la historia.

La primera prótesis de la cual se tiene registro, data de hace más de 4,000 años, fue hallada en una momia egipcia y sustituyó un dedo del pie del usuario. Se cree que su propósito era brindar una sensación de "completitud" antes de su función (Norton, 2007).

Gracias al manejo de hierro, fue posible la creación de prótesis más resistentes y capaces de soportar objetos pesados, por ejemplo, el general romano Marcus Sergius, durante la guerra Púnica (208-202 a.C) fabricó una mano de hierro con la cual portaba su espada (Dorador, Ríos, Flores y Juárez 2004).

Hace 600 años se forjó la mano de Alt-Ruppin, la aportación fue significativa ya que era la primera prótesis que flexionaba los dedos de manera pasiva. (Díaz y Dorador, 2010), pero es hasta el siglo XVI que el médico militar francés Ambroise Paré desarrolló el primer brazo artificial móvil al nivel del codo; Paré también lanzó la primera mano estética de cuero, con lo que da un nuevo giro a la utilización de materiales para el diseño de prótesis de miembro superior. Es hasta 1946 cuando se crean sistemas de propulsión asistida, dando origen a las prótesis neumáticas y eléctricas. Un sistema de propulsión asistida es aquel en el que el movimiento es activado por algún agente externo al cuerpo (Dorador et.al. 2004).

El siguiente gran salto en la prótesis, es dado hasta 1960 en Rusia, con la creación de las prótesis mioeléc-

tricas. Esta opción protésica se basa en enviar la señal de control mediante pequeños impulsos eléctricos extraídos de las masas musculares del muñón. A finales del siglo XX la función de estas prótesis se limitaba a abrir y cerrar una pinza (Loaiza y Arzola, 2011).

La primera prótesis registrada en México, le perteneció al General Antonio López de Santa Anna, quien perdió la pierna en combate, ésta fue tallada en madera y estaba articulada. También existen registros de algunas fábricas que se dedicaban a la manufactura de prótesis en 1924, pero fue hasta inicios de los 40's cuando empezó una etapa en la que diversos grupos clínicos motivaron y patrocinaron la creación de los primeros talleres dedicados al diseño, fabricación y adaptación de sistemas protésicos. En ellos se utilizaba como materiales principales la madera y el aluminio (Hernández, 2008).

Durante la década de 1960 se fundó el Instituto Mexicano de Rehabilitación, en el cual se pretendía rehabilitar completamente a los discapacitados, tanto de México como de América Latina, además se formaban técnicos en el diseño, fabricación y adaptación de prótesis, utilizando materiales como nylon, aluminio y resinas plásticas poliéster. El instituto fue cerrado en 1984. (Hernández, 2008).

En México existen distintas instituciones, dedicadas a la manufactura de diversos tipos de prótesis y que ya se han mencionado en el primer apartado del marco contextual de este capítulo.

Los avances tecnológicos contemporáneos han permitido incluso la aplicación de prótesis impresas en 3d, siendo una perrita la primera usuaria (El Universal, 2016). Asociaciones como Markoptic y Robohand México

tienen como misión la inclusión social de personas con miembros amputados mediante la creación de dispositivos protésicos accesibles.

## **Tipos de prótesis**

### **Estéticas**

Desarrollada para solucionar la estética que genera la ausencia de un miembro amputado, no responde a la necesidad de movimiento y agarre (Brito, Quinde, Cusco y Calle, 2013). Su uso beneficia en actividades como marcha o carrera, además de dar estabilidad al usuario y una correcta alineación de los miembros inferiores mientras se realizan tales actividades (Serra s.f.); es realizada con materiales ligeros como PVC rígido, látex o silicona (Brito et. al. 2013).

### **Mecánicas**

Una característica de las prótesis mecánicas es su control por medio de un arnés que es sujetado desde el hombro, parte del pecho y brazo (Loaiza y Arzola, 2011), en este se encuentra una liga que permite generar la apertura o cierre de la pieza que responde ante la relajación o tensión de los músculos (Dorador et.al 2004). Cumple con funciones como la apertura y cierre de la mano, además de limitar su capacidad a sostener objetos grandes y contar con poca precisión (Brito et. al. 2013) debido a que la pieza es cubierta con un guante que otorga una apariencia más estética, sacrificando la interacción con objetos pequeños. El tamaño y número de ligas dependerá de las necesidades particulares del usuario (Dorador et.al. 2004).

### **Eléctricas**

Trabaja a través de motores eléctricos además de una batería recargable. Su sistema de control puede ser: servo control, botón pulsador o interruptor con arnés (Loaiza y Arzola, 2011), las que se pueden combinar para mejorar la función (Dorador et.al. 2004). Tiene como desventajas el alto costo en mantenimiento y reparaciones, además del peso y la baja tolerancia a climas húmedos (Brito et. al. 2013).

### **Neumáticas**

Su combustible es el ácido carbónico comprimido, el cual aporta altas cantidades de energía. La desventaja es el riesgo en el uso de este material (Loaiza y Arzola, 2011), además de los altos costos de mantenimiento y lo poco práctica de transportar debido al tamaño de sus controles y aparatos, que logran su correcto funcionamiento (Brito et. al. 2013).

### **Mioeléctricas**

Las prótesis mioeléctricas surgieron en Rusia, aproximadamente en el año 1960, siendo colocada de manera exclusiva a amputados de antebrazo. El control de la pieza se da por la detección de una pequeña señal eléctrica a través del movimiento de contracción o flexión de un músculo que contiene una fuerza de 5 a 20 microvoltios. Con el uso de sensores de electrodos se puede detectar dicha señal en la piel del usuario, lo cual es traducido en el sistema de la prótesis, el cual permite que se realicen las funciones deseadas, demandando así menor esfuerzo del usuario (Dorador et.al. 2004). Entre sus beneficios se pueden contar su precisión fuerza y velocidad que combinan con una estética más natural (Brito et. al., 2013). Hay dos maneras de poder sostener

la pieza en su lugar: bloqueo de tejidos blandos-esqueleto y la succión. En la actualidad es el estilo de prótesis más usado por la facilidad en su uso (Dorador et al. 2004).

### **Híbridas**

Los usuarios con amputaciones o deficiencias trans-humerales, que comprenden desde arriba del codo, son candidatos a este estilo de prótesis, que realiza una mezcla entre las acciones corporales y las eléctricas (Dorador, 2004), donde el mando se divide en dos: el área del codo es controlada por las acciones del cuerpo y el área del gancho o mano por el impulso mioeléctrico (Loaiza y Arzola, 2011).

### **Avances tecnológicos en prótesis**

Los dispositivos desarrollados a la fecha, son mucho más livianos, se elaboran con plástico, aluminio y materiales compuestos, para proporcionar a los amputados dispositivos más funcionales.

Además de ser dispositivos más livianos y estar hechos a la medida del paciente, el advenimiento de los microprocesadores, chips informáticos y la robótica permiten que los amputados recuperen el estilo de vida al que estaban acostumbrados en lugar de regresarles sólo una funcionalidad básica o un aspecto más agradable (Norton, 2007).

Los expertos opinan que la clave de las prótesis del futuro radica en el perfeccionamiento de la inteligencia artificial (AI, por sus siglas en inglés). La inteligencia artificial ya se utiliza en rodillas de fácil ajuste; fabricantes como Otto Bock, Seattle Systems y Endolite han realizado progresos en esta área. Las manos artificiales se fabrican ahora con sensores en las yemas de los dedos

para controlar la fuerza de agarre.

Existen otras posibles aplicaciones. Por ejemplo, se está realizando una investigación sobre sensores insertados en los forros para encajes, que unen la prótesis a la extremidad residual, que se adaptan automáticamente a la fluctuación del volumen corporal. Una tecnología de sensores parecida a ésta también podría conseguir que los pies artificiales se tensaran y relajaran para adaptarse a la variación de la resistencia y la velocidad, y así hacer posible el uso de una misma prótesis para realizar varias actividades.

El mayor obstáculo aún por superar es reproducir la complejidad de todos los movimientos de una extremidad con el uso de la tecnología actual. Aunque se ha progresado mucho, hay varios factores relacionados entre sí que todavía tienen que solucionarse, como la fuerza, la velocidad de reacción, la amplitud de movimiento, el peso y la durabilidad. El principal objetivo a la hora de resolver estos problemas es la integración total de mente, cuerpo y máquina (Dupes, 2004).

### **Fisioterapia**

La palabra Fisioterapia proviene de la unión de las voces griegas: *physis*, que significa naturaleza y *therapeia*, que quiere decir tratamiento. Por tanto, desde un punto de vista etimológico, fisioterapia o *physis-therapeia* significa "Tratamiento por la Naturaleza", o también "Tratamiento mediante Agentes Físicos" (Organización Mundial de la Salud, 1958).

La OMS define a la fisioterapia o Terapia Física como una profesión libre, independiente y autónoma de las ciencias de la salud dedicada al estudio de la vida, la salud y las enfermedades del ser humano desde el punto de vista del movimiento corporal humano, se caracteriza

por buscar el desarrollo adecuado de las funciones que producen los sistemas del cuerpo, donde su buen o mal funcionamiento, repercute en la cinética o movimiento corporal humano.

La Fisioterapia interviene cuando el ser humano ha perdido o se encuentra en riesgo de perder o alterar de forma temporal o permanente el adecuado movimiento y con ello las funciones físicas mediante el empleo de técnicas científicamente demostradas.

Según la Asociación Nacional de Amputados de España (ANDA s.f), el paciente amputado adulto, una vez que tiene conciencia plena de su amputación y el alcance de la misma, tiene que volver a realizar actividades funcionales con la parte residual de sus extremidades y es precisamente en este momento cuando la presencia del fisioterapeuta en la misma cama hospitalaria se hace más necesaria y útil por varias e importantes razones. Una de ellas es que el fisioterapeuta será uno de los primeros profesionales que hará al paciente una valoración exhaustiva. La otra razón coincide con el comienzo de las movilizaciones,

*"no solo de las partes residuales de los miembros amputados, sino también las partes sanas, pues debido al tiempo transcurrido desde el acto de la amputación en sí, éstas presentan falta de fuerza". (ANDA s.f)*

También es importante para la preparación física de una persona con amputación antes y durante el uso de prótesis para su correcta adaptación a las extremidades residuales.

## Apariencia

La apariencia de las prótesis en su inicio no fue tan relevante como puede ser hoy en día, debido a que históricamente, las prótesis solamente eran consideradas funcionales si ellas permitían a los individuos ejecutar tareas físicas, permitir que el cuerpo se moviera, o permitir cualquier número de funciones activas, las cuales no eran posibles de ejecutar sin una prótesis.

Esta perspectiva ha cambiado en los últimos años, y muchos proveedores del cuidado de la salud ahora reconocen la funcionalidad de las prótesis cosméticas, además de su increíble alto porcentaje de éxito en el proceso de rehabilitación psicológica al facilitar el proceso de resiliencia; sin embargo, la industria todavía tiene un largo camino que recorrer (Kaczkowski, 1999).

## Prótesis cosméticas

La prótesis cosmética es el arte de hacer que las extremidades artificiales parezcan reales. Estas han cambiado espectacularmente desde la época en que una mano "cosmética" podía ser un trozo de madera tallado en forma de mano hasta la actualidad, en que las manos artificiales parecen tan reales que mucha gente ni siquiera puede distinguir las de una mano verdadera (Bowers, 2002).

Existen diversos materiales y técnicas que se usan para hacer una prótesis cosmética que ofrecen ventajas y desventajas relacionada el grado de realismo. Las prótesis cosméticas convencionales son fabricadas en serie y de varios tamaños estándar que se hacen normalmente de silicona o de polivinilo clorado (PVC) (Bowers 2002).

Además de las prótesis estándar existen algunas hechas a medida, que suelen ser de algún tipo de si-

licona de calidad variada, éstas ofrecen muchos más detalles. *"Si el aspecto es importante, no hay comparación"*, afirma en una entrevista de Rick Bowers (2002) a William J. Hanson, presidente de Liberating Technologies, Inc., una empresa que proporciona tanto productos convencionales como cubiertas o fundas cosméticas de silicona a medida y de alta definición para extremidades protésicas.

*"Pueden dotarse de detalles impresionantes, como pecas, venas, pigmentación de la piel, vello e incluso tatuajes, si se quiere" [...] "Las mujeres pueden desear esmalte de uñas, lo que puede conseguirse sustituyendo las uñas de acrílico por las de silicona que suelen venir con las cubiertas. El objetivo es emparejar lo más posible a la extremidad no afectada mediante una apariencia natural".* Rick Bowers (2002)

Algunas empresas han diseñado técnicas para garantizar que las prótesis cosméticas se parezcan a la extremidad residual. Sin embargo, aunque los productos y las técnicas han avanzado mucho, todavía pueden ser mejorados (Bowers, 2002). No obstante, debe evitarse el empleo de prótesis estéticas y estimular a la utilización de dispositivos protésicos de trabajo, dado que la mano estética carece de toda utilidad funcional, con lo que el amputado la olvida y acaba utilizando tan sólo su miembro residual indemne (La O. 2005).

## Intervención artística

*The Alternative Limb Project* nace de la observación que realizó Sophie de Oliveira Barata acerca de la oferta de prótesis. Notó que existía gente que buscaba prótesis realistas y funcionales, que normalizaran su físico.

También encontró que había una oportunidad de crear prótesis que se desviaran de esta meta, ofreciendo una opción diferente, que permitiera a los usuarios autoexpresarse a través de su prótesis (Moret, 2013).

El proceso de creación comienza con una entrevista con los clientes, donde se consultan sus deseos y se colabora en determinar los objetivos del producto final. Para ello pide que otorguen tantas imágenes como les sea posible, que pueden abarcar un sin fin de temáticas y sirvan como una guía visual. De Oliveira revisa cada imagen o recurso, dando una conclusión de lo que se quiere. Determina recursos como colores, textura, composición y aquello que quiere proyectar el usuario en la prótesis (Moret, 2013).

En las prótesis, hay tres puntos básicos que consideran: comodidad, actividad y estética (Chester, 2016), como si fuese un rompecabezas, combina los elementos y presenta bocetos iniciales, para conocer la opinión y mejorar (Moret, 2013). Esta información es usada también por ingenieros eléctricos, herreros y aerografos (Muoio, 2016), hasta llegar al producto final, donde cada prótesis tiene una forma y concepto distinto, una obra de arte única (Moret, 2013).

Con el diseño personalizado de prótesis, De Oliveira busca abrir un diálogo acerca de la diversidad de la forma del cuerpo y su evolución, la aceptación de la pérdida de un miembro y dar al usuario la capacidad de sentir que la prótesis no es un elemento aparte, sino una parte de su persona. (Chester, 2016)

## Psicología

La psicología, según la Asociación de Psicología Americana (APA, s/f) es *"El estudio científico del comportamiento de los individuos y sus procesos mentales"*

La psicología, al ser una ciencia de gran alcance, se subdivide en diferentes rubros y especialidades. De éstas pueden destacarse dos:

**Psicología de la personalidad:** Los psicólogos de la personalidad estudian las diferencias entre los individuos en rasgos como la ansiedad, la sociabilidad, la autoestima, la necesidad de logro y la agresividad.

**Psicología social:** Los psicólogos sociales estudian la forma en que la gente se influye entre sí. Exploran temas como las primeras impresiones y la atracción interpersonal; la manera en que se forman, mantienen o cambian las actitudes. (Charles G. y Maisto A, 2005)

Estos dos campos de la psicología estudian efectos presentes en los individuos con amputación, ya que la amputación puede ocasionar circunstancias negativas causadas tanto por el dolor físico, como por la invalidez percibida. Así como aceptar la realidad de vivir con dicha deformidad (Gayosso, 2010).

Estas consecuencias diferirán dependiendo de la personalidad del individuo, sus creencias y circunstancias. Este proceso psicológico de duelo y aceptación da paso a la resiliencia del individuo con amputación a su actual condición de vida.

### **Autoestima**

La autoestima es un conjunto de conceptos e ideas sobre personalidad, apariencia y comportamiento dirigidas evaluativamente a uno mismo (Bonet, 1997). Un individuo puede percibirse a sí mismo a nivel sensorial; puede razonar sus pensamientos y actitudes, así como su apariencia física. Todo esto puede llevarlo a generar ideas y sentimientos en torno suyo (Bonet, 1997).

Al ser los humanos seres sociales, se necesita del

grupo para mantener estable la autoestima. En el caso de las personas con amputación, existe un riesgo de exclusión social, lo cual puede amenazar la necesidad de la persona de ser respetado y respetarse a sí mismo.

En sociedades consumistas como esta, es normal que se enaltezca la belleza y la salud, Esto puede amplificar el impacto que, para la imagen corporal, supone una amputación y la persona puede sentir un daño más grande que el de su pérdida funcional.

Por otro lado, una amputación conlleva más circunstancias negativas que las causadas por el dolor físico y la invalidez percibida, debe también considerarse el daño subjetivo que nazca de su nueva situación, así como del estrés emocional resultado de tener que aceptar que dicha situación no ha de cambiar (Gayosso, 2010).

Al ser una persona con amputación sometida a estas presiones, es posible que su autoestima baje. Las personas de baja autoestima, además de hacer notar una autovaloración negativa, suelen infravalorar sus acciones e intenciones, aun cuando éstas sean correctas. Si la persona desarrolla auto conceptos desfavorables su calidad de vida puede disminuir (Escalante, 2004).

### **Resiliencia**

La resiliencia es la capacidad de afrontar las adversidades y salir de ellas con un aprendizaje y una fortaleza nueva.

Forés y Grané (2008) establecen los pilares de la resiliencia como

- La confianza
- La autoestima
- La introspección
- La independencia

- La capacidad de relacionarse
- La iniciativa
- La creatividad
- El pensamiento crítico

Estos valores claves pueden encontrarse más en algunas personas que en otras, ya que varían fuertemente de la personalidad y las circunstancias.

También se conoce al *proceso de resiliencia* como el proceso de duelo y aceptación. La amputación supone una pérdida y por tanto un duelo que no se limita únicamente a la pérdida del miembro, si no que se extiende a otras pérdidas que conlleva la amputación: pérdida de capacidad física con limitaciones funcionales, pérdida de comodidad por presencia de dolor, astenia o vivencia de miembro fantasma y pérdida en la apariencia física muy mediatizada por la estética.

El duelo, que pasa por diferentes etapas, es el proceso que permite que el individuo se superponga a esta adversidad. Inicialmente se tiende a negar el problema. Es la *fase de negación* más evidente en las amputaciones traumáticas o inesperadas. Después aparecerá la rabia, es la *fase del enfado*, con irritabilidad y búsqueda de culpables, una vez superada, la persona con amputación entrará en una *fase de regateo*, en un fútil intento de posponer la amputación o de "recuperar algo". Posteriormente, la rabia es sustituida por la tristeza, apareciendo un ánimo depresivo, es la *fase depresiva* y la más complicada de este proceso de adaptación, pues puede llevar a cuadros de depresión severa e incluso pensamientos de muerte.

Superada esta situación, llega la *fase de aceptación emocional* que permite afrontar la situación y adaptarse a las nuevas circunstancias.

Este proceso, a pesar de ser complicado y doloroso para quien lo vive, es normal y necesario en el caso de las personas con amputación. También es muy importante la forma en que se realice el duelo y cómo se elabore, pues existe riesgo de desarrollo patológico si este duelo no se hace, o se hace mal, y de ello van a depender las consecuencias psicológicas de la amputación (Gayosso, 2010).

### **Gráfica objetual**

Si bien han existido intentos, en la actualidad no existe un término formal que describa de manera completa la correlación que existe cuando se interviene de manera gráfica un objeto. Como se ha encontrado en la investigación, existe una forma coloquial, que puede ayudar en la tarea de nombrar a dicha actividad, gráfica objetual, la cual parte de lo siguiente:

Gráfica, que se representa por medio de figuras o signos. Objetual, que utiliza como material objetos reales, manipulándolos o dándoles una nueva significación (RAE, 2014).

Otra forma de definir el término es entendiendo al grafismo como la expresividad de lo gráfico en cualquiera de sus manifestaciones y por ende a la gráfica objetual como el grafismo aplicado en objetos sin alterar su función.

Aunque los objetos son creados en su mayoría para satisfacer una necesidad funcional, el mercado se ve motivado al consumo cuando el objeto también satisface la necesidad estética, lo que constituye un medio para conseguir ubicar socialmente un producto (objeto) en el mercado, basado en las pautas consumistas del comprador, siendo ahí donde la gráfica objetual actúa

con mayor claridad. (Calvera, 2007).

La gráfica objetual forma parte del diseño, el cual determina la naturaleza funcional y morfológica de los objetos y comunica mediante ellos. Por lo cual gráfica objetual puede resolver la integración de la forma de un objeto a su contexto, al aprovechar que los objetos pasan a formar parte de la comunicación dentro la cultura visual, y que tienden a evolucionar en signos (Martin, 2002).

### **Funciones de la gráfica objetual**

De acuerdo a Jorge De los Santos, Martínez N. y Máximo O. (2014), en su investigación de tesis de grado "Grafica Viva: Integración de la gráfica al objeto" los objetos funcionales que nos rodean y utilizamos diariamente en nuestras vidas, fueron concebidos bajo principios conocidos como "funciones primarias de los objetos", las cuales permiten que el objeto cumpla su función y satisfaga la necesidad del consumidor.

Quiroga (2005) afirma que las funciones primarias de los objetos son tres: función de comunicación, función estética y función de uso. Las características propias de cada función, determinan la forma, la funcionalidad y el significado del objeto. Estas funciones se interrelacionan para concebirlas como un todo, que normalmente por su grado de integración, no logran distinguirse por separado (De los Santos, et al 2014).

### **La función de comunicación**

Es la capacidad de la forma para comunicar significados convencionalizados, ubicados en el marco de referencia del receptor, satisfaciendo necesidades innatas, influidas por la cultura, para comunicarse con el entorno a través de su aspecto por medio de signos ob-

jetuales y conceptos gráficos. Por tanto; la función del diseñador, según Yves Zimmermann, será traducir significaciones verbales a los correspondientes signos visuales, del mismo modo que un traductor traduce un texto de un idioma a otro (Calvera, 2007).

### **La función de uso**

Esta función satisface un complejo de necesidades innatas, mediatizada por los productos, la capacidad de la forma para ofrecerle al usuario adecuación óptima a respuestas psicomotoras esperadas. Wucius Wong (2011) señala que "La función se hace presente cuando un diseño debe servir un determinado propósito".

### **La función estética**

Capacidad de la forma de afectar el gusto, según condicionantes emocionales, racionales y culturales de la percepción. De acuerdo a Quiroga (2005) es comunicación eminentemente connotativa que satisface las necesidades innatas de satisfacción perceptual, emocional y racional. La gráfica objetual está visiblemente presente en las funciones estéticas y de comunicación.

### **Marco contextual**

En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reportó en 2010 que el número de amputados en el país era 780 mil personas. Mientras que la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2012, registró que son más de 5 millones de personas las que tenían alguna incapacidad para desplazarse, aunque sin distinguir si han sufrido una amputación. Por otra parte, la Academia Nacional de Cirugía reportó que se amputó algún miembro a 75 personas en México por día. Los da-

tos en 2014 mostraron que hubo cerca de 900 mil amputados en México, la mayor parte de ellos tienen alguna incapacidad, e incluyó personas de todas las edades. Esta es la población que se debe atender, para lograr su rehabilitación.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), sólo atiende a los amputados por accidentes laborales, que son la minoría de los pacientes que sufren amputaciones. En cuanto al Desarrollo Integral de la Familia Nacional (DIF) ha realizado un papel importante en la rehabilitación, cuenta únicamente con 11 unidades, donde han fabricado 400 prótesis anualmente, debido al bajo presupuesto con el que cuenta la institución. Por otro parte, el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), proporciona prótesis a 120 pacientes por año. El Hospital Militar también participa en la rehabilitación de amputados, pero no proporciona datos sobre el número de pacientes que atiende. El Centro para la Rehabilitación Integral de Minusválidos del Aparato Locomotor (CRIMAL) IAP Querétaro, es una institución privada que produce prótesis para 130 pacientes al año. Mientras que el Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT) no tienen fabricantes de prótesis, emplean a proveedores externos, quienes llegan a producir prótesis para 775 pacientes al año.

Considerando los datos presentados, es patente que en el país la producción de prótesis no llega a 1,500 por año. De modo que, si cada año hay más de 27 mil amputados, eso significa que la mayor parte de los pacientes no reciben algún tipo de prótesis. Esta situación representa un problema de salud y económico muy importante, que no es atendido de manera integral (Vázquez, 2016).

Otro problema relacionado con los pacientes amputados, es la falta de personal capacitado para su aten-

ción y rehabilitación. En este sentido el INR tuvo una licenciatura que cerró, dejando un vacío en la capacitación de personal en el área, lo cual se vio reflejado en el déficit de fabricantes de prótesis, que no sobrepasan de 3 mil personas con el grado técnico para realizar la producción de las piezas, quienes se conjuntan con los 150 licenciados en el área de la rehabilitación a amputados que ejercen la profesión (Asamblea Nacional de Medicina, 2011).

La principal patología que ha causado amputaciones es la Diabetes Mellitus Tipo (DT2), que se refiere como enfermedades vasculares, que conformaban el 81% de los casos. Por otra parte, las amputaciones traumáticas representaban el 16%. En este tipo de pacientes el periodo de latencia es muy corto, generalmente se acompaña por un rechazo del paciente de su condición. Otro gran grupo de causas de amputación es por tumores malignos o por causas congénitas, que representan el 3% de los casos. Sólo 1 de cada 10 personas con miembros amputados se rehabilita, y de ellos, sólo el 30% sabe usar prótesis.

Las causas más frecuentes de amputaciones traumáticas son: Exposición a fuerzas mecánicas, otros accidentes, transporte motorizado, quemaduras y contacto con animales. En cuanto al lugar en el que ocurren estos accidentes, se presentó que: 51% no está documentado, 1% ocurre en la escuela; 27% en casa. Del total de amputados, el 75% de los que sufren amputaciones traumáticas son hombres (Vázquez, 2016).

En cuanto al costo directo de la amputación se presentó que en el caso de los amputados por DT2 era en promedio de 30,000 a 60,000 dólares; mientras que el costo de las amputaciones de mano, sin prótesis, era de 30,000 dólares (Asamblea Nacional de Medicina, 2011).

De manera específica, en el estado de Puebla habitaron 224,090 personas con discapacidad, de las cuales 119, 109 entraron en la clasificación para caminar o moverse; en el municipio de Puebla existieron 46,977 personas con discapacidad, de las cuales 24,327 entraron en la clasificación para caminar o moverse, de acuerdo a los datos obtenidos en 2016 por el Consejo Estatal de Población de dicho estado.

Cabe mencionar que hasta 2017, ni el Consejo Estatal de Población ni ninguna otra institución ha integrado una base de datos que concrete una estadística definitiva sobre personas con amputación y menos aún amputación de pierna, por lo cual los datos presentados con anterioridad son aproximaciones, aún así, esta información presenta un panorama de personas que podrían ser candidatos potenciales a utilizar una prótesis de pierna.

Como la *Amputee Coalition* señaló en su sección de preguntas para amputados nuevos (2015), la prótesis es una herramienta que puede sustituir la extremidad perdida. Si bien no es fundamental para el desarrollo del usuario, ha facilitado la realización de actividades deportivas, cotidianas o en la estandarización de la apariencia física, por ejemplo, a través del uso de funda estética, que ha dado oportunidad al usuario de tener una sensación de completitud después de la amputación.

### **Usuario de prótesis de pierna**

Con el fin de poder tener un contexto de un usuario con discapacidad, se realizó una investigación, donde a través de un proceso etnográfico se conoció a una persona que vive con una amputación y a quién se enfocó el proyecto, con la finalidad de dar una aplicación real.

### **Localización del usuario**

Para poder realizar una aproximación a un usuario de prótesis, conocer su contexto y poder contextualizar el problema planteado a lo largo del capítulo, se procedió a la búsqueda a través de instituciones públicas enfocadas al apoyo de personas con discapacidad. En la ciudad de Puebla uno de los principales es el Centro Municipal de Equinoterapia y Rehabilitación Integral, por sus siglas CMERI, fundado en 2013 y que ofrece terapia ocupacional, de lenguaje, hidroterapia y equinoterapia, entre otras más, a menores de escasos recursos (Hernández, 2013), donde se asistió a una consulta y a través de este se logró el contacto para generar una cita en Centro de Rehabilitación y Educación Especial.

### **Centro de Rehabilitación y Educación Especial**

El Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE por sus siglas), ubicado en Calle la calera S/N Col. Lomas de San Miguel, forma parte de la red de rehabilitación del estado de Puebla, el cual tiene como misión rehabilitar y dar atención médica y psicológica a personas con alguna discapacidad o con el riesgo de una, además de a sus familias, con el fin de que se integren a la sociedad de la mejor manera posible.(DIF, 2016).

Dentro de esta institución se atienden a personas de cualquier edad, ofreciendo consultas especializadas en las áreas antes mencionadas, servicios de oftalmología y odontología, terapias: ocupacionales, de lenguaje, físicas, para ortesis y prótesis; trabajo social, centro de tecnología adaptada y laboratorio de ingeniería biomecánica.

Esta institución es coordinada por la doctora Patricia Corona Montoya, con quien se realizó una entrevista

ta el día 9 de febrero de 2017 y quien localizó entre sus pacientes activos, un usuario de prótesis de pierna con quien se trabajó (D.I.F. Estatal).

### **El usuario**

El usuario es un adolescente, alumno de sexto año de educación primaria y quien en 2014 sufrió una amputación traumática debido al estado de gravedad de la pierna derecha, luego de un descuido cerca de las vías del tren que se ubican a menos de cien metros de su hogar.

A través de diversas entrevistas informales realizadas en los meses de febrero, marzo y abril del 2017 con la madre de familia se conoció esta información.

### **Características físicas**

El usuario es un hombre de 13 años, con antecedentes de anemia y enfermedades relacionadas, quien se desarrolla acorde al promedio de los jóvenes de su edad. Mide 1.60 y crece de manera constante, por lo que la prótesis que emplea debe ser calibrada en promedio cada seis u ocho meses para adaptarse a las necesidades de su cuerpo. El tipo de amputación que tiene es transvital, debido a que se encuentra debajo de la rodilla, lo cual permite que él pueda emplear un socket como contacto directo con el muñón.

### **Características psicológicas**

Debido al cuadro de salud que ha presentado toda su vida, el usuario sufrió de un cuadro de depresión y fue tratado por el psicólogo, lo cual se vio complicado con la alta tasa de faltas y su correspondiente baja del curso escolar. Después de un tratamiento constante fue dado de alta, poco antes de que el accidente sucediera.

En cuanto ingresó al CREE se retomaron las sesiones de terapia psicológica, ayudando en el proceso de resiliencia y la transición a la adaptación después de su accidente. A pesar de ello, el usuario mostró oposición a usar la primera prótesis que se le otorgó y el proceso de rehabilitación física se vio complicado. No fue hasta siete meses después de la entrega de la pieza protésica que el usuario la empleó por primera vez, coincidiendo con la restructuración de la pieza.

Si bien la condición psicológica del usuario ha mejorado, cada vez que requiere un cambio de socket o de la prótesis completa, al sentirse incompleto, opta por quedarse en casa sin salir de un cuarto en específico, padeciendo de cuadros de depresión de diferentes grados, siendo interrumpidos al momento en que puede volver a emplear la prótesis.

### **Características económicas**

El usuario vive en Santa Margarita, ubicada al principio del municipio de Amozoc de Mota, por lo que la colonia aún colinda con algunas colonias de la ciudad de Puebla.

La colonia es habitada por gente de clase media baja, dedicada a oficios dentro de la ciudad. La casa del usuario cuenta con techo de concreto en su construcción principal, mientras que el baño, el cual se encuentra aparte, está techado con lámina. Cuentan con servicios básicos como son agua y electricidad, el piso de la casa en algunas zonas cuenta con piso de mosaico, aunque en su mayoría es de concreto.

La cabeza de familia es el padre, quien se dedica a la transportación de materia prima, la madre es ama de casa y el hermano mayor apoya en el sostén de la familia gracias a un trabajo como coordinador de nave

en una empresa de materiales eléctricos y de construcción. Acorde a la clasificación AMAI actualizada a 2017 la familia corresponde al nivel socioeconómico D+, el cual corresponde al 19% de la población mexicana.

### **Interacción con el entorno**

Debido a sus antecedentes, el usuario es un chico retraído, tiene pocos amigos y procura no hablar mucho. Su mayor interacción, aparte de sus padres, es con su hermano mayor de 21 años, quien lo ha apoyado en el proceso de recuperación. De ahí cuenta con dos o tres amigos cercanos y sus primos, quienes le buscan constantemente y lo incluyen en las actividades familiares, aún así intenta salir en la medida de lo posible a ver los partidos de fútbol de su hermano o con su familia, aunque su condición sí es determinante para la socialización no solo de él, sino de toda la familia.

### **Conclusión**

El tema de investigación de este proyecto es bastante amplio y puede abordarse desde el punto de vista de muchas disciplinas. En cuestión de la disciplina del Diseño Gráfico, es importante conocer la mayor parte de los aspectos relacionados con las personas con una discapacidad como la amputación.

De manera resumida, se mencionó a la estética como una búsqueda del ideal de lo bello y distintas definiciones que se le han atribuido a través del tiempo, para finalmente aterrizarla en la implicación que tiene con el cuerpo humano, así como la manera en que las modificaciones corporales se han visto envueltas en esta búsqueda de la belleza vinculada a la percepción

propia. También se aclaró que las modificaciones corporales no siempre son voluntarias y que existen distintos tipos de amputaciones que afectan a las personas de diversas maneras, desde su nacimiento o por causas accidentales, pero que gracias a la vinculación tecnológica, es posible dar paso a soluciones que permiten a las personas recuperar parte de su movilidad y de su sensación de completitud.

Al igual que la estética está vinculada al ser humano y éste a la tecnología, fue pertinente mencionar la relación entre la belleza y los objetos, tomando en cuenta en cómo la estética y la tecnología ayudan a mejorar aspectos en la vida de un persona con amputación a través de una prótesis.

Se dio un breve repaso por la normativa de las prótesis en nuestro país así como de la historia de las prótesis. La investigación también llevó al análisis de los distintos tipos de prótesis existentes y su funcionalidad, así como los aspectos de la fisioterapia que han permitido el desarrollo de estos dispositivos.

De la misma manera, se realizó un repaso por la apariencia visual que suelen tener las prótesis, teniendo de manera relevante a las prótesis cosméticas y también a las intervenciones realizadas de manera artística a usuarios específicos, y las consecuencias positivas que este aspecto genera en los usuarios al tomar en cuenta aspectos psicológicos como la autoestima y la resiliencia.

Para lograr relacionar los términos involucrados con la belleza y la tecnología, se retomó el nombre de: Gráfica Objetual, definida por la intervención visual que pueden tener los objetos y que responden a necesidades comunicativas y estéticas en beneficio de los individuos.

Finalmente se expuso de manera general la situación de personas con amputación en el país y en el estado para aterrizarlo en el caso específico que se aborda en esta tesis, se mencionaron aspectos socioeconómicos, psicológicos y contextuales.

En el próximo capítulo se muestran casos relacionados con el tema de investigación como antecedentes de gráfica objetual aplicada en distintos tipos de prótesis.



Capitolo  
2

# Introducción

## Análisis de casos

A lo largo de la historia, la manufactura, funcionalidad y aspecto visual de las prótesis ha evolucionado y se ha movido hacia el mayor bienestar del usuario, respondiendo a sus diferentes necesidades, desde las médicas hasta las de inclusión social y de auto representación.

Entre las prótesis reinventadas visualmente para bienestar emocional de distintos usuarios, existen tanto diferencias como similitudes. Para definir esto, será necesario realizar un análisis iconográfico de diferentes objetos de diseño y un análisis comparativo.

En el análisis iconográfico se desarrolla la observación e interpretación de los signos expresados en una obra gráfica. Para el análisis de cada caso, se retomará las tres dimensiones de la semiótica establecidas por Charles Morris (1938):

### Sintáctica,

La cual se encarga de estudiar la relación del signo con otros signos. En el caso específico del diseño, hablamos de los elementos formales del objeto; se generará una postura propia a partir de la complementación entre las teorías de Kandinsky (1926), Wong (2007) y

Dondis (1976) acerca de la forma y composición; de Ambrose (2006) y Wong (2011) acerca del color. Los puntos a considerar serán color, forma, composición, material y acabados.

### Semántica,

Que se encarga del estudio de la relación del signo con el objeto, la parte denotativa de los signos, lo que se comunica, aquí es donde se utiliza a la retórica como herramienta de análisis.

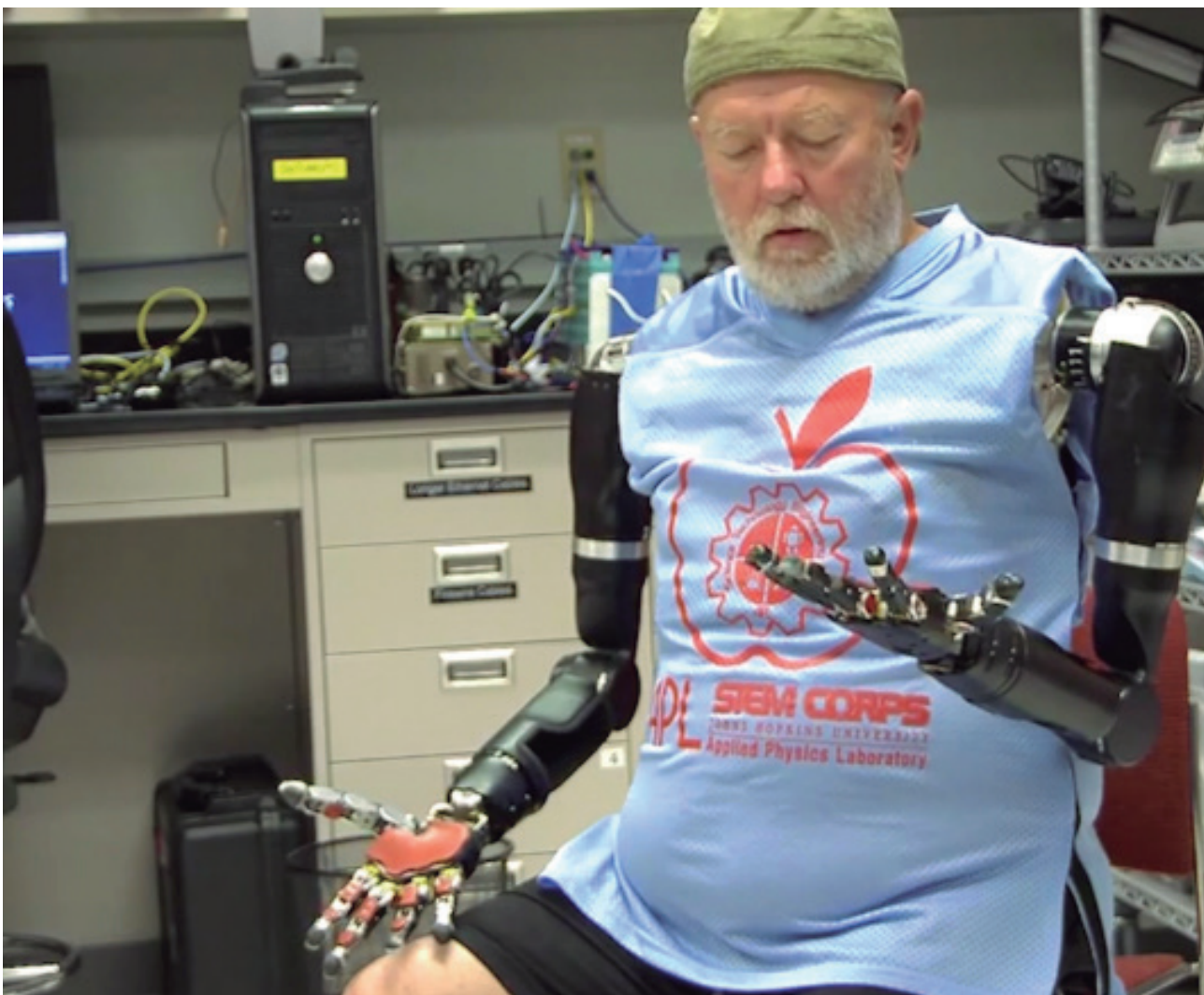
### Pragmática,

Su estudio se centra en la relación del signo visual con sus intérpretes, en el caso del diseño gráfico, con los usuarios.

Los casos seleccionados para este análisis son diversos, muestran que las intervenciones visuales de las prótesis se han dado a distintos niveles en cuanto a forma y apariencia, de tal manera que se adaptan a las necesidades como edad, actividad, nivel socioeconómico, cultura y personalidad del usuario. El poder observar casos tan distintos entre sí, ayudará a saber de qué maneras se ha dado solución a una misma problemática.

Los resultados del análisis permitirán comparar cómo las prótesis se personalizan, qué materiales las componen, cuáles son los procesos de fabricación y qué adaptaciones se han hecho al gusto y necesidades de la persona. Esto es importante para el proyecto ya que con estos resultados se comprobará si es trascendental la aplicación de la gráfica objetual en prótesis de pierna para mejorar la autoestima de las personas y con ello apoyar al proceso de resiliencia.

Este estudio permite también un espacio para reflexionar, aprender y valorar las características que hacen a una persona distinta de otra, a través de los resultados en el diseño de sus prótesis. Cuáles pueden ser sus gustos y cómo se desenvuelven en su medio.



## Caso #1

**Autor:**  
Mike McLoughlin

**Año:**  
2015

**Medio de difusión:**  
Web

**Cliente:**  
Leslie Baugh

Este ejemplo no está enfocado en la apariencia sino en la funcionalidad. Esta prótesis se ha desarrollado en la Universidad Johns Hopkins. El brazo robótico de nueva generación se conecta al tronco por 26 puntos y es capaz de levantar hasta 20 kilogramos de peso. Pero lo más destacado es que para controlarlo basta pensar en moverlo como si fuera un brazo de carne y hueso.

Este brazo es probado por Leslie Baugh, quien perdió ambas extremidades superiores en un accidente. Aún no es un modelo comercial, pero los resultados de las pruebas ya realizadas ofrecen una idea de qué tan cerca está el futuro.

# Sintáctico

## Cualidad formal

### Espacio

En este caso de análisis, el espacio de intervención corresponde realmente a ambas prótesis por completo, pues su apariencia no está determinada por un experto en comunicación visual, sino corresponde al desarrollo estructural y funcional de los dispositivos.

### Valores expresivos

Ambrose (2006) ofrecen distintas significaciones del color negro, pero en este caso es claro el enfoque hacia la sobriedad y la seriedad del proyecto. El uso acromático hace evidente una vez más que la intención de la prótesis no es generar un mensaje visual, aunque cabe resaltar que este ejemplo sigue en desarrollo y es probable que cuando se tenga un modelo final, se añadan elementos visuales más vistosos.

Los acabados de la pieza son mates aplicados sobre un material metálico, sin duda consecuencia de la etapa de desarrollo del proyecto. Esta pieza es aún abstracta en cuanto a forma, pero no en funcionalidad, sin duda es un paso importante en el campo de la protésica.

### Composición

La composición visual de esta prótesis se enfoca en la construcción con líneas rectas verticales, que al mover el brazo se convierten en rectas libres centradas, lo cual, según Kandinsky (1926), la convierte en una composición

de líneas irrepetibles y solitarias. Ya en la fabricación del brazo, pueden distinguirse curvas ligeras, llamadas por Kandinsky (1926), líneas geoméricamente curvas. Esto puede concluirse en que la composición visual es poco llamativa, no busca ser estridente sino funcional.

### Principios estéticos

- Armonía. A pesar de que el color del dispositivo no es relevante, éste genera una unidad donde resalta la parte de las palmas, en esa zona el cambio de color a naranja resulta agradable y se vincula a la idea de lo tecnológico.
- Claridad. Las secciones de las que se compone son fácilmente identificables y al no tener un diseño personalizado para el usuario, no existe ningún problema para determinar los elementos que conforman la prótesis.
- Verdad. El propósito de los desarrolladores de este dispositivo, es la funcionalidad más alta y eso es justamente lo que la prótesis refleja, por lo tanto el mensaje que emite es verdad.

### Realización

Esta prótesis es única en su fabricación, cuenta con características muy particulares al sustituir no sólo uno sino dos extremidades perdidas. El desarrollo de este dispositivo duró más de 10 años y cuenta con innovaciones tecnológicas que superan los convencionalismos que conlleva tener una prótesis, al poder ser controlada a través de los pensamientos del usuario. Teniendo en cuenta todas las características previamente mencionadas, es evidente que fue realizada con la más alta calidad para garantizar su correcto funcionamiento y las condiciones clínicas requeridas.

### Apariencia

El impacto que genera esta prótesis por su apariencia no corresponde al que provoca por su desarrollo funcional. Este caso muestra cómo la funcionalidad e innovación tecnológica surgen como una característica necesaria previa al aspecto estético que pueda presentar el dispositivo.

## Cualidad funcional

### Tiempo

El dispositivo aquí presentado es sólo el prototipo de una nueva generación de prótesis, por lo tanto no cuenta con una fecha en la que llegue a parecer obsoleto, al contrario, a partir de esta primera prueba se pueden esperar muchas mejoras en el futuro y muy probablemente una exploración visual que genere un nuevo impacto en futuros usuarios.

### Medio

Al ser una experimentación centrada principalmente en la generación del movimiento y recuperar las funciones del miembro perdido, el medio visual es limitado y se conforma a adecuarse a las características del material con el que fue fabricada esta prótesis doble.

# Semántica

## Constantes semánticas

### Significante

Apariencia de una prótesis altamente funcional que permite el movimiento a través del pensamiento.

### Significado

El desarrollo de nuevas opciones protésicas con alta funcionalidad y que permitan a los usuarios recuperar el movimiento de manera casi total, suele ser prioridad para científicos y fabricantes de estos dispositivos y por lo tanto descartan el desarrollo de la apariencia.

### Función

La apariencia de esta prótesis no fue prioridad durante su fabricación, sin embargo, esto comunica que lo primero y lo más importante en esta innovación tecnológica es la mejora para los pacientes y que lo visual se limita a la apariencia de los materiales con los cuales se realiza la prótesis.

## Variantes semánticas

### Motivación analógica

El objeto que se analiza representa la cuestión más real posible, utilizada en un contexto donde lo importante son las pruebas y el proceso experimental de una prótesis que pueda controlarse a total voluntad del

usuario. Su aspecto visual revela esta realidad de la función por encima de la apariencia.

## Tipos de significantes

### Icónico

Si bien no se refiera a un ícono bidimensional, este dispositivo se enfoca únicamente en la representación más básica del brazo humano, denota el miembro y se entiende el significado gracias a la simplificación de los elementos.

## Diseño de significantes

### Nuevas posibilidades de diseño

El diseño visual de esta prótesis es prácticamente nulo, sin embargo, es el inicio de una nueva generación de dispositivos protésicos que abren un abanico de posibilidades bastante interesante. En el futuro es muy probable que este tipo de prótesis imiten cada vez más los diseños que se han visto en la ciencia ficción o que motiven a los usuarios por adaptarla a sus gustos. El tener una prótesis con la cual se seguirá trabajando y tendrá mejoras a futuro, es como un lienzo en blanco donde la aplicación de ideas de diseño son múltiples.

### Significado semántico

El estilo visual manejado en este miembro artificial es muy básico, centrado en el trabajo de laboratorio, probablemente ni siquiera es un estilo planeado, sino que simplemente el objeto se ha adaptado a las condiciones de los materiales y formas utilizadas. Estos ele-

mentos básicos mantienen comunicación con el entorno y por lo tanto puede ser analizado con la siguiente figura retórica:

Simil- Retoma la idea del brazo humano real para lograr la forma, no lo imita en su totalidad, las proporciones son distintas a las que deberían ser, y los materiales terminan revelando que es totalmente robótica. Esto aporta una visión al proyecto de un proceso incompleto, sin embargo, se puede asumir que las posibilidades de modificación son variadas.

# Pragmático

## Pertinencia y potencialidad de la expresión

El caso de esta prótesis es interesante al generar un impacto positivo, pero no de manera visual, sino que su innovación y uso de avances tecnológicos emiten todo el mensaje a través de la nula intervención en la comunicación visual.

## Consideraciones entre la relación significante-receptor.

### Físicas

Esta es una prótesis que aún no interactúa de manera directa con el entorno, pues sigue en pruebas de laboratorio, además tiene un costo elevado de \$500,000 USD, lo cual dificulta su comercialización. Por lo tanto, es correcto decir que no emite un mensaje a un entorno directo, sino que los receptores del mensaje se dan por

la información presentada en artículos de internet donde se da a conocer este proyecto.

### **Psicológicas**

Siendo ésta una prótesis caracterizada por su función y no por su aspecto, revela cuán importante es para el usuario la movilidad perdida y eso para las receptores podría causar una impresión favorable que quizás con el uso de la intervención facilitaría su incursión en los medios sociales donde el paciente se desenvuelve.

### **Carácter semántico**

El mensaje emitido a través de esta prótesis se encuentra en conflicto con el receptor al no imitar la forma humana en cuanto a proporciones. Esto podría provocar que al receptor le cueste trabajo aceptar la prótesis como un objeto cotidiano de la realidad.

### **Actitud del receptor**

La imagen que representa este usuario de prótesis provoca un impacto alto en la percepción del receptor, ya que rompe completamente con los cánones de belleza, sobre todo en la proporción que tiene la prótesis con respecto al cuerpo. Esta modificación, sin embargo, es superada por el objeto en sí, pues este dispositivo protésico de alta tecnología, convive con la idea de la funcionalidad por encima de la estética del objeto, lo cual no la convierte en un objeto feo según el pensamiento de Zimmerman (Calvera, 2007), donde se hace énfasis que no se trata de ponerle aditamentos bellos a una persona para hacerla ver bien, sino los que son necesarios para ella.

### **Significado como consecuencia**

El caso de Baugh es interesante porque no resuelve la problemática del aspecto, es un tipo de usuario completamente distinto quien no busca una aceptación de la sociedad ni de sí mismo, busca la imitación del funcionamiento de sus brazos y para él, eso es lo más importante.

La prótesis cumple con una función comunicativa en la que el mensaje funge de manera distinta a la que se busca en este proyecto, donde la relación humano-tecnología es superior a la estética personalizada del usuario y las emociones provienen del bienestar que proporciona la funcionalidad y no la imagen.



## Caso #2

**Autor:**  
Enabling The Future

**Año:**  
2016

**Medio de difusión:**  
Web

**Cliente:**  
Menor de edad.

Enabling the future es una organización que ofrece la oportunidad de realizar una mano o brazo de manera tridimensional, gracias a la licencia libre de los archivos de diseño que se necesitan para realizar la impresión. Con la colaboración de impresores de 3D, quienes deben estar dispuestos a donar las piezas protésicas. Si bien la empresa tiene su base en Estados Unidos, el impacto, que en gran medida es beneficiado por el internet, ha sido de escala mundial, con lo cual el diseño original ha evolucionado y a consecuencia se ha vuelto más funcional.

Cabe destacar que la organización ofrece tutoriales, información, centro de ayuda y eventos para facilitar el uso de los recursos que ofrecen.

Uno de los casos de éxito de la organización es la mano de Wolverine, un personaje popular perteneciente

a los X men de Marvel, un mutante que tiene como sello distintivo tres garras entre los dedos de cada mano, capaces de retraerse.

## Sintáctico

### Espacio

Se trata de una prótesis impresa con plástico ABS, donde el espacio de intervención está delimitado por el modelo tridimensional creado por esta organización. El espacio de trabajo se concentra principalmente en la adición de elementos al modelo tridimensional, sin interferir con la función mecánica del dispositivo.

### Valores expresivos

El diseño de la prótesis retoma elementos como los colores distintivos del traje del personaje de Wolverine: amarillo y azul en tonos brillantes además de agregar al diseño las tres garras, que, si bien no tienen la misma capacidad que las originales, no estorban al usuario.

### Composición

Para este caso de análisis, se observa que está construido principalmente con base de líneas rectas y alguna ligeramente curvas que, según los criterios de Kandinsky (1926), forman un conjunto de varias líneas rectas verticales con la anomalía de cruzar con líneas horizontales, ofreciendo dinamismo a la composición.

## Principios estéticos

### Armonía

Este modelo protésico genera una armonía agradable al combinar un contraste entre el amarillo y el azul con los acentos negros y grises. Además de la gama cromática, la composición ayuda mucho a generar una sensación de alegría.

### Claridad

A pesar de tener elementos que podrían saturar la prótesis, éstos en realidad ayudan a la comprensión del mensaje y la claridad de lo que representa el dispositivo. La integración está muy bien lograda.

### Verdad

La prótesis a la que se dedica este análisis cuenta con elementos verdaderos imprescindibles del personaje al que hace referencia, no añade ninguno que no pertenezca al significado y además revela los gustos del niño que la utiliza, una parte de su verdad cotidiana.

### Realización

La personalización de la prótesis inició a partir de un modelo tridimensional genérico de prótesis mecánica, realizado por la misma organización y que se encuentra disponible de manera gratuita en la red. Tomando el modelo tridimensional como punto de partida, éste se modificó hasta lograr la similitud con las manos y garras metálicas del personaje. Posteriormente, el modelo intervenido se llevó a impresión 3D, donde se seleccionó el color de los filamentos acorde a las partes correspondientes.

## Apariencia

Visualmente es una prótesis muy llamativa y atractiva. Tomando en cuenta que la imagen se establece sobre un modelo general previamente realizado, podría pensarse que es simple en sus formas, sin embargo, la adición de elementos como garras, la hacen única en su tipo y facilita la vinculación entre el niño y su prótesis.

## Cualidad funcional

### Tiempo

El tiempo de uso de esta prótesis depende del crecimiento del usuario, el dispositivo debe adaptarse a la fisonomía y antropometría conforme se va creciendo. El uso de la imagen de un personaje tan popular, vuelve a este diseño un objeto de fácil deseo para otros niños con discapacidad, y por lo tanto, este diseño no caerá en el olvido tan fácilmente.

### Medio

Debido a que se trata de una prótesis de mano, ésta es fácilmente visible para los receptores del mensaje que son todas las personas que se muevan en el contexto del niño que la usa. La difusión del mensaje podría verse limitada únicamente si la prótesis se cubriera de alguna manera o si simplemente no se utilizara.

# Semántico

## Constantes semánticas

### Significante

Prótesis impresa en 3D que imita el brazo de Wolverine.

### Significado

El mensaje de esta prótesis es indicar el gusto que tiene un niño por un personaje conocido de cómics y películas. El diseño involucra recrear de manera básica los elementos del brazo de dicho personaje.

### Función

El propósito de esta organización y razón por la cual buscan adaptar prótesis mecánicas para niños a través de colores, formas o imitar a personajes de la cultura popular, es que los niños se sientan cómodos con sus dispositivos y que gracias a eso se les facilite socializar con las personas a su alrededor. Siendo un propósito muy noble al buscar la felicidad y mejorar el autoestima de los niños.

## Variantes semánticas

### Motivación analógica

A pesar de que hace referencia a un personaje imaginario, los elementos presentados lo imitan de manera acertada y por lo tanto actúa efectivamente en el contexto donde se utiliza la prótesis.

## Tipos de significantes

### Simbólico-característico

La intervención en esta prótesis evoca en su totalidad al personaje de los X-men, a pesar de contar con una ligera abstracción de elementos, su representación es fiel y se entiende la referencia al personaje.

## Diseño de significantes

### Tendencia vanguardista

Sin duda alguna este dispositivo rompe con la idea a la que se asocia una prótesis, además de que el proceso de fabricación es de gran innovación en el aspecto tecnológico, su diseño trasciende y mejora la situación del usuario no sólo física y funcionalmente, sino también emocionalmente.

### Significado semántico

Denotan un trabajo a nivel conceptual de figuras retóricas como la alusión y la sinécdoque, pues sin representar a todo el personaje, es sencillo saber de dónde proviene la inspiración para el diseño.

# Pragmático

## Pertinencia y potencialidad de la expresión

La prótesis cumple con la función del mensaje hacia los receptores y una de las principales metas de la or-

ganización, en el cual se aleja de lo convencional y hace un esfuerzo en ayudar a la autoestima y seguridad del usuario, facilitando el proceso de resiliencia gracias a que se identifica con el personaje, generando confianza en sí. Enfoca la atención de manera positiva, sin haber invertido grandes sumas de dinero y con el apoyo de una serie de personas, más allá los creadores de la plantilla original y el impresor, toda la comunidad que pertenece a la organización ha intervenido en las modificaciones del proyecto.

## Consideraciones entre la relación significante-receptor.

### Físicas

Una de las desventajas del diseño de este tipo de pieza es el hecho de que elementos como las articulaciones son visibles y que en ocasiones pueden tener acabados ligeramente toscos. En cuanto al material, la prótesis es realizada con plástico mate, que genera un color aperlado en el diseño final.

### Psicológicas

Para este usuario de prótesis es importante una representación de identidad adaptada a sus gustos. El uso de un personaje famoso para la recreación de esta representación de identidad, ayuda a reconocerse como alguien interesante a sí mismo y para su entorno social, que claramente lo ayuda a incluirse con otros niños que lo perciban de la misma manera.

### Carácter Semántico

Este caso hace uso de elementos llamativos para una clara percepción de los receptores del mensaje, los cuales podrían no estar familiarizados con el personaje que

representa, sin embargo, el dispositivo exhorta a ser observado y claramente facilita la vinculación con el entorno.

### **Actitud del receptor**

El mensaje que se emite es positivo tanto en la actitud del emisor como la lograda en el receptor, revela un cambio en la actitud del usuario de la prótesis y a su vez esto genera una facilidad de convivencia con su entorno.

El entorno sociocultural es fácilmente identificable, los receptores más comunes son menores de edad, mas esto no excluye a personas adultas o a cualquiera que conviva con este niño directa o indirectamente.

El mensaje que emite la prótesis es claro y por lo tanto no debe existir una mayor dificultad al lograr su objetivo, por lo tanto es certero decir que el propósito del significante funciona.



### **Caso #3**

**Autor:**  
**UNYQ**

**Año:**  
**2016**

**Medio de difusión:**  
**Web**

**Ciente:**  
**Raquel Acinas, ciclista**

UNYQ tiene una promesa de marca muy clara: prótesis con estilo para amputados, es por ello que en vez de ver a la prótesis como un simple medio de rehabilitación después de una amputación, propone la idea de convertirlo en un elemento de moda. El diseño particular de la pieza, se convierte en un incentivo para generar mayor confianza en el usuario, sin dejar de responder a las necesidades médicas. Básicamente es una cubierta para miembros inferiores y superiores de los cuales su producto se divide en dos vertientes: Unyq style que como lo indica su nombre, da variedad de diseños y colores al usuario, por su parte Unyq Performance, es la opción ideal para las personas activas.

# Sintáctico

## Cualidad formal

### Espacio

La intervención se realizó sobre un prótesis de pierna por debajo de la rodilla, dicha intervención consistió en la adición de una carcasa plástica impresa en 3D pintada a gusto del usuario.

### Valores expresivos

La prótesis es de color negro con líneas horizontales blancas. El uso de estos dos colores genera contraste, además de brindar cierto dinamismo a la pieza. Al pertenecer a una ciclista, es importante que se note deportiva; también ayuda a que tenga cierto grado de estabilidad. Además, el color facilita que sea más sutil y que no llame tanto la atención. Otra de las bondades que posee la prótesis es que gracias a su diseño y los materiales que se emplean, el peso es de 600 gramos, lo que la hace ligera para el usuario.

### Composición

Se trata de un composición vertical alterada por líneas horizontales. Debido a sus características acromáticas, estas líneas están total y completamente justificadas como rectas esquemáticas, que de acuerdo con Kandinsky, son irrepetibles y solitarias.

## Principios estéticos

### Armonía

La armonía de esta prótesis parte desde su simplicidad y nivel iconográfico manejado, ésta abstracción de elementos la vuelven elegante y a la vez dinámica.

### Claridad

Gracias a que los elementos incluidos en esta intervención son pocos, la visualización de todos es muy fácil de llevar a cabo.

### Verdad

La verdad en esta intervención se liga directamente a la mentalidad del usuario, por lo tanto si le gusta entonces la prótesis es verdad de su filosofía.

### Realización

La calidad de esta carcasa para prótesis es del más alto nivel, ya que debe adaptarse perfectamente a la prótesis sin alterar en ningún momento su funcionalidad. Se imprimió con plástico ABS para garantizar su resistencia y fue intervenida posteriormente con pintura y barniz acrílico.

### Apariencia

El impacto que llega a provocar una intervención ilustrativa como esta no es tan alto debido al estilo minimalista que maneja, sin embargo, el hecho de que sea una carcasa de plástico que no deja el metal de la prótesis expuesto ya presenta una manera innovadora en la que se ve una prótesis.

## Cualidad funcional

### Tiempo

La relación del signo utilizado por el usuario y la persona en cuestión perdurará mientras el usuario esté conforme y a gusto con su diseño, por otro lado, si llegara a existir un problema con la perdurabilidad o resistencia del material, el usuario también tendrá que retirar la carcasa y reemplazarla por una nueva en caso de requerirlo.

### Medio

El medio en el que se mueve la prótesis es variado pues ésta va a donde el usuario quiere, por lo tanto puede ser visible para quienes se encuentren con la persona, con la limitante de que la prótesis podría estar oculta debajo de un pantalón. Siempre y cuando la prótesis esté al descubierto, el medio donde esté permitirá que sea apreciada por diversos receptores.

# Semántico

## Constantes semánticas

### Significante

Carcasa para prótesis negra con líneas blancas

### Significado

El diseño de esta prótesis tiene vinculación con la actividad deportista de la persona que lo utiliza, es un diseño minimalista, dinámico y carece de elementos

que le estorben. Incluso replica de manera fiel las proporciones del miembro amputado.

### **Función**

La función principal de esta carcasa es comunicar a la gente que se puede vivir cómodamente con una prótesis, pues además de que permite recuperar funciones básicas de la pierna, también es adaptable al gusto personal.

### **Variantes semánticas**

#### **Motivación analógica**

La carcasa es apegada a la realidad con la variante de elementos cromáticos y de diseño visual que no afectan en absoluto su integración en el contexto.

### **Tipos de significantes**

#### **Icónico**

Denota la forma de la pierna en el acercamiento a las proporciones reales de la persona, intervenido únicamente por la gama cromática.

### **Diseño de significantes**

#### **Nuevas posibilidades de diseño**

El ejemplo mostrado aquí es tan sólo uno de varios modelos creados por la empresa, los cuales se multiplican cada vez más y más. El hecho de ser una carcasa ofrece un sinfín de posibilidades al momento de ser intervenida, pues la ilustración que se plasmará ahí puede cambiar al gusto de los distintos portadores.

### **Significado semántico**

En el caso del significado semántico de esta prótesis, nos inclinaremos a definir la retórica aplicada a los diseños realizados por UNYQ. La base tridimensional es prácticamente la misma, lo que hace el producto fácil de producir en masa, desde este aspecto. Pero es en el diseño de la apariencia donde se diversifica. Debido a ello, es notorio que se trata de una parequesis.

## **Pragmático**

### **Pertinencia y potencialidad de la expresión**

El diseño que se analizó es un elemento que, si bien no está altamente personalizado, es minimalista y la particularidad del elemento hace que la prótesis se pueda usar en el día a día, el aspecto es juvenil y moderno, por lo cual es fácil que se adapte al contexto actual. Si bien esto podría remitir a The Alternative Limb Project es necesario destacar que la extravagancia no es un elemento que se presente en los diseños de Unyq, quienes se adaptan a formas seguras, diseños sólidos y un tanto geométricos.

### **Consideraciones entre la relación significante-receptor.**

#### **Físicas**

Siendo una ilustración realizada sobre plástico, se debe tomar en cuenta que debe realizarse con la más alta calidad y que los materiales deben resistir a las condiciones climáticas.

### **Psicológicas**

Este tipo de intervenciones protésicas facilitan el cambio en la percepción de las personas con respecto a la falta de un miembro, donde la discapacidad se convierte en un nuevo medio de comunicación y esta alteración es positiva.

### **Carácter semántico**

Es clara la composición limpia y carente de muchos elementos, que aun así, envía un mensaje de dinamismo y de integridad con las proporciones corporales de la persona. Las personas que interactúan de cerca con esta persona, son candidatos a llevarse una sorpresa al notar el diseño simple y atractivo del dispositivo protésico.

### **Actitud del receptor**

El diseño es estable, ideal para personas que gustan de lo peculiar en su prótesis, con costo accesible, ligero y con un sello particular gracias a la personalización. En este caso, se da a entender que se trata de una persona que es activa, ya que se tiene cierta seriedad por los colores, pero la forma hace que se vea mucho más dinámica y ligera.

Para los receptores de esta prótesis, el mensaje básico es claro, preciso y directo, a menos que se busque un análisis más extenso donde la intervención visual en la carcasa tiene connotaciones más amplias y complejas.

### **Significado como consecuencia**

El aporte de este ejemplo al proyecto radica en el nivel de elementos que se manejan, pues muestra que diseños interesantes y llamativos pueden lograrse con pocos elementos visuales. La imagen proyectada sobre la prótesis no requiere de elementos tridimensionales adicionales, sino que todo se maneja en imagen bidimensional sobre el objeto.





## Caso #4

**Autor:**  
Sophie de Oliveira Barata.

**Año:**  
2013

**Medio de difusión:**  
109 we come from the future.

**Cliente:**  
Jo-Jo Cranfield, (nadadora).

Como se menciona en el primer capítulo de esta tesis, The Alternative Limb Project se encarga de realizar diseños personalizados desde una perspectiva artística que retoma los deseos de sus clientes. Tal es el caso de la nadadora británica Jo-Jo Cranfield, a quien se le diseñó una prótesis estética con silicona y tuberías de espuma en 2013. Acorde a Cranfield la elección de la serpiente, es una cuestión un tanto arbitraria, ya que al ser nadadora, cualquier cosa referente al mar sería predecible, lo cual, según ella, no concuerda con su persona.

## Sintáctico

### Espacio

Ésta es una pieza artística de uso protésico de miembro superior adaptado a las proporciones de la modelo que la utiliza.

### Valores expresivos

Los colores que se emplean son verde, blanco, crema y rosa en diferentes tonalidades. Los primeros dos se aplicaron dentro de la serpiente, lo cual, conforme lo descrito por Ambrose (2006) remite a la naturaleza, además de compensar el desequilibrio de la composición. Su mezcla con el tono blanco y tonos más intensos de verde permite generar una repetición que imita la piel de la serpiente, y que evita que se caiga en la monotonía. En cuanto a los otros colores, son retomados para imitar la pigmentación de la piel, dar una sensación de naturalidad y calidad, compensando la frialdad de la serpiente.

### Composición

Acorde con las técnicas de comunicación visual propuestas por Dondis (1976), el diseño de esta prótesis es inestable, lo cual refuerza el acento de la pieza, la serpiente y genera una unión con el brazo, que da como resultado una composición con anomalías. Acorde a lo descrito por Wong (2011), además de aliviar la monotonía gracias a que se genera movimiento dentro de la pieza.

## Principios estéticos

### Armonía

La prótesis en conjunto es agradable a la vista en cuanto a las aplicaciones de forma y color, es llamativa, vistosa y simula elementos reales.

### Claridad

Los elementos tiene buen tamaño y claros en cada uno de sus detalles, no se confunden unos con otros a pesar de contar con detalles muy pequeños, esto se debe al contraste existente entre formas y colores.

### Verdad

A pesar de no reflejar una de las actividades más frecuentes de la persona que la utiliza, ella misma ha declarado que este modelo refleja su personalidad y la hace sentir identificada, por lo tanto el diseño de su prótesis emite la verdad de la portadora.

### Realización

La fabricación de esta prótesis se realizó bajo un proceso artesanal, esculpida y pintada a mano, la calidad es impecable, pero sin duda alguna debió ser unos de los modelos más difíciles de fabricar dentro de los que se analizaron en este capítulo.

### Apariencia

Esta pieza es increíblemente llamativa, no sólo por la composición y la gama cromática elegida, sino también por los aspectos significativos que representa, es un diseño muy original y que sin duda alguna no sería usado por cualquier persona, es decir que es altamente personalizado. Sin duda alguna, este dispositivo proté-

sico rivaliza cualquier estigma que puede adjudicarse a una persona que tiene una discapacidad. Es una pieza del tamaño del antebrazo de la persona y poco más por los elementos añadidos, para poder usarla es necesario llevarla expuesta al medio donde se encuentre la persona que la utiliza.

## Cualidad funcional

### Tiempo

El tiempo de uso de esta prótesis está delimitado por la resistencia de materiales y qué tanto la persona quiera llevarla puesta. Generalmente las prótesis de The alternative Limb project son de exhibición para pasarelas, pero no se descarta su uso en actividades cotidianas. (Muoio, 2016)

### Medio

El principal medio de difusión de esta prótesis son pasarelas donde participa su usuaria, sin embargo, la divulgación del mensaje que emite se da también a través de revistas y la página de The alternative project.

# Semántica

## Constantes semánticas

### Significante

Prótesis con serpiente alrededor del antebrazo

### Significado

El significado de esta prótesis es enteramente subjetivo y se mantiene a la interpretación del emisor que en este caso refleja sus gustos y personalidad.

### Función

Los dispositivos manufacturados por esta empresa buscan romper paradigmas relacionados con las amputaciones y ofrecer a sus usuarios una mejor calidad de vida ayudando en su autoestima y el modo en que la gente percibe la discapacidad de otros, dejando de ser una debilidad y convirtiéndola en una fortaleza y una nueva oportunidad de expresión personal.

## Variantes semánticas

### Motivación homológica

Si bien la prótesis se conforma por elementos fieles a la realidad, el uso de éstos se vinculan más fácilmente a una idea de fantasía, por lo tanto se presenta la dificultad de mostrar un significado arbitrario del mensaje y de distinta interpretación de los receptores.

## Tipos de Significantes

### Simbólico-universal

Este diseño hace uso de símbolos mundialmente conocidos y utilizados, pero vinculados de tal manera que conllevan una carga significativa no tan común para los receptores del mensaje, sino más vinculado a la visión y manera de pensar de la dueña de esta prótesis.

## Diseño de significantes

### Nuevas posibilidades de diseño

Este ejemplo es la muestra clara de que la intervención visual de prótesis tiene un alcance más allá de lo que se cree y que los límites sólo pueden ser impuestos por la misma creatividad de las personas que desean desarrollar una nueva idea sobre un dispositivo de este tipo.

### Significado semántico

En el diseño de la pieza, se retomaron las siguientes figuras retóricas:

Similitud por contenido: Al ser una imitación en cuanto a la forma, color y textura tanto del brazo como de la serpiente, al separar los elementos dentro del diseño se puede notar que la técnica con la que fue desarrollado a nivel escultura y pintura es realista y no da cabida a malas interpretaciones de que podría ser cada elemento.

# Pragmática

## Pertinencia y potencialidad de la expresión

Puede considerarse a esta prótesis como una de las más atractivas en este análisis, su gama de colores, composición, texturas y elementos retóricos visuales la convierten en un ejemplar con un propósito que sobrepasa las razones por las que fue creada, generando el uso de tecnología protésica no sólo como una necesidad funcional, sino como un estilo de vida elegante y hasta cierto punto excéntrico.

## Consideraciones entre la relación significante-receptor.

### Psicológicas

Aun cuando sea una prótesis estética y se quede limitada en cuanto a la funcionalidad y los beneficios dinámicos que pueda brindar, Cranfield, quien al inicio no tenía interés en el uso de una prótesis, está feliz con el brazo debido a que más allá del aspecto funcional, la prótesis la ha ayudado a sentirse diferente, atractiva y poderosa, algo que más de un cliente del proyecto ha expresado. (The Alternative Limb Project, 2015)

### Actitud del receptor

Lo más importante de este proyecto, es el hecho de que refleja que la prótesis no es solo un elemento que ayuda en la reintegración a las actividades de la vida cotidiana. También puede ayudar a comunicarse con otras personas y a generar seguridad y mejora en la autoestima de aquel que la usa, dando un elemento que refuerce la positividad que se busca infundir en los pacientes

amputados, alejado de la mimetización que ofrecen las prótesis con una apariencia normal, ocupando elementos del diseño para dar una solución fresca, artística y con la toma en cuenta de aquel que la usa.

### **Significado como consecuencia**

Las declaraciones de portadores de prótesis de The Alternative Limb Project, así como del público en general, señalan que el impacto que se genera es grande y atractivo para todos. Se cumple con la doble función de usuarios felices con su dispositivo y su cuerpo, lo que mejora su autoestima y relaciones.



## Caso #4

**Autor:**  
Captain Cripple (pseudónimo).

**Año:**  
2011

**Medio de difusión:**  
Web

**Cliente:**  
Captain Cripple (él mismo).

Se trata de un trabajo de auto intervención inspirado en la película "Terminator 2", no sólo haciendo referencia directamente al protagonista de la misma, sino al concepto de unir máquinas con tejido vivo, de igual manera que al estilo de arte de la película. Esta es una prótesis convencional de pierna con un trabajo de pintura realizado por el autor.

Es una pieza por encima de la rodilla, donde la parte superior es un cilindro ancho de puntas redondeadas que aloja el muñón (socket) de la manera más cómoda posible, la rodilla es una simple articulación, y la parte inferior un cilindro metálico con un pie de forma orgánica, donde el diseño hace primordial la función y no la estética, pues estas prótesis deben de facilitar al máximo el andar del amputado.

## Sintáctico

### Cualidad formal

#### Espacio

La intervención de esta prótesis fue realizada en la parte que corresponde al socket, fue un área bastante amplia que se encuentra por encima de la rodilla, cubriendo casi por completo la zona del muslo izquierdo del usuario. La ilustración está realizada en posición vertical.

#### Valores expresivos

En cuanto a lo cromático se cuenta con colores de tonalidad oscura, que, según Wong (2007), pueden denotar misterio e introspección. Esto sin tomar en cuenta que en el diseño de la pintura, estos tonos grises simulan un material metálico. Por otro lado, se cuenta con el color rojo que, aunque en este contexto este usado meramente para representar el tejido muscular, Ambrose (2006) indica que la visión del color rojo provoca secreción de adrenalina, dando sensaciones de excitación y energía al observador.

La aplicación de la ilustración es sumamente inusual, puesto que no se trata de un formato plano, sino que va más allá y se integra a un elemento físico tridimensional con forma orgánica en su totalidad. Esto muestra la importancia de adaptar la imagen al formato, ya que así no se altera la funcionalidad en absoluto.

### Composición

Las formas que adopta la prótesis ayudan al usuario a rehabilitarse de la mejor manera posible. Por ejemplo, no se necesita la forma orgánica de una pantorrilla y la base tiene la forma de un pie orgánico para poder ponerle un zapato sin problemas. Es decir, que con el uso de pantalones este tipo de prótesis puede pasar desapercibida. No obstante, el autor y usuario de ésta optó por aprovechar la forma de embudo de su pieza, que es más semejante a su miembro original en la parte superior y mucho más abstracto y simplificado en la inferior.

### Principios estéticos

#### Armonía

La ilustración sobre el dispositivo protésico presenta una armonía bien lograda al mostrar una transición clara de la parte biológica a la mecánica y sobre todo mimetizándose con la parte no intervenida.

#### Claridad

Los elementos incluidos son bastante fáciles de identificar y la integración de estos no los impone unos contra otros.

#### Verdad

Para la persona que emite el mensaje, la ilustración sobre la prótesis es su interpretación de los conceptos de la película Terminator, por lo tanto la interpretación de estos en elementos visuales se convierten en su verdad.

### Realización

La ilustración fue realizada con aerógrafo sobre resina y la calidad final es impecable, carece de errores que impidan una buena visualización de los elementos de los que se compone.

#### Apariencia

A primera vista, esta intervención visual de la prótesis de pierna genera un impacto notable en el espectador, pues es altamente llamativa y original, no sólo por el hecho de que una prótesis ilustrada es poco común, sino también porque es un trabajo muy bien realizado que rivaliza e intenta romper con los estigmas que suelen adjudicarse a las personas con discapacidad. El tamaño comprendido de la ilustración genera una fuerza visual bastante evidente y sería casi inevitable para el público no mirarla, siempre y cuando se encuentre expuesta.

### Cualidad funcional

#### Tiempo

La vigencia del uso de esta prótesis está sujeta enteramente a criterio del usuario. La existencia de la intervención se delimita a la decisión de querer cambiarla o incluso a cambiar por completo el dispositivo protésico por necesidades médicas. Conceptualmente la prótesis tampoco se rige por una fecha de vencimiento o que se mire como una idea arcaica con el paso del tiempo, prueba de ello es que retoma la estética de una película de hace treinta años y sigue pareciendo una interpretación y aplicación fresca y original.

## Medio

El medio permite que la imagen no sea estática en un sólo lugar, sino que llegue al espectador cuando menos lo espera. Sin embargo, se presenta una dificultad y esta es que la prótesis necesita estar expuesta el mayor tiempo posible para poder observar con atención sus detalles.

## Semántico

### Constantes semánticas

#### Significante

Intervención de prótesis de pierna con referencia de la película Terminator 2

#### Significado

Se trata de una reinterpretación de conceptos relacionados con una película de ciencia ficción a través de una ilustración realizada sobre una prótesis de pierna. El significado es otorgado por los gustos y preferencias del autor de la obra que a la vez es el usuario de la prótesis. Este mensaje básico es claro y fácil de identificar.

#### Función

Fue diseñado con una función doble, la primera es que el portador de la prótesis se sienta más familiarizado con su dispositivo a través del vínculo generado por la reinterpretación de los elementos de la ciencia ficción, los cuales son muy importantes para él. La segunda función del trabajo realizado con esta prótesis es

que otras personas puedan mirarla y sentirse atraídos por ella, encontrarla atractiva y algo que no se mira con morbo sino con auténtico interés, incluso identificación.

### Variantes semánticas

#### Motivación homológica

En esta prótesis se hace uso de imágenes referentes a elementos de la realidad, específicamente a músculos humanos y a elementos mecánicos que simulan la hibridación para el funcionamiento correcto de la pierna. Sin embargo, en el mundo real este tipo de funcionamiento híbrido aún no es posible, al menos no de la manera en la que la ilustración lo presenta. El nivel icográfico que utiliza es cercano a la representación real y fiel de los elementos.

### Tipos de significantes

#### Simbólico- característico

La ilustración con la que fue intervenido este dispositivo, no hace uso de una abstracción visual y los elementos evocan a la mayor similitud con la realidad.

### Diseño de significantes

#### Tendencias vanguardistas

Si bien la intervención gráfica en objetos es algo con lo que se puede estar familiarizado, la aplicación en prótesis rompe con cánones comunes principalmente

en un aspecto fundamental: el objeto que se interviene, siendo un artículo médico, podría parecer imposible pensar en aplicarle pintura que nada tenga que ver con su funcionamiento.

### Significado semántico

El diseño aplicado en esta prótesis y el mensaje que busca emitir hacen uso de las siguientes figuras retóricas:

La antifrasis: Pues imita el músculo de la pierna sobre la prótesis que tiene una más apariencia robótica y artificial.

- Metáfora: Al tener un miembro artificial, aunque no esté formado por músculo expuesto con partes robóticas.
- Alusión: Representa con los elementos la idea del ciborg y la saga de terminator.

## Pragmático

### Pertinencia y potencialidad de la expresión

Esta es una de las prótesis más llamativas dentro del análisis, no sólo por su tamaño, sino porque se trata de una intervención muy bien realizada sobre un dispositivo prefabricado.

El mensaje es no verbal en su totalidad, puesto que no se recurre en absoluto al uso de textos ni de tipografía. Al igual que en otros casos de este tipo, únicamente hay comunicación a través de la imagen.

El problema de ambigüedad explicado en el párrafo anterior abre la posibilidad de distintas suposiciones

para el receptor común. La primera de ellas es que el propósito de generar una ilustración sobre la prótesis sea agradable a la vista de los demás o que eso no sea importante para el usuario, puesto que el trabajo se realizó únicamente para su propia comodidad.

Otra de las suposiciones involucra las asociaciones con el manejo de elementos visuales, es decir, que se resalta la importancia de la ciencia ficción para el usuario. No obstante, en ningún momento se especifica el porqué de esta situación, por lo cual se asume que sólo es un gusto personal y que las vinculaciones con los signos mostrados en su prótesis tienen que ver con aspectos introspectivos de la persona.

### **Consideraciones entre la relación significante-receptor.**

#### **Físicas**

El uso de una prótesis implica un espacio en el cual el objeto debe desenvolverse, que además no es estático, sino que está en constante movimiento y provoca que de manera implícita el público al que llega sea mayor. Esta manera de llevar el mensaje al receptor implica que más personas entiendan que una discapacidad no es una limitante, por otro lado funciona como inspiración y motivación para personas en situaciones similares.

#### **Fisiológicas**

Aún con todo lo atractivo que es el resultado de esta prótesis intervenida, es posible encontrar carencias para la efectividad de la recepción correcta del mensaje, puesto que no es directo y además involucra cuestiones personales del portador que van desde sus gustos primordiales hasta la repercusión y el impacto social que provoca en otras personas.

#### **Psicológicas**

El emisor del mensaje es un hombre que ha expresado su gusto por el arte, una saga icónica y por su situación. Si no le interesara hablar de su situación actual, habría portado la prótesis convencional sin ninguna modificación, este hecho resalta cómo se percibe a sí mismo: un ciborg, representado en un estilo tradicional y popular, logrando añadir diferentes valores a cada parte de su prótesis y generar un degradado entre ambos conceptos a lo largo de la pieza.

#### **Carácter semántico**

El emisor genera la sorpresa del receptor al no caer en convencionalismos del significado de vivir con una prótesis. El mensaje emitido puede llegar a cualquier persona que no requiere un conocimiento detallado de los conceptos a los que hace referencia el dispositivo en su totalidad, a menos que se busque realizar un análisis más profundo.

#### **Actitud del receptor**

El tono del mensaje que propone este diseño de prótesis es positivo pues revela con mucha seguridad lo cómodo que se siente el usuario con respecto a su discapacidad y el orgullo con el que es capaz de portar su prótesis intervenida.

La situación sociocultural en la que ésta prótesis se inserta puede denotarse por la edad aparente del usuario, es decir, que los receptores principales del mensaje son personas adultas. No obstante, la prótesis está a la vista de personas de cualquier edad, sexo o situación económica.

El usuario hace uso de una narrativa visual cuya historia habla de cómo una persona con discapacidad logra no sólo aceptar su situación, sino sentirse cómodo con ella.

#### **Significado como consecuencia**

Este ejemplo demuestra que existen personas que personalizan las prótesis a su gusto para sentirse más cómodos con ellas, replicando conceptos que forman parte de la cultura popular moderna y con los cuales se identifican, dando como resultado una apropiación, seguida de una adecuación a los deseos del usuario. Además, muestra que no siempre es necesario recurrir a elementos tridimensionales externos a la prótesis para que se logre un resultado llamativo y saturado, pues una ilustración muy bien realizada es suficiente para lograr que el portador sienta una identificación emocional con esta extensión de su cuerpo.

#### **Conclusión**

En este capítulo, se han evaluado cinco casos de intervención de prótesis, en las cuales los pacientes fueron muy distintos entre sí a causa de sus necesidades específicas, así como sus gustos personales. Por ejemplo, una prótesis basada en las características de un personaje ficticio no soluciona los problemas de todos los usuarios de prótesis. En cada caso se han mencionado las características visuales y también la interacción prótesis-usuario-entorno. Además se habló de materiales y la retórica del mensaje en la imagen.

Las fuentes de donde se recopiló la información fueron variadas, aunque todas de origen electrónico. Cada paso analizado tuvo particularidades muy interesantes que han aportado nuevas perspectivas al proyecto de investigación. Como principio, es destacable mencionar que proyectos similares a éste se han llevado a cabo previamente, donde el cliente interactúa con el diseñador y toma decisiones importantes sobre

el aspecto de su prótesis y el mensaje que quiere transmitir a través de ésta, así como también el paciente es a veces diseñador y cliente a la vez.

Fue posible observar que la intervención de piezas protésicas ocurre de formas diferentes, tanto de manera artesanal como industrial, incluso casos donde la intervención ha sido ilustrativa sobre una prótesis común o casos donde se han implementado métodos de impresión 3D.

Como resultado general es posible dar por hecho que no todas las personas buscan resaltar por la apariencia de sus prótesis, hay quienes apuestan más por la funcionalidad, como en el caso de Leslie Baugh, es decir, que la intervención visual no es apta para todos los casos y que la solución siempre será la que respete la ideología y los gustos de la persona que use la prótesis. Al igual que con la ropa o accesorios que portan las personas, el tipo de prótesis y su aspecto también comunican y eso es un punto importante a considerar mientras se trabaja con el usuario.

El perfil de aquella persona que desee una prótesis peculiar, es a grandes rasgos, el de una persona extrovertida, positiva, que, a pesar de la aparente desventaja, saque partido de la situación.

Los vínculos que se manejan entre los usuarios, sus prótesis y el medio en el que conviven con otras personas demuestran que el sentirse bien con las extensiones tecnológicas de su cuerpo permiten mejores relaciones sociales y una aceptación más fácil de quiénes son, es en ese momento que la amputación deja de percibirse

como una discapacidad y se mira como una nueva manera de expresión.

Estos ciborgs, responden a la necesidad humana de crear objetos bellos, y hacerlos parte de sí mismos. Renuevan la ruptura de los cánones de belleza y crean nuevos conceptos, transformando una involuntaria modificación en su cuerpo y recreandola a su gusto y voluntad, con la ayuda de expertos visuales y de la tecnología que se los permite.

Debe observarse que a pesar de que este tipo de proyectos ya se han llevado a cabo, se trata de un área relativamente nueva y con mucho por explorar. Para fines de este proyecto se ha aprendido que la interacción con el usuario es primordial para el desarrollo de una solución adecuada y que el análisis previo funciona como apoyo para conocer las múltiples soluciones a las que se puede llegar, siempre teniendo presente la finalidad de comunicar un mensaje de manera adecuada.

Finalmente, es posible, con la información analizada, llegar a la conclusión de que la gráfica objetual aplicada a través del diseño gráfico a una prótesis de pierna, ayudará a un usuario en específico en su proceso de resiliencia, pues se sentirá más a gusto con su pieza y podría comenzar a ver su situación como una oportunidad para la expresión y no como una discapacidad. Después de procesar toda esta información se refuerza la idea principal del proyecto, justificando que, por lo menos para algunas personas, la personalización de la prótesis les ha ayudado.



Capit-  
ulo  
3

## Introducción

El análisis de casos de estudio sirve como base para establecer una metodología de diseño adecuada a las necesidades del proyecto, alimentada por la observación realizada en el capítulo dos, la cual será desarrollada en este apartado.

Uno de los elementos principales que se retoma del análisis, es la importancia del papel del usuario a la hora de desarrollar el arte conceptual de su prótesis y adaptar las posibilidades acorde a las necesidades reales que él tenga.

Para el desarrollo del proyecto, el equipo de diseño estableció contacto con el CREE, que a su vez los vinculó con el usuario de la prótesis, quien se encontraba en la fase de cambio de socket. Durante esta fase se tomaron medidas del miembro residual, ya que al ser un adolescente en crecimiento, su prótesis deberá de ir ajustándose en tamaño para adaptarse a sus cambios fisionómicos; proceso que se realiza aproximadamente cada siete meses. Cabe destacar que el usuario ha sido rehabilitado física y psicológicamente para el uso del dispositivo por la institución antes mencionada.

## Problema de diseño

La labor de instituciones como el CREE es destacable; apoyan a usuarios de prótesis de manera física

y psicológica además de contribuir de manera parcial a la adquisición de la prótesis. Sin embargo, tal como lo señalan los protesistas que laboran en dicha institución, su prioridad es la funcionalidad del dispositivo. Es en el caso de niños menores de 10 donde el implemento del diseño es recomendable, para lo cual se realiza la aplicación de un transfer decorado en el socket, con la finalidad de conseguir una mejor aceptación de la prótesis.

En el caso específico de este proyecto, el usuario con quien se trabajó tiene 13 años de edad y utiliza una prótesis completamente funcional; no obstante, la apariencia de ésta es estándar. Como consecuencia, el usuario emplea hule espuma alrededor del tubo para asemejar la prótesis a su miembro perdido. Esto tiene consecuencias adversas, por ejemplo, en época de lluvias el hule espuma absorbe el agua, aumentando el peso de su prótesis y causándole incomodidad física.

Tomando en cuenta lo mencionado con anterioridad y de acuerdo con las ideas establecidas en el apartado de Diseño de los objetos -en el primer capítulo- con

un diseño personalizado a los gustos e inquietudes del usuario, la creación de un vínculo afectivo entre el usuario y su prótesis debería facilitarse, beneficiando así el proceso de resiliencia.

Para solucionar de manera práctica este problema, tras el análisis exhaustivo de los casos de éxito así como la contemplación de las posibilidades tanto de la familia del usuario como las de un posible prototipo, se ha llegado a la conclusión de realizar una carcasa que cubra el tubo de la prótesis. Esta carcasa sería diseñada por completo, con una forma, estampado y colores personalizados de acuerdo a la preferencia del usuario que la portará. Esta idea presenta, además, la ventaja de que puede ser removida sin afectar el funcionamiento de la prótesis en caso de algún inconveniente.

Como especialistas en lo gráfico, el equipo de diseño abordó lo concerniente a lo visual y sólo realizó la intervención a este nivel. En cuanto al diseño de la estructura y los materiales que deben utilizarse, se optó por acercarse a los ingenieros Mario Josué Pérez Cruz y

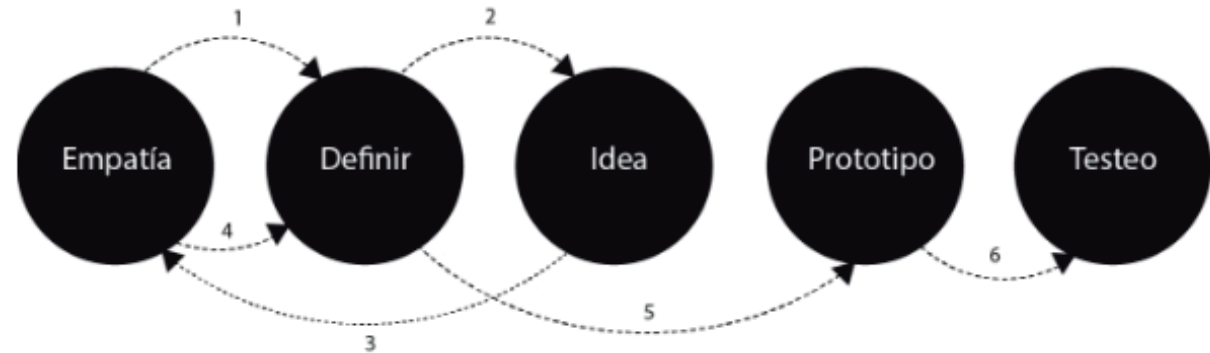


Diagrama del proceso de Design Thinking

Benjamin López Tello, especialistas en la manufactura de dispositivos ortopédicos, quienes se encargaron de resolver esa parte del problema.

Para una resolución acertada del problema de diseño, debe de implementarse una metodología que se centre en el usuario. En este caso se implementa el: **Design thinking**.

El design thinking propone al diseño como elemento importante para la resolución de problemas sociales, capaz de vincularse a otras disciplinas mediante la co creación. Una de las bondades más destacables es su flexibilidad, que permite regresar en cualquier momento a alguna parte del procedimiento en caso de ser necesario. Es una metodología que va más allá de embellecer un producto, para ello se ocupa de conocer el contexto de la persona y requiere de empatía para poder dar una solución que funcione. Propone, además, hacer prototipos para identificar de manera real los problemas y así llegar a la solución final de concretamente (Brown y Wyatt, 2010).

Acorde a lo descrito por Gerd Waloszek en el artículo Introduction to Design Thinking, publicado en 2012, estos son los primeros pasos a seguir:

### **1. Empatía**

El primer paso es conocer al usuario y cómo se desenvuelve en su contexto, qué es lo que le gusta, qué es lo que le disgusta y qué le motiva. Es así como se puede ahondar en el problema, conociendo la historia de tal manera que el equipo de diseño pueda comprender las necesidades del usuario.

Esto requiere de conocer su hogar, su familia y con-

texto en general, para así poder llegar a respetar y velar por lo que el usuario realmente necesita, preocupándose por él, obteniendo como resultado un diseño particular y único.

Además de tener en cuenta la opinión del usuario, es importante conocer diferentes puntos de vista de aquellos con los que convive, para así formar un panorama amplio de lo que necesita. Más allá de tener el acercamiento empático, pudiendo obtener información por medio de entrevistas.

Estas entrevistas se realizan con un enfoque etnográfico, es decir, partiendo de la información que desea obtenerse se genera una lista de temas o preguntas de las que se debe hablar. La aproximación a los temas puede ser directa o indirecta, dependiendo de la intención que se tenga durante la entrevista. Las preguntas indirectas son cuestiones abiertas que no necesitan de una respuesta breve o que se limite a un "sí" o un "no" (Hammersley y Atkinson, 1994).

La importancia de preocuparse y ocuparse por lo que el usuario comprende es fundamental, pues dará con la respuesta correcta, que debe ser aquello que se apegue a los gustos e intereses del portador, lo que denota la importancia del enfoque humanista del proyecto, donde el resultado debe mezclar la parte emocional con la parte física, garantizando un resultado satisfactorio.

### **2. Definir**

Después de realizada la entrevista, se obtienen datos en bruto. Estos deben de procesarse para obtener información y clasificarse de acuerdo a su función: por uso, por contexto o por emociones, que posteriormente derivarán en los conceptos.

Una vez clasificada la información, ésta es depurada y aquello que es fundamental se conserva. Con esto se puede sintetizar a conceptos más concretos, con los cuales se trabaja en el siguiente punto.

Cabe destacar que, además de lo mencionado, debe de enlistarse aquello que no se desea para así evitar contemplarlo en el diseño. Es mucho más sencillo descartar las ideas no favorables desde un principio para poder continuar el diseño con los conceptos y parámetros deseados.

### **3. Idea**

Teniendo claro cuáles son los conceptos rectores, se realiza una lluvia de ideas. Para este caso se lleva a cabo una reunión de equipo, explorando ideas que se deriven de los conceptos. Debe comprenderse que en este proceso no se ponen limitantes y que debe realizarse sin prejuicios, aceptando toda idea que pueda generarse. Posteriormente, se seleccionan aquellas ideas que se consideren las más interesantes, para comenzar a bocetar y desarrollar gráficamente las ideas.

Después de ello debe hacerse un proceso de selección interno donde se revisen los diseños y se determinen posibles mejoras, además del descarte de conceptos que pudieran no ser adecuados para el diseño.

### **4. Empatía: segunda fase**

Como se ha mencionado con anterioridad, la metodología del design thinking otorga la flexibilidad necesaria para poder repetir partes del proceso con el fin de desarrollar adecuadamente el diseño. Es por ello que

se retoma la empatía en esta fase, ya que se emplea para conocer el punto de vista del usuario con respecto al bocetaje, llevando a cabo otro encuentro donde se muestren los bocetos para su evaluación y explicación en caso de dudas.

Es aquí donde se toman en cuenta las ideas del usuario de manera que complementen el proceso de diseño, describiendo desde su punto de vista lo que va mal y lo que podría mejorar, de manera tal que señale las correcciones que correspondan.

## 5. Definir: segunda fase

Al igual que antes, para conocer lo que el usuario necesita es necesario que se le vea y escuche de manera consciente. Por ello se realizará una segunda entrevista con el usuario, donde al igual que la primera vez, el equipo de diseño tendrá la tarea de interactuar con el mismo, extrayendo información útil. Es importante prestar atención ante la nueva información que pueda surgir, así como procesarla y permitir que el usuario tenga una voz clara durante el proceso.

Para este tercer capítulo se mostrará el desarrollo del proyecto hasta el paso número cinco de siete. Se hablará de las entrevistas que se realizaron para lograr una buena conceptualización del problema de diseño, así como el proceso de bocetaje y posibles paletas de color para lograr una posible solución óptima.

## Empatía

Como primer acercamiento al paciente, el día 7 de febrero se realizó una entrevista con la directora del CREE y la psicóloga de la institución, donde se mencionó nuestro propósito de investigación y se hicieron consideraciones a tomar en cuenta para el desarrollo del proyecto, les interesó nuestra propuesta y sugirieron a un usuario de 13 años como el candidato idóneo para trabajar con nosotros. La psicóloga se encargó de agendar una cita con él y sus padres a la semana siguiente.

Mientras tanto, ese mismo día se explicó también a los protesistas el motivo de la visita y la manera en la que se trabajaría con el usuario, ellos hicieron sugerencias para el proceso de intervención y se aseguraron de que en ningún momento el trabajo de diseño afectase la funcionalidad del dispositivo, mucho menos la comodidad del paciente.

La entrevista con el usuario y su familia se realizó el día 14 de febrero, en esta reunión fue evidente la personalidad introvertida del usuario, por lo tanto la poca información que proporciona fue importante y valiosa. A pesar de este hecho, pudo conocerse bastante sobre sus gustos, principalmente series, videojuegos y música.

Durante la primera sesión fue difícil establecer confianza por parte del usuario hacia el equipo, Éste se mostró tímido todo el tiempo y, al parecer, el ambiente del consultorio dentro del CREE no fue de mucha ayuda. Sin embargo, fue el inicio del proceso de co creación entre el equipo y el usuario de prótesis. Algunas de las declaraciones del usuario revelaron mucho sobre cómo se relaciona

con su familia y sobre todo lo importante que es la música como vínculo con su hermano mayor de 21 años.

El día 24 de febrero hubo una segunda sesión con el usuario y su mamá en su casa. Se abordaron distintos temas, tanto con la madre como con el usuario. Dicha sesión fue para tener un mayor acercamiento con el usuario y su contexto (familia) y entender cómo se desenvuelve en su medio, qué cosas hace y de qué manera se siente más cómodo.

El equipo pudo acercarse más al usuario y convivir con él en un nivel más amistoso, así como rectificar y recibir más información sobre sus gustos y personalidad sin sentirse presionado por quienes le rodean, como pasó con anterioridad.

Por otro lado, se platicó con la madre del usuario, quien ha mencionado información delicada sobre la amputación de su hijo, al igual que la actitud del mismo durante los tres años que han pasado desde el accidente donde perdió el miembro inferior derecho. Cabe resaltar que ha comentado que al principio el usuario rechazó el uso de la prótesis y que meses después, cuando ya se había decidido a utilizarla, ésta ya no le quedaba.

La madre también comentó que cuando el usuario no cuenta con su prótesis, prefiere no salir de su hogar ni realizar sus actividades cotidianas. Tampoco le agrada que la gente note que porta una prótesis. A pesar de esto, se ve al usuario entusiasmado sobre el diseño de la carcasa para su prótesis.

Finalmente, durante la sesión, el primo del usuario llegó de visita, quien aparentemente se lleva muy bien con él. Lograron establecerse lazos de confianza con ambos muchachos y la relación se tornó más fácil de manejar y el acercamiento con el usuario ha sido mayor a causa de esto.

Ha sido muy importante generar este vínculo empático con el usuario y con su familia, sobre todo con su madre. Con la intención de establecer un lazo de confianza con el usuario y así facilitar la proporción de la información, garantizando que el usuario exprese realmente sus gustos e inquietudes, evitando así la imposición de ideas ajenas a él. La metodología utilizada coloca al usuario como el núcleo del proceso y como un integrante del equipo que participa activamente en las decisiones, pues el diseño es únicamente para su satisfacción.

## Definir

La información generada a partir de la primera entrevista requirió de un análisis posterior para poder encontrar los conceptos clave que vinculan los gustos del usuario, para esto se desglosaron los datos en información más básica. Por ejemplo, en el caso de las series se obtuvieron conceptos sobre la temática general y características de los personajes favoritos del usuario. Se trabajó de manera similar con sus gustos musicales y de videojuegos.

A la par también se analizaron ciertos rasgos de personalidad que el equipo observó en el usuario, a partir de sus gustos, actitud y comportamiento en general. Con esta información pudo construirse un perfil del usuario que ayudaría a entenderle mejor.

Este análisis concluyó con una lista de conceptos extraídos de sus gustos, la cual se presenta a continuación en las figuras 1 y 2:



Figura 1: Mapa mental: God of War

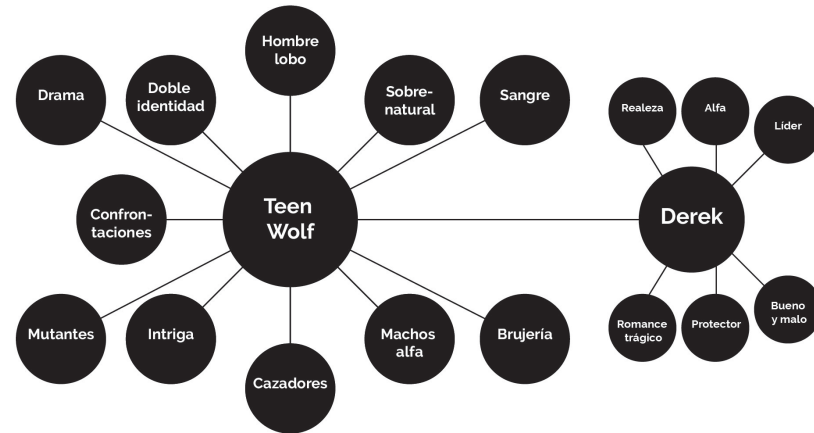


Figura 2: Mapa mental: Teen Wolf



Figura 3: Mapa Mental: Call of Duty

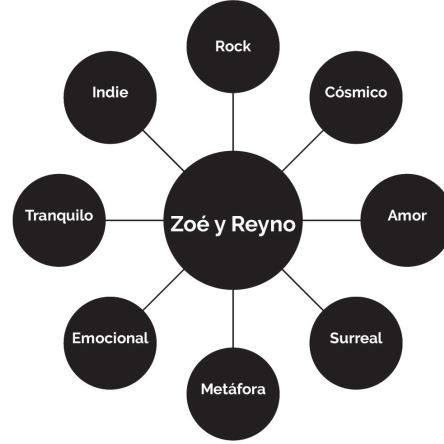


Figura 4: Mapamental: Zoé y Reyno

Partiendo de los gustos del usuario, se realizó un moodboard con imágenes de referencia para comenzar con la parte del diseño. En este momento se volvió evidente que gran parte de la información era aún ambigua y que fue necesaria una depuración en entrevistas posteriores.



Figura 5: Mapa mental: The walking dead

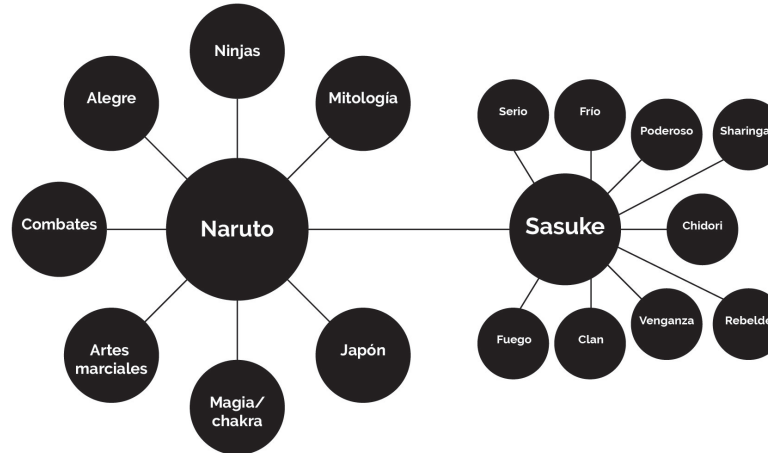


Figura 6: Mapa mental: Naruto

## Mood board



Figura 7: God of War - Sony Computer Entertainment, Teen Wolf - MTV, The walking dead - AMC, Zoe y Reyno - EMI y Universal Music

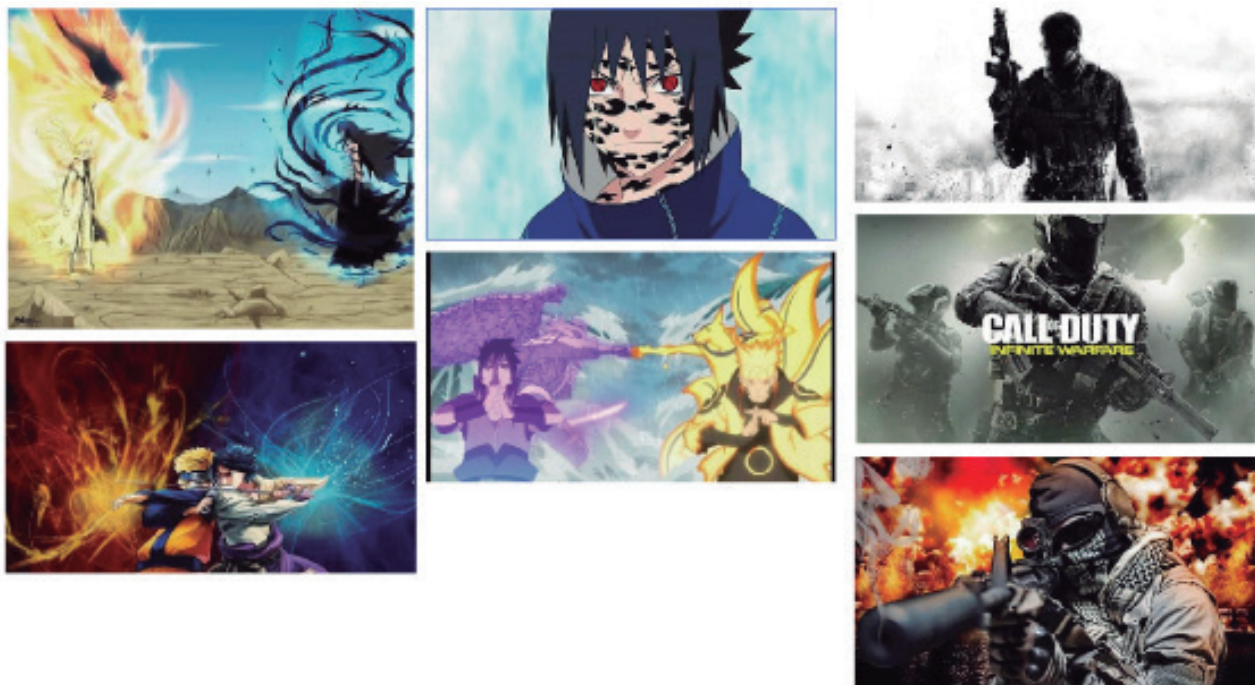


Figura 8: *Naruto* - TV Tokyo, *Call of Duty* - Activision

En la reunión del 24 de febrero, una vez que se tuvo más confianza con el usuario y encontrándose con él en su casa, fue posible realizar un análisis más sutil y significativo sobre las cosas que le eran más importantes, teniendo eso como base, se pudieron delimitar los conceptos establecidos previamente. Los conceptos que quedaron después de este análisis fueron:

### **Antihéroe**

El usuario tiene gran simpatía con personajes que entre sus características muestran emociones complejas y usualmente tienen buenas intenciones, pero que frente a los demás demuestran actitudes rudas e incluso egoístas. Por ejemplo Sasuke (Naruto), Derek (Teen Wolf) o Loki (Thor).

### **Sobrenatural**

La justificación de este concepto se basa en que el usuario es ávido espectador de series y películas de terror, *The Walking Dead* y *Teen Wolf*, personajes como zombis, hombres lobo y elementos como transformaciones se encuentran entre sus cosas favoritas. Reyno y Zoe, quienes dan gran importancia a la lírica con temas mágicos y/o cósmicos.

### **Magia**

La música que forma parte del día a día del usuario se compone principalmente por bandas de corte independiente y del género pop rock. Sus grupos favoritos son

## Combate

Este concepto rector va ligado con las series que el usuario ve, sobretodo con la serie Naruto, donde los combates entre los personajes, su fuerza y poderes especiales son el núcleo de la historia.

## Idea

Para el proceso de bocetaje se siguió un proceso de comprensión de la anatomía básica de la pierna, para lo cual se realizaron estudios de pierna derecha, entendiéndose primero como un elemento orgánico y posteriormente como una estructura. Tras ver la pierna como tal, fue posible establecer vistas de frente, perfil y en perspectiva que ayudarán en la representación de los bocetos finales.

Teniendo los conceptos rectores claros se procedió a generar una lluvia de ideas de todas las opciones que el equipo considerara pudieran resolver el problema de diseño. Este proceso estuvo regido por la investigación visual y el análisis de conceptos de los gustos del usuario. Una vez establecidas las ideas se prosiguió a bocetar las mismas y así tener una imagen más clara de si era eso lo que se pretendía trabajar.

Para el proceso inicial de bocetaje se experimentó con distintas formas que reflejaran cada uno de los conceptos rectores que se establecieron con anterioridad. A continuación se presentan las primeras propuestas catalogadas según cada concepto.

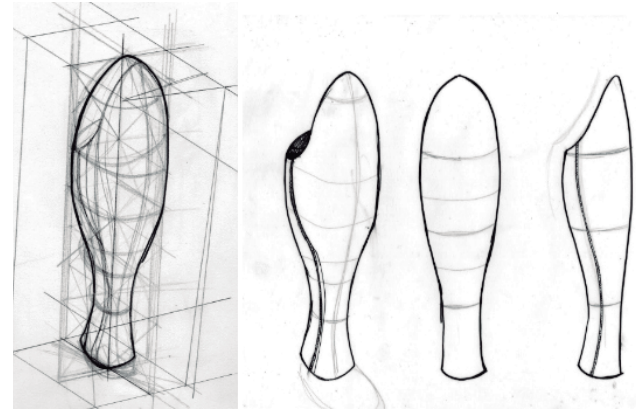


Figura 9: Bocetos estructurales



Figura 10: Bocetos estructurales

### Concepto 1. Antihéroe

De manera general, los bocetos realizados bajo las consideraciones visuales de este concepto rector incluyeron elementos inspirados en antihéroes de diferentes series y un estilo visual que refleja cierta rudeza, misma que se denota en elementos con formas geométricas combinadas en composiciones simétricas y que omiten por completo lo orgánico.

### Concepto 2. Sobrenatural

Las experimentaciones para este concepto se dieron principalmente por la línea de los hombres lobo, estas propuestas muestra elementos visuales agresivos, tales como colmillos, garras y formas puntiagudas. Se utilizó la figura retórica de sinécdoque, con la cual se englobó la idea de lo sobrenatural únicamente con algunos símbolos que lo representan.

### Concepto 3. Magia

En los bocetos presentados, es posible observar elementos más orgánicos, combinados con símbolos vinculados a la música preferida del usuario. Esta diferencia de formas y elementos con respecto a los conceptos anteriores, diversifica de manera significativa el estilo de las propuestas presentadas.

### Concepto 4. Combate

Esta sección de los conceptos se trabajó con distintos tipos de elementos de batalla, que van desde armaduras hasta vendas de protección utilizadas en estilos de pelea más libres. Para estos bocetos se hizo uso de

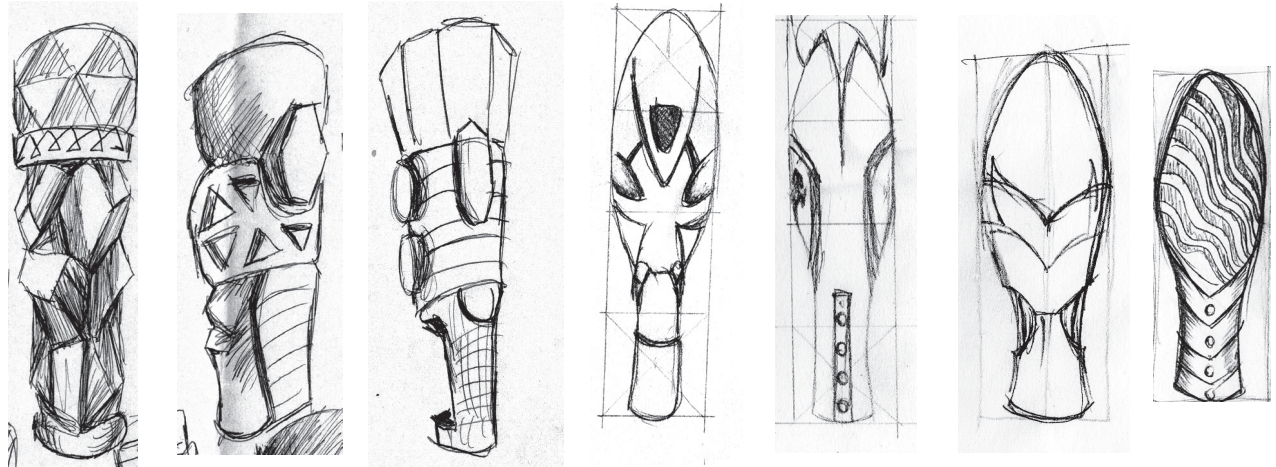


Figura 11: Bocetos Antihéroe

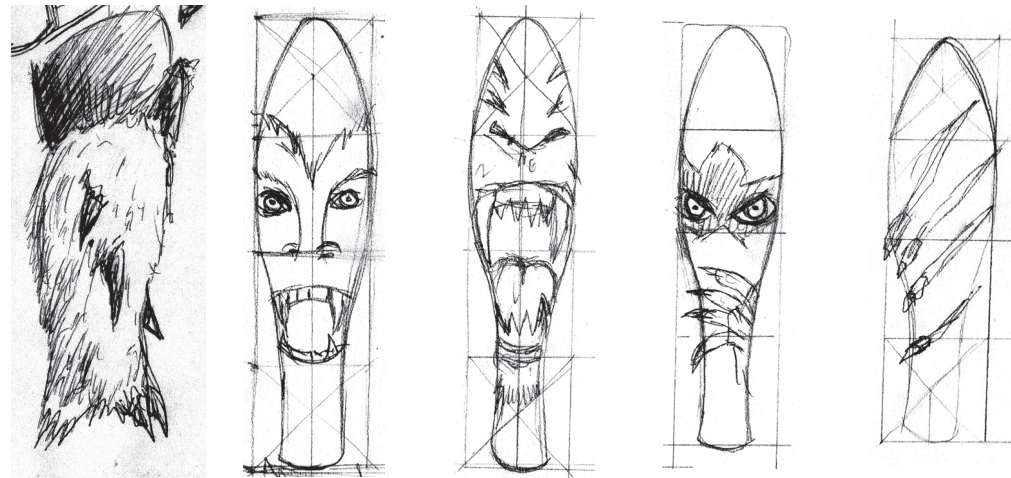


Figura 12: Bocetos Sobrenatural

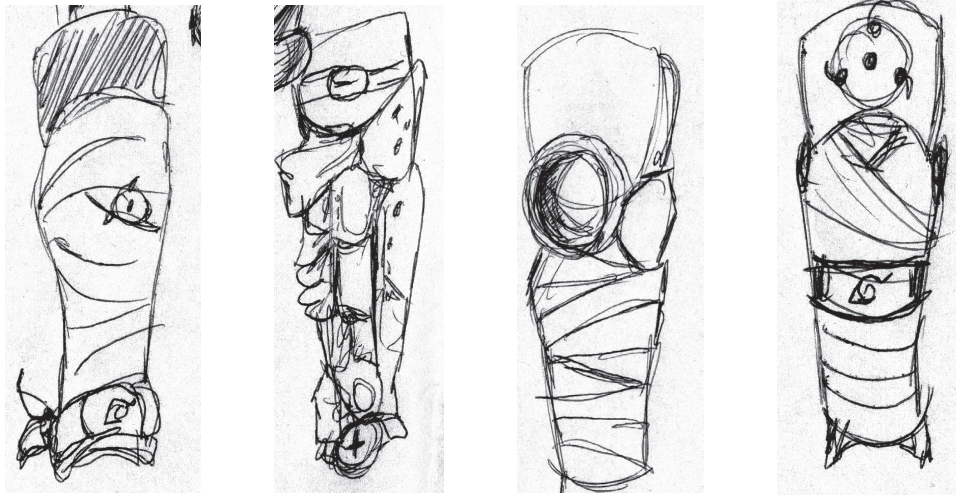


Figura 13: Bocetos Magia

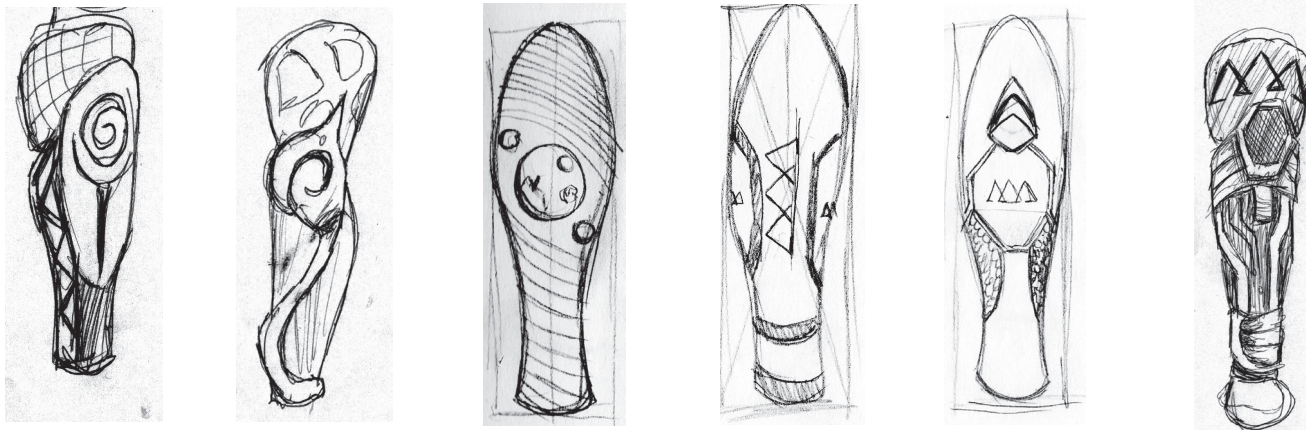


Figura 14: Bocetos Combate

las figuras retóricas de símil y sinécdoque, pues se buscó realizar interpretaciones que se asemejen a la realidad y que de igual manera engloban una idea amplia con elementos que los representan.

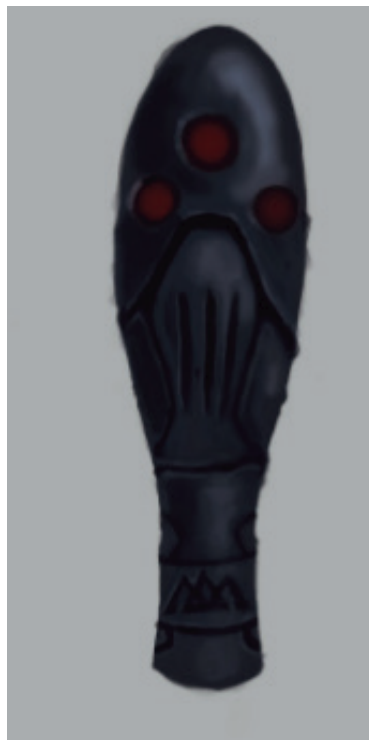
Se seleccionaron los bocetos que tuvieron la forma más parecida a una pierna, ya que el usuario no gusta de formas tan experimentales; de igual manera se realizaron los bocetos con una paleta de color disminuida, pues el usuario no gusta de diseños coloridos. Tras dicha discusión se seleccionaron y perfeccionaron, con un mayor nivel iconográfico, los bocetos que representan cada uno de los conceptos para facilitar el entendimiento de los mismos por parte del usuario y al mismo tiempo se sugiere una paleta de color que refuerza los conceptos.

Se seleccionaron los bocetos que tuvieron la forma más parecida a una pierna, ya que el usuario no gusta de formas tan experimentales; de igual manera se realizaron los bocetos con una paleta de color disminuida, pues el usuario no gusta de diseños coloridos. Tras dicha discusión se seleccionaron y perfeccionaron, con un mayor nivel iconográfico, los bocetos que representan cada uno de los conceptos para facilitar el entendimiento de los mismos por parte del usuario y al mismo tiempo se sugiere una paleta de color que refuerza los conceptos.

El día 2 de marzo se presentaron estos bocetos con el usuario, y se llevó a cabo su revisión y posterior aprobación de unos de estos. En esta sesión, los comentarios fueron mayormente positivos y se hicieron sugerencias como la eliminación del disco ubicado a un costado del tobillo y el cambio de color en la sección del socket.



*Boceto Sobrenatural*



*Boceto Antihèroe*



*Boceto Combate*



*Boceto Magia*

*Figura 15: Bocetos ilustrativos*

Posterior a esta revisión, se procedió a desarrollar variantes del aspecto visual de la prótesis. Entre estas variaciones hubo propuestas burdas, de las que posteriormente se generaron algunas versiones más refinadas a las cuales se les aplicó color.

De estos bocetos se seleccionaron los que tuvieron una apariencia más anatómica además de que cumplir con el mayor número de elementos que para el usuario son importantes. La selección fue de tres bocetos, a los cuales se les dio un tratamiento más detallado para poder revisarlos con el usuario.



Figura 16: Boceto Seleccionado



Figura 17: Bocetos burdos

Posterior a esta revisión, se procedió a desarrollar variantes del aspecto visual de la prótesis. Entre estas variaciones hubo propuestas burdas, de las que posteriormente se generaron algunas versiones más refinadas a las cuales se les aplicó color.

De estos bocetos se seleccionaron los que tuvieron una apariencia más anatómica además de que cumplir con el mayor número de elementos que para el usuario son importantes. La selección fue de tres bocetos, a los cuales se les dio un tratamiento más detallado para poder revisarlos con el usuario.

Para el día 9 de marzo se programó una sesión en el hogar del usuario. Durante esta visita fue él quien seleccionó el modelo que más se adecuó a sus preferencias, además, hubo avances nuevos en el proceso de cocreación al añadirse un nuevo elemento en la parte posterior de la carcasa de la prótesis y un nuevo símbolo, ambos sugeridos por el usuario.

En la sesión del 16 de marzo se mostró el avance de los bocetos finales. En este punto del proceso de bocetaje, se le mostró al usuario la propuesta final de diseño con los elementos y correcciones que él mismo requirió. En este boceto se muestran diferentes perspectivas de la prótesis. El usuario quedó satisfecho con el diseño y no solicitó más cambios.

La composición final del diseño seleccionado es de apariencia inestable, de acuerdo con Dondis (1960), y contiene en sí tres anomalías principales indicadas en forma y gama cromática. El diseño de las vendas que se ha propuesto busca brindar dinamismo y alejar la propuesta lo más posible de la idea de las vendas de uso médico.

Los colores implementados en el diseño son el blanco, azul, plateado y rojo en distintas tonalidades.



Figura 18: Bocetos Seleccionados



Figura 19: Boceto Final

El primero de esos colores tiene una mayor presencia pues es parte de la base donde se le agregan los demás elementos. las anomalías más evidentes en la composición resaltan por el uso de los colores azul y plateado. El color plateado es fundamental para simular un material metálico, mientras que el azul denota el uso de otro material (tela) para sujetar las bandas metálicas a la pierna protegida con las vendas. El último acento en la prótesis se trata de un elemento simbólico, añadido en color rojo. Este símbolo se utiliza sobre el acabado y color predeterminado del socket, que es negro.

A continuación se muestran los diferentes símbolos que se encuentran en la prótesis:

#### Sharingan

El elemento pertenece a la serie de Naruto, este símbolo es muy importante en uno de los clanes de ninjas más poderosos de la serie. su vinculación con los conceptos claves se da con el antihéroe Sasuke -que es un miembro de este clan- y, de acuerdo con el creador de la serie, Masashi Kishimoto (2002), este símbolo es el ojo que refleja el corazón.

#### Símbolo tachado de la aldea de Konoha

El uso de este icono, presente también en la serie de Naruto, significa la pertenencia a la aldea de Konoha y a su gente. Sin embargo, la existencia de la marca sobre el signo comunica que se trata de un ex miembro, un desertor, aludiendo a Sasuke, uno de los antihéroes de la historia.

#### Triángulos

La selección de estos elementos para el diseño final de la carcasa, proviene del concepto de magia, prove-

niente de las temáticas manejadas por las bandas escuchadas por el usuario. De acuerdo con la reportera Paola Ortiz (2014) el uso de los triángulos representan "una atmósfera surrealista y mística."

### Triskelion

El origen del conocimiento del símbolo por parte del usuario se dió mientras veía la serie Teen Wolf. Para el usuario este símbolo representa a Derek Hale, ya que dicho personaje lleva en su espalda este símbolo a manera de tatuaje. Este personaje también desarrolla un papel de antihéroe en su universo, con lo cual el usuario se siente identificado. Por la naturaleza mística de la serie y el personaje -que es un hombre lobo- se vincula también con lo sobrenatural. De acuerdo con Pino (2015) "el triskel, trisquel, triskelion o triskele es un poderoso símbolo de la antigua cultura celta que representa los tres estados de la vida comparados con el ciclo del día: la niña inocente (el amanecer), la madre (la tarde) y la sabiduría de la mujer vieja (la noche). Es un símbolo que representa poder en movimiento y renacer, por lo que es un tatuaje muy popular entre las personas que se han esforzado, que han luchado y que supieron salir bien de los conflictos que les ha aparejado la vida, resurgir."

## Conclusión

El diseño final satisface los gustos y preferencias personales del usuario. Fue necesario experimentar no sólo con distintas formas y colores, sino también con los conceptos rectores e incluso símbolos. Al final se ha

mostrado, a través del diseño, varios aspectos distintos del usuario, principalmente su gusto por la serie Naruto y sus personajes, así como los conceptos rectores de "combate" y "antihéroe" y, en menor medida, "magia" y "sobrenatural".

El proceso de co creación propuesto por la metodología ha ayudado mucho como guía para saber el camino adecuado que debe seguir el diseño. De igual manera el usuario, al participar activamente en el diseño, garantiza que el mismo sea completamente adecuado

a sus gustos y personalidad. Es un proceso de diseño en el que el diseñador tiene la labor de interpretar distintos aspectos de la persona, más que ofrecerle la solución adecuada a sus problemas. Es en el siguiente capítulo donde se materializa este diseño.

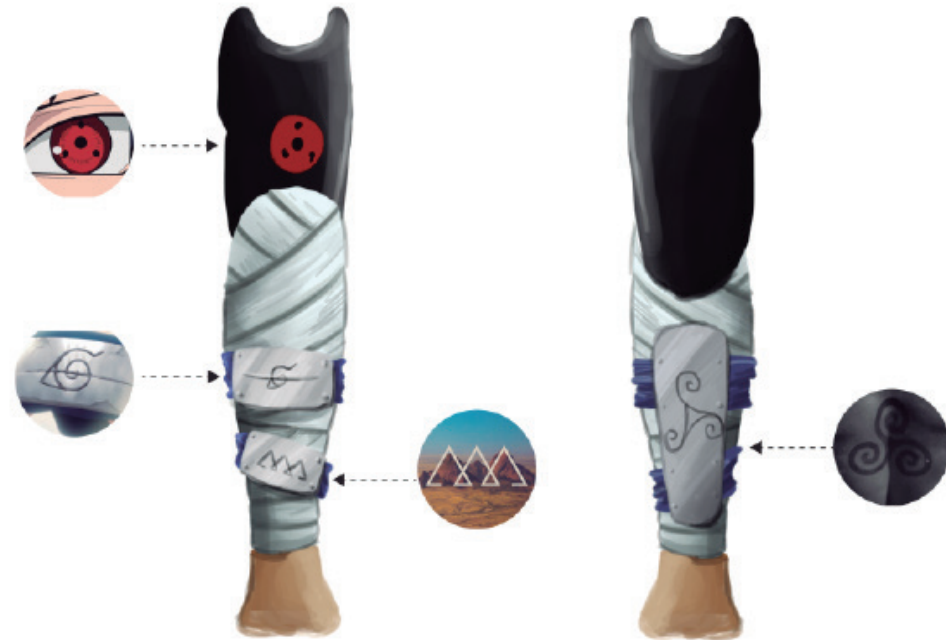


Figura 20: Símbolos del Boceto Final

Capit-  
ulo  
4

## Introducción

Continuando con el proceso desarrollado durante el capítulo tres, en este capítulo se realizó la etapa final del proyecto, la cual abarca los dos últimos pasos correspondientes a la metodología design thinking, donde se tomaron como ejes principales el proceso en el desarrollo del prototipo final y el análisis de resultados de la implementación de éste.

El propósito de este capítulo es mostrar cómo se ha realizado la manufactura del prototipo y cómo ha reaccionado el usuario a éste. Una vez analizados los resultados del testeo se comprueba si la hipótesis es verdadera o falsa. Las etapas presentadas en este capítulo son: Prototipo y Testeo.

## Prototipo

En esta etapa se desarrolló un modelo digital tridimensional del diseño estructural y estético. Usando programas de modelado tridimensional, procediendo a mostrar al usuario el diseño final del proyecto.

La voz del usuario tiene, nuevamente, bastante importancia, por lo que -de existir- se anotan las correcciones pertinentes, se llega a acuerdos y una vez realizadas las correcciones, se agenda otra cita con el usuario.

Este paso del proceso es sumamente importante

para saber si habrá algún cambio previo a la impresión de la pieza, ya que cuando ésta se imprima no podrá ser modificada. En caso de no existir modificaciones al prototipo, o que éstas ya hayan sido llevadas a cabo, se procede a la impresión y al acabado de la pieza (pulido, pintura, barnices, etcétera).

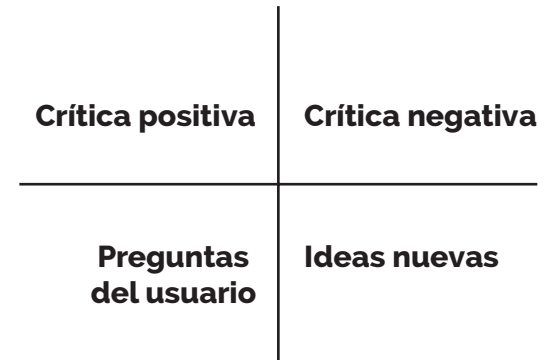
## Testeo

Posteriormente se llevan a cabo pruebas, con el fin de medir cómo el usuario se siente e interactúa con la carcasa, saber si la acepta y si se siente cómodo con ésta. Para realizar esta actividad se emplean dos rúbricas, ambas compatibles con el enfoque del design thinking: Feedback capture grid y una evaluación basada en las variables establecidas durante el protocolo de esta investigación.

### Feedback capture grid

De acuerdo con lo descrito por la Interaction Design Foundation (2016) el Feedback capture grid es una tabla de medición que debe llenarse con los datos obtenidos en las entrevistas con el usuario, como un método para tener retroalimentación por parte del mismo.

Esta tabla se compone de cuatro puntos:



En el cuadrante derecho superior se colocará la retroalimentación positiva, en el izquierdo superior irá aquello que forme parte de la crítica negativa del producto, sus defectos y aquello que entra en lo que no agrada. El cuadrante derecho inferior será para aquellas preguntas que tiene el usuario y aquellas nuevas preguntas que surjan después de la sesión. Todas las ideas que hayan surgido de la sesión serán asignadas al cuadrante izquierdo inferior .

La idea de llenar este formato es poder juntar la mayor cantidad de datos posible, para esto debe incluirse en cada apartado toda la información que corresponda, clasificando al momento, de tal manera que si hace falta algún elemento, pueda dirigirse la conversación hacia este tema. Toda la información será analizada para poder trabajar en las mejoras del producto.

## Evaluación por variables

Tal como se ha realizado en el capítulo anterior, se llevarán a cabo entrevistas informales con el usuario y su madre, donde se pueda sustraer información acerca de la situación del usuario tras la implementación de la carcasa. Esta información servirá para medir resultados.

Las categorías a evaluar son:

## Gráfica Objetual

- Satisfacción con la apariencia de la prótesis.
- Gusto por el acabado de la prótesis.
- Los colores son apropiados para él.

## Aceptación y resiliencia

- Mejoría en la actitud.
- Cambio en su estado anímico.
- Diferencias significativas gracias al prototipo.
- Su sentir con respecto a usar la prótesis.
- Seguridad con la que la porta.

## Ergonomía

- Si existe algún defecto en la pieza.
- Mejoras con respecto a antes de utilizar la carcasa.
- Comodidad o incomodidad en su día a día.
- El peso de la carcasa es adecuado para la prótesis.

Todos los datos recabados serán comparados con la información obtenida en entrevistas previas a la presentación de la propuesta, cotejando ambos grupos de información y pudiendo medir qué mejoras se han suscitado, denotando cómo la prótesis ha impactado en el usuario.

## Prototipo

Al tiempo que se trabajó con el prototipo de manera conceptual, se tomaron decisiones sobre la materialización del objeto de diseño. Entre las primeras opciones de resolución, los protesistas sugirieron la intervención de un papel transfer diseñado por el equipo. También se sugirió imprimir sobre la tela que cubre la prótesis, incluso se contempló la posibilidad de sólo pintar directamente sobre el socket.

Finalmente se decidió continuar con la idea inicial de recurrir al método de impresión aditiva (apéndice A), para crear una carcasa intervenida e integrarla a la prótesis con la que ya cuenta el usuario. Para facilitar el proceso de modelado por computadora previo a la impresión tridimensional, el protesista del usuario realizó un molde de yeso de la pierna izquierda del paciente, para utilizarse como referencia de las proporciones y medidas acertadas del modelo que se realizó.

Con el propósito de agilizar la producción del prototipo y generar un modelo tridimensional anatómicamente correcto del usuario, la colaboradora del protesista, una ingeniera biomecánica, ofreció la posibilidad de uti-

lizar un escáner 3D en las instalaciones de su alma máter y así poder obtener un modelo base con las medidas acertadas con las cuales trabajar.

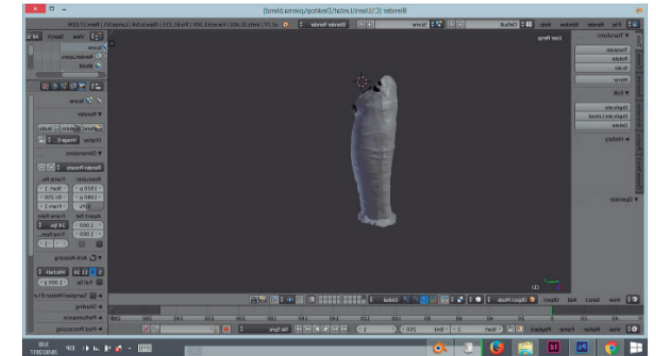


Figura 21: Escáner 3D

La cita para el escaneo del molde de yeso se llevó a cabo el día 16 de febrero, el molde se colocó sobre una plataforma con puntos de referencia, los cuales envían la información de través del escáner a un programa llamado VXEelements. Una vez terminada la sesión de escaneo, se obtuvo un archivo .STL del modelo, formato que es compatible con cualquier programa de modelado tridimensional.

La colaboradora del protesista asesoró al equipo en cuanto a opciones de manufactura de la carcasa. Dentro de su experiencia considera a la Impresión 3D como la mejor opción, debido a la resistencia de los materiales, su reducido costo y fácil implementación.

Después de tener el modelo, los ingenieros en mecatrónica, mencionados en el tercer capítulo, colabora-

ron con el diseño estructural de la carcasa, garantizando la optimización de forma, peso, resistencia, ensamble y fijación.

Para ello se les proporcionó el escaneo del molde de yeso de la pierna que en conjunto con medidas que ellos mismos tomaron de la prótesis del usuario y el diseño final de la carcasa, crearon un modelo de prueba estructural, es decir, en esta fase no se considera la estética y simplemente ha sido impreso para comprobar que las medidas y el ensamble sean correctos .



Figura 22: Prototipo 3D

Esta primera prueba fue impresa con dos distintos tipos de plástico: ABS y PLA. Esto con la finalidad de que pudieran conocerse las propiedades específicas de cada material y así poder evaluar empíricamente cuál de las dos propuestas era la más adecuada para el prototipo. (Anexo A).

Una vez que dicho prototipo fue impreso en ambos materiales, se realizó la visita a casa del usuario el día 8 de mayo, trabajando directamente con el dispositivo protésico y corroborando la exactitud de las medidas del modelo propuesto por los ingenieros. El resultado falló por algunos milímetros en la zona del tobillo, además, se descubrió que existe un tornillo que une la quilla con el tubo, mismo que no se había tomado en cuenta durante el diseño del modelo tridimensional y que imposibilitó la colocación de la parte inferior delantera del modelo. Esta sección de la carcasa tuvo que ser reducida del extremo inferior para poder acoplarla al tubo. Ésta y las ligeras modificaciones de medidas, se registraron para hacer las correcciones debidas en la siguiente versión del modelo.

Para poder corregir y mejorar la siguiente versión de la carcasa, fue necesario que los ingenieros revisaran a fondo la primera versión junto con la información recabada durante la visita. Una vez que todas las características que debían ser corregidas fueron identificadas por los ingenieros, la pieza de prueba fue entregada al equipo de diseño. Así, el día 21 de mayo, se comenzaron a realizar pruebas de lijado, pulido, pintura, imprimación, peso y resistencia de los materiales, para garantizar que el proceso que se siguiese durante el acabado de la versión final, fuera el adecuado (Anexo A).



Figura 23: Lijado de la carcasa

El día 2 de junio el equipo de diseño recibió el nuevo archivo .stl del modelo estructural con las correcciones de medidas que los ingenieros realizaron. Sobre este archivo se trabajó en las modificaciones estéticas que debían realizarse previo a la impresión con el software de uso libre: blender. Estas modificaciones constaron, básicamente, en añadir el relieve de las bandas de protección a la carcasa, y de esta manera delimitar las formas del diseño.



Figura 24: Prototipo 3D

Para el día 13 del mismo mes se tuvo una versión temprana del modelo tridimensional intervenido, la cual tuvo varios errores que seguramente hubieran dificultado la impresión. Este modelo se revisó con el equipo, haciendo las observaciones pertinentes para poder corregirlo.

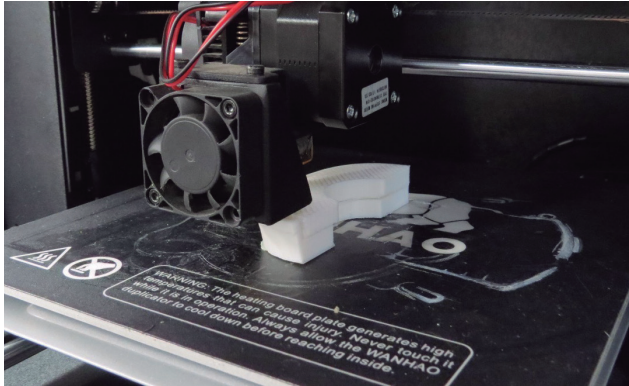
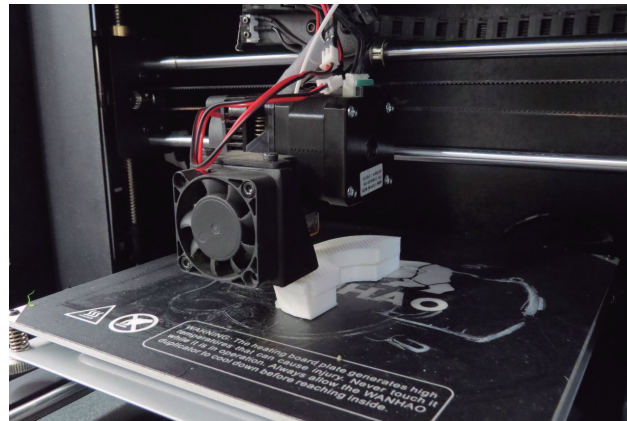


Figura 25: Modelado final 3D

El día 28 de Junio las correcciones fueron resueltas y la intervención final del modelo quedó lista para la impresión. Durante el mes de julio se buscaron diferentes opciones para realizar dicha impresión, buscando que el material tuviera la calidad necesaria y el costo del proceso fuera accesible. Al final, fueron los ingenieros colaboradores quienes se encargaron de la impresión, que se realizó en ABS. La duración de ésta fue de alrededor de 40 horas y fue entregada al equipo de diseño el ocho de agosto.

En esta etapa del proceso, el equipo de diseño ya había experimentado con los materiales que se podían adecuarse a la impresión, lo que volvió innecesaria más experimentación. Inicialmente se recubrieron con plastilina epóxica las pequeñas fisuras que presentaba la pieza, estas fisuras son normales y provienen directamente del proceso de impresión.



Proceso de impresión 3D

Posterior al resanado, se procedió con la etapa de lijado, en la cual se alternaron lijas con grano de 400 y de 900 para facilitar el alisado de la pieza. Esta etapa suele ser larga ya que requiere de observar constantemente que no existan irregularidades en la superficie de la impresión. A la par que se realizaba este proceso, se le añadieron los símbolos que están considerados en el diseño, ubicados en las placas de protección. Para la realización de estos símbolos se aplicó un poco de acetona y con el apoyo de herramientas de escultor se susstrajo material, dando como resultado un bajo relieve del diseño.

El pulido fue una etapa más sencilla en la cual se aplicaron, con un algodón, varias capas de acetona. Las características del plástico ABS permiten que la superficie se disuelva levemente al contacto con dicho solvente y por lo tanto dar un acabado completamente liso tras su aplicación.

Una vez realizada la etapa del pulido se procedió con la imprimación. Se aplicaron alrededor de cinco capas de imprimador acrílico, realizando un lijado entre capa y capa, para tener un acabado liso y brillante.

Para finalizar, se procedió a pintar la pieza. Para ello se aplicaron tres capas de aerosol blanco a ambas partes de la carcasa, cubriendo por completo el color del imprimador. Una vez secas, con un lápiz se definieron los contornos de las vendas que aparecen en el diseño y éstas se pintaron con un pincel, generando capas de pintura acrílica gris y haciendo degradados con agua. Una vez que las vendas quedaron terminadas, se pintaron las cintas de la misma manera, pero con pintura azul. Por último, las placas se pintaron con aerosol metálico color plata, enmascarando con papel las partes que no debieran ir de este color.

Cuando el resultado del proceso de pintado fue satisfactorio, el prototipo quedó listo para ser entregado al usuario.



Figura 26: Proceso de la carcasa final

## Testeo

La primera evaluación del diseño seleccionado para el usuario se llevo a cabo el 16 de marzo , durante esta sesión se mostró al usuario la versión final de la carcasa que se le entregará y pudo hacer observaciones y comentarios. La información obtenida durante esa reunión puede observarse en el siguiente formato de Feedback capture grid:

### Critica positiva

Para esta parte correspondiente a la evaluación, el usuario habló brevemente de que le gustaba el diseño propuesto para la carcasa de su prótesis, los colores y también los elementos que sugieren ser bandas de protección de combate. La aplicación de las bandas de protección con distintos símbolos, dan a entender que para el usuario es importante la identificación con diferentes personajes, conceptos e ideales.

Cabe destacar que durante esta sesión estuvieron presentes los dos jóvenes ingenieros en mecatrónica que ayudan con el desarrollo del prototipo, ellos pudieron tener un acercamiento con el usuario y dialogar con él. Resaltaron la importancia del trabajo de todos los

### Critica positiva

- Gusto por el diseño final de la carcasa.
- Aprobación de la gama cromática.
- Las bandas de protección fueron los elementos que más gustaron.
- Que el uso de la carcasa sirva para que otros usuarios de prótesis no vean su discapacidad como una debilidad.
- Reacción positiva y agradecimiento por parte de la mamá del usuario.
- Comentarios sobre el cambio de color del socket.

### Critica negativa

- El proceso de diseño puede llegar a involucrar mucha gente a la vez.

### Preguntas del usuario

- El usuario no tuvo ninguna duda o pregunta sobre el diseño final.

### Ideas nuevas

- Volumen entre una venda y otra
- Realizar otra en un futuro con temática de hombres lobo.

presentes como profesionales y también que el propósito del trabajo colaborativo era ayudarlo en el proceso por el que está pasando. Se le habló al usuario de la posibilidad de que él, con ayuda de este proyecto pueda servir de inspiración para que personas en situaciones similares puedan seguir adelante y se sientan bien como personas sin importar su discapacidad a lo que el usuario de mostró de acuerdo y lo señaló de manera positiva con una sonrisa.

Por otro lado, la madre del usuario vio por primera vez el diseño de la prótesis, a lo que reaccionó de manera muy positiva. Para ella es importante que su hijo encuentre la motivación para poder seguir adelante y que se sienta bien como persona. Parte de esta reacción positiva la manifestó al agradecer a todos los presentes por trabajar justamente por esa motivación que le hacía falta.

Como parte del proceso de diseño, previamente se había decidido un cambio en el color del socket del usuario, esta transición se dió entre un color durazno, que pobremente imitaba el color de la piel, a un color negro brillante. Las críticas a este cambio se dieron desde la implementación de la prótesis, donde el protesista manifestó sentirse orgulloso del trabajo ejercido, así como el usuario y sus padres hicieron comentarios de lo bien que se veía el cambio en el color. El usuario manifestó desde ese mismo día sentirse más cómodo y a gusto con su dispositivo.

En la reunión que se llevó a cabo con los compañeros de ingeniería en mecatrónica, al ver que la prótesis no cae en la convención del color, hicieron también comentarios sobre lo bien que se ve y que sin duda otorga un toque distinto y peculiar al dispositivo del usuario.

## Crítica negativa

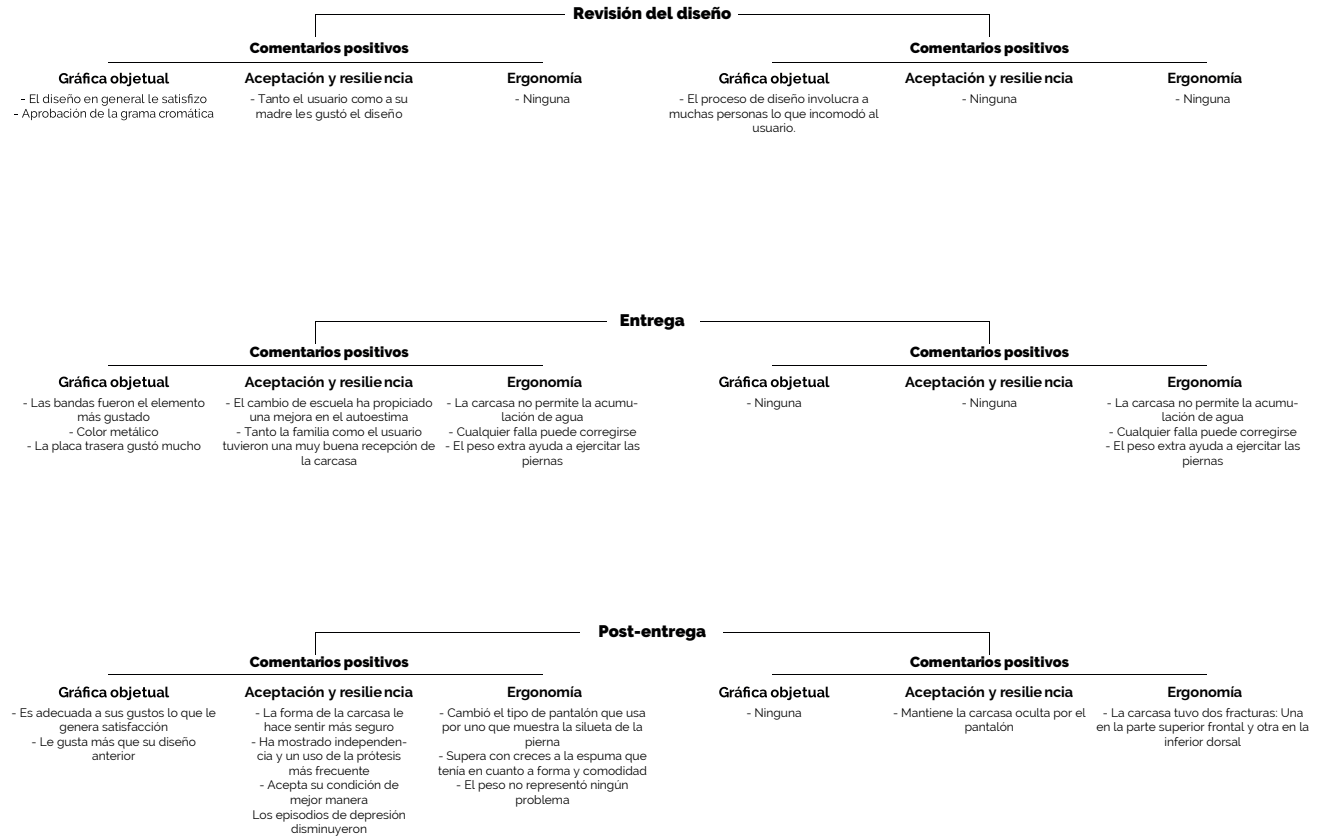
El usuario no manifestó ninguna reacción negativa en cuanto al diseño de la carcasa, sin embargo como parte de una plática más relajada, uno de los ingenieros mencionó que probablemente podría parecer incómodo para el usuario el ver a tanta gente desconocida a la vez, a lo que el usuario asintió levemente, no obstante aceptó que todos han trabajado en pro de su bienestar.

## Preguntas del usuario

Esta sección de la evaluación no tuvo respuesta alguna, el usuario expresó no tener ninguna duda, ni por el diseño presentado, ni por los siguientes pasos en el desarrollo. El hecho de que no existieran dudas ni inquietudes por parte del usuario ayuda a confirmar que el proceso de co creación ha sido un éxito y que se siente satisfecho con los resultados.

## Ideas nuevas

Se le habló al usuario del rol importante que juega en el desarrollo del diseño y que él mismo puede generar y proponer ideas que contribuyan en fabricación del prototipo (cosa que ha hecho indirectamente desde el inicio) o incluso para modelos de carcasas que puedan hacerse para él en un futuro. Para el primer punto sugirió añadirle volumen a las vendas para así dar a entender que están una sobre otra y nos simplemente pintadas y planas. En el segundo punto, el equipo de diseño sugirió cosas como retomar algunas de las ideas vistas en los primeros bocetos, también se mencionó una carcasa centrada únicamente en la temática de hombres lobo, a lo cual el usuario demostró interés en su posible implementación en un futuro.



### Revisión del diseño

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gusto por el diseño final de la carcasa             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprobación de la gama cromática</li> </ul> </li> <li>- Las bandas de protección fueron los elementos que más le gustaron</li> <li>- Que la carcasa puede servir para otros</li> <li>- Reacción positivo y agradecimientos de la madre</li> <li>-Comentarios osbre el cambio de color del socket</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proceso de diseño puede involucrar a mucha gente a la vez</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ninguna sobre el diseño final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen entre una venda y otra</li> <li>- Hacer una de hombres lobo</li> </ul>

### Entrega

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las bandas le gustaron</li> <li>- El color metalizado ha sido de su favorito</li> <li>- La placa trasera le ha gustado mucho</li> <li>- Que la carcasa puede servir para otros</li> <li>- El cambio de escuela ha mejorado su autoestima</li> <li>- El usuario y su familia aceptaron bien la carcasa</li> <li>- La carcasa no permite la acumulación de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisura en el socket</li> <li>- Dificultades para realizar el diseño del modelo</li> <li>- Ligeramente complicada de instalar</li> <li>- Aumenta el peso</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El peso extra puede ayudar a ejercitar a pierna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El peso extra puede ayudar a ejercitar a pierna</li> </ul>

### Post-entrega

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es adecuada a sus gustos lo que le genera satisfacción             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le gusta más que su diseño anterior</li> </ul> </li> <li>- La forma de la carcasa le hace sentir más seguro</li> <li>- Ha mostrado independencia y un uso de la prótesis más frecuente             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acepta su condición de mejor manera</li> </ul> </li> <li>- Los episodios de depresión disminuyeron.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambió el tipo de pantalón que usa por uno que muestra la silueta de la pierna</li> </ul> </li> <li>- Supera con creces a la espuma que tenia en cuanto a forma y comodidad</li> <li>- El peso no representó ningún problema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantiene la carcasa oculta bajo el pantalón</li> <li>- La carcasa tuvo dos fracturas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ninguna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ninguna</li> </ul>

NOTA: Hay una mejora en lo general, esta se debe a varios factores como el cambio de escuela y amistades, sin embargo, la carcasa ha sido un factor clave

## Conclusión

Al inicio del capítulo fue importante la recapitulación del proceso que se llevó a cabo para el análisis, modificación y fabricación de la carcasa intervenida, desde el escaneo de la pierna de yeso hasta las pruebas realizadas con prototipos de prueba y la impresión e intervención del prototipo final para entrega al usuario.

Es importante destacar la experimentación que se tuvo con tecnología como escáneres 3D y programas de modelado tridimensional, así como la vinculación interdisciplinaria para lograr las impresiones de prueba y finales en materiales como ABS y PLA. Todos los procesos dieron como resultado un producto funcional y sobre todo que logró conectar emocionalmente con el usuario y que aportó a su autoestima y proceso de resiliencia.

Se encontró peculiarmente complicado, aunque curioso, el analizar datos cualitativos fuertemente ligados a las emociones y singularidades del usuario. Este proceso se mantuvo lo menos ambiguo posible, revisando y clasificando los datos de manera adecuada, pues no es suficiente con que el usuario exprese su conformidad con una simple palabra o gesto, es, más bien, importante medir una mejoría en los parámetros establecidos en esta investigación, proceso que se ha encontrado engañoso debido a la arbitrariedad.

Sin embargo, se siguió esta metodología y se notó una mejoría en el estado anímico del usuario que, aunque éste ha sido afectada por varios factores, es evidente cómo la personalización de la prótesis aportó a este cambio, facilitando parte del proceso de resiliencia.

## Conclusión general del proyecto

A lo largo del proyecto se realizó una ardua investigación con una sola meta en mente: demostrar que el diseño gráfico aplicado a una prótesis de pierna ayudará al usuario a aceptar su condición y facilitará su proceso de resiliencia, mejorando su calidad de vida y anteponiéndose a la idea que algunos individuos tienen sobre su uso exclusivo en la creación de contenidos publicitarios.

Al continuar con la investigación y el desarrollo de la idea en general, salió a la luz la compleja y multidisciplinaria naturaleza de un proyecto como este, generando ciertas dificultades y haciendo notar que el diseño no lo resuelve todo. No obstante, se buscó la manera de resolver estos problemas paso por paso, encontrando suficientes referencias que validaran el enfoque de la tesis; asesorándose con distintos especialistas como psicólogos, protesistas, ingenieros y, por supuesto, otros diseñadores; investigando sobre tecnologías de impresión y consiguiendo materiales y técnicas para desarrollar el prototipo; realizando entrevistas, conociendo gente, acercándose de manera empática al usuario y generando relaciones con personas de diferentes medios, algo que resultó inesperado dentro del proyecto.

En el primer capítulo de esta tesis, se plantearon las bases teóricas con las que se trabajaría, desde la parte de diseño hasta pasar por los conocimientos básicos de la prótesis, los antecedentes históricos y finalmente el

contexto sociocultural del usuario, todo esto con el fin de obtener un plano en el cual trabajar, donde la realidad del usuario fue algo importante.

En el siguiente capítulo se buscaron proyectos que se dedicaran a dar solución a las personas con alguna amputación. Se descubrió un catálogo enorme de posibilidades y detectamos la dura realidad de esto: Las prótesis son adaptadas a los gustos del cliente pero existe una serie de complicaciones; altos costos, elección de productos hechos en masa, personalización genérica, que no satisface al cien por ciento al usuario, entre otras cosas, lo que demostró que existe una ventana de oportunidad donde el equipo de diseño pudiera encontrar la manera de realizar un prototipo de bajo costo, ligero y totalmente personalizado.

La tercera parte fue importante ya que con base en las entrevistas con el usuario en el CREE se llegó a dar un acercamiento que dio oportunidad a desarrollar un puente entre él y el equipo de diseño, donde las ideas fluyeron, mutaron y se depuraron con base en los deseos y necesidades. Es así como se decidió implementar el design thinking como metodología para desarrollar el proceso conceptual. No ha sido sólo bocetar, además entender el proceso emocional del usuario y empatar el proyecto a sus necesidades. Se desarrolló de manera física una serie de carcacas de prueba, permitiendo que el usuario las portase, para así poder realizar observaciones pertinentes, generando experiencia con base en los conocimientos propios y de miembros cercanos de su familia, se permite saber el nivel de éxito, medirlo y así concluir con la investigación.

Fue hasta el cuarto capítulo cuando pudo materializarse el prototipo. Este proceso requirió de mucha experimentación, para lo cual fue necesario imprimir dis-

tintas carcacas de prueba. Se aprendió mucho sobre los procesos de impresión y manufactura, consiguiendo satisfacer las necesidades de diseño del usuario. Después de implementar la carcaca, se dejó pasar un mes para que el usuario interactuara con ella y con su contexto, es decir, fue en este capítulo donde se comprobó que la hipótesis planteada en el protocolo de este documento, ha sido acertada.

A lo largo del proyecto el usuario ha presentado una mejora con respecto a su autoestima y su interacción en su entorno. Es importante destacar que el momento en que la prótesis fue implementada coincidió con su cambio de escolaridad, al ingreso de la escuela secundaria. Ahora el usuario se muestra más confiado, interactúa con gente de edades similares a la de él, es capaz de salir sin la presencia de sus padres.

Si bien el diseño le gusta y se siente cómodo con este, por elección decide mostrar la pierna exclusivamente a personas cercanas a él, sin embargo, aprovecha la forma orgánica para portar ropa más ajustada, situación que es reflejo de la seguridad que la carcaca ayuda a generar. La carcaca ha resultado ser una herramienta que ayuda a normalizar su apariencia, que aunado al hecho de que sus compañeros no conocen su situación, permite al usuario no ser localizado como una persona con una discapacidad, algo que él prefiere se mantenga así.

Desde un punto de vista propio del equipo, el desarrollo del proyecto ha resultado en una experiencia placentera por motivos variados, siendo uno de los más importantes la oportunidad de haber podido ayudar a una persona que lo necesitaba y tener la satisfacción de que se hizo de corazón y que, aún teniendo este escrito de por medio, se le dio preferencia y prioridad a atender

al usuario y hacer todo lo posible por otorgarle algo útil que pueda brindarle bienestar. Independientemente del logro académico o profesional que pueda conllevar un proyecto, la mayor satisfacción se da cuando el trabajo bien realizado puede ayudar a cambiar el mundo de una sola persona de manera positiva.

De llevarse a cabo proyectos parecidos que sigan el mismo proceso de trabajo propuesto en esta tesis, podría, con el tiempo, representar un cambio en la manera en que se ven las personas con amputación en su día a día y con más colaboraciones, llegar a hacer un cambio verdadero, pequeño pero significativo.

# ANEXO

*Materiales*

## Introducción

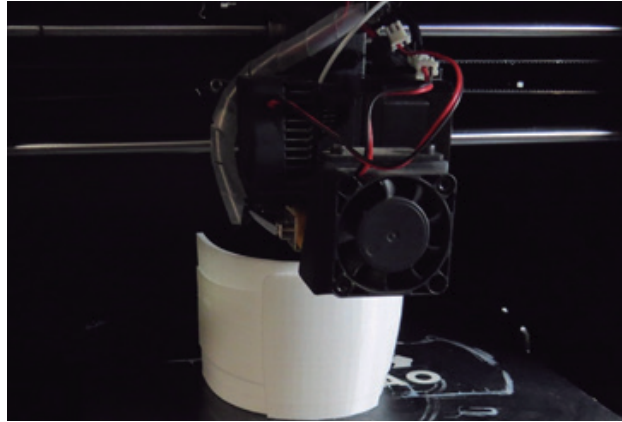
En este anexo se revisan y describen los elementos involucrados en la producción de la carcasa de prueba utilizada como medio de experimentación, para garantizar que los materiales fueran los óptimos en la manufactura del prototipo final. De igual manera se aborda el proceso de impresión aditiva y la postproducción de la pieza para lograr los acabados finales.

## Proceso de impresión

Como método de realización de la carcasa para la prótesis en este proyecto, se eligió la impresión 3D por extrusión de material. Este proceso consiste en depositar sucesivamente un filamento de plástico o metal a través de una boquilla de extrusión, la que se calienta a más de 185°C, fundiendo el material a medida que se imprime. Este proceso se realiza siguiendo el trazado definido por el archivo CAD, depositando el plástico en capas muy finas -aproximadamente 0.04 mm de grosor- construyendo el objeto capa por capa, de la base a la cima. (Berchon y Luyt, 2014).

Como se mencionó en el capítulo 3, se realizó un modelo tridimensional de la carcasa de la prótesis, el cual fue impreso, a manera de prueba, en dos materiales diferentes con el fin de experimentar con sus pro-

piedades: ABS y PLA. Con ambos se realizó el mismo proceso de pulido y cada uno presentó distintas reacciones.



### PLA

La pieza frontal en esta carcasa de prueba fue impresa con PLA (ácido poliláctico). Se trata de un plástico fabricado a base de almidón de maíz y que no usa energía fósil. Es biodegradable y compostable, lo que hace de él un material, supuestamente, ideal para los impresores particulares. Sin embargo, es sensible al agua; un repetido lavado a máquina o una exposición prolongada a la intemperie pueden debilitar y estropear un objeto de PLA. (Berchon y Luyt, 2014).

Esta parte de la carcasa presentó algunas zonas irregulares que tuvieron que ser cubiertas antes de comenzar con el proceso de lijado. Para esto, se recurrió al uso de plastilina epóxica, la cual ayudó a resanar el material y prepararlo para la fase de lijado y el pulido.

Durante la fase de lijado se presentaron ciertas dificultades, ya que, a pesar de estar impresa con una baja densidad, es decir, que existen espacios vacíos en la estructura de la impresión, fue laborioso lograr que las líneas de impresión fueran imperceptibles y que se cubrieran por completo las pequeñas imperfecciones que la pieza presentó. Este proceso duró diez días.

Para tratar de acelerarlo se intercaló con la fase de pulido, tratando de ablandar el material y facilitar un acabado óptimo. Después de un rato de lijado, se aplicaron al producto dos capas de recubrimiento con acetona que permitieron derretir el material gradualmente, proceso que se repitió varias veces. Finalmente se logró darle un acabado de calidad a la pieza, sin embargo, presentó imperfecciones poco notorias.

### ABS

La parte trasera de la carcasa de prótesis se imprimió con ABS. El ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) es uno de los materiales más populares en impresión 3D. Éste tiene un punto de fusión entre los 200 y los 250°C, puede soportar temperaturas relativamente bajas (hasta -20° C) y elevadas (80° C). No es biodegradable y resiste bien a los golpes gracias a la estructura elastómera de polibutadieno. También ofrece un resultado atractivo, con una superficie lisa y brillante. (Berchon y Luyt, 2014)

A diferencia de la pieza impresa en PLA, el ABS reaccionó de mejor manera al lijado y al pulido con acetona, por lo tanto se ahorró demasiado tiempo de estos procesos, durando no más de tres días.

Esta pieza presentó una cantidad mínima de imperfecciones, siendo innecesario el uso de plastilina epóxica ni de otro material para darle un acabado uniforme.

Posterior al lijado, las pocas imperfecciones presentadas se recubrieron derritiendo con acetona el polvo del material, derivado de lijar la pieza.

## Procesos generales de post producción en impresión 3D

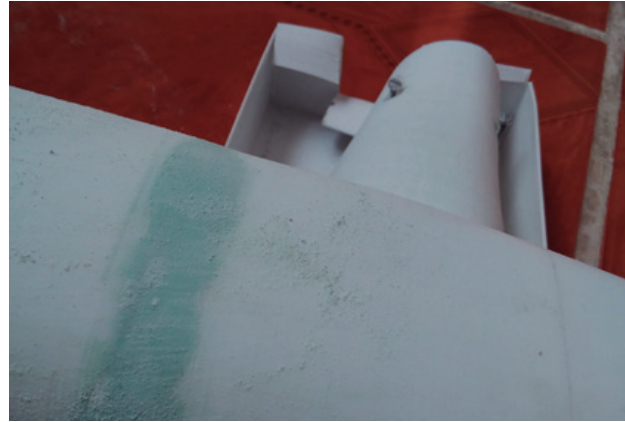
### Lijado

La fase de lijado contempla varias etapas que deben llevarse a cabo con minuciosidad y sin excepciones. La primera etapa consiste en desprender el material sobrante. Se realiza un cambio gradual de lijas, de la más gruesa a la más fina, con el fin de detallar el trabajo que se realiza en la pieza. Con la lija más fina se busca suavizar al máximo los efectos de textura. Este método de lijado por granos sucesivos permite ir más rápido y obtener un mejor resultado. (Berchon y Luyt, 2014).

### Pulido

Las impresiones realizadas en 3D, independientemente de si es en ABS o en PLA, dejan a la vista las capas de vertido de material. Si bien hay quienes aprecian este resultado bruto como una cuestión de estética particular, otros optan por pulir el material, como se ha hecho en este caso.

Una de las técnicas de pulido, consiste en sumergir la pieza en un cuenco lleno de acetona líquida, obteniendo un resultado imperfecto, ya que el procedimien-



to tiende a crear huellas blancas en el objeto. (Berchon y Luyt, 2014)

Otra forma de lograr un pulido óptimo es a modo de barniz al aplicarlo con una herramienta como un pincel sobre nuestra pieza. La acetona contribuye a suavizar aún la superficie de la pieza, siempre y cuando no nos excedamos en su aplicación, algo que de ocurrir podría estropear la superficie o reducir el nivel de detalle en exceso. (Ramírez, M. 2015).

### Imprimación

La aplicación de la imprimación, es decir, la aplicación de una capa de material sobre la que se ha de pintar (usualmente llamada primer [léase *práimer*]), es una etapa laboriosa aunque necesaria para garantizar buen proceso de acabado de la pieza. Esta subcapa permite reforzar la impermeabilidad del modelo y por tanto mejora su resistencia a largo plazo. La imprimación es un proceso que otorga un alto grado de protección.



Esta fase exige mucha paciencia. En particular, el tiempo de secado debe respetarse sin excepción, colocando el objeto en una habitación a temperatura ambiente y con ventilación. Es recomendable alternar el lijado y la imprimación hasta obtener una superficie satisfactoria. (Berchon y Luyt, 2014).

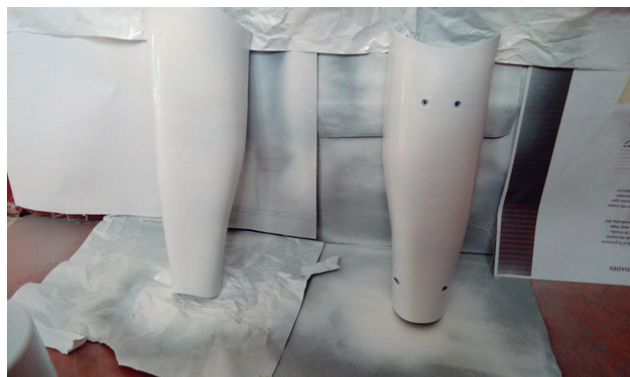
### Pintura

La pintura acrílica es la más recomendada para su aplicación en impresiones 3D, ya que se decolora menos con el tiempo, lo que es preferible cuando se emplean tintes blancos o claros. Además es más fácil de conservar y afecta menos al medio ambiente (Berchon y Luyt, 2014).



### Imprimación y Pintura

Para la imprimación de ambas piezas se utilizó un primer automotriz el cual fue seleccionado por el acabado que ofrece. En ambas partes de la carcasa se realizó la aplicación de una capa de primer y lijado, proceso que se repitió varias veces. Fue la pieza impresa con PLA la que requirió un mayor número de capas de primer para rellenar los espacios vacíos y emparejar el



relieve de la pieza, el cual no quedó parejo aún después de la fase de pulido inicial.

Un hecho que cabe destacar durante el proceso de imprimación, es que la pieza de PLA se cayó y sufrió una ruptura. Esta parte de la carcasa se rompió limpiamente, sin astillas ni deformaciones, casi como si hubiera sido cortada finamente. Para solucionarlo, se recurrió a la ayuda de un pegamento con base de cianoacrilato y un posterior refuerzo con plastilina epóxica en el área posterior de la pieza. Tras esta compostura la pieza mostró resistencia y no volvió a quebrarse. La razón de esta fácil ruptura se debió a que el material estaba impreso con una baja densidad.

Una vez terminado el proceso de imprimación, se continuó con la aplicación de la pintura. Empezando con la aplicación de una base de pintura blanca brillante en aerosol. Fueron necesarias 5 capas de pintura para cada pieza para obtener una base sólida en la cual proceder con los detalles.

Como siguiente paso, se aplicó pintura plateada en aerosol a las áreas de las placas metálicas indicadas en el arte conceptual, lo que se consiguió enmascarando los alrededores. En cuanto a la parte de las vendas, los detalles resultaron ser muy pequeños, lo que imposibilitó que se pintaran con aerosol, por lo tanto, se recurrió a la aplicación con pinceles de pintura acrílica.

La textura generada por la aplicación de pintura con pincel no fue la deseada en cuanto a un acabado de calidad, por lo tanto parecía imperativo remover todo rastro de detalle hecho en esta etapa y encontrar una solución alternativa que diera el resultado adecuado. Sin embargo, fue gracias a este accidente y aparente error que se encontró un proceso desconocido del cual se obtenía el resultado deseado: Al intentar quitar la

pintura con un poco de agua y papel higiénico, ésta se mezclaba de una mejor manera con la capa de pintura base, permitiendo una mejor adherencia al material y un acabado menos rugoso.

Finalmente el proceso de post producción concluyó con la aplicación de sellador mate en aerosol, protegiendo la pintura de los rayos del sol y de rayaduras.

## Conclusión

A pesar de conocer la teoría con respecto a los procesos de post producción, la práctica permite a quienes experimentan con estos materiales plásticos, conocer sus límites y aprender de las dificultades, facilidades y características de las piezas impresas. Así como descubrir nuevos resultados y poder seleccionar adecuadamente qué material responde de mejor manera a las necesidades del producto que se va a fabricar.

El equipo de diseño decidió finalmente recurrir al ABS para la manufactura del prototipo final, debido a que sus características de resistencia y fácil manejo durante la post producción. Lo que dió como resultado la mejor calidad posible, la promesa de durabilidad y una mejor compatibilidad con la prótesis del usuario.





# *Referencias*

Ambrose, H. (2006). *Color*. Barcelona, España: Parramon American Psychological Association, (s.f). *About APA*. [F.A.Q.]. Recuperado de <http://www.apa.org/support/about-apa.aspx>

American Psychological Association, (s.f). *El camino a la resiliencia*. Recuperado de <http://www.apa.org/centrodeapoyo/resiliencia-camino.aspx>

American Orthopedic Foot & Ankle Society, (s.f). *Below-knee amputation*. Illinois, EE.UU.: FootCareMD. Recuperado de: <http://www.aofas.org/footcaremd/treatments/Pages/Below-Knee-Amputation.aspx>

Amputee Coalition. (2015). *Preguntas sobre prótesis para amputados nuevos*. Recuperado de <http://www.amputee-coalition.org/resources/preguntas-sobre-protesis-para-amput>

ANDADE (2011). *Nuestros planteamientos sobre la importancia de la fisioterapia es compartida también por el CGCF*. Recuperado de: <http://www.andade.es/articulos-andade/item/nuestros-planteamientos-sobre-la-importancia-de-la-fisioterapia-es-compartida-tambien-por-el-cgcf>

Asamblea nacional de medicina (2015). *Acta de la Sesión Solemne de Clausura del CLII Año Académico*. Recuperado de: <https://www.anmm.org.mx/actas2015/Acta-SClausura-25-Noviembre2015.pdf>

Berchon M. y Luyt B. (2014). *La impresión 3D Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Barcelona, España: Gustavo Gili

Bonet, J. (1997). *Sé amigo de ti mismo. Manual de autoestima*. España: Sal Terrae.

Bowers, R. (2002). *El maravilloso mundo de la próte-*

*sis cosmética*. InMotion 12. Recuperado de: [http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/mar\\_apr\\_02/cosmesis.x20075.pdf](http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/mar_apr_02/cosmesis.x20075.pdf)

Brito, J., Quinde, X., Cusco, D. y Calle, J. (2013). *Estudio del estado del arte de las prótesis de mano*. Ingenius. (No. 9), 57-64.

Brown, T. y Wyatt, J. (2010). *Design Thinking for Social Innovation*. Stanford social innovation review. Recuperado de [http://5a5f89b8e10a225a44ac-ccbed124c38c-4f7a3066210c073e7d55.rg.cf1.rackcdn.com/files/pdfs/news/2010\\_SSIR\\_DesignThinking.pdf](http://5a5f89b8e10a225a44ac-ccbed124c38c-4f7a3066210c073e7d55.rg.cf1.rackcdn.com/files/pdfs/news/2010_SSIR_DesignThinking.pdf)

Calvera, A. (2007). *De lo bello de las cosas: Materiales para una estética de diseño*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Carbonell, R. (S/f). *Definiciones de la OMS*. Recuperado de: <http://www.fisioibiza.es/definiciones-de-la-oms/>

Morris, C. y Maisto, A. (2005). *Introducción a la psicología*. México: Pearson Educación.

Charles, M. (1928). *Fundamentos de la teoría de los signos*. Barcelona, España: Paidós.

Chester, T. (2016). *A perfect limb: transforming prosthetic design*. Mashable. Recuperado de <http://mashable.com/2016/05/18/alternative-limb-project-sophie-de-oliveira-barata/#CWgdogglnuqw>

Children's Healthcare of Atlanta Inc. (2014). *Congenital Amputation*. Atlanta, EE.UU. [archivo PDF]. Recuperado de <https://www.choa.org/~media/files/Childrens/medical-services/orthopaedics/orthotics-and-prosthetics/congenital-amputations.pdf?la=en>

Cordero, M.,(s.f). *La estética Kantiana. España* [Archivo PDF]. Recuperado de: <http://www.ugr.es/~invelitera>

ria/PDF/Kant.pdf

De los Santos, J., Martínez, M. y Máximo, O. (2014). *Gráfica viva: Integración de la gráfica al objeto [Tesis de grado]*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.

Diario Oficial de la Federación. (1998). *Reglamento de Insumos para la Salud*. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/ris.html>

Diario Oficial de la Federación. (2007). *Ley General de Salud*. Recuperado de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/legis/lgs/index-indice.htm>

Dondis, D. A. (1976). *La sintaxis de la imagen: Introducción al alfabeto visual*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Dupes, B. (2004 a). *El cuerpo eléctrico: Los últimos avances de la tecnología biónica. Traducido del inMotion - The body electric : recent developments in bionic technology. Volumen 14 · Número 3 · Mayo/Junio 2004* Recuperado de: <https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>

Dupes, B. (2004 a). *What You Need to Know About Knees*. [archivo PDF] Recuperado de: [http://www.amputee-coalition.org/inmotion/jan\\_feb\\_04/aboutknees.pdf](http://www.amputee-coalition.org/inmotion/jan_feb_04/aboutknees.pdf)

Díaz J. y Dorador J. (2010). *Futuro en las prótesis de mano, Congreso Internacional Anual de la SOMIM. Nuevo León, México*. [Archivo PDF]. Recuperado de [http://www.academia.edu/1217692/EL\\_FUTURO\\_EN\\_LAS\\_PR-C3%93TESIS\\_DE\\_MANO](http://www.academia.edu/1217692/EL_FUTURO_EN_LAS_PR-C3%93TESIS_DE_MANO)

Dorador, J., Ríos, P., Flores, I., y Juárez A. (2004). *Robótica y prótesis inteligentes*. Revista Digital Universitaria UNAM, 6(1), 1-15. Recuperado de: [http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01\\_enero.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01_enero.pdf)

Echavarren, E., Goya Arrese, A., y García, S. (s.f).

Amputación traumática de extremidades. [archivo PDF]. España. Recuperado de <http://www.cfnavarra.es/salud/PUBLICACIONES/Libro%20electronico%20de%20temas%20de%20Urgencia/19.Traumatologia%20y%20Neurocirugia/Amputacion%20traumatica.pdf>

Escalante, G. (2004). *Autoestima y diferenciación personal*. Universidad de los andes. [Archivo PDF] Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/38156/1/autoestima.pdf>

Estrada, H (29 de octubre de 2011). *Pero... ¿qué es el diseño gráfico?* ForoAlfa. Recuperado de: <https://foroalfa.org/articulos/pero-que-es-el-diseno-grafico>

Fishman, S. (1961). *Amputación*. En Garret, J. y Levine S. (Ed). *Psychological Practices with the Physically Disabled* (pp. 1-50), Washington, EE.UU.: Columbia University Press.

Forés A. y Grané, J. (2008). *La resiliencia*. Barcelona, España: Plataforma.

Gayosso, M. J. (2010). *Consecuencias psicológicas de las amputaciones*. [Archivo PDF] Madrid, España. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.discapacidadonline.com/wp-content/uploads/2012/01/consecuencias-psicologicas-amputacion.pdf>

Hammersley, M. y Atkinson, P. (1994). *Etnografía métodos de investigación*. Barcelona, España: Paidós.

Hernández, S. (12 de noviembre de 2013). *El CME-RI atenderá a personas con capacidad visual, auditiva, motriz e intelectual*. Oro Noticias. Recuperado de <http://oronoticias.mx/nota/109806/El-CMERI-atendera-a-personas-con-discapacidad-visual-auditiva-motriz-e-intelectual>

INEGI. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>

Kaczkowski, M. D. y Jeffries E. (1999). *La estética es mucho más que apariencia... es función*. [Archivo PDF] Recuperado de [biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/grafias/article/download/3417/3694](http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/grafias/article/download/3417/3694)

Kandinsky, V. (1926). *Punto y línea sobre el plano*. México: Colofón.

La O, y Baryolo, A. (2005). *Rehabilitación del Amputado de Miembro Inferior*. [Archivo PDF] Recuperado de [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/manual\\_de\\_amputados.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/manual_de_amputados.pdf)

Loaiza, J. y Arzola, N. (2011). *Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano*. [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n169/a22v78n169.pdf>

Mexicanos crean prótesis articulada en 3D para perro. (21 de enero de 2016). El universal. México. Recuperado de <http://www.eluniversal.com/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2016/01/21/mexicanos-crean-protesis-articulada-en-3d-para-perro>

Martin, F. (2002). *Contribuciones para una antropología del diseño*. Barcelona, España: Gedisa.

Masashi K. (productor). (2002). *Naruto [serie de televisión]*. Japón: TV tokyo.

Montes de Oca. (2005) ISO 13485. *Dispositivos Médicos y su Normatividad*. México. [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://sincalmx.wordpress.com/2014/04/15/iso-13485-dispositivos-medicos-y-su-normatividad-en-mexico/>

Moret, A. (2013). *Alternative limb project: extreme extremity*. *Installation Magazine*. Recuperado de <http://installationmag.com/alternative-limb-project-extreme-extremity/>

Morris, C. (1938). *Fundamentos de la teoría de los signos*. Barcelona, España: Paidós

Muoio D. (13 de junio de 2016). *These high-tech bionic limbs are the future of prosthetics*, *Business Insider*. Recuperado de: <http://www.businessinsider.com/alternative-limb-project-pushes-prosthetics-into-future-2016-6>

Niveles socioeconómicos AMAI. (2017). *Niveles socioeconómicos*. Recuperado de: <http://nse.amai.org/nseamai2/>

Norman D. A. (2005). *El diseño emocional, por qué nos gustan (o no) los objetos cotidianos*. Barcelona, España: Paidós Transiciones.

Norton, K. (noviembre/diciembre 2007). *Un breve recorrido por la historia de la protésica*. *inMotion – A Brief History of Prosthetics*. (Volumen 17, Número 7) [Archivo PDF]. Recuperado de [https://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov\\_dec\\_07/history\\_prosthetics.pdf](https://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.pdf)

Organización Mundial de la Salud, (1958).

Penalva, J. (2015). *Los brazos y piernas robóticas con sensores y controlados por la mente son una realidad*. Recuperado de: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/los-brazos-y-piernas-roboticas-con-sensores-y-controlados-por-la-mente-son-una-realidad#search>

Pérez, R. (2006). *El canon de belleza a través de la Historia: un método de descripción de personas para alumnos de E/LE*. Madrid, España. Recuperado de: <http://webs.ucm.es/info/especulo/numero34/canonbe.html>

Pino, F. (2015). *Tatuajes del triskelion: la sagrada trinidad celta*. VIX. Recuperado de <http://www.vix.com/es/btg/bodyart/2008-12-06/6079/tatuajes-del-triskelion-la-sagrada-trinidad-celta>

Plazaola, J. (2007). *Introducción a la estética: historia, teoría, textos*. Bilbao, España: Universidad de Desusto.

Quiroga, B. (2005). *Puntos Captales del diseño, perspectiva interdisciplinaria con Filosofía, Sociología y Estética*. Argentina: CommTOOLS

Ramírez, M (2015). *Tratamientos superficiales post-impresión (III). Tratamientos químicos (I)*. Recuperado de: <http://www.dima3d.com/tratamientos-superficiales-post-impresion-iii-tratamientos-quimicos-i/>

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <http://www.rae.es/rae.html>

Ruiz, M. (2010, noviembre). *El cuerpo humano como objeto estético. A parte Rei*. *Revista de filosofía* [Archivo PDF] (72). Recuperado de <http://serbal.pntic.mec.es/AParteRei/calvente72.pdf>

Scruton, R. (1987). *La experiencia estética. Educación estética y diseño*. México: Fondo de Cultura Económica. (año de publicación original; 1983)

Serra, P. (s.f.). *Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano*. Universidad de Valencia. Valencia, España.

*Servicios que se ofrecen en el Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE) (2016)*. Recuperado de: [http://difestatal.puebla.gob.mx/16/219/servicios/rehabilitacion/servicios-que-se-ofrecen-en-el-centro-de-rehabilitacion-y-educacion-especial-\(cree\)/](http://difestatal.puebla.gob.mx/16/219/servicios/rehabilitacion/servicios-que-se-ofrecen-en-el-centro-de-rehabilitacion-y-educacion-especial-(cree)/)

The Alternative Limb Project. (2015). *Snake Arm*. Re-

cuperado de: <http://www.thealternativelimbproject.com/project/snake-arm/>

Torrijos, F. (1 de agosto de 2004). *Estéticas transhumanas: del ciborg al androide*. *Scripta Nova*. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-53.htm>

Vázquez E. (2015 a). *Acta de la Sesión del 4 de marzo del 2015 Academia Nacional de Medicina, Los amputados, un reto para el estado*. [Archivo PDF]. Recuperado de: [https://www.anmm.org.mx/actas2015/Acta\\_SO04032015.pdf](https://www.anmm.org.mx/actas2015/Acta_SO04032015.pdf)

Vázquez E. (Ed.) (2015). *Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el Estado*. Academia Nacional de Medicina de México. [archivo PDF]. Recuperado de: [https://www.anmm.org.mx/publicaciones/ultimas\\_publicaciones/Rehabilitacion.pdf](https://www.anmm.org.mx/publicaciones/ultimas_publicaciones/Rehabilitacion.pdf)

Waloszek, G. (2012). *Introduction to Design Thinking*. SAP User Experience Community. Recuperado de <https://experience.sap.com/skillup/introduction-to-design-thinking/>

Wong, W. (2007). *Principios del diseño en color*. Barcelona: Gustavo Gili (año de publicación original; 1988).

Wong W. (2011). *Fundamentos del diseño*. Barcelona: Gustavo Gili (año de publicación original; 1977)

Yehya, N. (octubre de 2012). *La belleza y el ciborg: El ideal de la belleza, su representación y la manipulación de la carne*. *Revista Replicante*. Recuperado de: <http://revis-tareplicante.com/la-belleza-y-el-cyborg/>